



Contrato de Prestação de Serviços de Consultoria nº 081/2024
Fundo Brasileiro para a Biodiversidade - Funbio
REM – Mato Grosso

**Projeto: Modelagem de uso da terra e avaliação de impacto
institucional do Programa REM Mato Grosso**

Produto 4 – Relatório Final:

**Nota metodológica para avaliação de impacto do REM – MT
utilizando a perspectiva do Controle Sintético**

Gustavo Dantas Lobo
Lauro Marques Vicari
Leila Harfuch

São Paulo
19 de julho de 2024

Contexto

Este documento refere-se ao Produto 4 (final) da consultoria contratada por meio do Funbio. O objetivo da consultoria é avaliar a eficácia do Programa REM em Mato Grosso quanto à contribuição na redução do desmatamento e o que seria esperado caso não houvesse as iniciativas implementadas.

Este documento apresenta uma Nota Técnica com uma introdução, recursos alocados e impactos da fiscalização, análise do desmatamento em Mato Grosso e revisão de literatura, a metodologia adotada para desenvolver a análise da eficácia do Programa REM em Mato Grosso, assim como os resultados, os impactos da intervenção, recomendações e considerações finais. Em anexo apresenta um glossário de termos, complemento da modelagem, classes de subtarefas financiadas pelo REM e as regras para a definição dos valores dos bens apreendidos.

1. Introdução

Um dos principais desafios da atividade agropecuária brasileira relacionada ao uso da terra e às externalidades ambientais negativas é, sem dúvida, o desmatamento. Entender, portanto, os fatores que impactam na decisão por suprimir vegetação nativa é fundamental. Esta dinâmica perpassa por elementos de atividade econômica, do ambiente institucional, bem como do aparato estatal de identificação e de mecanismos de comando e controle do desmatamento.

O Programa REDD Early Movers – REM MT – fruto da parceria firmada entre os governos Alemão e do Reino Unido junto ao Estado de Mato Grosso vem, desde 2017, atuando no território ao fortalecer o aparato institucional do combate ao desmatamento, bem como apoiando produtores rurais sustentáveis, agricultores familiares e territórios indígenas em ações de conservação ambiental. O Programa também fomenta iniciativas voltadas à produção agropecuária de baixa emissão de carbono.

Apesar do importante impacto na ponta, atuando diretamente no território e no combate ao desmatamento, ainda não se sabe o real impacto do REM sobre a dinâmica do desmatamento. Mais recentemente, Mato Grosso vem registrando incrementos em sua taxa de desmatamento (mesmo que módicos), o que pode levar a questionamentos sobre a eficácia do Programa.

Dessa forma, este relatório apresenta análises do comportamento do desmatamento do estado de Mato Grosso de forma a apresentar uma estratégia metodológica que seja compatível com a análise de impacto do Programa REM. As próximas seções deste relatório apresentam análises dos recursos alocados e impactos da fiscalização (seção 2), a dinâmica do desmatamento em Mato Grosso com revisão de literatura (seção 3), a estratégia metodológica adotada para inferir sobre o impacto do Programa (seção 4), os resultados do modelo estimado, as inferências estatísticas e as validações dos resultados (seção 5), uma análise dos impactos da intervenção (seção 6) e considerações finais (seção 7). Em anexo ao documento são apresentados: glossário de termos (Anexo A), complemento da modelagem (Anexo B), classes de subtarefas financiadas pelo REM (Anexo C) e regras para definição dos valores dos bens apreendidos (Anexo D).

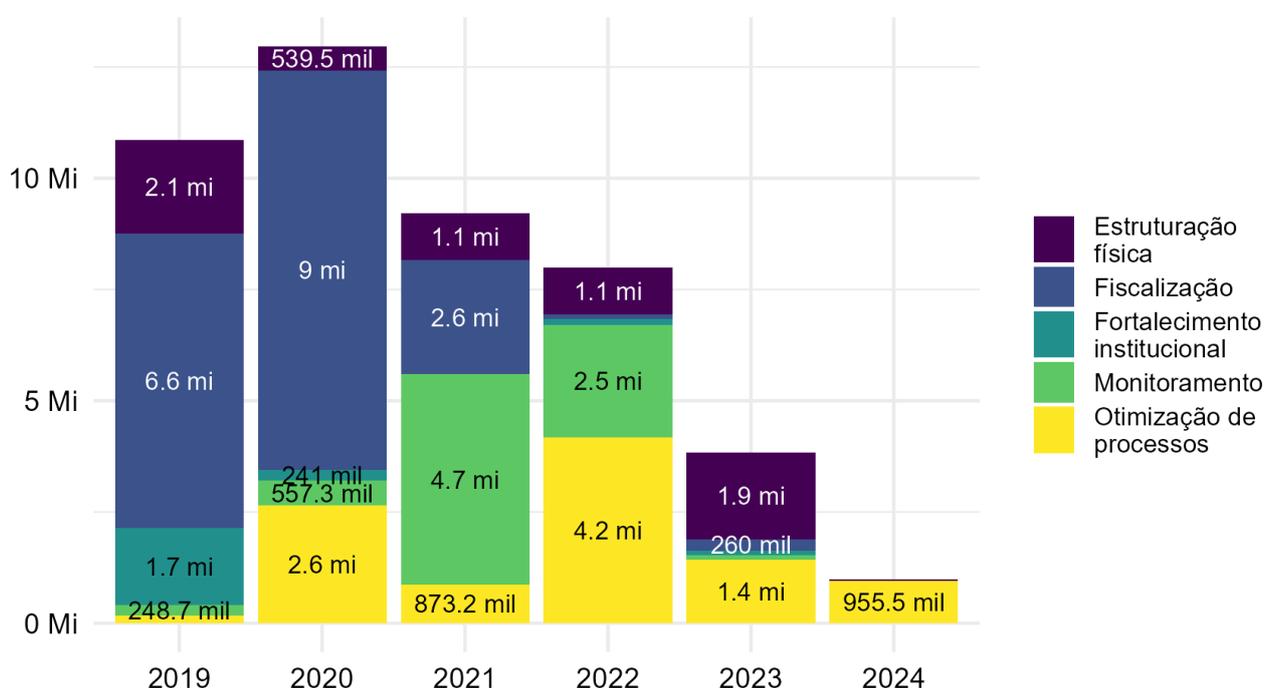
2. Recursos alocados e impactos da fiscalização

A dinâmica do desmatamento possui relação com o aparato institucional e organizacional das instituições de prevenção e combate ao desmatamento no território. O Estado de Mato Grosso é reconhecido como uma das Unidades da Federação que mais empregou esforços no sentido da redução do desmatamento ilegal, refletindo numa redução importante na degradação de vegetação nativa, especialmente nos após 2008.

Essa infraestrutura institucional e organizacional recebeu aportes importantes do Programa REM por meio do subprograma de Fortalecimento Institucional e Políticas Públicas Estruturantes (FIPPE), recompondo a estrutura física, aprimorando o aparato de fiscalização e monitoramento, otimizando processos e incentivando uma maior integração entre as instituições de combate ao desmatamento.

A Figura 1 apresenta a evolução dos recursos disponibilizados pelo REM por classe de atividades¹ financiadas entre 2019 e o início de 2024. É possível observar um maior enfoque nos primeiros anos do programa, no fortalecimento institucional e na reestruturação do aparato de fiscalização. O monitoramento e a otimização de processos passam a se tornar o mote nos anos subsequentes, enquanto o auxílio na estruturação física se mantém de forma bem definida ao longo dos anos. No período todo, foram disponibilizados R\$45,85 milhões que contribuíram de forma substancial para o fortalecimento do aparato de combate ao desmatamento em MT.

Figura 1: Evolução dos recursos disponibilizados pelo REM, por classe de atividades (em R\$ milhões)

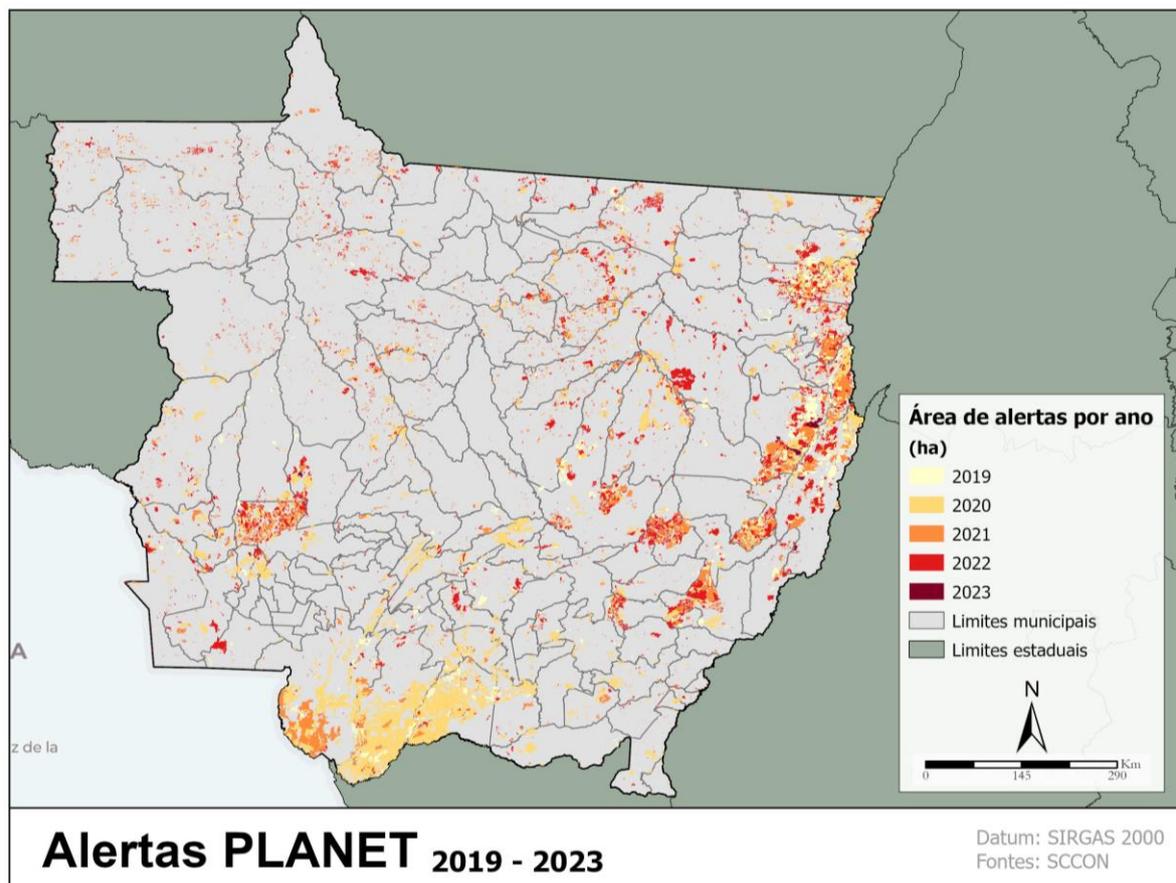


Fonte: resultados do estudo a partir da base de dados de investimentos do REM. Elaboração: Agroicone

¹ As classes de atividades foram definidas pelos pesquisadores a partir das subtarefas financiadas. A lista completa pode ser visualizada no Anexo C.

Uma das principais conquistas, a contratação da plataforma Planet, conferiu ao estado uma capacidade de monitorar em tempo real e com maior acurácia e rapidez os alertas de desmatamento no território. A Figura 2 apresenta a distribuição territorial e temporal dos alertas de desmatamento no Estado ao longo do período 2019/2023.

Figura 2: Alertas de desmatamento via plataforma Planet, entre 2019 e 2023

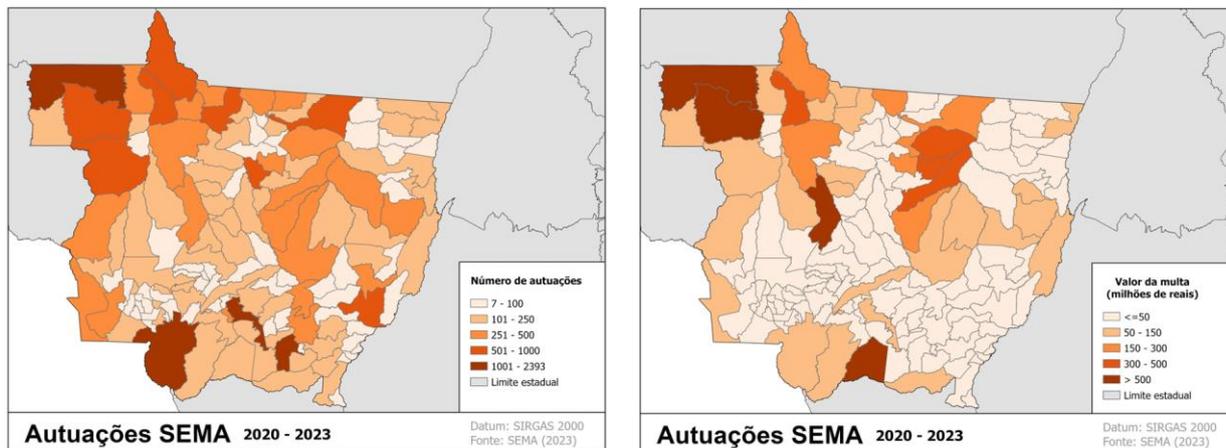


Fonte: resultados do estudo a partir da base de dados de alertas da Planet. Elaboração: Agroicone

Esse maior esforço de monitoramento se refletiu diretamente na própria dinâmica de fiscalização e combate, proporcionando um maior cumprimento da lei e aplicação de autuações e multas. Ao longo dos anos, a mesorregião do norte de Mato Grosso foi a que acumulou o maior volume de multas aplicadas, padrão esse que se inverte em 2023, com a mesorregião Centro-Sul ganhando destaque na aplicação de multas (especialmente o município de Barão de Melgaço, que sofreu um processo de degradação de grande escala, tendo sido responsável por quase a totalidade de multas nesse ano). Ao todo, foram realizadas quase 30 mil autuações e mais de R\$15 bilhões em multas foram aplicadas.

Além da aplicação de multas (e, conseqüentemente, embargos) a fim de coibir o desmatamento, a atuação de Mato Grosso no monitoramento, fiscalização e combate ao desmatamento vem permitindo desmantelar a estrutura de bens de capital consolidada para a realização do processo de conversão e degradação da vegetação nativa. As ações sobre o aparato ilegal da indústria do desmatamento promovem não só impactos de curto prazo, mas desarticula os agentes envolvidos nesse processo.

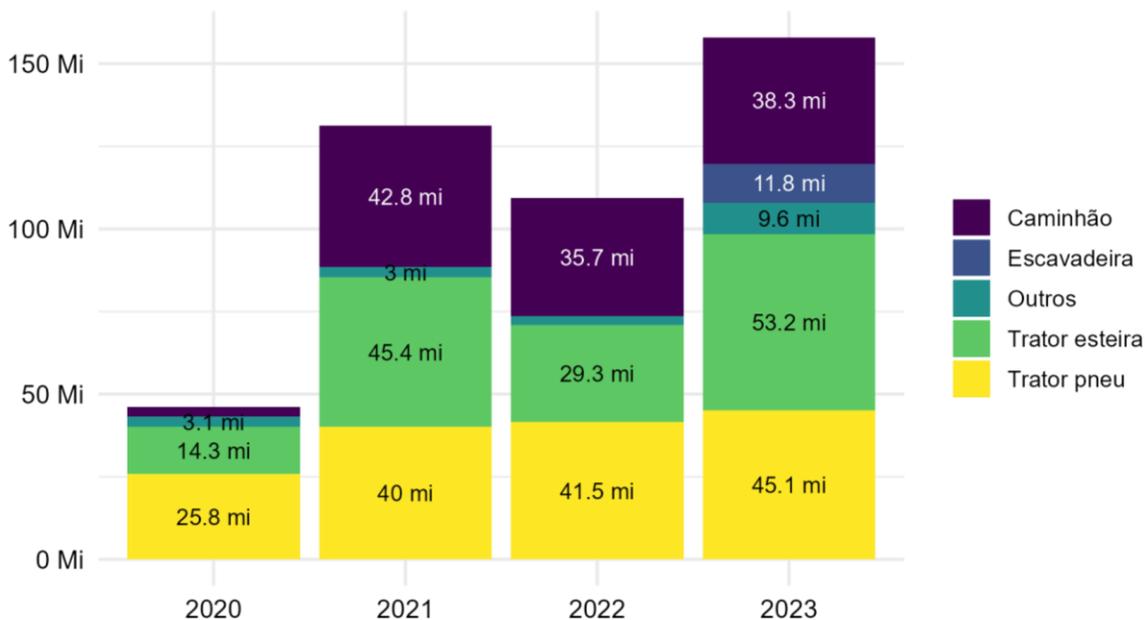
Figura 3: Valor total de autuações e multas aplicadas, por município entre 2019 e 2023



Fonte: resultados do estudo a partir da base de dados de multas e autuações. Elaboração: Agroicone

A Figura 4 apresenta o valor dos bens apreendidos nas ações de combate ao desmatamento no estado, entre 2020 e 2023. Ao todo, mais de R\$445 milhões foram apreendidos.

Figura 4: Valor dos bens apreendidos, por tipo de produto apreendido entre 2020 e 2023



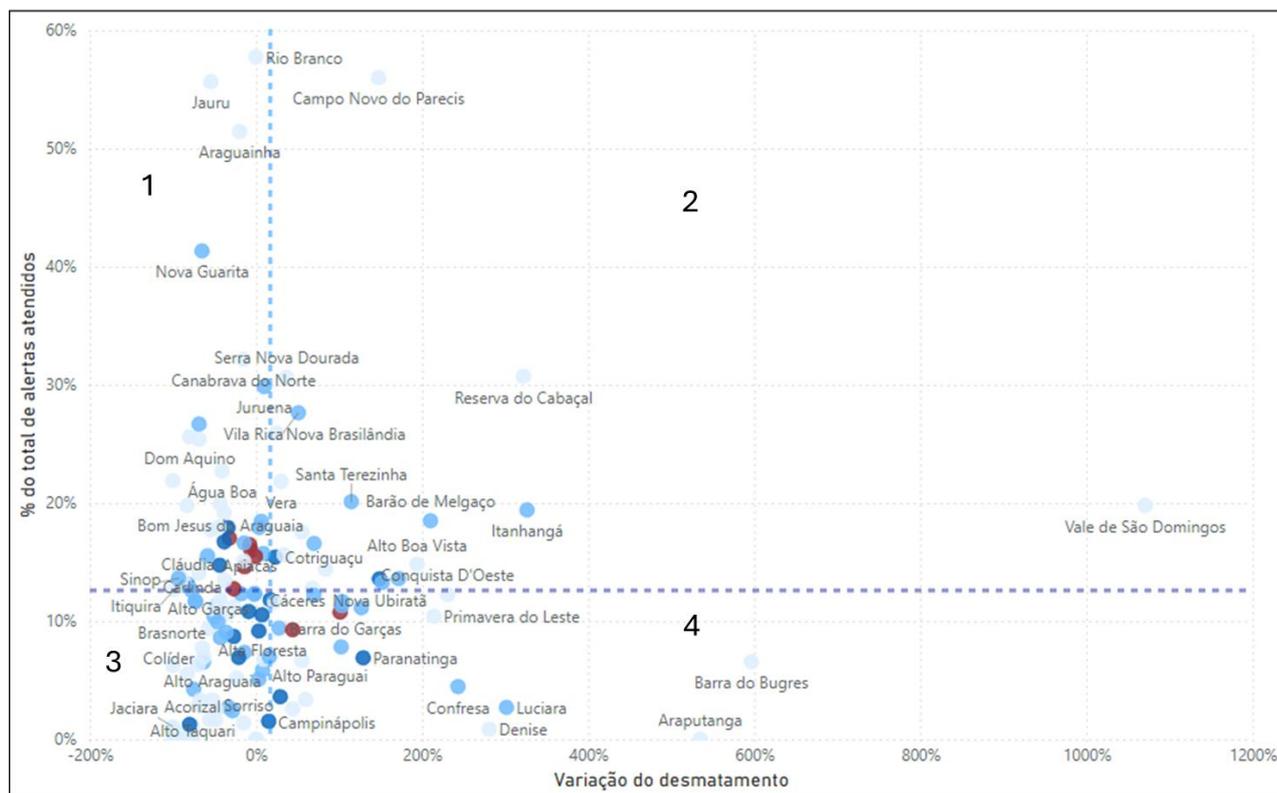
Fonte: resultados do estudo a partir da base de dados de multas e autuações. Elaboração: Agroicone

Apesar do amplo esforço de desmobilização da infraestrutura do desmatamento e da aplicação de bilhões de reais em multas, a capacidade de atender o volume de alertas produzidos ainda é baixo. Dos 237.325 alertas produzidos entre 2020 e 2022, apenas 27.681 foram atendidos, cerca de 11,6%. Claro, deve haver um critério de priorização de atendimento de alertas. Todavia, observa-se que o efetivo de fiscais ainda é aquém,

totalizando 260 indivíduos² distribuídos em todo o território, ou seja, um agente para avaliar e atender 912 alertas emitidos.

Diante da escassez de pessoas para a avaliação dos alertas emitidos, se faz necessária a definição de uma estratégia baseada no percentual de alertas atendidos e da própria dinâmica do desmatamento. A Figura 5 apresenta a relação do percentual médio de atendimento de alertas e a variação do desmatamento no período 2020-2022.

Figura 5: Percentual médio de atendimento de alertas e a variação do desmatamento no período 2020-2022.



Fonte: resultados do estudo a partir da base de dados de alertas e desmatamento (PRODES). Elaboração: Agroicone

A escala de cor representa o número total de alertas emitidos no intervalo de tempo. Quanto mais escura a cor, maior o número de alertas. As linhas tracejadas representam os valores médios para o percentual de alertas atendidos e a variação do desmatamento. Observa-se, primeiramente, que a maior parte dos municípios que possuem o maior número de alertas (azul escuro e vermelho) estão concentrados nos quadrantes 1 e 3 do gráfico, ou seja, vem apresentando uma redução no desmatamento nos últimos anos.

Já os municípios situados nos quadrantes 2 e 4 vem apresentando uma variação positiva no desmatamento, necessitando assim de um olhar mais próximo. Além disso, existem municípios de cores mais escuras situados no quadrante 4, ou seja, apresentam um percentual de atendimento abaixo da média e um crescimento no desmatamento, como é o caso de Nova Bandeirantes, Colniza, Paranatinga e São Félix do Araguaia.

² O efetivo de fiscais estão dispostos em sete órgãos: Diretorias de Unidades Desconcentradas (DUDs/SEMA); Superintendência de Fiscalização (SUF/SEMA); Batalhão de Emergências Ambientais (BEA); Polícia Militar Ambiental (PMPA); Inst. Bras. Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA); Verde Rio (MPE); CUCO/SEMA.

Ou seja, nesse cenário de poucos agentes de combate ao desmatamento, seria interessante a focalização de esforços naqueles municípios que estão registrando aumento no desmatamento, ao passo de uma baixa taxa de atendimento de alertas. Nesse sentido, o processo de fiscalização e combate pode ser otimizado.

A partir de uma estratégia de focalização de atendimentos dos alertas, bem como do próprio processo natural de aprendizado e otimização de processos e a expectativa de redução do desmatamento ao longo dos anos, é possível traçar um cenário de número ótimo de agentes de meio ambiente no sentido de incrementar a produtividade do combate ao desmatamento. Desde a implementação do REM, os 260 agentes foram responsáveis por atender 11,6% dos alertas. Mantendo-se uma relação linear e mantendo-se tudo constante, o número de agentes para se atender 100% dos alertas é 2.241. Supondo que o processo de aprendizagem, acompanhado da redução do desmatamento dobre a produtividade de atendimento aos alertas, o número total de agentes alcançaria, portanto, 1.120 agentes, ou seja, um aumento de 330% do efetivo. Claro, esse número leva em conta uma relação linear entre agentes e atendimento de alertas.

Todavia, é possível que essa efetividade esteja subestimada, exatamente porque deve existir um critério de priorização de alertas a serem atendidos. Em reuniões bilaterais com a equipe da SEMA responsável pela estratégia de monitoramento e combate ao desmatamento, foi identificado que sim, existem tais critérios e que esses são regidos pela lógica do evento de desmatamento, e não pelo alerta.

Para um evento de desmatamento, são considerados alguns critérios, como a ilegalidade desse desmatamento (ou seja, excluindo-se aqueles alertas sobrepostos aos desmatamentos autorizados), o tamanho (acima de 5 ha) e o espaço temporal (desmatamentos realizados no mesmo ano). A seguir, o passo a passo dos processos realizados:

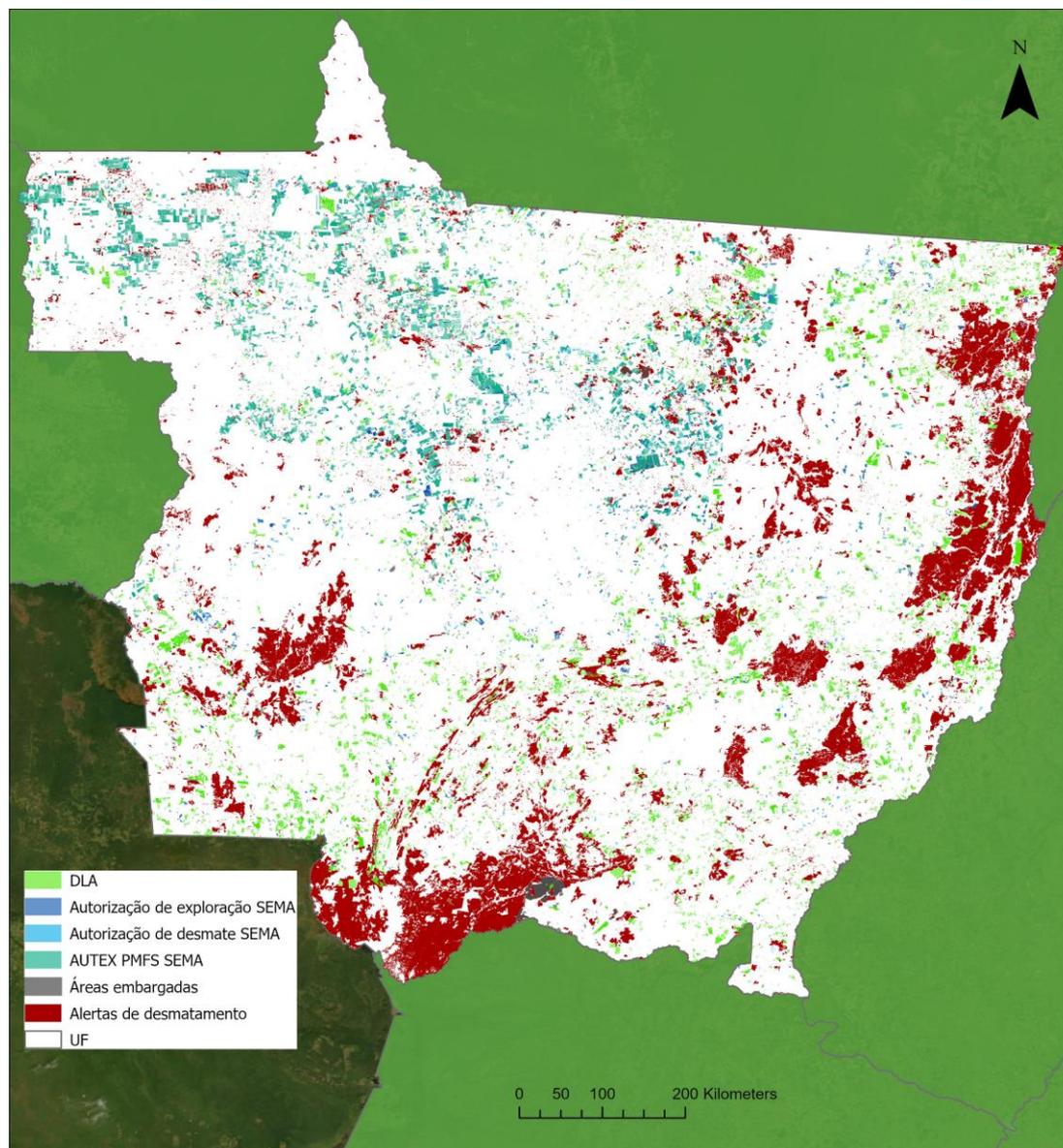
- Eliminação dos alertas que se sobrepõem aos desmatamentos legais e demais autorizações da SEMA que podem gerar alertas espúrios (autorização para exploração florestal; declaração de limpeza de área);
- Agregação dos alertas em eventos de desmatamento³ levando em consideração o ano do alerta, a contiguidade entre alertas cujo somatório da área excede 5 ha e a consideração de alertas individuais maiores que 5 ha como eventos de desmatamento (ou seja, eliminam-se aqueles alertas num determinado ano que possuem um tamanho menor que 5 ha, seja por contiguidade ou não);
- Sobreposição dos eventos de desmatamento com as áreas embargadas (importante salientar que embargo é diferente de alerta atendido. Todo embargo é oriundo de um atendimento, mas nem todo atendimento gera um embargo. No entanto, uma vez que não existem registros de todos os eventos atendidos, o embargo foi utilizado como indicador de atendimento);
- Construção da base de dados de eventos de desmatamento, diferenciando o evento quando embargado ou não. Importante salientar que é possível que um evento de desmatamento não tenha a totalidade da sua área embargada.

A partir desse tratamento, foram identificados, no período de 2019 a 2024, um total de 49.225 eventos de desmatamento em Mato Grosso. Destes, cerca de 16,52%⁴ (8.136) tiveram ao menos parte da área embargada. A Figura 6 apresenta o mapa com a distribuição geográfica dos eventos de desmatamento, por embargo.

³ Importante salientar também que não foram feitas distinções do tipo de alerta, entendendo que todas as classes podem representar um evento de desmatamento. Por exemplo, não foram excluídos os alertas de fogo.

⁴ Importante salientar que os resultados identificados estão alinhados aos resultados apresentados a partir do terceiro trimestre de 2023 nos boletins trimestrais de alertas de desmatamento publicados pela SEMA em: <http://www.sema.mt.gov.br/transparencia/index.php/gestao-ambiental/monitoramento-ambiental/desmatamento>

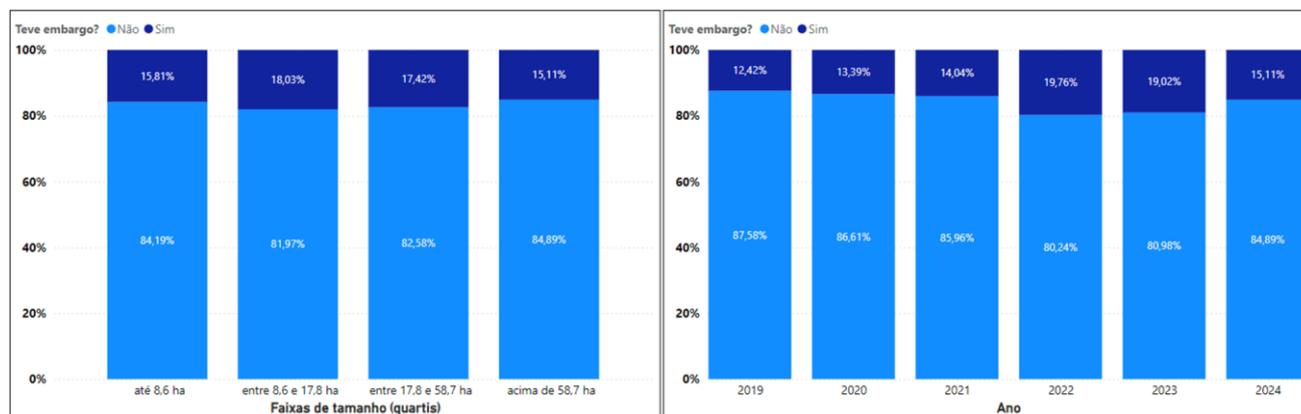
Figura 6: Localização dos eventos de desmatamento, desmatamento legal e demais autorizações e embargos no Mato Grosso entre 2019 e 2024



Fonte: resultados do estudo a partir da base de dados de alertas e autorizações de desmatamento pela SEMA. Elaboração: Agroicone

É possível, contudo, que a dinâmica dos embargos sobre os eventos de desmatamento seja distinta do ponto de vista do tamanho dos eventos e do tempo. Para tal, foram analisados também os padrões dos embargos por faixa de tamanho (representado pelos quartis da distribuição dos tamanhos dos eventos de desmatamento) e por ano. Não foi possível identificar mudanças muito profundas, indicando que o esforço de atendimento dos alertas é homogêneo, tanto no que diz respeito ao tamanho dos eventos quanto nos anos de atuação do Programa.

Figura 7: dinâmica dos embargos em eventos de desmatamento, por tamanho (esquerda) e ano (direita).



Fonte: resultados do estudo a partir da base de dados de alertas e embargos. Elaboração: Agroicone

Ou seja, mesmo condensando os alertas em eventos de desmatamento, os indicadores de produtividade do atendimento dos eventos ainda demonstram uma limitação de efetivo clara. Ademais, parece não existir uma diferença de priorização por tamanho, sendo os embargos distribuídos de forma homogênea entre os grupos de tamanho. **Suponhamos que, diante do baixo efetivo, a gestão do desmatamento no território passasse a focalizar esforços somente nos eventos de desmatamento do quartil superior (acima de 58,7 ha). Se todos os 8.136 embargos tivessem sido direcionados para esse grupo, a efetividade do combate ao desmatamento seria na ordem de 66% (8.136 embargos dividido por 12.306 eventos de desmatamento acima de 58,7 ha). Ou seja, para se atender 100% dos eventos de desmatamento acima de 58,7 ha, o efetivo adequado deveria ser na ordem de 394 agentes.**

Claro, $\frac{3}{4}$ dos eventos de desmatamento, ou seja, aqueles abaixo de 58,7 ha não seriam atendidos. Todavia, entendendo que é preciso focalizar esforços em eventos de maior escala, essa poderia ser uma estratégia de curto prazo. Outras estratégias de combate aos desmatamentos menores poderiam ser adotadas, como por exemplo, as autuações à distância.

Os resultados obtidos, juntamente com o diagnóstico realizado a partir de reuniões bilaterais com a equipe de monitoramento indicam dois resultados: i) o baixo efetivo atrelado aos altos custos de transação para a realização do combate do desmatamento (custos logísticos, por exemplo) reforçam a necessidade de recomposição do número de agentes; ii) a necessidade de incremento de produtividade, seja pela redução dos alertas (e, por consequência, eventos de desmatamento), ou pela maior agilidade no processo de atendimento. Caminhos como o atendimento remoto aos alertas, bem como a interlocução entre instituições de inteligência e de meio ambiente, podem ser soluções de curto prazo para o incremento da produtividade do combate ao desmatamento.

Essa necessidade de recomposição do efetivo de agentes de combate ao desmatamento reforça a importância da abertura de novos concursos públicos para este fim no estado. A complexidade das ações de fiscalização, bem como a exposição a riscos de diversas ordens tornam esse setor fundamental no que diz respeito aos instrumentos de gestão ambiental. O provimento desse tipo de serviço no contexto da política pública requer uma estrutura de carreira adequada e segura para os servidores, que muitas vezes dedicam toda a sua vida funcional ao cuidado com o meio ambiente.

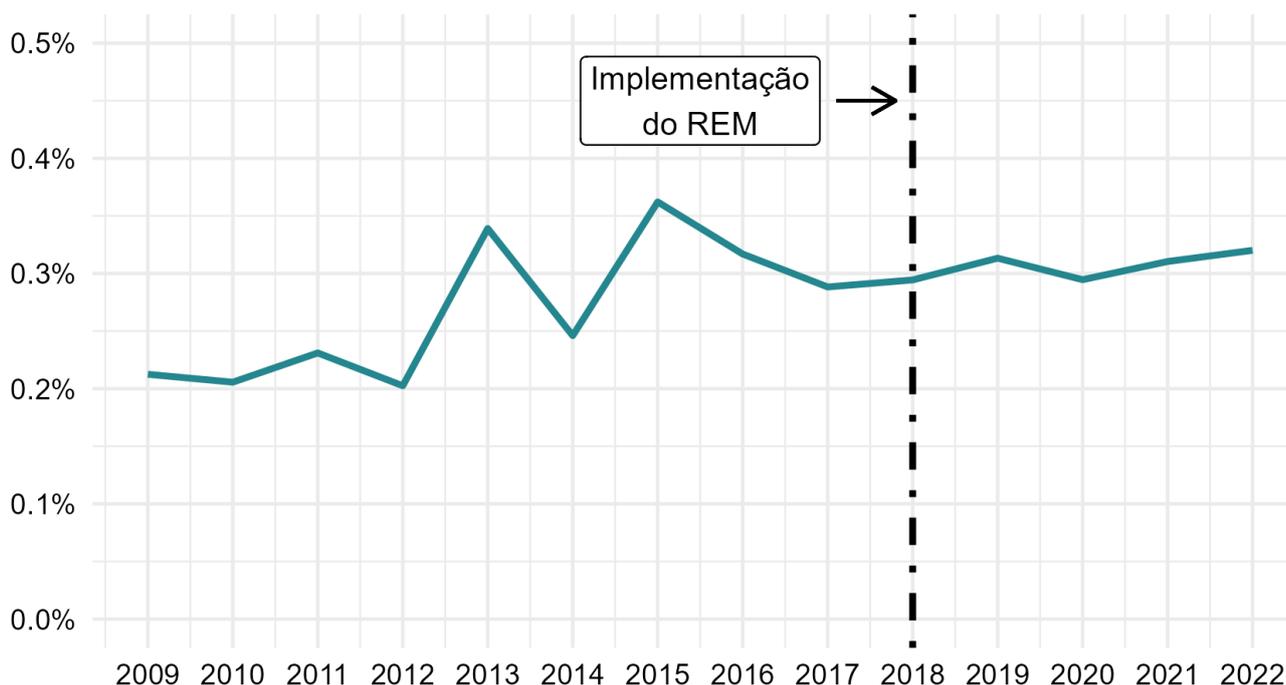
3. Desmatamento em Mato Grosso e Revisão de Literatura

A despeito do incremento observado no desmatamento, inferir sobre os impactos do REM levando em conta apenas a dinâmica temporal do desmatamento em MT seria leviano. Este é, possivelmente, o principal equívoco quando analisado um estudo de caso, uma vez que relações de

causa e efeito não podem ser atribuídas a uma intervenção por meio de uma simples comparação entre os períodos pré e pós. Isso porque, sobre o objeto em estudo, podem incidir ou deixar de incidir outros fenômenos, que, caso não isolados, impedem conclusões seguras sobre a causa responsável pelo efeito.

No caso do desmatamento em MT, concluir sobre o papel do REM olhando apenas os períodos pré e pós-REM gera o risco de ignorar o possível impacto, por exemplo, do investimento do governo estadual no combate ao desmatamento. A Figura 8 apresenta a dinâmica do desmatamento relativo⁵ em MT, não sendo possível inferir o impacto no REM nessa trajetória.

Figura 8: Desmatamento relativo em Mato Grosso de 2009 a 2022



Fonte: resultados do estudo a partir da base de dados do PRODES/INPE. Elaboração: Agroicone

O dilema apresentado aponta, portanto, para o desafio neste tipo de análise: a inferência causal. Este se traduz no fato de que a única maneira de atestar, de forma absoluta, que uma intervenção de política produz um impacto se dá a partir da comparação da mesma unidade (no caso, o MT) caso a intervenção nunca tivesse existido. Como na prática é impossível encontrar um MT sem a presença do REM, algumas técnicas podem ser utilizadas para simular uma unidade comparável, sem a intervenção.

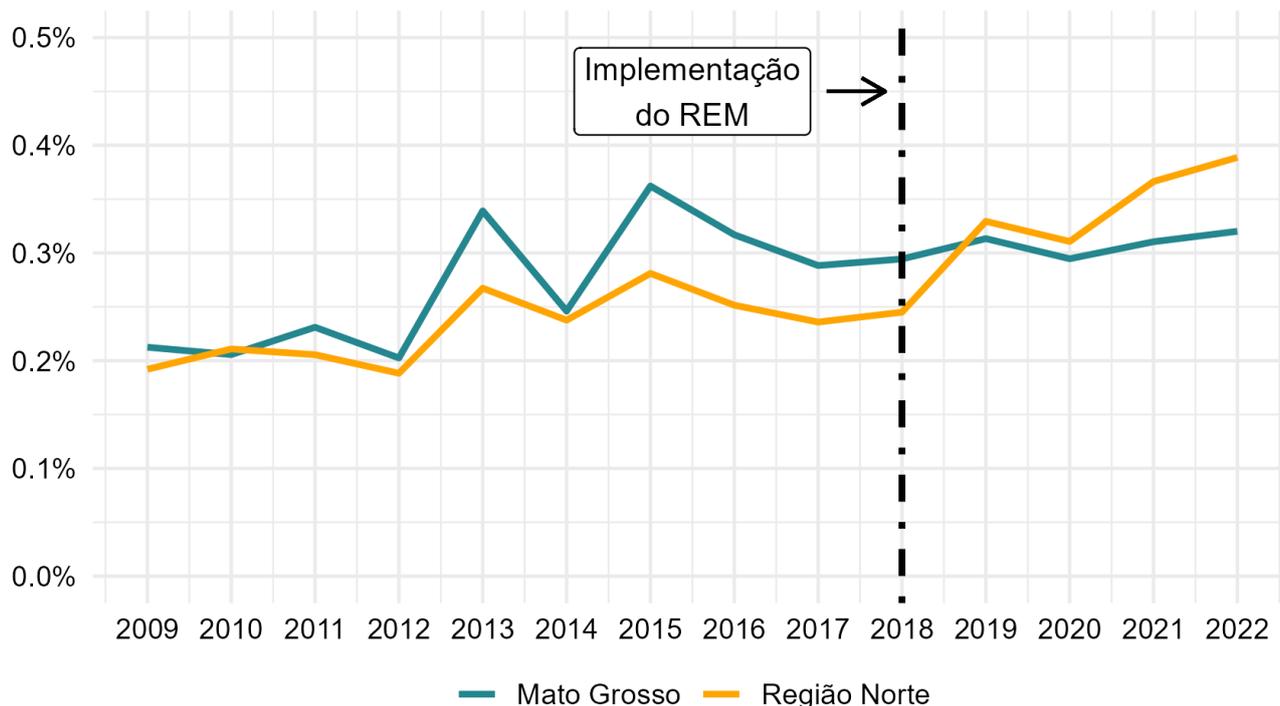
Em um primeiro esforço, essa unidade comparável poderia ser obtida, por exemplo, por meio do desmatamento médio nos estados da região Norte, partindo do princípio de que esta região vivencia dinâmicas de desmatamento similares a MT e, portanto, seria um bom comparável. Contudo, uma abordagem dessa natureza conferiria pesos iguais aos estados do Norte, ao que cabe o

⁵ O Desmatamento relativo compreende a razão entre a área de desmatamento total observado em todos os biomas e a área total da Unidade da Federação.

questionamento: será que o Acre tem o mesmo peso que o Pará quando se tem o interesse de construir uma unidade comparável ao Mato Grosso? Com toda certeza não.

A Figura 9 apresenta as dinâmicas do desmatamento relativo de Mato Grosso e a média dos estados da região Norte, como unidade comparável candidata. Pode-se reparar que, apesar de a média da região Norte seguir movimentos similares nos períodos, os níveis são diferentes dos observados no estado de MT. Pensando que “quanto mais igual, mais comparável” se torna a análise, encontra-se nesta primeira tentativa, uma unidade aquém do esperado, não sendo uma base adequada para a realização de inferências de causalidade.

Figura 9: Desmatamento relativo em Mato Grosso e a média da região Norte, de 2008 a 2022

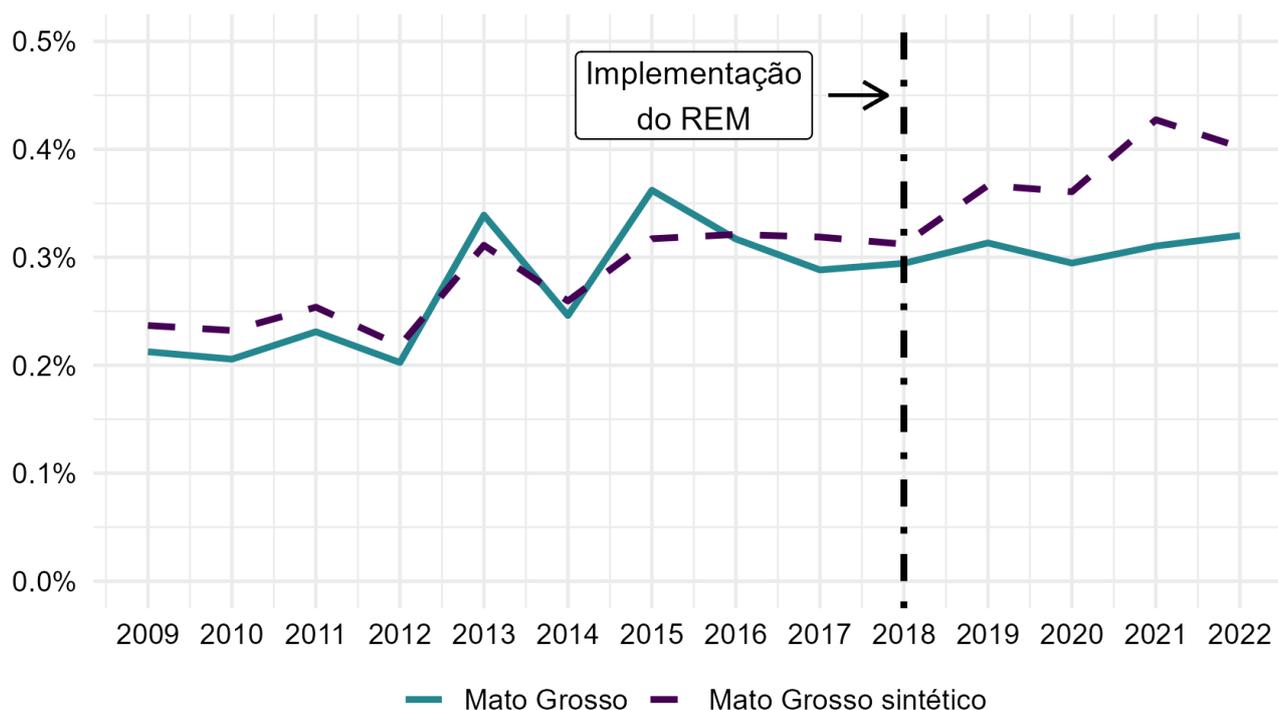


Fonte: resultados do estudo a partir da base de dados do PRODES/INPE e MapBiomas - Coleção 8.

Elaboração: Agroicone

É exatamente deste dilema dos estudos de caso que surgiu o método do Controle Sintético. Proposto primeiramente por Abadie e Gardeazabal (2003), este método busca mimetizar o comportamento da unidade tratada (que recebeu uma intervenção de política) ao construir uma unidade sintética. Uma vez que não existe um estado de Mato Grosso sem a existência do REM, constrói-se um Mato Grosso sintético, muito parecido com o estado, mas que não recebeu o REM. A Figura 10 apresenta um exemplo de controle sintético enquanto possível comparável a Mato Grosso.

Figura 10: Desmatamento relativo em Mato Grosso e um possível controle sintético, de 2009 a 2022



Fonte: resultados do estudo a partir da base de dados do PRODES/INPE e MapBiomias - Coleção 8. Elaboração: Agroicone

O controle sintético é definido a partir de um conjunto de características das demais unidades que não receberam o tratamento, o chamado *pool* de doadores, ou seja, aquelas unidades passíveis de comparação ao estado de Mato Grosso. A partir de um sistema de pesos, definido através de em vetor de características (que devem ter relação com a variável de interesse, no caso, o desmatamento), pondera-se a variável de interesse de modo a se alcançar a mesma (ou a mais parecida possível) trajetória observada da variável de interesse no período pré-intervenção entre a unidade tratada e a unidade sintética.

A aplicação do método do Controle Sintético no contexto de intervenções destinadas à redução do desmatamento pode ser observada na literatura. Intervenções de política pública como é o caso do Programa Municípios Verdes no Pará (Sills, et al. 2015; Sills, et al. 2020) e o projeto Olhos D'Água em Alta Floresta (MT) (Correa, et al. 2020), passando pela avaliação de projetos REDD+ (West, et al 2020) e o impacto de empreendimentos de infraestrutura como hidrelétricas (Assunção, Costa e Szman, 2017) foram avaliados sob a ótica do Controle Sintético. O Quadro 1 sumariza as características gerais desses trabalhos.

A presente Nota Metodológica busca narrar todo o processo de aplicação do método do Controle Sintético para se avaliar os impactos do REM no que diz respeito ao desmatamento evitado no

estado de Mato Grosso. Ela se encontra estruturada nas seções Estratégia Metodológica, Resultado e Considerações Finais e próximos passos. Além disso, traz no Anexo A um glossário de termo para facilitar a compreensão dos elementos mobilizados.

Quadro 1: Revisão de literatura relacionada ao uso do Controle Sintético no contexto de políticas de combate ao desmatamento no Brasil

Título	Região	Pool de doadores	Política avaliada	Variáveis	Impactos	Referência
Estimating the Impacts of Local Policy Innovation: The Synthetic Control Method Applied to Tropical Deforestation	Paragominas (PA)	“Lista negra” do desmatamento	Município Verde	Densidade de rodovias; % reservas indígenas; % UC; % reforma agrária; lotação; mineração; PIB per capita; PIB da agricultura; educação	Sem impacto	Sills, et al. (2015)
Overstated carbon emission reductions from voluntary REDD+ projects in the Brazilian Amazon	Bioma Amazônico	CARs no entorno	12 projetos REDD+	Coberturas do solo; desmatamento; qualidade do solo; distância de rodovias e da capital.	Sem impacto	West, et al. (2020)
Power Plants and Deforestation: Recent Evidence from the Amazon	Amazônia	88 áreas num raio de 100 km	Instalação de hidroelétricas (11)	Desmatamento	Impactos heterogêneos. No geral, a instalação de uma hidroelétrica aumentou o desmatamento	Assunção, Costa e Szman (2017)
Evaluating REDD+ at subnational level: Amazon fund impacts in Alta Floresta, Brazil	Alta Floresta (MT)	“Lista negra” do desmatamento	Olhos D’Água	Distância média de rios, rodovias e capitais; qualidade do solo; aptidão para agricultura; inclinação	Impacto nos registros dos CAR e nas certificações do INCRA. Nenhum impacto sobre desmatamento	Correa, et al. (2020)
Investing in local capacity to respond to a federal environmental mandate: Forest & economic impacts of the Green Municipality Program in Brazilian Amazon	Municípios da “lista negra” no PA	Municípios do bioma Amazônia que compõem a “lista negra” e não aderiram ao PMV	Programa Municípios Verdes (PMV)	% desmatamento; n° de estabelecimentos; % áreas indígenas e áreas protegidas; densidade de rodovias; elevação média; inclinação média; rebanho.	Impactos heterogêneos.	Sills, et al. (2020)

Fonte: resultados do estudo. Elaboração: Agroicone

4. Estratégia metodológica

Para avaliar o impacto do REM sobre a dinâmica do desmatamento, foi adotada a perspectiva do método do Controle Sintético, a fim de mimetizar a trajetória do desmatamento pré-intervenção numa unidade sintética, ou seja, muito parecida com Mato Grosso, exceto pela presença do REM.

O primeiro passo para a aplicação desse método é a definição das características que comporão o sistema de pesos para construção do controle sintético. Essas variáveis explicativas devem ter relação direta com a dinâmica da variável investigada, no caso, o desmatamento. É preciso garantir que, após a construção do sintético, este possua valores médios das variáveis escolhidas na forma funcional, similares aos observados em MT no período pré-intervenção, demonstrando comparabilidade por meio das características escolhidas.

Em sequência é preciso definir o *pool* de doadores, ou seja, aquelas unidades que podem compor o controle sintético. É preciso definir um *pool* de doadores que equilibre os números de observações e de unidades comparáveis. Incluir unidades que possuam dinâmicas muito diferentes da unidade tratada pode produzir viés. Todavia, o custo de se restringir o *pool* de doadores é a menor *performance* do ponto de vista estatístico, especialmente na última etapa, os testes de placebo.

Definidas variáveis explicativas e o *pool* de doadores, constrói-se o controle sintético. Três pontos devem ser observados: o ajuste gráfico, a minimização da métrica de erro e a qualidade do pareamento (valor médio das variáveis escolhidas). Por fim, testes de placebo devem ser realizados de forma a identificar a significância estatística dos resultados estimados. A Figura 11 apresenta, de forma resumida, todo esse processo metodológico.

Figura 11: Esquema do processo metodológico



Fonte: resultados do estudo. Elaboração: Agroicone

A próxima subseção descreve, de forma mais detalhada, o processo de estimação do controle sintético. A subseção seguinte apresenta o conjunto de variáveis escolhidas para a definição da

forma funcional. Em sequência, discute-se as nuances relacionadas à definição do *pool* de doadores e, por fim, as implicações do teste de placebo.

4.1. O Método do Controle Sintético

Suponha um universo de $J+1$ unidades, sendo a unidade tratada (o MT) $j=1$, enquanto as demais (J) compõem o *pool* de doadores. A variável de interesse, o desmatamento, pode ser representada por Y_{jt} , sendo t o tempo. Caso fosse possível observar a dinâmica do desmatamento em MT sem a presença do REM (Y_{1t}^N), o impacto da intervenção (τ_{1t}) seria a diferença entre o desmatamento observado em MT (Y_{1t}^I) após a intervenção (período t) e o desmatamento em MT sem o REM (Y_{1t}^N).

$$\tau_{1t} = Y_{1t}^I - Y_{1t}^N \quad (1)$$

Uma vez que não é possível observar a dinâmica do desmatamento de MT no período pós-intervenção sem a existência do REM, é preciso estimar esse valor (\hat{Y}_{1t}^N) a partir das características do *pool* de doadores J . O método do controle sintético se baseia no princípio de que a melhor forma de se comparar uma unidade tratada é a partir da combinação de unidades do *pool* de doadores, aproximando as características destas à unidade tratada a partir de uma média ponderada deste *pool* de doadores. A partir de um vetor de pesos W , obtêm-se o valor estimado do desmatamento para o controle sintético (\hat{Y}_{1t}^N) e, por consequência, a estimativa do impacto da intervenção ($\hat{\tau}_{1t}$).

$$\hat{Y}_{1t}^N = \sum_{j=2}^{J+1} w_j Y_{jt} \quad (2)$$

$$\hat{\tau}_{1t} = Y_{1t} - \hat{Y}_{1t}^N \quad (3)$$

Aplicando a equação 2 na equação 3, tem-se o paralelo da equação 1, em que o impacto estimado da intervenção é fruto da diferença da variável de interesse na unidade tratada pós-intervenção e da média da variável de interesse ponderada pelo fator de pesos oriundo de um *pool* de doadores, como descrito na equação 4.

$$\hat{\tau}_{1t} = Y_{1t} - \sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Y_{jt} \quad (4)$$

Para encontrar o vetor de pesos ideal (W^*), são definidas as matrizes X_0 e X_1 , sendo X_0 uma matriz que cruza cada variável (característica) com cada unidade do *pool* e X_1 o mesmo cruzamento, mas para a unidade tratada (MT).

$$\|X_1 - X_0 W\|_V = \sqrt{(X_1 - X_0 W)' V (X_1 - X_0 W)} \quad (5)$$

Pelo lado esquerdo da equação percebe-se com mais clareza o processo: o vetor de pesos W^* é encontrado buscando minimizar a distância entre o vetor de características do tratado e o vetor de

características das unidades, ponderadas pelo peso. O componente V, por sua vez, é uma matriz diagonal, simétrica, positiva e semidefinida, utilizada para minimizar a métrica de erro para a variável resposta (desmatamento) nos períodos pré-intervenção.

4.2. Dados Utilizados

As variáveis utilizadas para construção do sistema de pesos para definição do controle sintético devem ter relação com a dinâmica do evento estudado. Ou seja, devem ser consideradas aquelas variáveis que podem impactar a dinâmica do desmatamento.

Foram selecionados dois conjuntos de variáveis: o primeiro se refere a variáveis que indicam a capacidade de gestão ambiental e combate ao desmatamento; o segundo grupo refere-se à dinâmica de uso de solo e às dinâmicas produtivas das Unidades da Federação. O Quadro 2 sumariza as variáveis, bem como as médias observadas no período pré-tratamento e as respectivas fontes dos dados.

Quadro 2: Variáveis utilizadas, médias e fonte

Tipo	Variável	Média – MT	Média – Ufs	Período	Fonte
Gestão do meio ambiente	Despesa Liquidadas – Gestão ambiental	R\$91.413.089	162.704.809	2013 - 2017	Siconfi
	Nº de autos	1612	677	2009 - 2017	IBAMA
	Valor total das multas	R\$759.358.835	R\$103.996.735	2009 - 2017	IBAMA
	Nº agentes de defesa ambiental	531	701	2009 - 2017	RAIS
	Desmatamento relativo	0,005	0,009	2009 - 2017	PRODES
Uso do solo/econômica	% área de floresta	55,1%	47,6%	2009 - 2017	Mapbiomas
	% área de agricultura	10,4%	7,8%	2009 - 2017	Mapbiomas
	% área de pastagens	23,1%	25,4%	2009 - 2017	Mapbiomas
Econômica	Valor da produção – lavoura temporária	R\$277.836.503	R\$5.958.834	2009 - 2017	PAM-IBGE
	Rebanho bovino	28.651.216	7.028.012	2009 - 2017	PPM-IBGE

Fonte: resultados do estudo. Elaboração: Agroicone

Como variável independente, foi definido o Desmatamento relativo, ou seja, a área desmatada em hectares dividida pela área total das unidades (Ufs). Essa escolha se deu para evitar diferenças de escala e suavizar possíveis volatilidades (Adhikari, 2021).

É importante salientar também a inclusão da própria variável resposta no período pré-tratamento, a fim de controlar o aspecto serial desta variável. Isso se justifica porque o próprio desmatamento no passado possui poder explicativo sobre o desmatamento presente (Abadie et al., 2010).

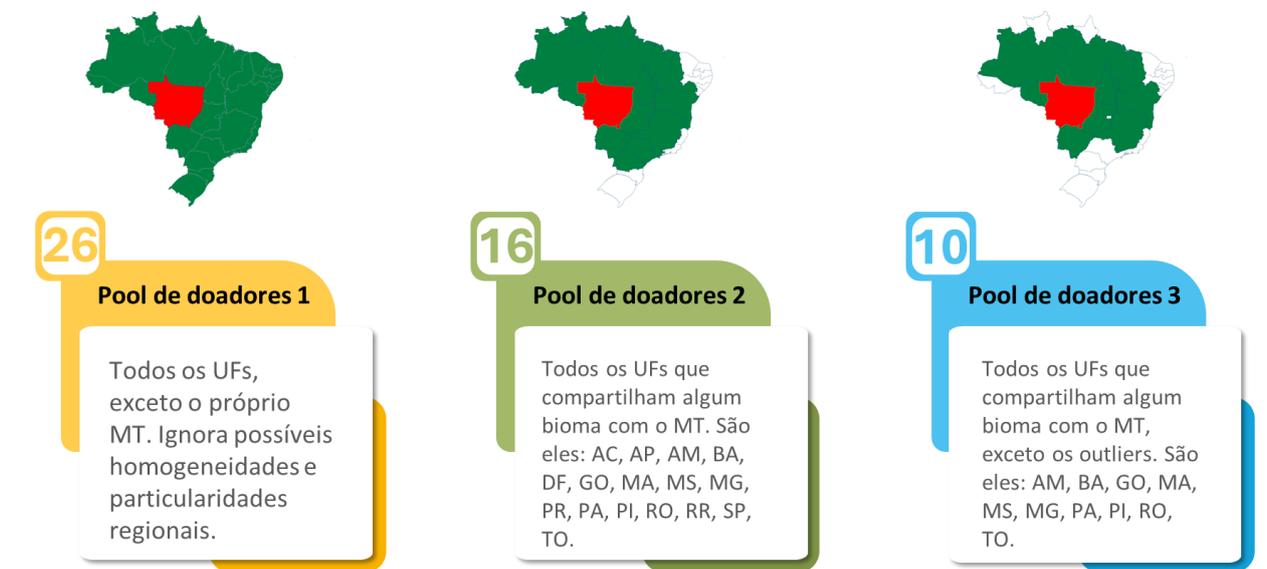
Outro ponto fundamental é o tamanho da série história analisada. É recomendável a utilização de períodos longos pré-tratamento, dado que quanto maior a base de comparação, mais robusta se torna a inferência causal. Todavia, é preciso ter cautela em relação às possíveis quebras estruturais (Abadie, 2020), que são, fundamentalmente, desvios abruptos na trajetória de um determinado fenômeno. Uma vez que é possível observar uma mudança de trajetória intensa do desmatamento a partir de 2008, quando se intensificaram as ações do Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia – PPCDAm e as discussões sobre a revisão do Código Florestal, optou-se por utilizar como período inicial o ano de 2009, a fim de mitigar os impactos da quebra estrutural na construção do controle sintético.

4.3. O *Pool* de Doadores

A definição do *pool* de doadores é parte fundamental da construção do controle sintético. O principal desafio que envolve o processo decisório relacionado ao *pool* de doadores consiste em definir um grupo de unidades não tratadas que sejam comparáveis em relação à dinâmica apresentada da variável de interesse, neste caso, o desmatamento. Todavia, limitar o tamanho do *pool* de doadores impõe algum *trade off*, na medida que a capacidade de realizar inferências estatísticas em relação aos impactos se reduz (Adhikari, 2021). Apesar disso, esse risco é inerente à metodologia, dado que a depender do tipo de intervenção e das unidades utilizadas (neste caso, a intervenção é no nível estadual, existindo somente 27 Unidades da Federação que poderiam compor o *pool* de doadores), o *pool* de doadores pode ser naturalmente pequeno.

De modo a oferecer distintas possibilidades de análise dos resultados, bem como avaliar o impacto da redução do *pool* de doadores nas estimativas, foram propostas três estruturas diferentes. A primeira contempla todas as Ufs. Como forma de aumentar as chances de “comparar comparáveis”, a segunda estrutura proposta leva em conta as Ufs que compartilham algum bioma com MT (na medida que o próprio estado possui três biomas distintos). Por fim, a terceira estrutura é baseada no critério do compartilhamento de bioma, porém excluindo os *outliers*, isto é, aquelas Ufs que possuem uma dinâmica do desmatamento muito distinta se comparada a MT. A Figura 12 apresenta a composição dos três *pools* de doadores propostos.

Figura 12: *Pools* de doadores utilizados



Fonte: resultados do estudo. Elaboração: Agroicone

4.4. Testes de adequação e inferências

O ajuste do controle sintético em relação à unidade tratada deve ser visto sob duas óticas. O primeiro levando em consideração a métrica de erro (RMSPE⁶), ou seja, os desvios médios no período pré-tratamento, entre a unidade tratada e o controle sintético. Quanto mais próximo de 0 esse termo de ajuste, maior a qualidade do controle sintético, o que graficamente se manifesta em curvas mais sobrepostas entre o tratado e o sintético no período pré-intervenção.

Por fim, para avaliar se o controle sintético é adequado, é preciso minimizar as diferenças de médias das variáveis utilizadas para a própria construção da unidade sintética. Combinado com o RMPSE, garante-se que se está comparando unidades que possuem a mesma tendência pré-tratamento e compartilham de características similares.

Para avaliar se os impactos estimados são espúrios ou se podem ser relacionados à intervenção do REM, alguns testes e métricas de ajuste foram realizados de forma a dar validade estatística aos impactos estimados.

A premissa básica em torno dos testes de validação consiste na construção de placebos. No contexto do controle sintético, o teste de placebo é um tipo de teste que busca mensurar se o tratamento gera algum efeito em unidades que não foram realmente tratadas. Os placebos são definidos através da construção de múltiplos controles sintéticos aplicando o tratamento para unidades não tratadas. Ou seja, presume-se que outra unidade doadora (outra UF do *pool* de doadores) é a unidade tratada (recebeu o REM), e a partir daí, constrói-se um controle sintético desta unidade e estimam-se os impactos. Caso se observe que as unidades do placebo apresentam bom ajuste ao

⁶ Root Mean Squared Percentage Error (RMSPE) é uma métrica de erro que calcula a raiz quadrada da média dos quadrados dos desvios percentuais. É uma medida que reporta o erro em escala minimizada.

sintético e resultados no período pós-intervenção, similares à verdadeira unidade tratada (MT), significa que os resultados obtidos para a unidade tratada são espúrios. Em suma, três indicadores são produzidos a partir dos placebos:

- **Significância dos impactos estimados:** ao estimar os placebos, impondo o tratamento para unidades que não foram tratadas, estima-se também os impactos (diferença entre o placebo e seus controles sintéticos). Esses impactos (para cada placebo e para cada período pós-tratamento) não estão sujeitos aos testes de hipótese clássicos para inferência estatística em modelos de regressão com grandes amostras. Todavia, é possível observar a significância a partir de pseudo p-valores⁷. A partir da distribuição dos impactos dos placebos ao longo dos períodos pós-tratamento, é possível observar qual o percentual de impactos dos placebos maiores do que o observado na unidade tratada. Se esse percentual for alto, conclui-se que os impactos são oriundos de um fenômeno aleatório, não podendo ser confirmada a relação com a intervenção (Cavallo, et al. 2013; Adhikari, 2021).
- **Proporção de placebos que possuem um RMSPE no período pré-tratamento maior ou igual à unidade tratada⁸:** Mede a qualidade do ajuste da construção do controle sintético no período pré-tratamento entre a unidade tratada e placebos. Quanto mais próximo de 1, maior a qualidade do ajuste da unidade tratada em relação ao seu sintético, se comparado aos placebos. O entendimento prático é de que se todos os placebos são piores no período pré, quer dizer que o tratado (MT) foi o que melhor se ajustou ao sintético e, portanto, é a unidade com maior possibilidade de se fazer inferência pós.
- **Proporção de placebos que possuem a razão entre o RMSPE no período pós-tratamento e o RMSPE no período pré-tratamento maior ou igual à unidade tratada⁹:** medida de adequação que pondera os desvios no período pós-tratamento pela qualidade do ajuste no período pré-tratamento. Ou seja, leva em conta os ajustes tanto na capacidade do modelo de mimetizar a série até o período pré-intervenção, quanto o efeito gerado após. Quanto menor, melhor, denotando que o tratado possui ajuste e efeitos maiores.

5. Resultados

5.1. Procedimento de estimação

A fim de encontrar o melhor Mato Grosso sintético possível, considerando pressupostos aderentes à realidade do fenômeno do desmatamento, à atuação institucional de combate e ao papel do REM como possível impacto neste processo, foi realizada uma estratégia de otimização, baseada na combinação das variáveis com os diversos *pools* de doadores. Foram estimados modelos com cada um dos *pools*, para todas as combinações possíveis de variáveis, contendo no mínimo cinco destas.

Este critério de restrição se deu para garantir a comparabilidade baseada em um número mínimo de dimensões, assegurando uma adequada caracterização do cenário sem intervenção. Outro argumento que corrobora esse ponto é a alta exposição à arbitrariedade na seleção da forma

⁷ O pseudo p-value é a proporção de efeitos placebo ($\hat{\tau}_{1t}$) iguais ou superiores ao efeito verdadeiro observado ($\hat{\tau}_{jt}$). Na prática ela se expressa como $pvalue = \sum_{j \neq i} 1(|\hat{\tau}_{jt}| \geq |\hat{\tau}_{1t}|) / J$, para $j \neq 1$ (Galiani e Quistorff, 2017).

⁸ Para mais informações, ver Galiani & Quistorff (2017).

⁹ Para mais informações, ver Galiani & Quistorff (2017).

funcional. Abadie (2020) argumenta que processos de seleção utilizando alguma estratégia “*data driven*” pode auxiliar na identificação de uma forma funcional com maior poder preditivo.

A execução de modelos preliminares apontou para dois desafios importantes quanto à volatilidade da variável desmatamento no MT e entre as Ufs: i) a quebra estrutural observada entre os anos de 2008 e 2009, provavelmente em função das ações do PPCDAm e ii) a forte oscilação do desmatamento do MT nos períodos de 2009 e 2012 e de 2015 e 2017, não acompanhada pela maioria das Ufs. Para solucionar estes aspectos e garantir a *performance* do sintético decidiu-se por excluir o ano de 2008, considerando a mudança de trajetória, sem maiores perdas para as estimações. Já com relação aos movimentos contingentes nos dois períodos citados, percebeu-se a melhora do ajuste a partir da incorporação de dois preditores especiais¹⁰ de média, que suavizaram as oscilações, ao utilizar os valores médios dos intervalos.

Com as configurações mencionadas, foram executados 8.916 modelos, sendo 4.458 empregando a variável “Desmatamento total (ha)”, ou seja, a variável absoluta; e a outra metade, considerando a variável “Desmatamento relativo”, o quociente da área de desmatamento pela área total da UF. A tentativa pela configuração relativa se deu em função da observância de um melhor ajuste da série frente à variável em valor absoluto, eliminando efeitos de variância entre as unidades em termos de sua extensão territorial.

Os 4.458 modelos estimados em cada caso decorreram das 1.486 combinações com no mínimo cinco variáveis, para cada um dos três *pools* de doadores, gerando, portanto, todos os possíveis testes considerando as melhores especificações observadas inicialmente. Apesar da busca pela otimização, vale ressaltar que tal estratégia não se motivou por uma escolha baseada puramente na métricas estatísticas dos modelos. O objetivo foi obter um universo de possibilidades para aplicar um critério de escolha capaz de equilibrar as métricas observadas e as considerações teóricas a respeito do fenômeno observado.

Após o resultado, observou-se que os modelos com a variável resposta “Desmatamento relativo” geraram os melhores ajustes gráficos em relação ao seu valor absoluto, ou seja, conseguiram mimetizar melhor o comportamento do estado de MT no período. A presença das variáveis preditoras “Área total” e o próprio “Desmatamento relativo” proporcionaram, em média, as menores métricas de erro¹¹. Deste achado, decidiu-se pela continuidade com os modelos com estas especificações, reduzindo o espaço amostral de escolhas a 1.398 possibilidades, 466 com cada *pool* de doadores.

A partir deste recorte, o próximo desafio foi definir o melhor *pool*, tomando como base o ajuste dos preditores. Para tal, foi definida uma “Métrica de Pareamento¹², similar à métrica de erro, para quantificar o desvio das demais variáveis em relação aos parâmetros de MT, sendo esta calculada

¹⁰ No controle sintético, preditores especiais podem ser utilizados para lidar com padrões específicos em determinados períodos da série, como é o caso de oscilações nos dados. Podem ser utilizados parâmetros como a média ou a mediana, considerando os valores das unidades do *pool* de doadores para cada período.

¹¹ Os modelos sem e com ambas as variáveis geraram, respectivamente, os seguintes valores médios de RMSPE, 0,00023 e 0,00018, sendo este último valor o menor (melhor) em relação à aplicação isolada de uma ou outra variável. A presença das variáveis se revelou, portanto, um ganho quando para a especificação.

¹² Para avaliar a qualidade do pareamento, foi calculada a média dos módulos dos desvios percentuais do sintético em relação ao MT, bem como da amostra simples em relação ao MT.

tanto para o sintético, quanto para a média amostral simples. O pareamento dos valores do sintético com os da unidade tratada possui uma importância confirmatória na análise, servindo ao propósito de demonstrar o alinhamento da comparação também por meio de outras dimensões, no caso, das variáveis de uso da terra e características produtivas e de gestão do meio ambiente.

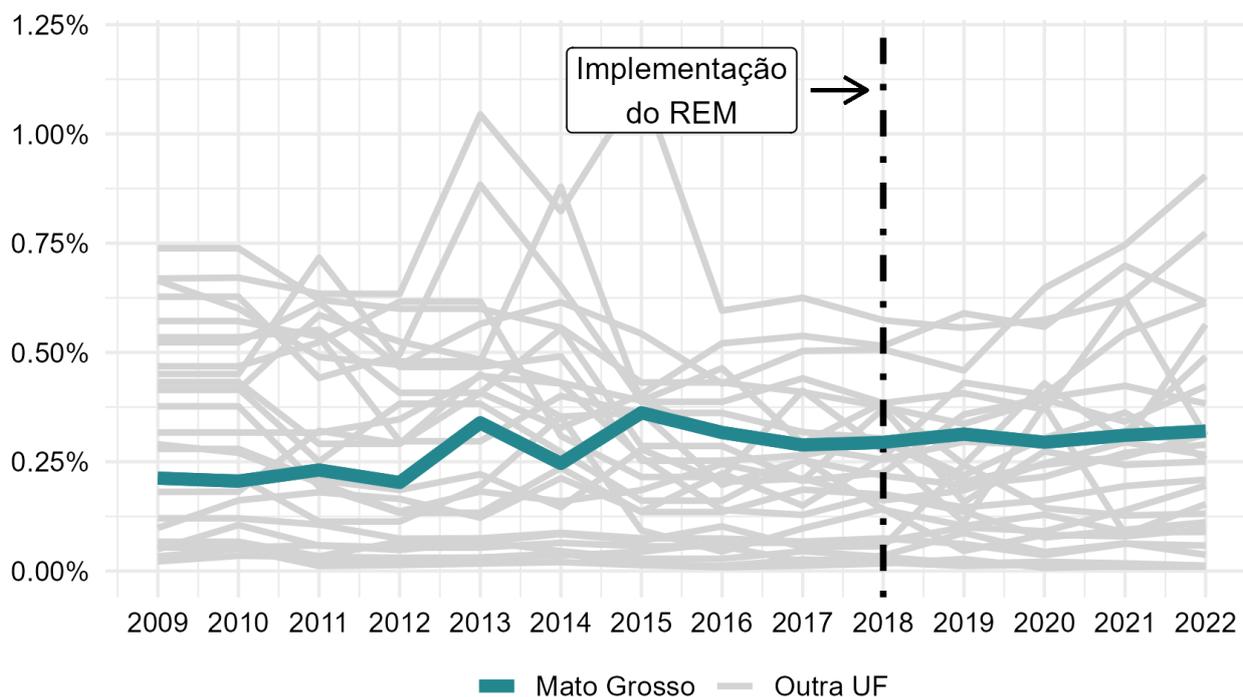
Com base na métrica calculada, observou-se uma melhor média dos modelos do *pool* de doadores das Ufs que compartilham biomas, excluindo os *outliers*, o que levou à constatação de que este *pool* possui os melhores comparáveis no contexto da estratégia. Tal indicativo converge, inclusive, com a percepção teórica de melhor comparabilidade entre o MT e as Ufs que compartilham biomas e que demonstraram características similares de desmatamento no período. Em adição a este critério, optou-se pelo filtro dos modelos nos quais o sintético apresentou uma melhor métrica de desvio se comparado à média amostral simples, o que reduziu o conjunto de opções para 314.

Desse grupo, a escolha final se deu considerando primeiro os 63 modelos (1º quintil) com menor RMSPE, minimizando em sequência a métrica de desvio dos parâmetros e impondo a restrição de no mínimo duas variáveis do grupo de “Uso do solo/econômica” e duas de “Gestão ambiental”. Esta última restrição se amparou novamente na perspectiva de garantir o melhor enquadramento frente às dimensões que captam a dinâmica do desmatamento/conservação. Assim, o modelo funcional apresentou a seguinte especificação: Percentual de floresta, Gasto com Gestão Ambiental por hectare de Floresta, Percentual de Pasto, Desmatamento relativo, Área total e Número de autos.

5.2. Resultados e Discussão

Como se pode observar pela Figura 13, a dinâmica do desmatamento relativo é variada entre as potenciais unidades doadoras (Unidades da Federação). O objetivo, portanto, é construir um Mato Grosso sintético a partir de um sistema de ponderação dessas séries de desmatamento relativo a partir de um vetor de variáveis.

Figura 13: Desmatamento relativo para o Mato Grosso (tratado) e demais UFs (unidades doadoras)



Fonte: resultados do estudo com base nos dados do PRODES/INPE e MapBiomas – Coleção 8. Elaboração: Agroicone

Como exposto na seção anterior, foi definida a forma funcional que minimiza o índice de qualidade de ajuste e o desvio médio das variáveis selecionadas. A Tabela 1 apresenta os valores médios para Mato Grosso e Mato Grosso sintético. Do ponto de vista das dimensões consideradas, foi possível observar um bom pareamento no modelo escolhido. Na Tabela 1, para cada variável, quanto mais próximo do valor de MT estiver o valor do sintético, melhor se deu a mimetização em relação à dimensão. Ressalta-se que mesmo com todo o esforço para o ajuste da métrica de desvio, tal pareamento mostrou-se um desafio, tendo sido constatada, na fase de escolha, um *trade off* entre a minimização das métricas de erro e de desvio dos parâmetros.

Tabela 1: Média das variáveis – comparação entre MT, MT sintético e média amostral do *pool 3*

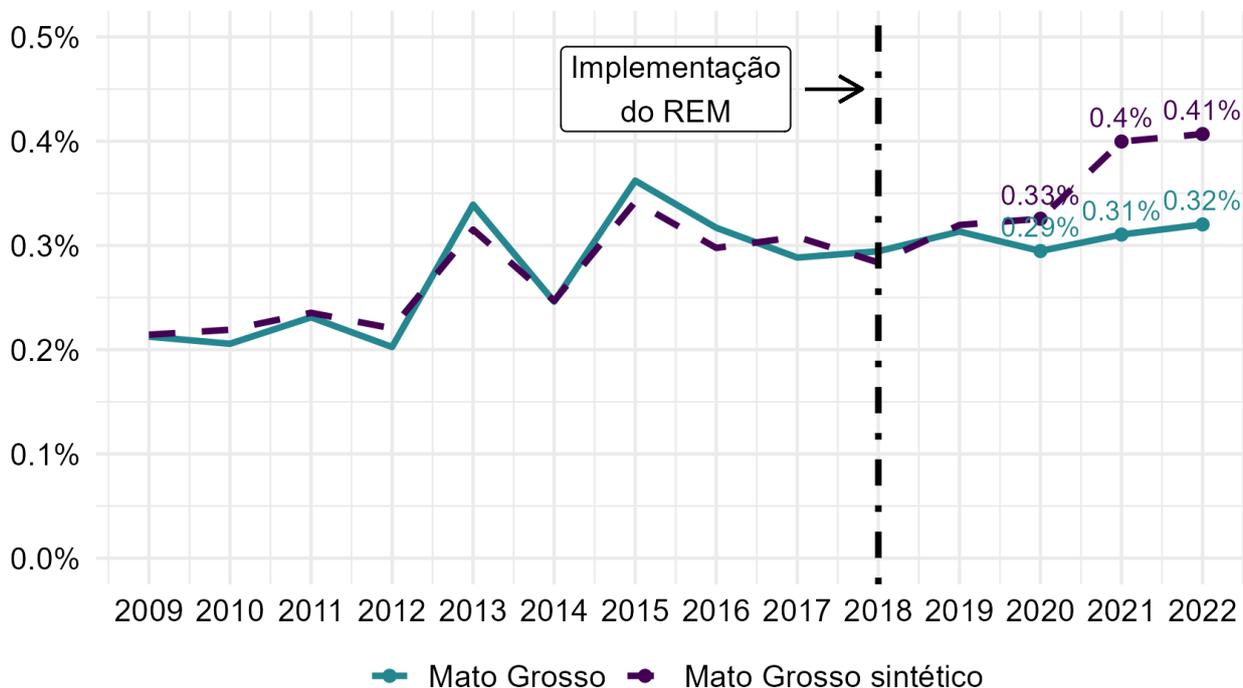
Variável	Mato Grosso	Mato Grosso sintético	Média da amostra
Percentual de Floresta	0,550	0,613	0,553
Gasto com Gestão Ambiental	1,849	2,25	3,939
Percentual de Pasto	0,231	0,231	0,259
Desmatamento (%)	0,003	0,003	0,004
Área total (há)	90.311.408	83.784.739	57.484.040
Número de autos	1.532	803	836
Preditor especial			
Desmatamento (%) (2009 – 2012)	0,002	0,002	0,004
Preditor especial			
Desmatamento (%) (2015 – 2017)	0,003	0,003	0,003

Fonte: resultados do estudo. Elaboração: Agroicone

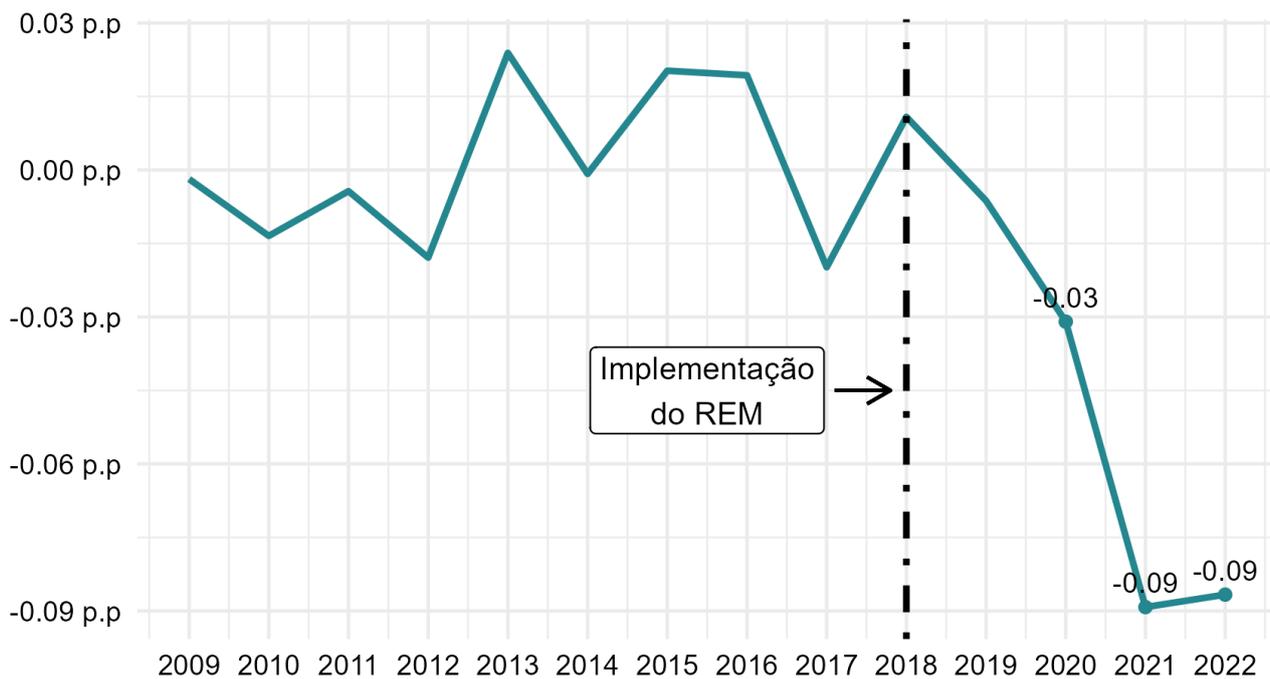
Como mencionado, para a construção do Mato Grosso sintético, foram utilizadas três formatações diferentes de *pools* de doadores. Apesar disso, observou-se uma homogeneidade em termos das unidades que foram consideradas para a ponderação (Tabela 1B do Anexo B). Para todos os *pools*, os estados Amazonas, Rondônia, Mato Grosso do Sul, Pará¹³ e Tocantins foram as unidades com peso para a construção do Mato Grosso sintético. Tal configuração mostra uma boa convergência em relação ao esperado, uma vez que são Estados com biomas compartilhados com MT, bem como com dinâmicas produtivas e de desmatamento similares. Ao mesmo tempo, encontrar o mesmo grupo com relevância em todos os *pools* permite a comparabilidade da qualidade do modelo dentre as diferentes configurações.

Na Figura 14, pelo primeiro gráfico, é possível observar as séries de desmatamento de MT e de seu sintético. Destaca-se, até o ano de intervenção do REM, a quase sobreposição das linhas, mostrando que a metodologia de sintético obteve sucesso em seu propósito, ou seja, criou uma unidade com comportamento similar no período pré-intervenção e, portanto, comparável. Após o REM, por outro lado, o descolamento das séries é evidente, podendo ser constatado, pelo sintético, que um eventual MT sem o REM apresentaria uma trajetória crescente de desmatamento. O gráfico inferior é simplesmente a diferença entre o MT e o sintético, mostrando o *gap*. O esperado é sempre a baixa variabilidade pré-intervenção (próxima a zero) e a mudança de trajetória no período pós, neste caso, para baixo, considerando a capacidade do MT de evitar o desmatamento.

Figura 14: Desmatamento relativo de Mato Grosso e Mato Grosso Sintético (gráfico superior) e impacto líquido (gráfico inferior)



¹³ Este somente para a formatação do Pool de Doadores 3.



Fonte: resultados do estudo. Elaboração: Agroicone

É possível perceber que o MT sintético conseguiu mimetizar o estado de MT até mesmo nas oscilações no período anterior ao REM, demonstrando a qualidade da unidade comparável para a avaliação de impacto. Percebe-se, pelo gráfico inferior, que no primeiro ano da intervenção, o estado de Mato Grosso ainda registrou uma taxa de desmatamento em relação à área total superior ao MT Sintético. A partir de 2019, contudo, esse cenário passa a se alterar, se consolidando de forma mais intensa nos anos subsequentes. Ou seja, o impacto do REM se dá em termos de desmatamento evitado, sendo observado pela diferença entre o desmatamento relativo do Sintético e o de Mato Grosso.

5.3. Inferências e validações

A partir da definição do controle sintético, das métricas de ajuste deste em relação à unidade tratada, e da observância de um possível impacto, definido pelo hiato entre as curvas no período pós-tratamento, é necessário avaliar se é possível fazer a inferência de que esse impacto em termos de desmatamento evitado, é oriundo da intervenção (REM), ou é um fenômeno espúrio que pode ser observado em demais unidades doadoras.

Diante do exposto na subseção de *pool* de doadores, de que existe um *trade off* entre o tamanho do *pool* e o poder de inferência estatística, análises de significância foram realizadas observando os modelos dos três diferentes *pools* de forma a garantir uma maior robustez. Como o modelo escolhido para aferir o impacto do REM no desmatamento possui como base o *pool* mais restrito, uma análise “ancorada” se mostra fundamental. Assim, realizou-se a aplicação da mesma forma funcional (variáveis) do modelo escolhido nos *pools* 1 e 2, a fim de testar suas métricas de qualidade.

A Tabela 2 expressa duas métricas discutidas anteriormente para o modelo em cada *pool*: a proporção de placebos que possuem um RMSPE no período pré-tratamento maior ou igual à unidade tratada ((%) Placebos maiores pré-tratamento) e a proporção de placebos que possuem a razão entre o RMSPE no período pós-tratamento e o RMSPE no período pré-tratamento maior ou igual à unidade tratada ((%) Placebos com razão de RMSPE maior). Vale lembrar, para o nosso caso, que a primeira métrica expressa a qualidade de ajuste do sintético em relação à unidade tratada, comparando MT e placebos; enquanto a segunda faz a mesma comparação, mas levando em conta o pré e o pós. No primeiro, quanto mais próximo de 1, melhor, pois significa que 100% dos placebos teriam um erro (RMPSE) maior que o erro do sintético de MT. Por sua vez, na segunda, quanto mais próximo de 0 melhor, significando que nenhum dos placebos possuiria uma razão de erros maior que a de MT, levando em conta os períodos pré e o pós-intervenção.

Tabela 2: Síntese dos testes de ajuste médio do tratado em relação aos placebos

Estatísticas de ajuste médio	Modelo <i>Pool 1</i>	Modelo <i>Pool 2</i>	Modelo <i>Pool 3</i>
(%) Placebos maiores pré-tratamento	0,84	0,73	1
(%) Placebos com razão de RMSPE maior	0,15	0,2	0

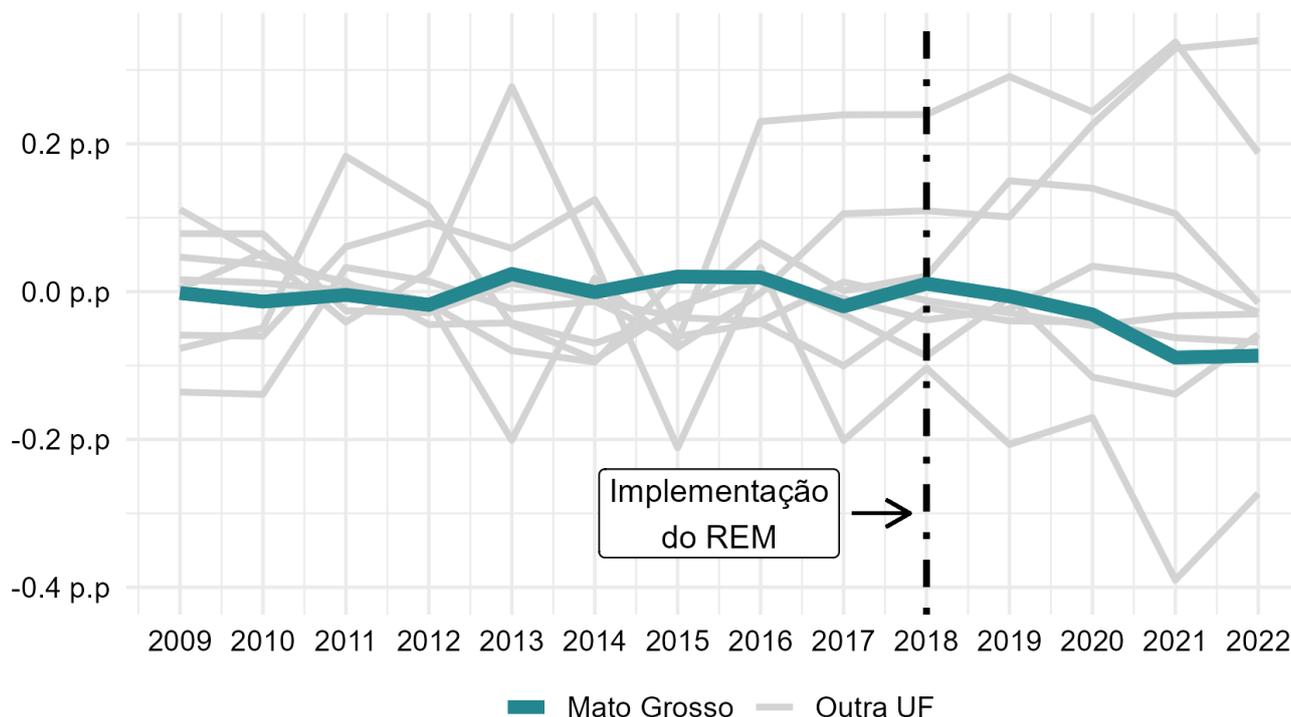
Fonte: resultados do estudo. Elaboração: Agroicone

Considerando o Modelo *Pool 3*, escolhido na análise, observa-se que 100% de seus placebos apresentam um ajuste pior (maior RMSPE) no período pré-REM. Tal valor, apesar de indicar a qualidade máxima de desempenho, deve ser analisado com cautela, uma vez que tem como base apenas 10 unidades (placebos) para comparação, sendo, portanto, em teoria, mais fácil para a obtenção de um melhor desempenho. Por outro lado, a análise dos *pools 1 e 2*, que apresentaram MT melhor em 84% e 73% dos casos, demonstrou ajustes também significativos, o que permite constatar que a forma funcional apresenta bom resultado em todas as configurações, assegurando por esta dimensão a capacidade de inferência dos modelos.

Com relação à segunda métrica, percebe-se um padrão similar à anterior. Os três modelos demonstraram um baixo percentual de placebos que atingiram um ajuste médio entre os períodos pós e pré melhores que MT. A qualidade máxima obtida pelo Modelo *Pool 3*, com nenhum dos placebos com desempenho melhor encontra eco nos Modelos *Pools 1 e 2*, que apresentaram métrica de 15% e 20%, respectivamente. Junto ao padrão da métrica anterior, estes valores passam a fornecer segurança de que a aplicação da metodologia criou condições para a avaliação e de que é possível constatar o impacto do REM na dinâmica do desmatamento em MT.

Por fim, pela Figura 15 pode-se observar a representação gráfica dos testes de placebo, com os impactos estimados para todas as unidades do Modelo 3, ou seja, com o *pool* reduzido. Percebe-se que, para este Modelo, MT possui os resultados mais comportados, apresentando uma consistência nos valores obtidos.

Figura 15: Resultados do teste de Placebo para o Modelo 3



Fonte: resultados do estudo. Elaboração: Agroicone

Garantida a possibilidade de inferência, torna-se factível, portanto, quantificar o impacto da intervenção. A Tabela 3 elenca os resultados, considerando os valores de MT e do sintético para cada ano a partir de 2018, ou seja, da intervenção.

Tabela 3: Resultados do modelo escolhido

Ano	Desmat. (%) – MT	Desmat. (%) – Sintético	Diferença p.p	Diferença em ha (Desmat. Evitado)
2018	0,29%	0,28%	-	-
2019	0,31%	0,32%	-	-
2020	0,29%	0,33%	-	-
2021	0,31%	0,40%*	0,09 p.p	80.586 ha
2022	0,32%	0,41%*	0,09 p.p	78.287 ha

(*) Apenas os anos de 2021 e 2022 apresentaram significância estatística

Fonte: resultados do estudo. Elaboração: Agroicone

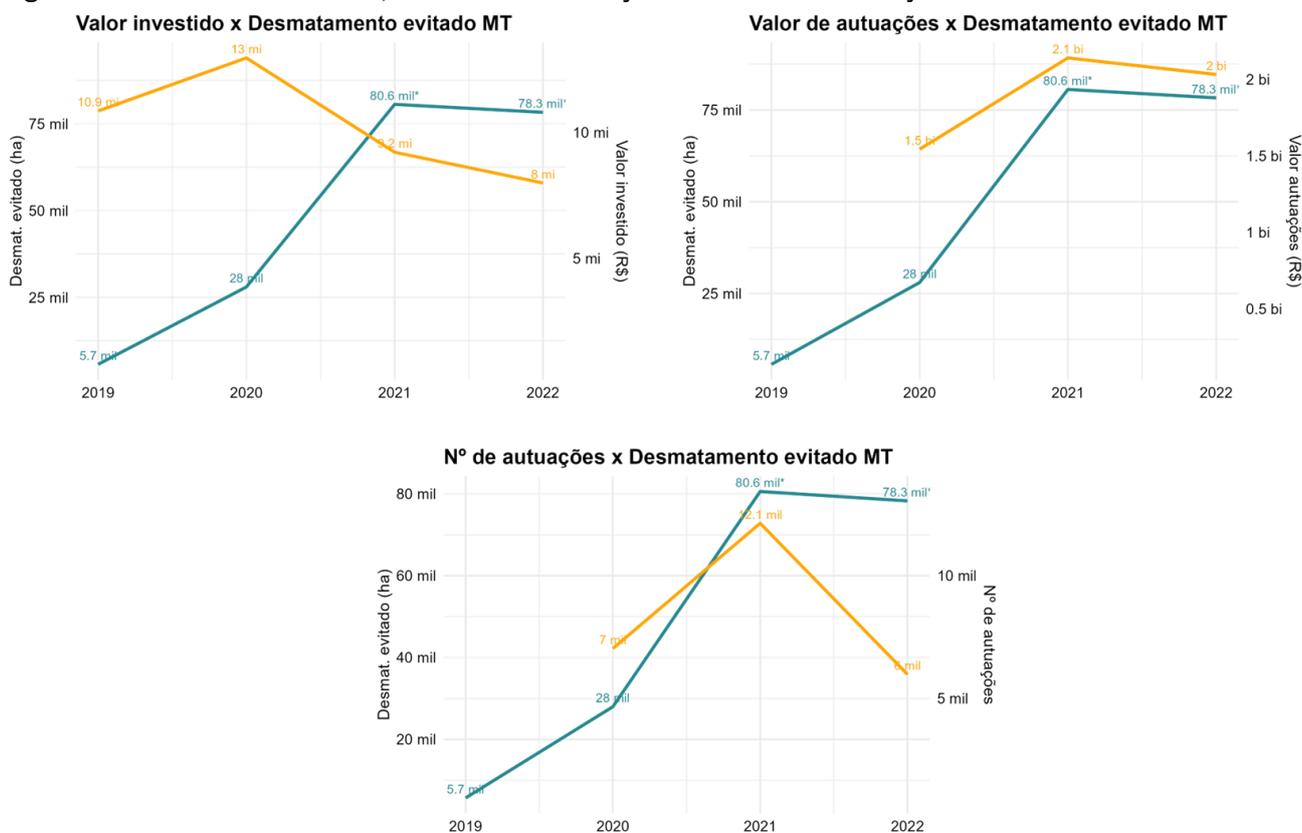
Foi possível observar que os resultados estimados para os primeiros períodos da intervenção, além de serem muito pequenos, não foram estatisticamente significativos. Esse resultado é esperado, uma vez que impactos de uma intervenção de política pública dessa natureza tendem a ter um período para se manifestarem, uma vez que, no geral, ocorrem hiatos entre a sua “assinatura” e a efetiva mobilização de recursos (ex. pessoal, financeiro, insumos etc.). Somente a partir do ano de 2021, ou seja, 3 anos pós-intervenção, é que se tornou possível observar resultados

estatisticamente significativos no REM. Pelos valores de 2021 e 2022, considerando a área de MT (90 milhões de ha), pode-se constatar que o REM evitou aproximadamente 160 mil ha de desmatamento, uma média de 79,4 mil ha por ano. Para o ano de 2022, o impacto no desmatamento evitado representou cerca de 27% do desmatamento total observado no Estado (289 mil ha conforme PRODES/INPE para os três biomas).

A trajetória observada reforça a importância da continuidade do combate ao desmatamento por meio do programa, sugerindo a sua capacidade de evitar o desmatamento. Isso é importante de ser ressaltado uma vez que pela série consegue-se observar a continuidade do desmatamento no Estado, o que leva a crer que a redução do nível dependerá de mais investimento e de esforços institucionais de mitigação. A significância dos resultados apenas nos anos recentes aponta também para a necessidade de continuar avaliando o impacto do REM, a fim de observar melhor a maturação das intervenções no decorrer dos anos.

Os resultados podem ser observados a partir da comparação da dinâmica dos recursos investidos no REM, o padrão de autuações e seus respectivos valores (Figura 16). Apesar de não ser possível realizar inferências precisas somente a partir da dinâmica temporal no período pós-REM, é possível observar uma resposta do desmatamento evitado em relação aos investimentos realizados nos anos iniciais da intervenção.

Figura 16: Valor investimento, número de autuações e valor das autuações X desmatamento evitado



Fonte: resultados do estudo. Elaboração: Agroicone

6. Impactos da intervenção

Os esforços entorno do combate ao desmatamento produzem alguns impactos imediatos. Um deles é sobre a estrutura da indústria do desmatamento ilegal, a partir das apreensões de bens de capital utilizados na conversão e degradação da vegetação nativa. Entre 2020 e 2023, foram apreendidos 670 tratores pneu, 328 tratores esteira, 387 caminhões, 35 escavadeiras, 18 retroescavadeiras, 82 veículos, 481 motosserras, 60 barcos/balsas, além de 2 aviões e um helicóptero, conforme mostrou a Figura 4. Isso sem contar os milhares de outros equipamentos e acessórios, além de 152 armas e diversas pessoas encaminhadas às delegacias. Todo esse esforço resultou num montante apreendido na ordem de R\$445 milhões¹⁴, atingindo de forma direta a infraestrutura do desmatamento.

É impossível afirmar que esse resultado se deve de forma integral à intervenção do REM. Para se fazer essa afirmação, seria necessário conhecer: i) a dinâmica das apreensões antes do REM; ii) a dinâmica das apreensões dos demais estados da federação para construção de um contrafactual. De todo modo, é possível fazer algumas suposições com algum grau de segurança.

Além do dismantelamento da infraestrutura dedicada à conversão e degradação da vegetação nativa, outro impacto direto das ações de fiscalização e combate ao desmatamento pelo estado de Mato Grosso é o próprio desmatamento evitado. Como mostraram os resultados apresentados na seção 5, foram evitados, em média, 79,4 mil ha por ano no período 2021-2022. Esse resultado só pode ser observado nos dois últimos anos da série, uma vez que as intervenções do REM apresentaram um *delay* para se manifestarem na taxa relativa de desmatamento (algo esperado visto à natureza do problema e o desafio de se recompor o aparato institucional de combate ao desmatamento).

Outra forma de se observar esse resultado se dá a partir do valor do ativo referente à vegetação não desmatada. Para tal, é possível utilizar os preços do mercado de carbono para projetos REDD+ com o intuito de se precificar o desmatamento evitado. Se se tomar como base um preço médio de \$7,87¹⁵ dólares por tonelada de carbono e um câmbio de R\$5,44/dólar¹⁶, com uma capacidade de estocagem de carbono por hectare média de 45 toneladas¹⁷, o valor referente à área de desmatamento evitado giraria em torno de R\$152,97 milhões por ano (2021 e 2022).

Outro possível impacto da reestruturação do aparato de gestão, fiscalização e combate ao desmatamento pode ser observado na dinâmica do desmatamento legal. De 2019 a 2022, a área de supressão de vegetação nativa autorizada triplicou, alcançando 98 mil hectares em 2022.

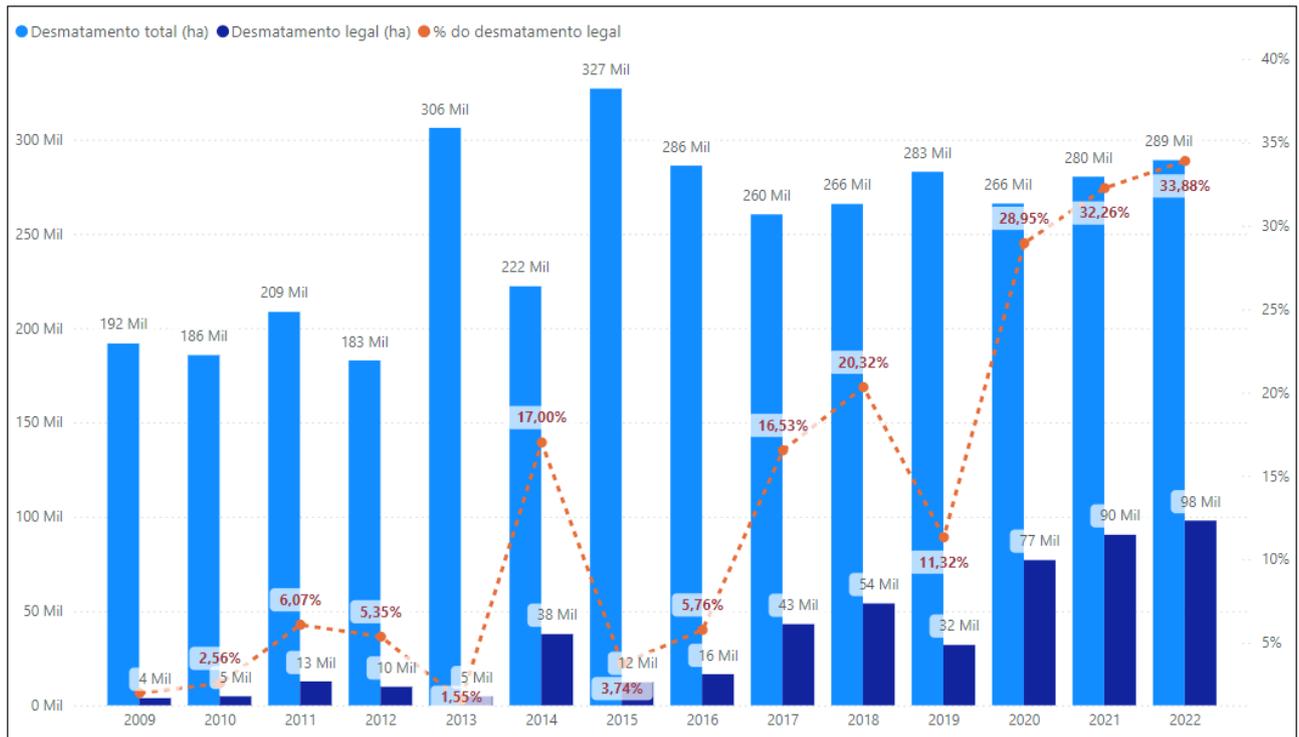
Figura 17: desmatamento total, legal e percentual do desmatamento legal entre 2009 e 2022.

¹⁴ Uma vez que se desconhece as características dos produtos apreendidos, como a marca, ano de fabricação e preço médio, adotou-se para os fins propostos, taxas de depreciação definidos pela SEFAZ, bem como um período de uso de meia vida em relação à depreciação e preços médios identificados na internet a partir de produtos de referência. Essas informações podem ser observadas no Anexo D.

¹⁵ Valor extraído do relatório anual sobre mercado de carbono do Ecosystem Marketplace. Acessado em: https://3298623.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/3298623/SOVCM%202024/State_of_the_Voluntary_Carbon_Markets_20240529%201.pdf

¹⁶ Valores referentes ao câmbio do dia 11/07/2024.

¹⁷ Uma vez que o modelo não diferiu bioma, utilizou-se a capacidade de estocagem de carbono média entre os biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal extraídos do Mapbiomas.



Fonte: resultados do estudo a partir da base de dados do PRODES/INPE e da SEMA. Elaboração: Agroicone
 Esse padrão é curioso e traz reflexões a cerca de um possível processo de substitutibilidade entre o desmatamento legal e ilegal na medida que os processos se otimizaram. Antes da reestruturação promovida pelo REM, o maior custo de transação para que o produtor ingressasse com o pedido de supressão de vegetação nativa o desencorajava e o incentivava a desmatar ilegalmente. Agora, com processos otimizados, o produtor busca o processo legal para abrir novas áreas.

Obviamente, esse é um tipo de resultado que deve ser visto com cautela. É preciso refletir sobre estratégias e alternativas para mitigar a tomada de decisão do produtor por suprimir vegetação nativa em excedente. Pagar o custo de oportunidade de se abrir novas áreas através de programas REDD+ e demais instrumentos previstos pelo Código Florestal como por exemplo Cotas de Reserva Ambiental (CRA) e Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) pode ser uma alternativa. Esta é, inclusive, uma meta da Estratégia PCI. Ou seja, é possível a integração de esforços no sentido de mitigar o desmatamento legal.

7. Recomendações

Diante do exposto, é possível tecer um conjunto de recomendações ao REM no sentido de melhor otimizar suas ações para a segunda fase do Programa, bem como impulsionar ainda mais seus impactos sobre a dinâmica do desmatamento.

- **Monitoramento contínuo do desmatamento sob a ótica do contrafactual.** Na medida que a dinâmica do desmatamento é exposta a uma conjuntura nacional, é preciso observar o desmatamento em Mato Grosso do ponto de vista da comparação com seus pares a partir do conceito do contrafactual apresentado por essa Nota;
- **Estruturação das informações passadas sobre apreensões para se ter um entendimento melhor da evolução desse processo.** Para se avaliar o impacto do Programa sobre as

apreensões e multas, é preciso conhecer de forma sistematizada, tais dimensões antes da implementação do Programa;

- **Auxiliar demais estados no que diz respeito à governança da gestão do desmatamento. Mato Grosso como benchmark.** Toda a reestruturação promovida pelos recursos do Programa REM não se limita à infraestrutura de combate ao desmatamento, mas vai além, especialmente do ponto organizacional e institucional. Essa experiência precisa ser compartilhada de forma estruturada para os demais Estados;
- **Se atentar para eventos extraordinários como foi o caso do desmatamento em Barão de Melgaço. Ação combinada com outros órgãos para identificar e coibir.** A dinâmica do desmatamento também está exposta a um grau de incerteza e imprevisibilidade. Eventos extraordinários em que um indivíduo promove uma destruição do meio ambiente em massa podem impactar todo o esforço de combate. Portanto, é preciso ações combinadas com outros órgãos e instituições a fim de identificar e coibir tais anomalias;
- **Diante dos recursos escassos e do baixo efetivo, focalizar as ações naqueles municípios com baixo percentual de alertas atendidos e que apresentam crescimento no desmatamento;**
- **Priorizar a abertura de concursos públicos para novos agentes de defesa ambiental de forma a recompor o efetivo a fim de aumentar a produtividade do combate ao desmatamento;**
- **Pactuar compromissos junto aos municípios a partir da estrutura do REM no sentido de compartilhar responsabilidades e metas em torno da fiscalização e combate ao desmatamento, a fim de otimizar as ações da SEMA.** Utilizar os pactos municipais do PCI, incluindo os compromissos de redução do desmatamento nos municípios, e avaliar a possibilidade de estruturação de governança nos moldes dos Municípios Verdes.
- **Reduzir o desmatamento legal através do pagamento do custo de oportunidade do produtor via projetos de REDD+ e demais instrumentos de pagamentos por serviços ambientais, focalizados no território e direcionados ao produtor rural;**
- **Fortalecer os demais subprogramas do REM, especialmente no que diz respeito à adoção de boas práticas agropecuárias, a fim de produzir um efeito poupa-terra oriundo do crescimento da produtividade agropecuária aliada à redução de externalidades ambientais negativas (em especial o desmatamento) e incremento da resiliência climática;**
- **Direcionar os bens de capital apreendidos para uso do poder público ou para pequenos produtores familiares, quando possível e dentro da legalidade.**

8. Considerações finais

A presente Nota Técnica buscou avaliar os possíveis impactos do REM sobre o desmatamento no estado de Mato Grosso. Para tal, foi escolhido o método do controle sintético a fim de mimetizar a dinâmica do desmatamento relativo para avaliar se a intervenção do REM teve impacto em termos de desmatamento evitado.

Foi possível encontrar e validar, a partir de uma estratégia exaustiva de modelagem, um controle sintético com boa *performance* para a realização de inferências. A estratégia envolveu processos interativos “*data-driven*”, equilíbrio entre diversas métricas de qualidade e pressupostos teóricos que fortaleceram a escolha do modelo. A trajetória do desmatamento relativo foi mimetizada e o

ajuste do modelo em termos das variáveis escolhidas se mostrou adequado. Além disso, a estratégia de validação, com a análise de placebos para os *pools* de doadores demonstrou a capacidade de realizar inferências causais sobre o papel do REM no combate ao desmatamento em MT.

No que diz respeito aos impactos em termos de desmatamento evitado, o que se observou é que somente os impactos dos anos 2021 e 2022 foram estatisticamente significativos, demonstrando um *delay* da intervenção; *delay* este esperado, uma vez que impactos de intervenções de política tendem a apresentar um hiato temporal diante da necessidade de maturação da intervenção. O impacto estimado para esses dois anos representou cerca de 160 mil hectares em desmatamento evitado, média de 79,4 mil por ano. Em termos de valor, esse desmatamento evitado equivaleria a R\$152,97 milhões por ano (2021 e 2022).

Além da observação da significância estatística do impacto de cada ano, a partir das análises de placebo (quando se impõe o tratamento para as unidades doadoras e se estimam os seus sintéticos e impactos), foram realizados testes de ajuste médio, que compararam a unidade tratada e os placebos em termos do ajuste com seus respectivos sintéticos no período pré e pós-intervenção. Observou-se que o modelo estimado apresentou um desempenho adequado, tendo sido validado pela análise comparativa com os modelos dos demais *pools*.

Todavia, é possível afirmar de forma contundente o papel importante que a fiscalização e combate ao desmatamento possui no processo de desmantelamento da infraestrutura dedicada à conversão e degradação ilegal da vegetação nativa. A partir dos bens de capital apreendidos, foi possível estimar um valor total de R\$445 milhões apreendidos.

Vale ressaltar que este estudo compartilha de diversos desafios observados na literatura de avaliação de impacto de intervenções no desmatamento (Sills et al., 2015; West, et al., 2020, Assunção, Costa e Szerman, 2017; Correa, et al., 2020; Sills, et al., 2020). O próprio combate ao desmatamento é desafiador, uma vez que exige grande coordenação de recursos, em uma perspectiva territorial, tendo como aparato a estrutura organizacional do Estado. A ausência de impacto em diversos estudos mostra o quão complexa é esta tarefa. No caso do REM, os achados aqui relatados permitem demonstrar um positivo caminho para o programa, indicando que os investimentos e ações realizadas vêm surtindo resultado.

É possível concluir que existem elementos suficientes para sugerir que o REM pode ter mitigado o desmatamento em Mato Grosso. Esses resultados são de suma importância, tanto para a gestão do desmatamento e preservação dos ativos naturais do Estado, quanto na divulgação e reporte dos resultados para a sociedade civil. Se faz necessário um acompanhamento nos próximos anos para, além de incrementar a acurácia deste modelo, acompanhar o desempenho do REM ao longo desse novo ciclo.

Referências bibliográficas

ABADIE, Alberto; DIAMOND, Alexis; HAINMUELLER, Jens. Synthetic control methods for comparative case studies: Estimating the effect of California's tobacco control program. *Journal of the American statistical Association*, v. 105, n. 490, p. 493-505, 2010.

ASSUNÇÃO, Juliano; COSTA, Francisco; SZERMAN, Dimitri. Power plants and deforestation: recent evidence from the Amazon. 2017. São Paulo, FGV, 2017.

CORREA, Juliano et al. Evaluating REDD+ at subnational level: Amazon fund impacts in Alta Floresta, Brazil. *Forest policy and economics*, v. 116, p. 102178, 2020.

GALIANI, Sebastian; QUISTORFF, Brian. The synth_runner package: Utilities to automate synthetic control estimation using synth. *The Stata Journal*, v. 17, n. 4, p. 834-849, 2017.

SILLS, Erin O. et al. Estimating the impacts of local policy innovation: the synthetic control method applied to tropical deforestation. *PLoS one*, v. 10, n. 7, p. e0132590, 2015.

SILLS, Erin et al. Investing in local capacity to respond to a federal environmental mandate: Forest & economic impacts of the Green Municipality Program in the Brazilian Amazon. *World Development*, v. 129, p. 104891, 2020.

WEST, Thales AP et al. Overstated carbon emission reductions from voluntary REDD+ projects in the Brazilian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 117, n. 39, p. 24188-24194, 2020.

Anexo A – Glossário de termos

Controle sintético: metodologia que envolve a construção de uma unidade sintética com o objetivo de mimetizar o comportamento de uma variável resposta de uma unidade tratada a partir de uma intervenção/tratamento. Tal metodologia visa permitir a realização de inferência causal. (ex. Aplicação da metodologia para avaliar se uma política de combate ao desmatamento em uma Unidade da Federação teve efeitos na redução ou no desmatamento evitado).

Unidade tratada: unidade que recebeu o tratamento/intervenção, no contexto da Metodologia de Controle Sintético (ex. Unidade da Federação em que foi implementada uma política).

Unidade sintética: unidade gerada para comparação por meio da Metodologia de Controle Sintético, a partir do pool de doadores. A unidade sintética deve mimetizar o comportamento da variável analisada da unidade tratada, a partir de um conjunto de outras variáveis explicativas (ex. Unidade da Federação sintética gerada para comparação com unidade tratada a partir de característica econômicas, de uso do solo etc.).

Pool de doadores: conjunto de unidades comparáveis à unidade tratada que fornecerão características a partir das variáveis explicativas para gerar a unidade sintética (ex. Unidade da Federação sintética gerada a partir de um grupo de outras Unidades da Federação que possuem o mesmo bioma).

Tratamento/Intervenção: ação/política/programa/etc. analisado, da qual se deseja avaliar o impacto em uma variável resposta. Possui o desafio metodológico de encontrar uma unidade sintética que simule a inexistência da ação/política/programa (ex. Política pública para o combate ao desmatamento).

Variável resposta: dimensão/característica a ser mimetizada na Metodologia de Controle Sintético, a partir das variáveis explicativas da unidade tratada (ex. Variável Desmatamento relativo).

Variáveis explicativas: dimensões/características utilizadas para construir a unidade sintética por meio da Metodologia de Controle Sintético (ex. Para construir uma unidade sintética em uma análise de impacto de uma política de combate ao desmatamento, pode-se empregar variáveis de uso do solo, gestão ambiental, econômicas, entre outras).

Inferência causal: processo empregado para concluir se um tratamento/intervenção gerou algum efeito em uma variável resposta. Trata-se de um desafio metodológico que envolve etapas cuidadosas a fim de isolar outros efeitos para retirar o viés (ex. A Metodologia de Controle Sintético).

Placebo/Teste de placebo: técnica utilizada para mensurar se o tratamento/intervenção recebido pela unidade tratada gera algum efeito nas unidades do pool de doadores (ex. Avaliar se Unidade da Federação que não recebeu política de desmatamento teve resultado igual ou pior àquela que recebeu).

Anexo B – Complemento da Modelagem

Tabela B1: Pesos estimados para cada unidade doadora para os três modelos definidos

Unidades doadoras	Pesos – Modelo 1	Pesos – Modelo 2	Pesos – Modelo 3
Acre	0	0	-
Alagoas	0	-	-
Amapá	0	0	-
Amazonas	.416	.357	.337
Bahia	0	0	0
Ceará	0	-	-
Distrito Federal	0	0	-
Espírito Santo	0	-	-
Goiás	0	0	0
Maranhão	0	0	-
Mato Grosso do Sul	.119	.187	.249
Minas Gerais	0	0	0
Paraná	0	0	-
Paraíba	0	-	-
Pará	0	0	.002
Pernambuco	0	-	-
Piauí	0	0	0
Rio Grande do Norte	0	-	-
Rio Grande do Sul	0	-	-
Rio de Janeiro	0	-	-
Rondônia	.317	.332	.287
Roraima	0	0	-
Santa Catarina	0	-	-
Sergipe	0	-	-
São Paulo	0	0	-
Tocantins	.148	.124	.127

Fonte: resultados do estudo. Elaboração: Agroicone

Anexo C – Classes de subtarefas financiadas pelo REM

Tabela C1: Classes definidas pelos pesquisadores para agregação das subtarefas

classes	Nome da Subtarefa
Monitoramento	Monitoramento da Cobertura Florestal
Fiscalização	Fiscalização do Desmatamento e Exploração Ilegal da Flora
Fiscalização	Apoio as Ações de Fiscalização
Fiscalização	Capacitação para Fiscalização
Estruturação física	Estruturação de Batalhão de Polícia Militar de Proteção Ambiental
Fortalecimento institucional	Fortalecimento de Regionais SEMA
Fortalecimento institucional	Implementação da PPCDIF
Estruturação física	Estruturação de Batalhão de Emergências Ambientais
Fortalecimento institucional	Apoio ao Comitê Estadual de Fogo
Otimização de processos	Criação Sistema para Celeridade aos Processos Responsabilização Adm. de Inf.
Otimização de processos	Desenvolvimento de Tecnologia para Encaminhamento de Pareceres
Fortalecimento institucional	Fortalecimento do MPE Ações de Responsabilização Criminal dos Infratores
Estruturação física	Reforma do Espaço Físico DEMA
Fiscalização	Apoiar a logística de fiscalização in loco da flora
Estruturação física	Aquisição de móveis e manutenção dos veículos, contratação de estagiários
Otimização de processos	Auxiliar e atuar no aperfeiçoamento dos laudos periciais elaborados pela POLITEC
Otimização de processos	Mapear, nivelar e estabelecer novos procedimentos de fiscalização e responsabilização
Otimização de processos	Desenvolver o sistema de processo eletrônico
Otimização de processos	Otimização de fluxos de processos internos e integrados com SUF
Estruturação física	Estruturação física, tecnológica e com treinamento, dos núcleos de apoio
Estruturação física	Estruturar fisicamente os comitês de bacia para atuar nas ações
Fiscalização	Alinhar procedimentos de fiscalização do Batalhão da Polícia Militar de Proteção Ambi
Monitoramento	Contratar serviço de monitoramento e alertas de desmatamento por imagens de satélite
Estruturação física	Modernizar os equipamentos de campo
Estruturação física	Modernização da estrutura física, tecnológica e insumos da DEMA
Otimização de processos	Atuar no aperfeiçoamento de fluxo de informações entre os agentes fiscalizadores
Otimização de processos	Alinhar procedimentos de fiscalização e monitoramento com as DUDs
Estruturação física	Apoiar a estruturação física do BPMPA
Fiscalização	Apoiar a logística de fiscalização in loco da flora

Fortalecimento institucional	Apoiar as ações preventivas -elaborar o planejamento estratégico anual Incêndios Florestais
Otimização de processos	Atuar no aperfeiçoamento de fluxo de informações entre os agentes fiscalizadores
Otimização de processos	Contratar empresa para digitalização de processos administrativos
Monitoramento	Contratar serviço de monitoramento e alertas de desmatamento por imagens de satélite
Estruturação física	Estruturar fisicamente os comitês de bacia para atuar nas ações
Otimização de processos	Mapear, nivelar, compartilhar e estabelecer novos procedimentos de fiscalização
Monitoramento	Modernizar as ferramentas de autuação e monitoramento do desmatamento no MPE

Fonte: resultados do estudo. Elaboração: Agroicone

Anexo D – Regras para definição dos valores dos bens apreendidos

Tabela D1: Regras para definição dos valores dos bens apreendidos

Bens	Ano	Apreensões	Depreciação	Meia vida	Ano preço de referência	Preço
Armas	2020	41	20	10	2010	-
Armas	2021	57	20	10	2011	-
Armas	2022	45	20	10	2012	-
Armas	2023	9	20	10	2013	-
Avião agrícola	2023	2	10	5	2018	-
Barco/balsa	2023	60	10	5	2018	-
Caminhão	2020	11	15	7.5	2012	R\$270.797
Caminhão	2021	144	15	7.5	2013	R\$297.379
Caminhão	2022	116	15	7.5	2014	R\$307.524
Caminhão	2023	116	15	7.5	2015	R\$329.985
Equipamentos ou acessórios	2020	69	10	5	2015	R\$50
Equipamentos ou acessórios	2021	2383	10	5	2016	R\$55
Equipamentos ou acessórios	2022	478	10	5	2017	R\$60
Equipamentos ou acessórios	2023	235	10	5	2018	R\$66
Escavadeira	2023	35	20	10	2013	R\$335.900
Helicóptero	2020	1	10	5	2015	R\$3.000.000
Motosserra	2020	77	10	5	2015	R\$1.200
Motosserra	2021	145	10	5	2016	R\$1.320
Motosserra	2022	126	10	5	2017	R\$1.452
Motosserra	2023	133	10	5	2018	R\$1.597
Retroescavadeira	2023	18	20	10	2013	R\$260.000
Skidder	2023	1	20	10	2013	R\$420.000
Trator esteira	2020	36	20	10	2010	R\$396.500
Trator esteira	2021	109	20	10	2011	R\$416.325
Trator esteira	2022	67	20	10	2012	R\$437.141
Trator esteira	2023	116	20	10	2013	R\$458.998
Trator pneu	2020	121	20	10	2010	R\$213.308
Trator pneu	2021	182	20	10	2011	R\$219.899
Trator pneu	2022	181	20	10	2012	R\$229.455
Trator pneu	2023	186	20	10	2013	R\$242.377
Veículos	2021	24	15	7.5	2013.5	R\$113.039
Veículos	2022	22	15	7.5	2014.5	R\$115.865
Veículos	2023	36	15	7.5	2015.5	R\$118.762