

Aplicação da metodologia de *Hectare Indicator* para estimativa de desmatamento evitado no bioma Amazônia



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Informática Agropecuária
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
46**

**Aplicação da metodologia de *Hectare
Indicator* para estimativa de desmatamento
evitado no bioma Amazônia**

*Laurimar Gonçalves Vendrusculo
Daniela Castagna
Cornélio Alberto Zolin
Cristiano Alves da Costa
Renato de Aragão Ribeiro Rodrigues*

**Embrapa Informática Agropecuária
Campinas, SP
2019**

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Informática Agropecuária

Av. André Tosello, nº 209 Campus da Unicamp,
Barão Geraldo - Campinas - SP
CEP: 13083-886
Fone: (19) 3211-5700

www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Stanley R. de M. Oliveira

Secretária-Executiva
Carla Cristiane Osawa

Membros
Adriana Farah Gonzalez; Carla Geovana do Nascimento Macário; Jayme Garcia Arnal Barbedo; Kleber Xavier Sampaio de Souza; Luiz Antonio Falaguasta Barbosa; Magda Cruciol; Paula Regina Kuser Falcão; Ricardo Augusto Dante e Sônia Ternes

Suplentes
Michel Yamagishi e Goran Nesic

Supervisão editorial
Kleber X. Sampaio de Souza

Revisão de texto
Adriana Farah Gonzalez

Normalização bibliográfica
Carla Cristiane Osawa

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Felipe Prado Jaconi sob supervisão de Magda Cruciol

Foto da capa
Pexels

1ª edição
Versão digital (2019)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Informática Agropecuária

Aplicação da metodologia de *Hectares Indicator* para estimativa de desmatamento evitado no bioma Amazônia / Laurimar Gonçalves Vendrusculo ... [et al.]. -- Campinas : Embrapa Informática Agropecuária, 2019.

PDF (28 p.) : il. color. - (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Informática Agropecuária, ISSN 1677-9266 ; 46).

1. Metodologia. 2. Sensoriamento remoto. 3. Desmatamento. 4. bioma Amazônia. I. Vendrusculo, Laurimar Gonçalves. II. Embrapa Informática Agropecuária. III. Série.

CDD (21. ed.) 634.9068

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução.....	8
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	16
Conclusões.....	26
Agradecimentos.....	27
Referências	27

Aplicação da metodologia de *Hectare Indicator* para estimativa de desmatamento evitado no bioma Amazônia

Laurimar Gonçalves Vendrusculo¹

Daniela Castagna²

Cornélio Alberto Zolin³

Cristiano Alves da Costa⁴

Renato de Aragão Ribeiro Rodrigues⁵

Resumo – O objetivo deste trabalho foi aplicar a metodologia *Hectares Indicator* visando à estimativa do desmatamento evitado em 20 municípios dos estados do Pará e Mato Grosso, dentro do bioma Amazônia considerando os anos de 2016 e 2017 como períodos base. O desmatamento evitado, segundo esta metodologia desenvolvida por cientistas ingleses, é a diferença entre a perda florestal estimada e a perda florestal observada. A perda estimada baseia-se em fatores (acessibilidade, aptidão agrícola, recursos florestais e minerais extraíveis e áreas protegidas) importantes para potenciais ações de supressão ou degradação florestal. Este estudo foi realizado dentro das atividades do projeto Rural Sustentável. Foram observados municípios com valores de supressão florestal significativos em 2016, como Paragominas e Ipixuna do Pará e Marcelândia em 2017, mas de forma geral, houve vários municípios com comportamento de desmatamento evitado próximo ao previsto pelo modelo *Hectares Indicator*, tornando esta metodologia útil para a identificação de áreas de atenção com relação a políticas públicas voltadas ao desmatamento florestal, bem como programas oficiais preventivos aos incêndios em florestas. Todavia, a inclusão de fontes espaciais relativas

1 Engenheira eletricista, PhD em Engenharia Agrícola e Ciência Ambiental, pesquisadora da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP.

2 Bacharel em Geografia, mestranda, UFMT, Sinop, MT.

3 Engenheiro agrícola, doutor em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, MT

4 Engenheiro florestal, mestrando, UFMT, Sinop, MT.

5 Biólogo, doutor em Geoquímica Ambiental, pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.

a cobertura florestal de melhor acurácia, bem como inclusão de fatores socioeconômicos, pode melhorar o poder de predição desta metodologia.

Termos para indexação: Sensoriamento remoto, econometria, ganho e perda florestal.

Applying *Hectare Indicator* methodology to estimate avoided deforestation in the Amazon biome

Abstract – The objective of this work was to apply the *Hectares Indicator* methodology to estimate avoided deforestation in 20 municipalities of Pará and Mato Grosso states, within the Amazon biome considering 2016 and 2017 as base years. Avoided deforestation, according to this methodology developed by English scientists, is the difference between estimated forest loss and observed forest loss. The estimated loss is based on crucial factors (accessibility, agricultural suitability, extractable forest and mineral resources, and protected areas) for potential forest suppression or degradation actions. This study was conducted within the activities of the Sustainable Rural project. Municipalities with significant observed forest suppression values were observed in 2016, such as Paragominas and Ipixuna do Pará, and Marcelândia in 2017, but in general, there were several municipalities with avoided deforestation trend close to that predicted by the *Hectares Indicator* model. This approach makes this methodology useful for the identification of target areas regarding public policies related to forest deforestation as well as official forest fire programs. However, inclusion of spatial sources related to better accuracy forest cover and adding socioeconomic factors may improve the prediction of this methodology.

Index terms: Remote sensing, econometry, forest gain and losses.

Introdução

Desde sua aprovação, em abril de 2013, o Projeto Rural Sustentável vem fomentando processos produtivos para o desenvolvimento sustentável, de forma a diversificar a produção agrícola, diminuir a pobreza e conservar a biodiversidade e o clima. Para tanto, foram incentivadas atividades de impacto reduzido e/ou recuperação de áreas degradadas, promovendo uma agricultura de baixo carbono nos biomas Mata Atlântica e Amazônia (Reino Unido, 2013).

O Projeto Rural Sustentável⁶ foi estabelecido como uma cooperação técnica entre o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). O principal objetivo deste acordo foi promover práticas agrícolas de baixo carbono com o apoio do *International Climate Fund* (ICF), implementado pelo *Department for Environment, Food & Rural Affairs* (Reino Unido, 2013).

Este projeto se baseou na adoção de quatro tecnologias-chave, de baixa emissão de carbono. São elas: 1) adoção de sistemas agrícolas integrados (sistemas agroflorestais ou sistemas integrados de silvicultura agrícola e Integração Lavoura-pecuária-floresta); 2) recuperação de pastagens degradadas e áreas florestais; 3) incremento de floresta comercial plantada (plantação de espécies arbóreas nativas e exóticas); e 4) manejo de florestas nativas (uso sustentável da floresta nativa para fins madeireiros ou não-madeireiros).

Todas as tecnologias de baixo carbono citadas visam a estabelecer ações de adaptação aos efeitos da mudança do clima e mitigação das emissões dos gases de efeito estufa. Uma primeira etapa para redução desta vulnerabilidade, evitando cenários negativos do clima, é o apoio a comunidades locais e governos na alocação de recursos de forma eficiente para este fim (Business and Sustainable Development Commission, 2016). Com este intuito, o projeto aplicou recursos financeiros em propriedades rurais de até 15 módulos fiscais em 70 municípios dos estados de Mato Grosso e Pará, visando à implantação de uma ou mais tecnologias de baixo carbono.

6 Mais informações em: <<http://www.ruralsustentavel.org/>>.

Existem algumas metodologias para monitoramento do cenário físico de vulnerabilidade e pressão antrópica exercidos em proprietários de médias e pequenas áreas agrícolas, muitos destes associados a fatores como crescimento da população ou modelos explicitamente espaciais suportados por fatores biofísicos e socioeconômicos (Brown et al., 2007). Dentre estes modelos destaca-se o *ICF Hectares Indicator* (Tipper; Morel, 2016). Este é um modelo que envolve a modelagem da mudança do uso da terra (Land-Use Change (LUC)) explicada por fatores críticos que influenciam este processo. Os exemplos destes fatores são: a presença de meios de acesso à floresta (ex. estradas, rios, etc.), ausência ou presença de áreas protegidas, aptidão agrícola e ausência ou presença de recursos minerais e florestais. Adicionalmente, *ICF Hectares Indicator* é uma metodologia baseada em risco de desmatamento, onde a saída é estimativa de desmatamento evitado em função de uma quantidade esperada de perda florestal dentro de uma área para um período de 20 anos, comparados com a estimativa observada de desmatamento. A perda esperada é estimada aplicando-se o modelo de risco do tipo Acessível, Cultivável, Extraível, Desprotegido⁷ (ACEU).

O objetivo do presente estudo foi estimar e analisar os resultados do desmatamento evitado utilizando a metodologia *ICF Hectares Indicator* em 20 municípios do bioma Amazônia distribuídos no estado de Mato Grosso e Pará, que fizeram parte do projeto Rural Sustentável, no período entre 2016 e 2017.

Material e Métodos

Este estudo compreendeu 20 municípios do bioma Amazônia nos estados de Mato Grosso e Pará. O bioma Amazônia compreende a área de aproximadamente 4,2 milhões de km² e abrange pelo menos um quarto das espécies terrestre do mundo, bem como contribui com 15% da fotossíntese gerada mundialmente (Malhi et al., 2008).

Os municípios avaliados no estado de Mato Grosso foram: Alta Floresta, Brasnorte, Cotriguaçu, Juara, Juína, Marcelândia, Nova Bandeirantes, Querência, Sinop e Terra Nova do Norte. Para o estado do Pará também fo-

⁷ Do inglês Accessible, cultivable, extractable and unprotected.

ram selecionados dez municípios, sendo eles: Dom Eliseu, Ipixuna do Pará, Marabá, Medicilândia, Paragominas, Rondon do Pará, Santana do Araguaia, Tailândia, Tomé-Açu e Tucumã (Figura 1).

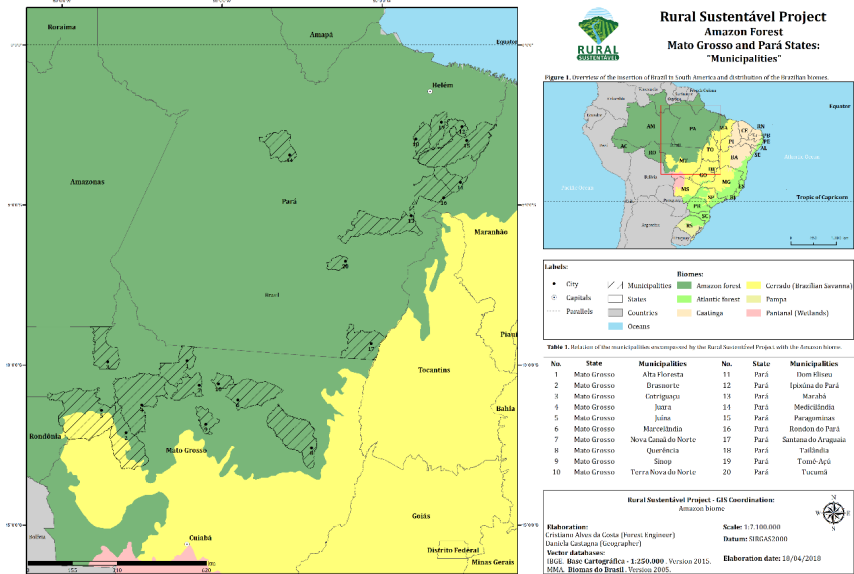


Figura 1. Mapa de localização dos municípios do projeto Rural Sustentável no estado de Mato Grosso (a) e Pará (b).

Fonte: IBGE (2016).

Apesar do projeto Rural Sustentável focar os municípios localizados geograficamente no bioma Amazônia, houve três municípios incluídos pelo projeto com parte de sua localização no bioma Cerrado. São eles: Santana do Araguaia, Juína e Brasnorte.

Dentre as exigências para participação neste projeto, a propriedade rural deveria possuir a área total de até 15 módulos fiscais. Houve variabilidade da dimensão do módulo fiscal entre os municípios, que variou de 55 a 100 hectares, conforme demonstra a Tabela 1.

Tabela 1. Área de modulo fiscal e regiões protegidas em municípios selecionados no projeto Rural Sustentável.

Estado	Município	Módulo fiscal (ha)	Área Total (ha)	Área protegida	
				(ha)	%
Mato Grosso	Alta Floresta	100	900.529,09	-	-
Mato Grosso	Brasnorte	100	1.598.528,56	394.545,32	24.68
Mato Grosso	Cotriguaçu	100	948.319,27	300.472,98	31.68
Mato Grosso	Juara	100	2.275.078,88	272.240,36	11.97
Mato Grosso	Juína	100	2.619.643,32	1.666.894,08	63.63
Mato Grosso	Marcelândia	90	1.226.761,85	147.751,12	12.04
Mato Grosso	Nova Canaã do Norte	100	596.061,53	3.126,50	0.52
Mato Grosso	Querência	80	1.781.608,80	749.278,76	42.06
Mato Grosso	Sinop	90	395.462,19	-	-
Mato Grosso	Terra Nova do Norte	90	256.646,43	-	-
Pará	Dom Eliseu	55	525.342,82	-	-
Pará	Ipixuna do Pará	55	521.624,78	5.303,53	1.02
Pará	Marabá	70	1.505.368,99	366.940,60	24.38
Pará	Medicilândia	70	832.690,56	30.929,53	3.71
Pará	Paragominas	55	1.932.076,63	96.925,66	5.02
Pará	Rondon do Pará	55	823.429,62	464,13	0.06
Pará	Santana do Araguaia	75	1.160.130,56	-	-
Pará	Tailândia	50	443.173,87	-	-
Pará	Tomé-Açu	50	514.088,72	1.196,67	0.23
Pará	Tucumã	70	251.479,51	0,012	0.0000047

Nota-se nesta tabela a inexistência de áreas protegidas em alguns municípios, como Alta Floresta e Sinop, enquanto que outros municípios apresentam áreas protegidas com percentual significativo, como Querência (42%).

A metodologia *ICF Hectares Indicator*, adotada neste estudo, utilizou bases cartográficas nacionais oficiais⁸. A única base internacional foi a Global Forest Change (GFC)⁹. As etapas preconizadas no *Hectares Indicator Methods and Guidance* foram:

8 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e Agência Nacional de Mineração (ANM) do Ministério de Minas e Energia

9 Disponível em: <<http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>>.

1. Escolha da abrangência espacial: As áreas de interesse neste estudo consistiram de 20 municípios localizados no Bioma Amazônia, distribuídos nos estados de Mato Grosso (10) e Pará (10).
2. Definição do nível de referência da cobertura florestal: De modo a quantificar a cobertura florestal inicial para o ano base de 2016 e 2017, foi realizada a diferença entre os produtos *Forest Cover 2000* e a *Forest Loss* (perda florestal acumulada) entre nos períodos de 2001 a 2015 – Versão 1.4 e 2001-2016 – Versão 1.5 (Figura 2), respectivamente, conforme Hansen et al. (2013). Estes dados foram extraídos da base *Global Forest Change* Visando detectar valores discrepantes da extensão de cobertura florestal, a base de dados de Hansen et al. (2013) foi comparada quantitativamente com a base de uso da terra do projeto MapBiomas¹⁰. A base de dados de Hansen et al. (2013) utilizou dados globais do satélite Landsat, com resolução espacial de 30 m, para caracterizar perda, ganho e extensão de áreas de floresta. Já o projeto MapBiomas teve como objetivo mapear o uso e a cobertura da terra do território brasileiro, também utilizando mosaicos de imagens do Landsat, incluindo 28 camadas de informação, contendo bandas espectrais e índices (NDFI, NDVI, etc) tratados com algoritmos de aprendizagem de máquina no ambiente de nuvem *Google Earth Engine*.

10 Disponível em: <<https://mapbiomas.org/>>.

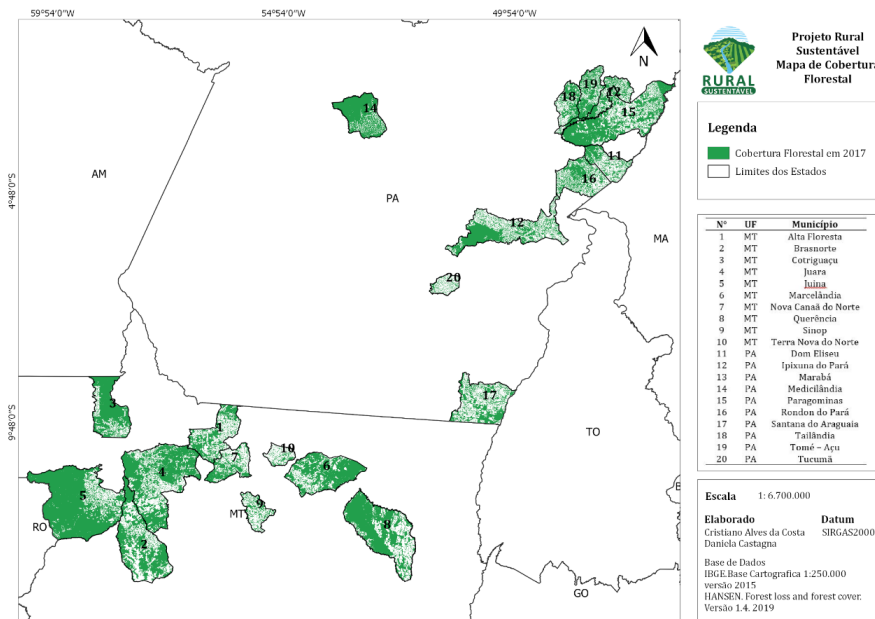


Figura 2. Mapa de Cobertura florestal em 2017 dos municípios participantes do projeto Rural Sustentável no bioma Amazônia.
 Fonte: Global Forest Change¹¹

3. Estimativa do Risco de Desmatamento: A estimativa de perda florestal na ausência de intervenções foi determinada por meio do método ACEU, onde a combinação de diversos fatores atribui diferentes classes de risco de desmatamento para a vegetação nativa. Os riscos são descritos na Equação 1.

• Equação 1: $Risco = (RA + RC + RE) - RU$

Onde:

RA = Risco pela acessibilidade;

RC = Risco pela aptidão agrícola do solo;

RE = Risco pela presença de recursos extraíveis (florestais ou minerais);

RU = Risco pelas áreas desprotegidas devido à ausência de mecanismos de proteção da cobertura florestal.

11 Disponível em: <<http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>>.

O mapa de risco é obtido por operações simples de soma e subtração das camadas espaciais referentes aos fatores que contribuem ou facilitam o desmatamento e/ou degradação florestal. Neste caso, cada fator de risco tem pelo menos duas classes, resultando em um mapa de risco final de até 12 classes qualitativas (Figura 3). Visando simplificar este número de classes de risco, Tipper e Morel (2016) adotaram a escala Likert (Likert, 1932). Este tipo de escala é popularmente utilizado em formulários que avaliam fenômenos com relacionamentos causais complexos, dentre eles o processo de percepção do desmatamento (Maraseni; Cadman, 2015; Ali; Khan, 2018). A inovação adotada pela metodologia *Hectares Indicator*, com relação a escala Likert, a qual utiliza de 5 a 7 classes, foi quantificar as classes por meio de quantis. Neste estudo, foram utilizados cinco quantis (quintis) para gerar o mapa de risco. Cada quintil representa 20% dos dados.

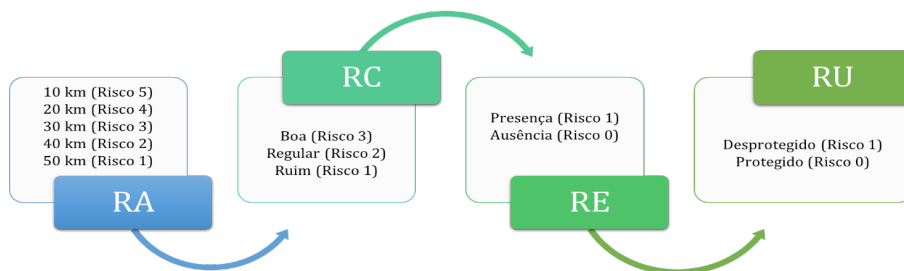


Figura 3. Representação dos fatores que podem contribuir com o desmatamento, conforme o método ACEU e seus respectivos valores de risco por classe.

As cinco classes de risco refletiram a combinação dos fatores da metodologia ACEU e seus significados estão descritos na Tabela 2. O risco 5, por exemplo, pode representar uma área distante de rodovias, com aptidão agrícola ruim, próximo de áreas protegidas e com inexistência de recursos minerais e florestais, ou seja, menos atrativa, teoricamente, a degradação florestal, em função de seus recursos físicos.

Tabela 2. Descrição das categorias de risco de perda florestal ou degradação severa.

Risco	Categoria de risco	Descrição	Perda esperada dentro dos próximos 20 anos
1	Muito alto	Sob imediato risco de perda florestal – área muito acessível e atrativa para a conversão da terra sem proteção, distante de áreas de proteção regulamentadas.	90%
2	Alto	Área acessível e atrativa como segunda opção de área para extração florestal, conversão da terra para cultivo agrícola ou pecuário, proteção limitada.	70%

Risco	Categoria de risco	Descrição	Perda esperada dentro dos próximos 20 anos
3	Médio	Área com algum acesso, moderadamente atrativa para extração florestal, conversão da terra para cultivo agrícola ou pecuário, proteção parcial.	50%
4	Baixo	Dificuldade de acesso e não atrativo para extração e cultivo, razoavelmente bem protegida.	30%
5	Muito Baixo	Muito difícil o acesso, pouco potencial para extração e cultivo e muito bem protegida.	10%

Fonte: Adaptada de Tipper e Bournaze (2018).

Em seguida foi quantificada a perda florestal esperada por município, isto é, a área florestal que pode ser perdida se não for realizada nenhuma intervenção. Esta perda pode ser obtida multiplicando-se a área da classe do risco de desmatamento (muito alto, alto, médio, baixo e muito baixo) pelo seu fator de probabilidade (Tabela 2) sendo então o resultado dividido por 20, a fim de criar uma projeção para os próximos 20 anos (Equação 2).

- Equação 2:

$$Perda\ florestal\ esperada\ (ha) = \frac{Área\ total\ da\ classe\ * \%de\ perda\ esperada\ (em\ decimais)}{20}$$

Por fim, o desmatamento evitado foi obtido por diferença entre o valor estimado (perda florestal esperada) por meio do risco ACEU e a perda mensurada extraída da base Forest Loss (Equação 3).

- Equação 3:

$$Desmatamento\ evitado = Perda\ florestal\ esperada - Perda\ florestal\ observada$$

Para disponibilizar, de forma transparente, os mapas do desmatamento evitado, para o público em geral, foi criada uma instância webmapping denominada *ICF Rural Sustentável - Amazônia Hectares Indicator*¹² na plataforma da instituição Ecometrica (Viergever et al., 2016).

Nesta plataforma, foram realizados o carregamento das camadas de dados referentes aos limites municipais, assim como a cobertura florestal para o ano de 2016 e posteriormente 2017, a perda florestal do período 2001 - 2016 e 2001 - 2017 e o risco de desmatamento, produzido com o método ACEU (Indicador de Hectares). A fim de se obter as estimativas de desmatamento

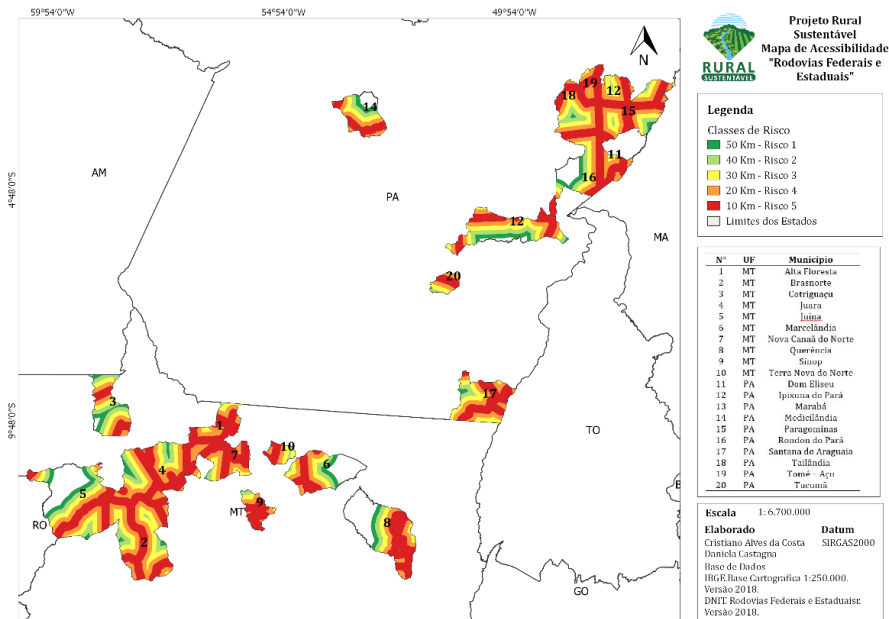
¹² A aplicação *ICF Rural Sustentável Amazônia Hectares Indicator* está disponível em: <<https://icf-ruralsustentavel.embrapa.ourecosystem.com/interface/>>.

evitado, foram construídas consultas espaciais (*queries*) na plataforma digital da Ecometrica, bem como para facilitar a visualização das áreas de desmatamento evitado, distribuídas por município.

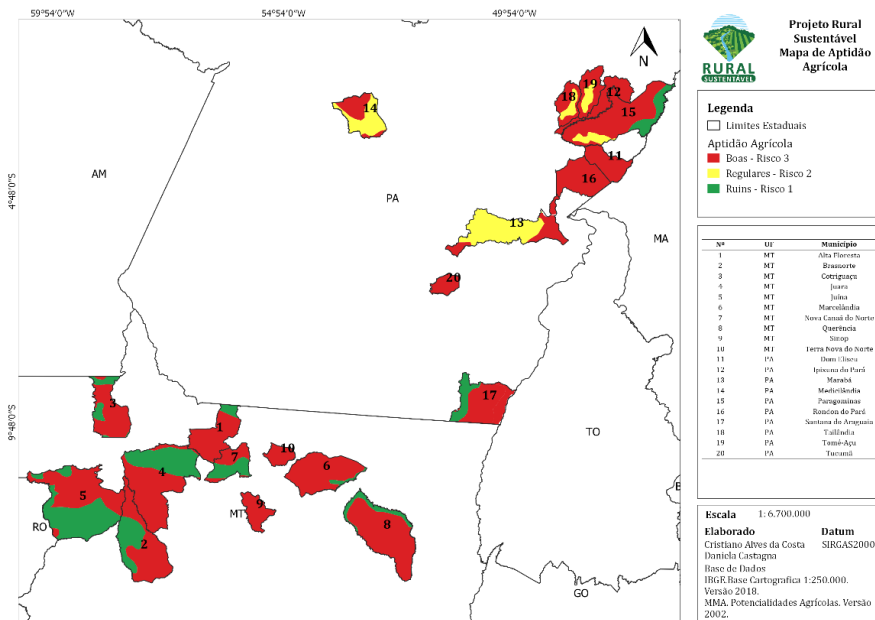
4. Análise de Resultados: Análise exploratória dos dados de desmatamento evitado por município e por estado no período de 2016 e 2017.

Resultados e Discussão

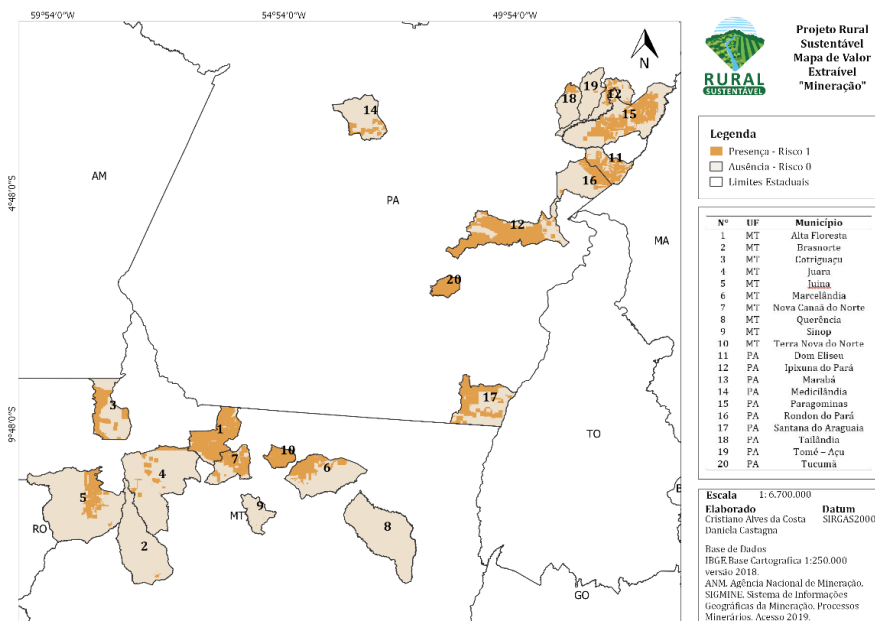
Os mapas dos fatores, apresentados por município, oriundos da metodologia ACEU, foram gerados e podem ser visualizados pela Figura 4.



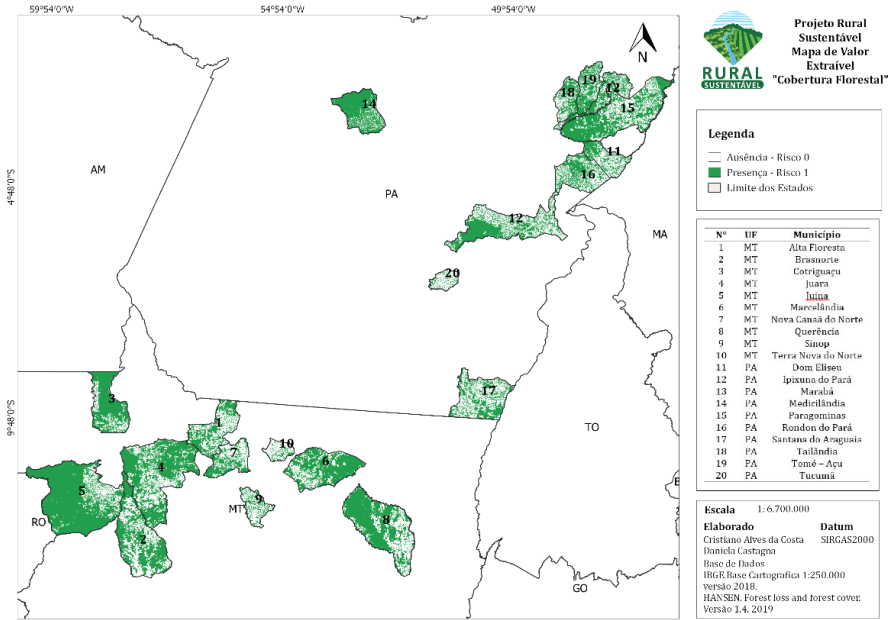
(a)



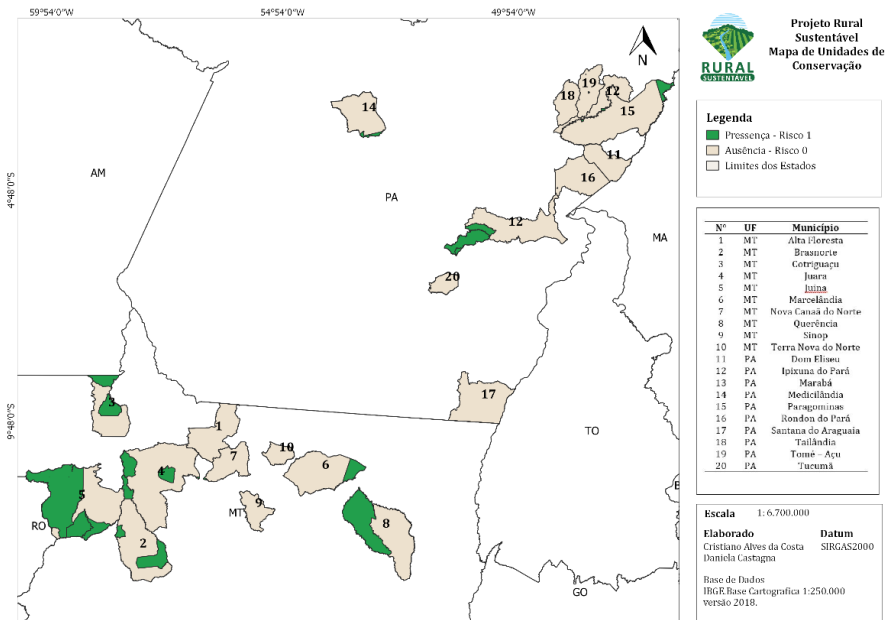
(b)



(c)



(d)

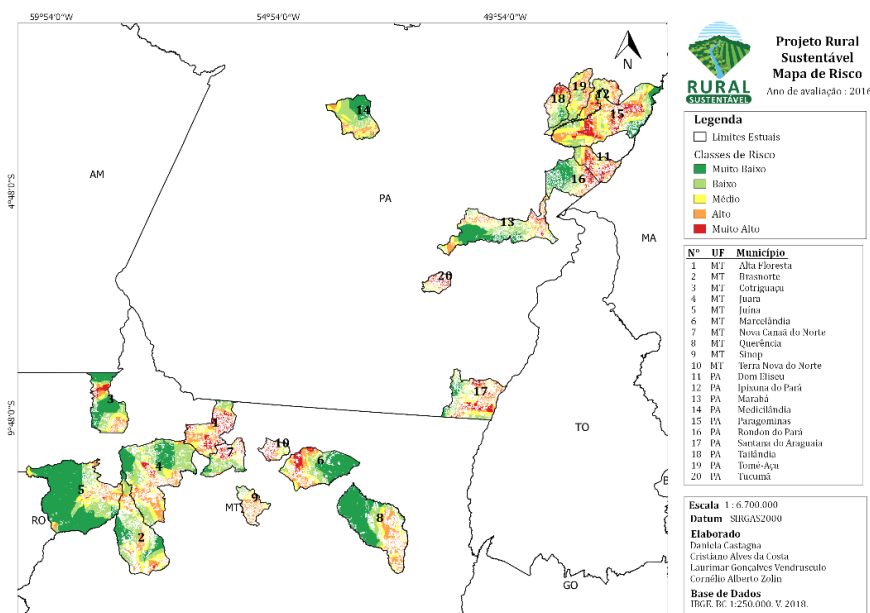


(e)

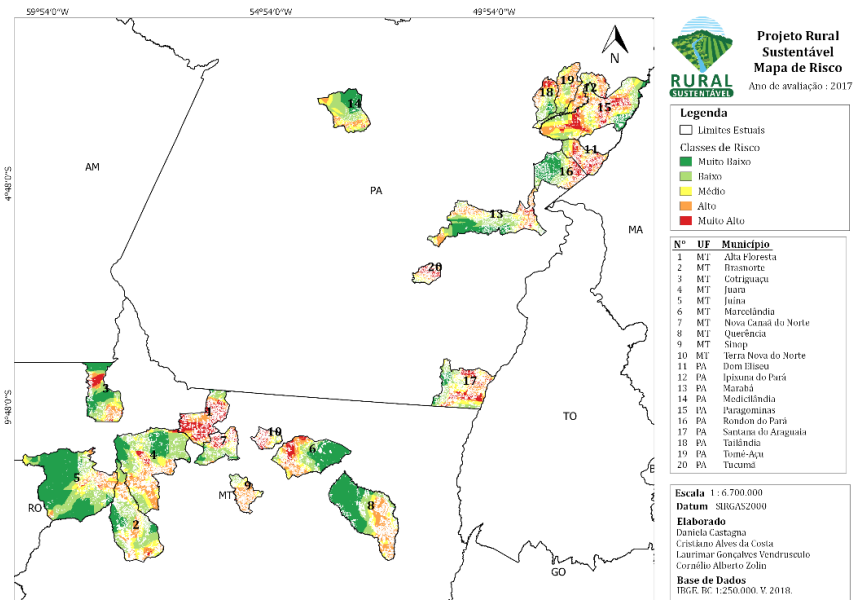
Figura 4. Representação espacial dos fatores da metodologia ACEU para os estados de Mato Grosso e Pará conforme o método ACEU e seus respectivos valores de risco por classe.

Na Figura 4, nota-se que a maioria dos municípios, seja pela sua área, seja pela presença de maior extensão de rodovias, são tomados totalmente pelas classes de risco de acessibilidade. Todavia, poucos municípios possuem áreas não alcançadas pela maior distância do buffer de acessibilidade (50 km), destacando Juína e Querência, no Mato Grosso. Nestes dois municípios estão localizados a terra indígena Parque do Aripuanã e o parque do Xingu, respectivamente. Com relação à aptidão agrícola do Mato Grosso, as classes variam entre boa e ruim, enquanto que no Pará as três classes de aptidão agrícola são encontradas - boa, média e ruim (Figura 4b). Tucumã (PA) e Terra Nova do Norte (MT) são os dois municípios cuja extensão conta com a presença de recursos minerais extraíveis, segundo a ANM e DNPM (Figura 4c), com exceção do município de Querência (MT), sem nenhuma área de recursos minerais, mas com significativa área de recurso florestal extraível (Figura 4d). Finalmente, a extensão de área de terras protegidas no estado de Mato Grosso, para os municípios estudados, é maior que aqueles municípios abrangidos pelo projeto Rural Sustentável no Pará (Figura 4e).

Os mapas de risco referentes aos anos base de 2016 e 2017 podem ser observados na Figura 5.



(a)



(b)

Figura 5. Mapa do risco de desmatamento com base na metodologia ACEU para municípios participantes no projeto Rural Sustentável nos estados de Mato Grosso e Pará estimado para os anos de 2016 (a) e 2017 (b).

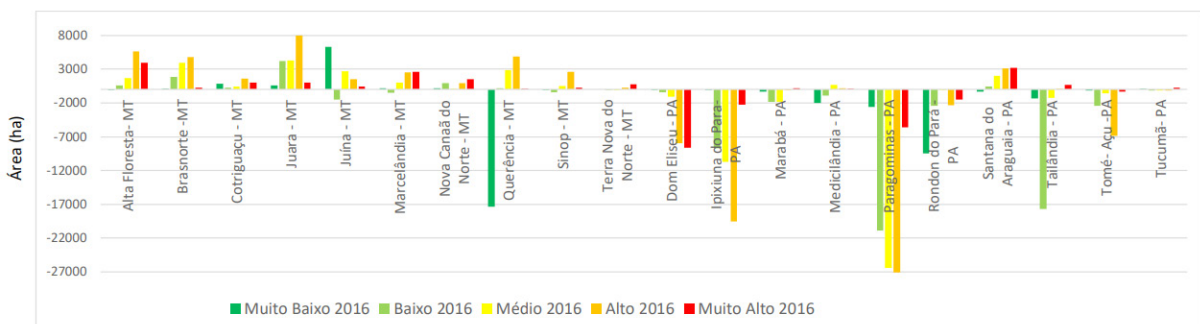
Confirma-se nos mapas produzidos pela metodologia ACEU (Figuras 5a e 5b), a influência positiva de grandes áreas protegidas (Figura 4e) as quais, como esperado, classificam-se com risco muito baixo de desmatamento. Destacaram-se aquelas localizadas nos municípios de Juína (Parque do Aripuanã, terra indígenas da Serra Morena e Enawenê-Nawê), Querência (Parque do Xingu e terra indígena Wawi), Marcelândia (Parque do Xingu) e Cotriguaçu (Parque nacional do Juruena e Terra indígena Escondido) em Mato Grosso e Medicilândia (terra indígena Arara), Ipixuna do Pará (Floresta nacional do Tapirapé-Aquiri e Itacaiúnas e reserva biológica do Tapirapé) e Rondon do Pará (Terra indígena Guarani) no estado do Pará, entre outros¹³. Estes resultados corroboram com o estudo de Nolte et al. (2013), o qual afirma que todos os regimes de proteção a terra, especialmente terras

¹³ A distribuição e descrição das áreas protegidas pode ser visualizada na aplicação *ICF Rural Sustentável Amazônia Hectares Indicator*, disponível em: <<https://icf-ruralsustentavel.embrapa.ourecosystem.com/interface/>>.

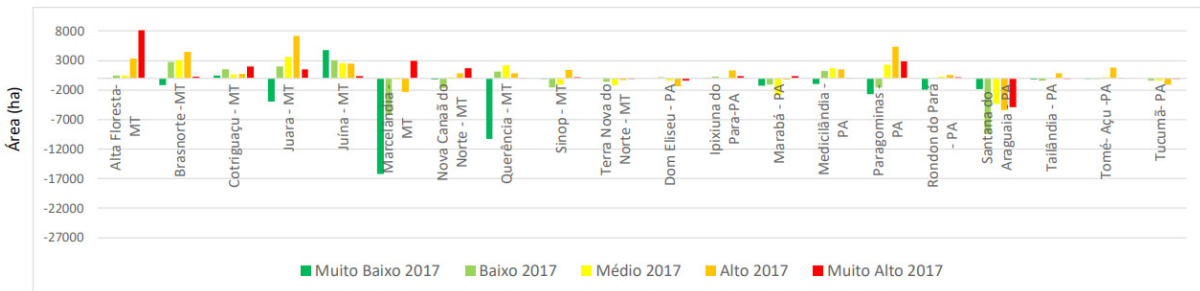
indígenas, contribuem para reduzir desmatamento. Contrariamente, observa-se municípios com inexistência destas áreas protegidas e extensas áreas com risco alto e muito alto de desmatamento em Sinop, terra Nova do Norte no Mato Grosso e Tucumã no estado do Pará para o ano base de 2017.

Em relação à distribuição espacial das classes de risco de desmatamento nos municípios do bioma Amazônia nos anos 2016 e 2017, percebe-se, visualmente, que não houve expansão ou retração drástica das classes. Houve apenas um aumento da área de risco baixo no município de Juína, sentido nordeste para sudoeste em 2017 em comparação ao ano de 2016, possivelmente decorrente de uso mais intenso da rodovia nesta área.

Classes de risco com valores de perda florestal evitada próximo ao valor zero representaram as áreas onde o valor estimado de desmatamento evitado calculado pela metodologia ACEU está próximo daqueles mensurados. Cinco cidades do estado do Pará (Dom Eliseu, Ipixuna do Pará, Tailândia, Tomé Açu e Tucumã) tiveram boa aderência à metodologia no ano de 2017, com valores em todas as classes próximos a zero (Figura 6). Em termos gerais, os valores de desmatamento estimado, apresentados na Figura 6, mostram que no ano de 2017 foram calculados mais valores próximos a zero em relação a mesma série de municípios em 2016. Enfatiza-se que o valor próximo a zero não representa o fim do processo de desmatamento, mas somente que o valor observado de supressão florestal está próximo ao estimado pelo modelo *Hectares Indicator*.



(a)



(b)

Figura 6. Distribuição das classes de desmatamento evitado em vinte municípios do Projeto Rural Sustentável nos estados de Mato Grosso e Pará para os anos bases de 2016 (a) e 2017 (b).

Adicionalmente, valores negativos de perda evitada significam que foram observados valores de desmatamento mais elevados que o estimado pela metodologia. Ressalta-se, então, a situação do município de Paragominas, no Pará (Figura 6b), onde ocorreu uma inversão da tendência de desmatamento observado, passando de -82.631 hectares em 2016 para 6.245 hectares em 2017. Este município, antes conhecido por altas taxas de desmatamento, iniciou sua participação pioneira no Programa Municípios Verdes¹⁴ em 2008. Como uma política de enfrentamento ao desmatamento, implementado pelo Código Florestal, a adesão ao Cadastro Ambiental Rural em Paragominas em 2019 alcançou 93 % (Pará, 2019). Resultados do estudo de mudança de uso da terra em Paragominas, realizado por Piketty et al. (2015), confirmam a diminuição da tendência de desmatamento anual nesta área, apesar de que no período de 2008 a 2010 ainda se constatou a taxa de 1% da redução de cobertura da floresta primária.

Os valores máximos e mínimos distribuídos nas cinco classes de risco dos dois estados do bioma Amazônia nos anos base de 2016 e 2017 são apresentados na Tabela 3. Em Mato Grosso, os valores máximos de desmatamento evitado, em 2016 e 2017, são em sua maioria, positivos nas classes de risco. Todavia, o valor máximo na classe de risco muito baixo em 2016 (-17.403 ha) é um alerta para adoção de políticas locais a favor de conservação ou incremento de recursos florestais mais eficazes, pois a priori, esta área localiza-se em condições não favoráveis ao desmatamento. Para o estado do Pará, a situação se inverte, pois houve uma redução dos valores máximos negativos

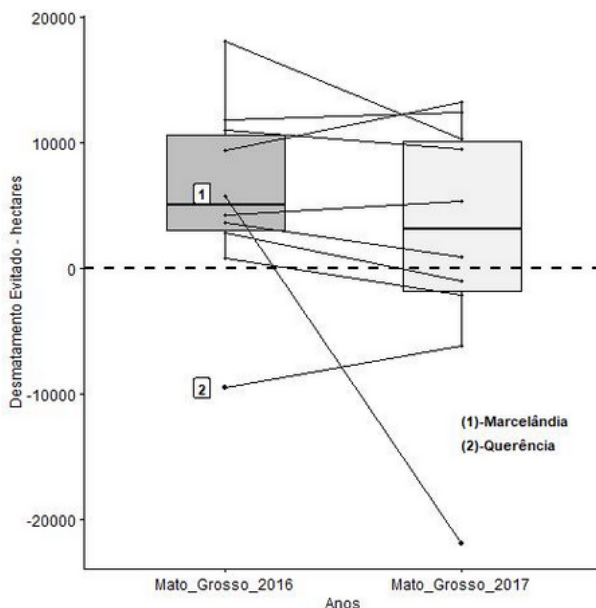
14 Informações disponíveis em: <<http://www.municipiosverdes.pa.gov.br/>>.

em quase todas as classes para o ano de 2017 comparado a 2016. Isto significa que no período de 2016-2017 houve um processo de diminuição de áreas desmatadas nas quatro das cinco classes de risco no estado do Pará. Destaca-se mais uma vez o comportamento do município de Paragominas, onde foram encontrados os máximos valores nas classes média (-27.113 ha) e baixa (-26.431 ha) em 2016, listados na Tabela 3. Todavia em 2017, neste município, os valores nestas mesmas classes foram reduzidos para 2.266 ha, e -1.577 ha, respectivamente (não listados na Tabela 3).

Tabela 3. Valores máximos e mínimos distribuídos nas classes de risco do desmatamento evitado para os estados de Mato Grosso e Pará nos anos base de 2016 e 2017.

Classes*	Mato Grosso				Pará			
	2016		2017		2016		2017	
	Máx (ha)	Min(a)	Máx (ha)	Min(a)	Máx (ha)	Min(a)	Máx (ha)	Min(ha)
MA	3.973	8	8.113	5	- 8.633	36	- 4.881	- 17
A	7.987	225	7.171	- 279	- 27.113	14	5.370	- 161
MED	4.329	-59	3.673	- 198	- 26.431	- 73	-4.341	33
B	4.178	-40	- 6.220	504	- 20.885	- 117	- 9.386	70
MB	- 17.403	0	16.211	0	- 9.452	0	- 2.671	0

* Classes de desmatamento evitado: MA: Muito Alto, A: Alto; ME: Médio; B: Baixo; MB: Muito Baixo



(a)

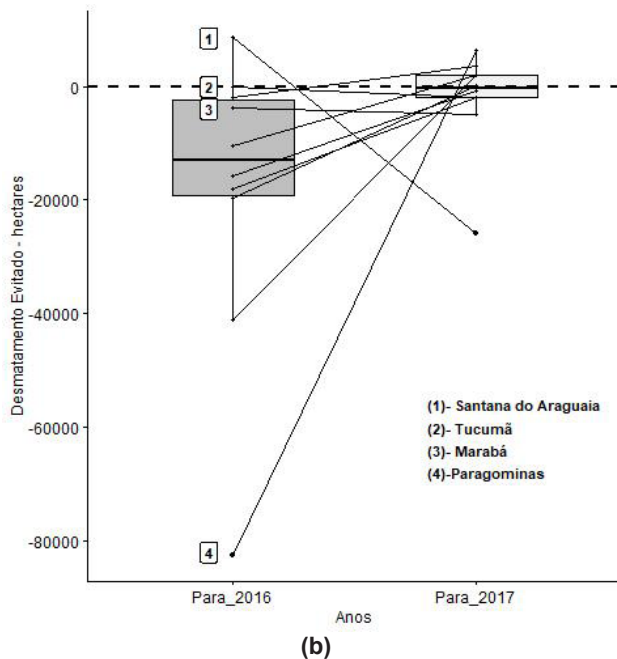


Figura 7. Boxplots pareados da distribuição de valores de desmatamento evitado total nos anos de 2016 e 2017 para os estados de Mato Grosso e Pará, com destaque para alguns municípios.

A Figura 7 ilustra a dispersão dos valores de desmatamento evitado total por município, ou seja, o somatório de desmatamento evitado em todas as classes, com destaque para alguns municípios. No estado de Mato Grosso (Figura 7a), nota-se que grande parte dos municípios tende a aproximar-se da linha base (zero), como dito anteriormente. Os valores positivos no ano de 2016 tendem a diminuir em 2017, significando que houve desmatamento observado, mas ainda inferior àquele previsto pelo modelo. O destaque foi para Marcelândia, como descrito em detalhes na Figura 6, o qual passou de 5.825 ha para -21.924,2 em 2017. O inverso ocorreu em Querência, houve uma diminuição do desmatamento evitado de -9.451 ha em 2016 para -6.147 ha. Entretanto, no estado do Pará, houve uma tendência contrária ao Mato Grosso (Figura 7b), resultando na diminuição do desmatamento observado entre 2016 para 2017 em grande parte dos municípios, destaque para Santana do Araguaia. Para este município foram atribuídos grande incidência de focos de queimadas em 2016, explicando potencialmente o valor de

-25.839 ha e melhorando este valor para 8.581 ha em 2017. Outros municípios, como Marabá e Tucumã, tiveram uma pequena redução de 2016 para 2017 e Paragominas uma redução mais significativa, mudando de -82.631 ha para 6.245 ha. Apesar dos municípios destacados na Figura 7, o teste estatístico T-Student demonstrou que tanto nos municípios do estado de Mato Grosso quanto no Pará não existiram diferenças estatísticas significativas entre as médias anos de desmatamento evitado total nos anos de 2016 e 2017 ($p\text{-value} > 0,05$). A diferença das médias de desmatamento evitado foi de 3.776.6 ha, com um intervalo de confiança de -2.741 a 10.295 ha e para o Pará a diferença da média foi -16.368.1 ha, com intervalo de confiança de -39.414 a 6.678 ha.

Uma comparação quantitativa entre a base de cobertura florestal (Hansen et al., 2013), utilizada neste estudo, e a base MapBiomas não revelou, de forma geral, valores discrepantes, conforme indica a Tabela 4. As exceções detectadas foram para os municípios de Terra Nova do Norte e Tucumã, consistentemente, nos dois anos deste estudo. No ano de 2016, em 12 dos 20 municípios, Hansen et al. (2013) estimaram uma cobertura florestal maior em relação ao MapBiomas e, no ano de 2017, somente em nove municípios esse fato ocorreu.

Tabela 4. Distribuição da cobertura florestal por município no período de 2016 e 2017 segundo a base de dados global (Hansen et al., 2013) e MapBiomas.

UF	Municípios	2016		2017	
		Hansen et al. (2013) (ha)	Mapbiomas (ha)	Hansen et al. (2013) (ha)	Mapbiomas (ha)
MT	Alta Floresta	481.663	459.603	477.549	458.538
MT	Brasnorte	984.821	1.000.317	977.456	1.001.372
MT	Cotriguaçu	764.045	744.252	738.417	743.498
MT	Juara	1.572.676	1.539.598	1.561.865	1.544.964
MT	Juína	2.227.237	2.237.841	2.214.685	2.239.880
MT	Marcelândia	905.508	967.268	894.741	953.054
MT	Nova Canaã do Norte	311.777	298.464	308.836	299.768
MT	Querência	1.240.931	1.246.516	1.213.326	1.242.582
MT	Sinop	166.135	163.438	163.904	161.215
MT	Terra Nova do Norte	81.081	59.784	79.089	58.559
PA	Dom Eliseu	288.730	326.161	260.468	322.204
PA	Ipixuna do Pará	353.885	357.922	302.070	355.233
PA	Marabá	860.590	776.926	841.135	771.577

Continua...

Tabela 4. Continuação.

UF	Municípios	2016		2017	
		Hansen et al. (2013) (ha)	Mapbiomas (ha)	Hansen et al. (2013) (ha)	Mapbiomas (ha)
PA	Medicilândia	719.877	693.096	704.966	692.256
PA	Paragominas	1.371.344	1.357.079	1.250.536	1.359.918
PA	Rondon do Pará	464.708	456.308	441.208	459.817
PA	Santana do Araguaia	544.316	468.060	538.239	468.116
PA	Tailândia	288.128	306.303	261.212	307.206
PA	Tomé-Açu	366.282	382.780	345.545	383.849
PA	Tucumã	76.586	49.771	73.745	44.764

Conclusões

Este trabalho estimou os valores de desmatamento evitado para os estados de Mato Grosso e Pará dentro do bioma Amazônia para o período de 2016 e 2017 utilizando uma metodologia baseada em risco (*Hectares indicador*) de desmatamento dos próximos 20 anos, a contar do período analisado. Neste curto período, os resultados mostram uma redução dos valores de desmatamento nestes estados, o qual enfatiza que o desmatamento observado foi menor que o estimado pelo modelo de risco. Causas para esta diminuição não foram extensivamente estudadas neste trabalho.

Foram detectados alguns municípios com valores de supressão florestal observado significativos em 2016, como Paragominas e Ipixuna do Pará e Marcelândia em 2017, mas de forma geral, houve vários municípios com comportamento de desmatamento evitado próximo ao previsto pelo modelo *Hectares Indicador*.

Mais do que os valores estimados de desmatamento evitado, esta metodologia permite a identificação de áreas de atenção com relação a políticas públicas voltadas ao desmatamento florestal bem como programas oficiais preventivos aos incêndios em florestas.

Planeja-se utilizar outras fontes espaciais de maior acurácia da cobertura florestal para melhor representatividade das realidades presentes nos biomas Amazônia, bem como incorporar outros fatores sociais e econômicos que impulsionam o processo de desmatamento.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio financeiro do *International Climate Fund*, através do *Department for Environment, Food & Rural Affairs* e do Banco Interamericano de Desenvolvimento.

Referências

- ALI, S. F.; KHAN, N. Causes of deforestation and its effects on different factors in rural community of District Swat-Pakistan. **Journal of Resources Development and Management**, v. 44, p. 1-12, 2018.
- BROWN, S.; HALL, M.; ANDRASKO, K.; RUIZ, F.; MARZOLI, W.; GUERRERO, G.; MASERA, O.; DUSHKU, A.; DEJONG, B.; CORNELL, J. Baselines for land-use change in the tropics: application to avoided deforestation projects. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 12, n. 6, p. 1001-1026, Jul. 2007. DOI: 10.1007/s11027-006-9062-5.
- BUSINESS AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT COMMISSION. **Valuing the SDG prize in food and agriculture**: unlocking business opportunities to accelerate sustainable and inclusive growth. London, 2016. 47 p. Disponível em: <<http://s3.amazonaws.com/aws-bsdc/Valuing-SDG-Food-Ag-Prize-Paper.pdf>>. Acesso em: 4 dez. 2019.
- HANSEN, M. C.; POTAPOV, R. M.; HANCHER, M.; TURUBANOVA, S. A.; TYUKAVINA, A.; THAU, D.; STEHMAN, S. V.; GOETZ, S. J.; LOVELAND, T. R.; KOMMAREDDY, A.; EGOROV, A.; CHINI, L.; JUSTICE, C. O.; TOWNSHEND, J. R. G. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. **Science**, v. 342, n. 6160, p. 850-853, Nov. 2013. Disponível em: <<https://science.sciencemag.org/content/342/6160/850>>. Acesso em: 24 maio 2019. DOI: 10.1126/science.1244693.
- IBGE. **Bases cartográficas contínuas**: Brasil: escala 1.250.000: versão 2015. Rio de Janeiro, 2016.
- LIKERT R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology**, v. 22, n. 140, p. 5-55, 1932. Disponível em: <https://legacy.voteview.com/pdf/Likert_1932.pdf>. Acesso em: 25 maio 2019.
- MALHI, Y.; ROBERTS, J. T.; BETTS, R. A.; KILLEEN, T. J.; LI, W.; NOBRE, C.A. Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. **Science**, v. 319, n. 5860, p. 169-172, Jan. 2008. Disponível em: <<https://science.sciencemag.org/content/319/5860/169>>. Acesso em: 24 maio 2019. DOI: 10.1126/science.1146961.

MARASENI, T. N.; CADMAN, T. A comparative analysis of global stakeholders' perceptions of the governance quality of the clean development mechanism (CDM) and reducing emissions from deforestation and forest degradation (REDD+). **International Journal of Environmental Studies**, v. 72, n. 2, p. 288-304, Jan. 2015. DOI: 10.1080/00207233.2014.993569.

NOLTE, C.; AGRAWAL, A.; SILVIUS, K. M.; SOARES-FILHO, B. S. Governance regime and location influence avoided deforestation success of protected areas in the Brazilian Amazon. **PNAS**, v. 110, n. 13, p. 4956-4961, Mar. 2013.

PARÁ. Governo do Estado. **Paragominas / Município Verde**. Belém, 2019. Disponível em: <http://www.municipiosverdes.pa.gov.br/ficha_resumo/1505502>. Acesso em: 18 out. 2019.

PIKETTY, M. G.; POCCARD-CHAPUIS, R.; DRIGO, I.; COUDEL, E.; PLASSIN, S.; LAURENT, F.; THÂLES, M. Multi-level governance of land use changes in the Brazilian Amazon: lessons from Paragominas, State of Pará. **Forests**, v. 6, p. 1516-1536, 2015. DOI: 10.3390/f6051516.

REINO UNIDO. Department for Environment, Food & Rural Affairs. **Low carbon agriculture for avoided deforestation and poverty reduction in Brazil: intervention summary**. London, 2013. 6 p. Disponível em: <<https://www.gov.uk/government/publications/low-carbon-agriculture-for-avoided-deforestation-and-poverty-reduction-in-brazil-intervention-summary>>. Acesso em: 24 maio 2019.

TIPPER, R.; BOURNAZEL, J. **The hectares indicator methods and guidance: version 2.0**. [S.l.]: Ecometrica, 2018. 45 p. Disponível em: <<https://ecometrica.com/wp-content/uploads/2019/10/Hectares-Indicator-Methods-and-Guidance-V2.0.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2019

TIPPER, R.; MOREL, J. **The hectares indicator: methods & guidance: version 1.0** (consultation version). Edinburgh: Ecometrica, 2016. 34 p. Disponível em: <<https://ecometrica.com/wp-content/uploads/2016/12/ICF-Hectares-Indicator-Methods-and-Guidance-final.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2019.

VIERGEVER, K.; ANDRADE, P. R.; CARDOSO, M.; CASTILLO, M.; EXBRAYAT, J. F.; MIDDLEMISS, S.; MILODOWSKY, D.; MITCHARD, E. T. A.; OMETTO, J.; MOREL, V.; TIPPER, R.; WILLIAMS, M. A webmapping platform for publishing, sharing, and managing EO-derived data for forest protection. In: SPIE REMOTE SENSING, 2016, Edinburgh. **Earth resources and environmental remote sensing/GIS applications VI**. Bellingham: SPIE, 2016. 11 p. (Proceedings of SPIE, v. 10005). DOI: 10.1117/12.2242030.



Informática Agropecuária

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL