

NOTA TÉCNICA

n.2

11 de Outubro de 2020

Análise de *Efetividade* e *Custo-Efetividade* para dois Sistemas de Monitoramento e Alerta de Desmatamentos: DETER-INPE e DFLORA-SCCON avaliados para o período de Janeiro a Dezembro de 2018 no Pará.

Antonio Miguel Vieira Monteiro^a, Maria Isabel Sobral Escada^a, Maria Antônia F. de Oliveira^a,
Andrea Coelho^b, Luis E. Maurano^a, Claudio Almeida^a, Camilo Rennó^a, Lúbia Vinhas^a

^aOBT,INPE, ^bSEMAS-PA

Coordenação do Estudo



*Laboratório de investigação em
Sistemas Socioambientais*

Ficha Técnica

Autores e Participações

Antonio Miguel Vieira Monteiro e Maria Isabel Sobral Escada LISS, OBT-INPE	Desenho geral da NT . Desenvolvimento metodológico das medidas de <i>Efetividade</i> e <i>Custo-efetividade</i> . Análises. Texto. Coordenação geral do estudo.
Maria Antônia F. De Oliveira OBT-INPE	Preparação dos dados, envolvendo procedimentos para tratar os dados DETER e os dados produzidos pelo DFLORA para a construção dos <i>indicadores de efetividade e custo-efetividade</i> .
Andrea Coelho SEMAS-PA	Revisão dos dados DFLORA, Revisão do Texto.
Luis E. Maurano OBT-INPE	Preparação dos dados DETER. Revisão dos procedimentos.
Camilo Rennó OBT-INPE	Revisão dos <i>indicadores de efetividade e custo-efetividade</i> .. Revisão do Texto.
Claudio Almeida OBT-INPE	Revisão dos dados DETER. Revisão do Texto.
Lubia Vinhas OBT-INPE	Revisão do Texto.

Coordenação do Laboratório

Antonio Miguel Vieira Monteiro Maria Isabel Sobral Escada	Pedro Ribeiro de Andrade Neto Silvana Amaral Kampel
--	--

Como citar

Análise de *Efetividade* e *Custo-Efetividade* para dois Sistemas de Monitoramento e Alerta de Desmatamentos: DETER-INPE e DFLORA-SCCON avaliados para o período de Janeiro a Dezembro de 2018 no Pará.. NOTA TÉCNICA n.2 . LISS – Laboratório de investigação em Sistemas Socioambientais. OBT, INPE. 9 de Outubro de 2020. <https://www.lissinpe.com.br/nt-deter-dflora>

Sumário

Ficha Técnica.....	2
Sumário.....	3
Apresentação da Nota Técnica.....	4
DETER-INPE e DFLORA-SCCON: Síntese Técnica.....	6
Estudo de <i>Efetividade Comparada</i> : Síntese Metodológica.....	7
Primeira Etapa: Preparação dos dados.....	7
Primeira Etapa: Síntese dos Resultados.....	9
Segunda Etapa: As medidas de <i>Efetividade e Custo-efetividade</i>	9
<i>Efetividade Comparada</i> : Dois Estudos.....	10
Estudo da <i>Efetividade</i> para a <i>Classe</i> corte raso.....	10
Estudo da <i>Efetividade</i> para o total de Alertas.....	11
Relação <i>Custo-Efetividade Comparada</i> : Dois Estudos.....	11
Estudo da relação <i>Custo-Efetividade</i> para a <i>Classe</i> corte raso.....	11
Estudo de <i>Custo-Efetividade</i> para o total de alertas.....	13
Considerações Finais.....	13
Referências Bibliográficas.....	15

Apresentação da Nota Técnica

Desde Fevereiro de 2020, o aumento do desmatamento na Amazônia com base nos alertas fornecidos pelo DETER tem gerado debates sobre a qualidade da detecção e das medidas produzidas. O DETER é um Sistema de Monitoramento e Alerta de Desmatamento criado e operado pelo INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, desde 2004, quando foi apresentado ao Grupo de Trabalho Interministerial Permanente¹ e aprovado como uma das ações do PPCDAm² - Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal. O sistema funciona como um rápido levantamento de evidências de mudanças na cobertura florestal em toda a Amazônia brasileira. Foi desenvolvido como um sistema de alerta em apoio às ações de comando e controle para contenção do desmatamento realizadas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e, também, subsidia os demais órgãos nas esferas federal e estadual relacionados ao tema.

No centro da polêmica esteve o Ministério do Meio Ambiente (MMA). Após 17 anos do primeiro lançamento do DETER, a atual gestão colocou dúvidas sobre sua eficiência (Grandelle, 2019). Neste período, o MMA argumentou que havia necessidade de novas imagens de satélite com tempo de revisitação diária e uma melhor resolução espacial para lidar com o monitoramento do desmatamento e com os alertas emitidos para as operações de aplicação da lei.

Os questionamentos vieram sem a apresentação de nenhum estudo e/ou evidências que pudessem subsidiar a narrativa apresentada. Por outro lado, além do efetivo registro das evoluções metodológicas e tecnológicas do DETER ao longo dos anos, há uma quantidade de evidências técnicas e científicas, fornecidas pela literatura especializada demonstrando que, com base nas informações fornecidas pelo DETER, uma série de instrumentos legais foram mobilizados, os controles foram intensificados e, com a estratégia de aplicação da lei em vigor, foram alcançados cortes nas altas taxas de desmatamento entre 2004 e 2012 (Assunção et al, 2015; Correa et al, 2019, Le Tourneau, 2015; Rajão et al, 2014, 2017). A partir de 2013 as taxas não retornam mais ao patamar de 4.600 km², obtido em 2012, e seguem crescendo até a última medida oficial da taxa, quando o valor salta de 7.500 km² em 2018 para os 10.100 km² em 2019 (INPE-TerraBrasilis, 2020).

1 O Art. 1º do Decreto Federal de 3 de julho de 2003 da Presidência da República do Brasil instituiu o Grupo de Trabalho Interministerial Permanente, com a finalidade de propor medidas e coordenar ações voltadas à redução das taxas de desmatamento nos biomas brasileiros, por meio da elaboração de planos de ação para prevenção e controle do desmatamento.

2 O PPCDAm foi estruturado para enfrentar o desmatamento de forma abrangente, integrada e intensiva. Sua primeira fase teve início em 2004. O Plano foi coordenado pela Casa Civil da Presidência da República até março de 2013, quando o Decreto Federal nº 7.957 transferiu essa função para o Ministério do Meio Ambiente.

Somente em 2020 é que se tornaria claro que o MMA e outros setores da administração federal apontavam para uma solução de monitoramento baseada em imagens e serviços oferecidos pela empresa Planet Labs Inc³ e sendo comercializados no Brasil, com serviços de adequação da plataforma incluídos, pela SCCON - Santiago & Cintra Consultoria⁴. No entanto, três anos antes, em agosto 2017, o Governo do Pará anunciava o projeto – **De Olho na Floresta** – executado pelo Centro Integrado de Monitoramento Ambiental (CIMAN) sob a coordenação técnica da Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS-PA). O projeto tinha como parceiro a SCCON e seu sistema de monitoramento e emissão semanal de alertas de desmatamento, o DFLORA⁵. O projeto entrou em operação em julho de 2017 e seguiu produzindo polígonos de alerta até dezembro de 2018. No entanto, o *dashboard*⁶ fornecido pela SCCON para a operação do CIMAN deixou de ser atualizado em outubro de 2018⁷.

Nesta fase, a empresa ofereceu o serviço como um piloto, uma parceria sem custos. Como contra-parte, a empresa desenvolvia e refinava seu produto através do estudo piloto no Pará. Após este período, a empresa ofereceu uma proposta comercial que tinha como valor-base para a prestação continuada do serviço, em bases anuais, um total de aproximadamente R\$ 7,7 milhões, divididos em R\$ 3,2 milhões pelo sistema/serviço e R\$ 4,5 milhões pela imagens⁸, neste caso, da Planet Labs Inc.

Sistemas de Monitoramento e Alerta de Desmatamento fazem parte do conjunto de instrumentos necessários quando as opções de comando e controle fazem parte do pacote de políticas para conter o desmatamento. Um *indicador da efetividade* para estes sistemas medindo, por um lado sua eficiência na detecção e emissão de alertas e, por outro, seu custo monetário na cadeia de ações exigidas pelas políticas de comando e controle, medidos por sua *relação custo-efetividade*, são elementos importantes na concepção e avaliação destes instrumentos, quando utilizados na operacionalização dessas políticas.

Para o mesmo período em que utilizava o sistema DFLORA da SCCON, a SEMAS-PA não interrompeu suas operações que utilizavam os alertas produzidos pelo DETER do INPE. Assim, foi possível fazer um recorte dos resultados dos Alertas produzidos e fornecidos para o estado do Pará para o período de um (1) ano, de janeiro a dezembro de 2018, pelos dois sistemas.

3 <https://www.planet.com/>

4 <https://www.scon.com.br/solucoes/monitoramento-diario-com-imagens-planet/>

5 Comunicado do início do projeto (<https://www.semas.pa.gov.br/2017/08/09/projeto-de-olho-na-floresta-e-apresentado-para-institutos-de-pesquisa-ambiental/>).

6 Em TI é um painel digital que apresenta, de maneira centralizada, conjunto informações necessárias para uma atividade de gestão.

7 O *link* de acesso foi removido em julho de 2019 a pedido da SEMAS-PA.

8 Valores apresentados em 2018, em Reais (R\$) para as taxas de câmbio de agosto/2018 para o dólar norte-americano (US\$).

São dois Sistemas de Alerta e Monitoramento de Desmatamento muito diferentes em seus aspectos técnicos e organizacionais e, graças a decisão da SEMAS-PA, temos a oportunidade de fazer uma análise comparativa da *Efetividade* de detecção e, sob um critério econômico, da relação *Custo-efetividade* que esses sistemas tiveram para o caso do estado do Pará. Considerados, no período de 12 meses, os dados produzidos e uma situação de uso pelo agente público no contexto de sua estratégia para contenção do desmatamento, este estudo estabelece respostas às seguintes perguntas:

- (1) Qual sistema, DETER-INPE ou DFLORA-SCCON, obteve maior *efetividade* na produção de informações de Alerta para ações de fiscalização ?
- (2) Qual sistema, DETER-INPE ou DFLORA-SCCON, obteve a melhor relação *custo-efetividade* ?

DETER-INPE e DFLORA-SCCON: Síntese Técnica

Uma síntese das características técnicas e organizacionais relativas aos dois sistemas é necessário para que possamos responder as perguntas sobre *Efetividade Comparada*, que são apresentadas com este estudo.

(1) O DETER - Sistema de Alerta de Desmatamentos do INPE¹.

1. Desenvolvido como um sistema de alerta para dar suporte à fiscalização e controle de desmatamento e da degradação florestal. Fornece *Alertas* de desmatamento para o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e demais órgãos ligados a esta temática;
2. Utilizava, em 2018, imagens dos sensores WFI, do Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS-4) e AWiFS, do satélite Indian Remote Sensing Satellite (IRS), com 64 e 56 metros de resolução espacial, respectivamente, e ambos com resolução temporal, tempo de revisita, que vão de 3 a 5 dias. As imagens utilizadas ficam disponibilizadas para uso de qualquer cidadão ou instituição;
3. Utiliza metodologias e tecnologias abertas e desenvolvidas pelo INPE. Publicadas e disponibilizadas. A gestão é responsabilidade do INPE.

¹ <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/deter/deter>

(2) O DFLORA - Sistema de Alerta de Desmatamentos para o Pará da SCCON

1. Acordo da SEMAS-PA com a empresa Santiago&Cintra (SCCON - Tecnologia Geoespacial e Mapeamento via Satélite) dentro do projeto **De Olho da Floresta** para fornecer *Alertas* de desmatamento para o estado do Pará e para seus órgãos de fiscalização;
2. Utilizava, em 2018, imagens da Planet, da constelação de satélites do tipo DOVE, com aproximadamente 3 metros de resolução espacial e resolução temporal quase diária, devido a possibilidade de revisita, uma vez que a constelação possuía, à época, cerca de 130 satélites. As imagens utilizadas não ficam disponibilizadas para uso de qualquer cidadão ou instituição. Os *Alertas* eram produzidos semanalmente;
3. Utilizava metodologias e tecnologias fechadas, proprietárias, com licenciamento para uso. A metodologia não foi publicada. A gestão técnica está na empresa que detém as tecnologias do sistema e que detém o direito às imagens. Para que outros órgãos e prefeituras pudessem utilizar o acervo era necessário um acordo, ou contrato, para estabelecer uma cessão de uso.

Estudo de *Efetividade Comparada*: Síntese Metodológica

As bases para a comparação entre os dois sistemas é estabelecida em torno de duas medidas: (i) a medida de *efetividade*, capacidade de detecção de áreas associadas a desmatamentos com a geração de Alertas e (ii) a medida de *custo-efetividade*, que fornece o valor em Reais(R\$) para cada km² de área de desmatamento observada e que tenha sido estabelecida como um Alerta para a fiscalização. Para construir estas medidas, que fornecem a possibilidade de um estudo da *efetividade comparada* entre DETER e DFLORA, precisamos em uma primeira etapa, trabalhar os dados provenientes dos dois sistemas gerando uma síntese das informações necessárias para, em uma segunda etapa, produzir os indicadores desejados.

Primeira Etapa: Preparação dos dados

A base de dados contendo todos os polígonos de Alertas de desmatamento gerados pelo DFLORA-SCCON entre janeiro e dezembro de 2018 foi apresentada na forma de um arquivo vetorial no formato *shapefile*¹.

Para o DETER-INPE foram selecionados do seu banco de dados completo todos os polígonos de Alertas para o Pará considerando o mesmo período, de janeiro a dezembro de 2018, exportados como *shapefiles* preservando o atributo da data de detecção.

¹ “Um *shapefile* é um formato de armazenamento de dados de vetor da Esri para armazenar a posição, forma e atributos de feições geográficas.” (<https://enterprise.arcgis.com/pt-br/portal/latest/use/shapefiles.htm>) . A data de detecção é um atributo dos polígonos de alertas de desmatamento para estes dados do DFLORA-SCCON.

Um novo banco de dados integrando as informações provenientes dos dois sistemas foi construído. Sobre este banco de dados uma série de procedimentos e análises foram feitas utilizando diferentes Sistemas de Informação Geográfica².

A Tabela 1 apresenta uma síntese com os números básicos utilizados para este estudo. Para as medidas estabelecidas neste estudo foi utilizado a **área total produzida pelos Alertas**.

Tabela 1. **Alertas Totais** (Jan. a Dez.de 2018) emitidos por cada Sistema e Intersecções

Dado	Nº de Alertas (Polígonos)	Área Total (km²)
DETER	17.743	5.150,6
DFLORA	11.424	1.773,9
Intersecção DETER/DFLORA	6.377	1.227,6
Somente DETER		3.923,0
Somente DFLORA		546,3

Nº de Alertas (Polígonos) – É o número total de Polígonos, gerado por cada sistema e classificados em um tipo de Alerta para a fiscalização, entre janeiro e dezembro de 2018.

Área Total (km²) – É a área total em km² com referência ao total de polígonos de Alerta emitidos por cada sistema entre janeiro e dezembro de 2018.

Intersecção DETER/DFLORA – Apresenta o número de polígonos de Alerta detectado por cada sistema entre janeiro e dezembro de 2018 que têm intersecção entre eles. A área total em km² do resultado desta intersecção é calculada e apresentada na tabela.

Somente DETER – Apresenta a área total em km² dos polígonos de Alerta que foram detectados apenas pelo DETER.

Somente DFLORA – Apresenta a área total em km² dos polígonos de Alerta que foram detectados apenas pelo DFLORA.

² A metodologia utilizada para geração dos dados para este estudo e uma descrição detalhada dos dados utilizados está em fase de publicação como Relatório Técnico do INPE: de Oliveira,MAF, Escada,MIS. Avaliação dos dados dos sistemas de Monitoramento do Desmatamento do Estado do Pará: DFLORA e DETER. RT-INPE-2020.(Previsão para publicação em Novembro de 2020)

Primeira Etapa: Síntese dos Resultados

1. O DETER detecta **290% mais área de Alertas que o DFLORA**
2. O DFLORA detecta **23,8% da área total de Alertas detectada** pelo DETER.
3. O DETER detecta **76,2% da área total de Alertas detectada** pelo DFLORA.
4. O DETER detecta e apresenta **Alertas** classificados em (4) classes usadas neste estudo. As porcentagens representam a proporção destas classes considerada a área total de Alertas do DETER no período (**5.150,6 km²**):
 - cicatriz de queimada** (26%) = 1.339,16 km²
 - degradação florestal** (29%) = 1.493,67 km²
 - corte seletivo** (9%) = 463,55 km²
 - corte raso** (36%) = 1.854,22 km²
5. O DFLORA **não discrimina seus Alertas**. Para uma aproximação, utilizamos as mesmas classes de Alerta do DETER (apresentadas em 4.) para classificar aquelas áreas de Alertas do DFLORA, que são também detectadas pelo DETER. Do total de **1.227,6 km²** de área de **Alertas** do DFLORA em comum com o DETER (intersecção), utilizando as mesmas classes do DETER, temos uma distribuição das *classes* de alerta:
 - cicatriz de queimada** (12%) = 147,31 km²
 - degradação florestal** (23%) = 282,35 km²
 - corte seletivo** (0%) = 0,0 km²
 - corte raso** (65%) = 797,94 km²
6. O DETER **foi capaz de observar ~76% da área total de Alertas que o DFLORA** observou no período de janeiro a dezembro de 2018 para o estado do Pará.
7. O DFLORA **foi capaz de observar ~24% da área total de Alertas que o DETER** observou no período de janeiro a dezembro de 2018 para o estado do Pará.

Segunda Etapa: As medidas de *Efetividade* e *Custo-efetividade*

A *Efetividade*, é a medida de quanto, em *área*, um sistema de detecção de Alertas informa a fiscalização, considerado o mesmo período de atuação, uma mesma região e uma mesma classe de Alerta. Esta *Efetividade* é medida como:

$$\text{Efetividade}_{(\text{classe})} = \frac{\text{Área Total detectada pelo SISTEMA A para a classe}_{(\text{classe})}}{\text{Área Total detectada pelo SISTEMA B para a classe}_{(\text{classe})}}$$

A medida de *Custo-Efetividade* aqui empregada fornece o valor em Reais (R\$) para cada km² de *área de desmatamento observada* por um específico sistema para uma *classe* de Alerta.

Custo-Efetividade_(SISTEMA-classe) =

$$\frac{\text{Custo Total do SISTEMA para operação anual de detecção de Alertas da classe}_{(classe)}}{\text{Área Total detectada no ano pelo SISTEMA para Alertas da classe}_{(classe)}}$$

Efetividade Comparada: Dois Estudos

Estudo da *Efetividade* para a Classe corte raso

Apresentamos o estudo da *Efetividade* comparada entre o DETER e o DFLORA considerando a observação da *classe* corte raso. Para a *classe* de Alerta corte raso, a probabilidade de erro de classificação é sempre menor.

Parâmetros para o DETER (SISTEMA A):

1. Como o DETER possui a informação da *classe* do Alerta definida, para o Pará, no período avaliado, a área total de Alertas classificadas como **corte raso** foi de **~1854 km²**.

Parâmetros para o DFLORA (SISTEMA B):

1. **65%** da áreas detectadas pelo DFLORA, quando comparadas com as áreas detectadas e discriminadas pelo DETER, são de **corte raso**. São **~798 km²** de **corte raso** detectados pelo DFLORA no período de janeiro a dezembro de 2018.
2. Assumindo, para um total de **~546 km²**, que é a área detectada pelo DFLORA que não é detectada pelo DETER, que a mesma porcentagem de acertos para **corte raso** é mantida, **65%**, temos **~355 km²** de **corte raso**.
3. Para o Pará, no período de janeiro a dezembro de 2018, o DFLORA emitiu um total de área de Alertas para **corte raso** de **~1153 km²**.

Assim temos que, para o período analisado, janeiro a dezembro de 2018, para o estado do Pará e, tomando o **total de área de Alertas** classificadas como áreas de **corte raso**, a *Efetividade* comparada do **SISTEMA A – DETER** com o **SISTEMA B – DFLORA** é dada por:

$$\text{Efetividade}_{(\text{corte raso})} = 1854 \text{ km}^2 / 1153 \text{ km}^2 = \mathbf{1,60}$$

O DETER **foi 1.60 vezes mais EFETIVO** na observação de áreas com **corte raso** que o DFLORA, no período de janeiro a dezembro de 2018 para o estado do Pará.

Estudo da *Efetividade* para o total de Alertas

Apresentamos agora o estudo da *Efetividade* comparada entre o DETER e o DFLORA considerando o total de área para os alertas emitidos:

$$\text{Efetividade}_{(\text{total de Alertas})} = 5150 \text{ km}^2 / 1774 \text{ km}^2 = \mathbf{2,90}$$

O DETER **foi 2.90 vezes mais EFETIVO** na observação de áreas com *cicatriz de queimada, degradação florestal, corte seletivo e corte raso* que o DFLORA, no período de janeiro a dezembro de 2018 para o estado do Pará.

Relação *Custo-Efetividade* Comparada: Dois Estudos

Estudo da relação *Custo-Efetividade* para a *Classe corte raso*

Considerações importantes.

- 1 Para o DFLORA foram utilizados os valores monetários apresentados através da proposta comercial da SCON para a SEMAS-PA. Esta proposta apresentava um contrato de base anual com um valor total de R\$ 7,7 milhões. Assim, o valor de operação anual do Sistema DFLORA foi estabelecido em **R\$ 7,7 milhões/ANO**, baseado na proposta feita ao Governo do Pará.
- 2 O Valor do contrato que envolve as execuções do PRODES¹ e do DETER, Sistemas coordenados pelo INPE, para *toda a Amazônia Legal*, foi de **R\$ 3 milhões/ANO** no período considerado. Deste total, **R\$ 1,5 milhões/ANO** é para pagamento de pessoal, que naquele ano de 2018 foram contratados como Bolsistas sem encargos trabalhistas. Para corrigir este efeito utilizamos um fator de correção de valor igual a 2 para o custo relativo a esse pessoal, totalizando **R\$ 3 milhões/ANO** com pessoal contratado.

¹ <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>

- 3 Além deste valor, relativo ao pessoal contratado para as operações do PRODES e do DETER, vamos alocar mais um total de **R\$ 500 mil/ANO** relativos (i) ao salário anual, com todos encargos e impostos, de 1 pesquisador sênior e 1 tecnologista sênior atuando como supervisores do projeto e (ii) os custos anuais da operação relativos a energia e manutenção de equipamentos.
- 4 Desta forma o *custo total anual* para a produção de informação pelos dois sistemas do INPE, o PRODES (taxa de desmatamento anual) e o DETER (alertas de desmatamento categorizados em 4 classes) para toda a Amazônia Legal Brasileira (9 estados) foi de **R\$ 5 milhões/ANO**.
- 5 O DETER tem um custo de 40% do valor do PRODES. Desta forma, O custo total em 2018 para o DETER, para toda toda a Amazônia Legal Brasileira (9 estados) foi de **R\$ 2 milhões/ANO**.
- 6 Para estimar o custo do DETER considerando *apenas o estado do Pará* utilizamos a proporção da área do estado em relação a área total da Amazônia Legal. O Pará cobre aproximadamente 25% desta área. Para tornar ainda mais justa a comparação, foi adicionado um fator de 1,5 (50%) ao valor estimado com base apenas na área do Pará. Desta forma, o custo de operação anual em 2018 do DETER, somente para o Pará, foi de **R\$ 750 mil/ANO²**.

Para a relação *Custo-efetividade* considerando Alertas da *classe* corte raso temos:

Para o DETER, corte raso, para o Pará no período de janeiro a dezembro de 2018:

$$\text{Custo-Efetividade}_{(\text{DETER-corte raso})} = \text{R\$ } 750.000,00 / 1854 \text{ km}^2 = \text{R\$ } 404,53 / \text{km}^2$$

Para o DEFLOR, corte raso, para o Pará no período de janeiro a dezembro de 2018:

$$\text{Custo-Efetividade}_{(\text{DEFLOR-corte raso})} = \text{R\$ } 7.700.000,00 / 1153 \text{ km}^2 = \text{R\$ } 6.678,23 / \text{km}^2$$

A medida da relação *Custo-Efetividade Comparada* é definida como:

$$\text{Custo-Efetividade Comparada}_{(\text{SISTEMA A-SISTEMA B para classe})} = \frac{\text{Custo-Efetividade}_{(\text{SISTEMA A-classe})}}{\text{Custo-Efetividade}_{(\text{SISTEMA B-classe})}}$$

² Correção do valor pela proporção de área para obter o valor estimado para o estado do Pará: *R\$ 2 milhões/ANO* * 0,25 = *R\$ 500 mil/ANO*. Ajuste de 50% neste valor para correções de outros efeitos além da proporcionalidade de área: *R\$ 500 mil/ANO* * 1,5 = *R\$ 750 mil/ANO*

A relação *Custo-Efetividade* Comparada do DFLOA em relação ao DETER para o caso dos Alertas do tipo corte raso é dada por:

$$\text{Custo-Efetividade Comparada}_{(DFLORA-DETER-corte\ raso)} = \text{R\$ } 6.678,23/\text{km}^2 / \text{R\$ } 404,53/\text{km}^2 = \mathbf{16,50}$$

O DETER **foi 16,50 vezes mais CUSTO-EFETIVO** na observação de áreas e emissão de **Alertas** para a *classe corte raso* que o DFLOA, no período de janeiro a dezembro de 2018 para o estado do Pará.

Estudo de *Custo-Efetividade* para o total de alertas

Para a relação *Custo-efetividade* considerando o total de área para os alertas emitidos temos:

Para o DETER, para o Pará no período de janeiro a dezembro de 2018:

$$\text{Custo-Efetividade}_{(DETER-Total\ de\ Alertas)} = \text{R\$ } 750.000,00/5150\ \text{km}^2 = \text{R\$ } 145,63/\text{km}^2$$

Para o DEFLOA, para o Pará no período de janeiro a dezembro de 2018:

$$\text{Custo-Efetividade}_{(DEFLOA-Total\ de\ Alertas)} = \text{R\$ } 7.700.000,00/1774\ \text{km}^2 = \text{R\$ } 4.340,47/\text{km}^2$$

A *Custo-Efetividade* Comparada do DFLOA em relação ao DETER para o caso do total de Alertas emitidos pelos sistemas:

$$\text{Custo-Efetividade Comparada}_{(DFLORA-DETER\ Total\ de\ Alertas)} = \text{R\$ } 4.340,47/\text{km}^2 / \text{R\$ } 145,63/\text{km}^2 = \mathbf{29,80}$$

O DETER **foi 29,80 vezes mais CUSTO-EFETIVO** na observação de áreas e emissão de **Alertas** que o DFLOA, no período de janeiro a dezembro de 2018 para o estado do Pará.

Considerações Finais

Em função da decisão da SEMAS-PA, de manter suas operações de fiscalização tendo como suporte dois sistemas de monitoramento e emissão de alertas de desmatamento durante um período, foi possível o estabelecimento deste estudo. Este é o primeiro estudo de base empírica, utilizando dados produzidos para o contexto de fiscalização, por dois sistemas que utilizam

metodologias e imagens de satélites de plataformas distintas, o DETER-INPE e o DFLOLA-SCCON.

Os resultados numéricos mostram, de maneira inequívoca, que a narrativa criada sobre a necessidade de melhor resolução espacial e melhor resolução temporal para melhorar a eficiência das ações de fiscalização, não está amparada nos números. O DFLOLA-SCCON que utiliza imagens da plataforma da Planet Labs Inc, com aproximadamente 3 metros de resolução espacial e imageamento diário, produziu alertas semanais para a fiscalização e teve *efetividade* de detecção **2,90 vezes menor** que o DETER-INPE. Além disso o valor monetário pago por km² de área detectada pelo DFLOLA-SCCON foi **29,80 vezes mais caro** que o valor monetário pago por km² de área detectada pelo DETER-INPE.

Em ciência, e boa engenharia, teses podem ser comprovadas ou refutadas simplesmente porque podem e devem ser testadas. Os resultados deste estudo sustentam claramente que não existe nenhuma evidência de base técnica ou científica para a polêmica iniciada, em 2019, no MMA

É importante também afirmar aqui que o DETER-INPE chega em outubro de 2020 com duas evoluções importantes em sua metodologia e em suas tecnologias de suporte. Com o novo DETER-Intenso¹ ainda maior agilidade e precisão para o fornecimento de *alertas de desmatamento ou degradação florestal* foram alcançados. Resulta da nova capacidade de integração das imagens óticas dos satélites CBERS-4 (WFI e MUX), Landsat 8 (OLI), Sentinel 2 (MSI) e imagens do sensor SAR a bordo do satélite Sentinel 1 (banda C), todas de livre acesso e gratuitas. Ao mesmo tempo, em conjunto com o projeto BDC – Brazil Data Cube², as iniciativas técnico-científicas ligadas ao monitoramento de florestas tropicais por satélites do INPE têm avançado na construção de plataformas computacionais para o processamento e análise de grandes bases de dados de sensoriamento remoto, que acomodam a natureza multi-satelitária das inovações metodológicas criadas nos últimos anos.

Esta interação diária entre pesquisa e desenvolvimento, associada ao acúmulo técnico e científico, de aproximadamente 48 anos, do INPE na área de Sensoriamento Remoto e Geotecnologias, formam o ambiente ideal para o florescimento de inovações (Câmara et al, 2006).

Pelos resultados que vimos neste estudo e as inovações já operando e as que virão a frente, quando o assunto são sistemas para o monitoramento e emissão de alertas de desmatamento, ainda é uma boa ideia conversar com técnicos e cientistas do INPE antes de tomar sua decisão.

1 <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/deter/deter-intenso>

2 <http://brazildatacube.org/pt/brazil-data-cube/>

Referências Bibliográficas

ASSUNÇÃO, J.,; GANDOUR, C.; ROCHA, R. *Deforestation slowdown in the Brazilian Amazon: prices or policies?* Environment and Development Economics, v. 20(6), p. 697-722, November 2015.

CÂMARA, G.,; FONSECA, F.; MONTEIRO, AMV.; ONSRUD, H. *Networks of innovation and the establishment of a spatial data infrastructure in Brazil.* Journal of Information Technology for Development, v.12(4), p. 255-272, DOI: [10.1002/itdj.20047](https://doi.org/10.1002/itdj.20047)

CORREA, J., VAN DER HOFF, R.; RAJÃO, R. *Amazon Fund 10 Years Later: Lessons from the World's Largest REDD+ Program.* Forest, v.10(3), 272. March 2019. <https://doi.org/10.3390/f10030272>

GRANDELLE, Renato. *Salles defende novo sistema de alerta de desmatamento.* **O Globo.** Session: SOCIETY. 31 Jul. 2019 - 22:34 / Updated in 01 Aug. 2019 - 11:01. Available in: <<https://oglobo.globo.com/sociedade/salles-defende-novo-sistema-de-alerta-de-desmatamento-23846623>>. Access in: 17 Sept. 2019

Le TOURNEAU, François-Michel. *Le Brésil maîtrise-t-il (enfin) la déforestation en Amazonie ?* Cybergeo – European Journal of Geography, Article n. 753, 2015 (<https://journals.openedition.org/cybergeo/27325#abstract>)

RAJÃO, R .G. L.; SOARES-FILHO, B. ; MARCOLINO, C. ; HOFF, R. V. D. ; COSTA, M. *Beyond the Panacea: a Critical Assessment of Instruments of Deforestation Control.* Policy in Focus, v. 29, p. 22-25, 2014.

RAJÃO, R .G. L; MOUTINHO, P.; SOARES, L. . *The Rights and Wrongs of Brazil's Forest Monitoring System.* Conservation Letters, v. 10, p. 495-496, 2017.