

# **Anexo Técnico referente à Decisão 14/CP.19**

**Resultados obtidos pelo Brasil com a Redução de Emissões provenientes do Desmatamento no bioma Amazônia para pagamentos por resultados de REDD+**

**Coordenação:**

Ministério do Meio Ambiente (MMA)

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)

**Grupo de Trabalho Técnico sobre REDD+:**

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (MCTI/Inpe)

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (MCTI/INPA)

Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais (FUNCATE)

Universidade de São Paulo (USP)

Ministério do Meio Ambiente, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (MMA/IBAMA)

Ministério do Meio Ambiente, Serviço Florestal Brasileiro (MMA/SFB)

Universidade Federal de Goiás (UFG)

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (MAPA/EMBRAPA)

Universidade de Brasília (UnB)

Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA)

# Índice

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Introdução .....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>2. Sumário de informações sobre o Nível de Referência de Emissões Florestais para as reduções de emissões no bioma Amazônia .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>3. Resultados em toneladas de CO<sub>2</sub>eq por ano, de acordo com o Nível de Referência de Emissões Florestais para o bioma Amazônia avaliado.....</b>                                  | <b>10</b> |
| <b>4. Demonstração de que as metodologias utilizadas para contabilizar os resultados são consistentes com as utilizadas para estabelecer o Nível de Referência de Emissões Florestais.....</b> | <b>12</b> |
| <b>5. Descrição dos sistemas nacionais de monitoramento florestal e dos papéis e responsabilidades institucionais na mensuração, relato e verificação dos resultados:.....</b>                 | <b>12</b> |
| 5.1. O Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Brasileira por Satélite–PRODES.....  | 12        |
| 5.2. Papéis e responsabilidades pela mensuração, relato e verificação (MRV) dos resultados.....  | 23        |
| <b>6. Informações necessárias para a reconstrução dos resultados.....</b>  | <b>24</b> |
| <b>7. Descrição de como os elementos previstos na Decisão 4/ CP.15, parágrafo 1(c) e (d), foram considerados .....</b>   | <b>25</b> |
| 7.1. Utilização das orientações e diretrizes mais recentes do IPCC.....  | 25        |
| 7.2. Estabelecer, de acordo com as circunstâncias e as capacidades nacionais, sistemas robustos e transparentes de monitoramento florestal.....  | 26        |

# 1. Introdução

O Brasil saúda esta oportunidade de submeter um Anexo Técnico junto ao seu Relatório de Atualização Bienal (BUR) no contexto de pagamentos por resultados de redução de emissões provenientes de desmatamento e degradação florestal e do papel da conservação, manejo sustentável de florestas e aumento dos estoques de carbono florestal em países em desenvolvimento (REDD+), nos termos da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC).

O Brasil salienta que a entrega deste Anexo Técnico com os resultados de REDD+ é voluntária e destinada exclusivamente à obtenção e o recebimento de pagamentos pelas ações de REDD+, de acordo com as Decisões 13/CP.19, parágrafo 2, e 14/CP.19<sup>1</sup>, parágrafos 7 e 8.

Logo, este documento não modifica, revisa ou ajusta em nada as NAMAs (Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas) assumidas pelo Brasil no âmbito do Plano de Ação de Bali (FCCC/AWGLCA/2011/INF.1), nem prefigura qualquer Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) pelo Brasil no contexto do protocolo, outro instrumento legal ou resultado acordado com força de lei no âmbito da Convenção que esteja sendo negociado nos termos do Grupo de Trabalho Ad Hoc sobre a Plataforma de Durban para Ação Reforçada.

Esta proposta foi desenvolvida pelo Governo Brasileiro com o apoio do Grupo de Trabalho Técnico sobre REDD+, criado em fevereiro de 2014 pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) pela Portaria N<sup>o</sup>. 41.

Este Anexo Técnico apresenta os resultados de redução de emissões provenientes de desmatamento no bioma Amazônia, mensurados em relação ao Nível de Referência de Emissões Florestais (FREL, na sigla em inglês) apresentado pelo Brasil à UNFCCC em junho de 2014<sup>2</sup>. A proposta do FREL do Brasil passou pela avaliação técnica, de julho a novembro de 2014, de dois especialistas no setor de Mudança do uso da terra e Florestas (LULUCF, na sigla em inglês), indicados pelo Secretariado da UNFCCC. O FREL final do Brasil e o relatório da avaliação técnica estão disponíveis, em inglês, na plataforma web de REDD da UNFCCC em: <http://unfccc.int/methods/redd/items/8414.php>.

Este Anexo Técnico de REDD+ foi desenvolvido seguindo as diretrizes da Decisão 14/ CP. 19, que determinou os seguintes elementos:

---

<sup>1</sup>A Decisão 14/ CP 19, em seu parágrafo 7, “requer que as Partes que são países em desenvolvimento e que desejem obter e receber pagamentos por resultados baseados em ações, ao submeter os dados e informações referidos no Parágrafo 3 acima, por meio de seu Relatório Bienal de Atualização, forneçam um anexo técnico em conformidade com o anexo III, parágrafo 19, da Decisão 2/CP.17”. O Parágrafo 8, “estabelece que a submissão do anexo técnico referido no Parágrafo 7 acima é voluntária e ocorre no contexto de pagamentos por resultados”.

<sup>2</sup>Para mais informações acesse: <http://www.mma.gov.br/redd/index.php/pt/n%C3%ADveis-de-refer%C3%Aancia/defini%C3%A7%C3%A3o-e-submiss%C3%A3o-do-n%C3%ADvel-de-refer%C3%Aancia-de-emiss%C3%B5es-florestais-do-brasil>, último acesso em 6 de julho de 2014.

1. Resumo das informações do relatório final contendo cada Nível de Referência de Emissões Florestais avaliado;
2. Resultados em toneladas de CO<sub>2</sub>eq por ano, de acordo com o Nível de Referência de Emissões Florestais avaliado;
3. Demonstração de que as metodologias utilizadas para produzir os resultados estão são consistentes com as utilizadas para estabelecer o Nível de Referência de Emissões Florestais avaliado;
4. Descrição dos sistemas de monitoramento florestal e os papéis institucionais e responsabilidades pela mensuração, relato e verificação dos resultados;
5. Informações necessárias para a reconstrução dos resultados;
6. Descrição de como os elementos previstos na Decisão 4/ CP.15, parágrafos 1(c) e (d), foram considerados<sup>3</sup>.

Os elementos do Anexo Técnico do Brasil para REDD+ são apresentados a seguir.

## **2. Sumário de informações sobre o Nível de Referência de Emissões Florestais para as reduções de emissões no bioma Amazônia**

O FREL, submetido voluntariamente para avaliação técnica no contexto de pagamentos por resultados, abrange a atividade “redução de emissões provenientes de desmatamento no bioma Amazônia<sup>4</sup>”, a mais significativa, para o Brasil, das cinco atividades incluídas no parágrafo 70 da Decisão 1/CP.16.

---

<sup>3</sup>O parágrafo 1 da Decisão 4/ CP.15 “requer que as Partes que são países em desenvolvimento, com base no trabalho realizado sobre as questões metodológicas estabelecidas nos parágrafos 7 e 11 da Decisão 2/CP.13, considerem as seguintes diretrizes para as atividades relacionadas à Decisão 2/CP.13, sem prejuízo a qualquer decisão posterior relevante da Conferência das Partes, especialmente as relacionadas à mensuração e ao relato: (c) Utilizar as orientações e diretrizes mais recentes do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, na sigla em inglês), conforme adotadas ou promovidas pela Conferência das Partes, sempre que apropriado, como base para estimar as emissões antrópicas de gases de efeito estufa relacionadas a florestas por fontes e da remoção por sumidouros, estoques de carbono florestal e alterações da área florestal; (d) estabelecer, de acordo com as circunstâncias e capacidades nacionais, sistemas nacionais de monitoramento de florestas robustos e transparentes e, caso apropriado, sistemas subnacionais como parte dos sistemas nacionais de monitoramento que (i) utilizem uma combinação de abordagens de sensoriamento remoto e de inventário de carbono florestal de campo para estimar, conforme o caso, as emissões antrópicas de gases de efeito estufa relacionadas a florestas por fontes e do remoção por sumidouros, estoques de carbono florestal, e alterações da área florestal; (ii) ofereçam estimativas que sejam transparentes, consistentes, precisas, tanto quanto possível, e que reduzam incertezas, levando em conta os recursos e as capacidades nacionais; (iii) sejam transparentes e tenham resultados disponíveis e adequados para revisão, conforme o acordado pela Conferência das Partes.”

<sup>4</sup> O bioma Amazônia abrange 4.197.000 km<sup>2</sup>, corresponde a quase metade (49,29 por cento) do território nacional, e foi responsável por 50,8% das emissões líquidas de CO<sub>2</sub> no Brasil em 2000 (Segunda Comunicação Nacional, BRASIL, 2010).

O Brasil adotou uma abordagem progressiva para desenvolver o FREL, de acordo com a Decisão 12/CP.17, parágrafo 10, apresentando um FREL subnacional, com o objetivo de fazer a transição para um FREL nacional futuramente, incorporando outros biomas e atividades. A abordagem progressiva permite que as Partes aprimorem o FREL, incorporando dados e metodologias aperfeiçoados e, quando conveniente, reservatórios adicionais.

O Brasil se baseou no Guia de Boas Práticas para o Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), de 2003, para calcular as mudanças nos estoques de carbono em áreas de floresta convertidas para outras categorias de uso da terra.

Consequentemente, as emissões brutas provenientes de desmatamento foram estimadas a partir de 1996 por meio da combinação de dados de atividade (isto é: a área de desmatamento bruto anual por tipo de floresta considerado) com o fator de emissão apropriado (isto é: a densidade de carbono associada ao tipo de floresta considerado). Com relação aos reservatórios, o documento considerou biomassa acima do solo, biomassa abaixo do solo e liteira. Madeira morta e carbono orgânico no solo (para solos minerais e orgânicos) não foram considerados como fontes significativas. Com relação aos gases de efeito estufa, o documento considerou as emissões brutas de CO<sub>2</sub>.

A base de dados de atividade utilizada na elaboração do FREL para o bioma Amazônia foi a série histórica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). O Inpe, por meio do Projeto Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Brasileira por Satélite – PRODES, vem estimando o desmatamento bruto na Amazônia Legal desde 1988, usando dados de satélite da classe Landsat para um levantamento completo da região, com unidade mínima de mapeamento de 6,25 hectares. As áreas dos biomas Cerrado e Pantanal na Amazônia Legal foram excluídas na elaboração do FREL. Os dados sobre desmatamento estão disponíveis em formato analógico até 1997 e em formato digital de 1998 em diante.

Com relação aos fatores de emissão, a densidade de carbono associada aos diferentes tipos de floresta do bioma Amazônia foi estimada pela combinação da informação colhida nos pontos amostrais do RADAMBRASIL com várias equações para converter a circunferência à altura do peito (CAP) em estoque total de carbono na biomassa viva (acima e abaixo do solo) e liteira. Com base nessa informação, e em dados complementares da literatura, foi elaborado o mapa da densidade de carbono, que inclui 22 tipos de formações florestais. O Brasil adotou a premissa de que a biomassa é igual a zero imediatamente após a conversão da floresta para outros usos da terra e não considerou nenhuma remoção de CO<sub>2</sub> após o desmatamento.

Para calcular as emissões anuais provenientes de desmatamento, o seguinte procedimento foi aplicado: a área de cada polígono desmatado de um determinado tipo de floresta foi multiplicada pelo fator de emissão (isto é: densidade de carbono em toneladas de C/ha)

correspondente a esse tipo florestal e por 44/12 (para converter carbono em CO<sub>2</sub>). Em seguida, as emissões de todas as áreas desmatadas foram somadas para cada ano.

O FREL brasileiro é uma média dinâmica de emissões de CO<sub>2</sub> associadas ao desmatamento bruto desde 1996, atualizada a cada cinco anos, utilizando os melhores dados históricos disponíveis, condizentes com o mais recente Inventário Nacional de GEE submetido pelo Brasil à UNFCCC no momento de sua elaboração.

O ano-base foi escolhido pelo Grupo de Trabalho Técnico sobre REDD+ de forma a excluir o grande pico de desmatamento de 1995 e também para manter a consistência com outras iniciativas no Brasil, incluindo o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm)<sup>5</sup>, a Política Nacional de Mudança do Clima<sup>6</sup> e o Fundo Amazônia<sup>7</sup>.

A natureza dinâmica do FREL do Brasil pretende refletir os efeitos das políticas e planos implementados no bioma Amazônia, bem como as melhorias na qualidade e disponibilidade dos dados.

### **O FREL brasileiro não inclui hipóteses sobre possíveis mudanças futuras nas políticas nacionais.**

Em resumo, o seguinte se aplica ao pagamento por resultados:

- Para os resultados obtidos no período de 2006 até o final de 2010, o FREL é igual à média anual de emissões de CO<sub>2</sub> associadas ao desmatamento bruto (calculada como incremento do desmatamento ajustado) do período de 1996 até o final de 2005 (ver **Figura 1** e **Tabela 1**).
- Para resultados obtidos no período de 2011 até o final de 2015, o FREL será igual à média anual de emissões de CO<sub>2</sub> associadas ao desmatamento bruto (calculada como incremento do desmatamento ajustado) de 1996 até o final de 2010 (ver **Figura 1** e **Tabela 1**).
- Para resultados obtidos no período de 2016 a 2020, o FREL será igual à média anual de emissões de CO<sub>2</sub> associadas ao desmatamento bruto (calculada como incremento do desmatamento ajustado) de 1996 a 2015.

---

<sup>5</sup> Para mais detalhes sobre as políticas e planos para o bioma Amazônia, acesse: <http://redd.mma.gov.br/index.php/pt/politicas-ambientais-redd/redu%C3%A7%C3%A3o-do-desmatamento>, acessado pela última vez em 28 de julho de 2015.

<sup>6</sup> Para mais informações sobre o Decreto Presidencial nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010, acesse: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm), acessado pela última vez em 28 de julho de 2015.

<sup>7</sup> Para mais informações sobre o Fundo Amazônia, acesse: [www.fundoamazonia.gov.br](http://www.fundoamazonia.gov.br), acessado pela última vez em 28 de junho de 2015.

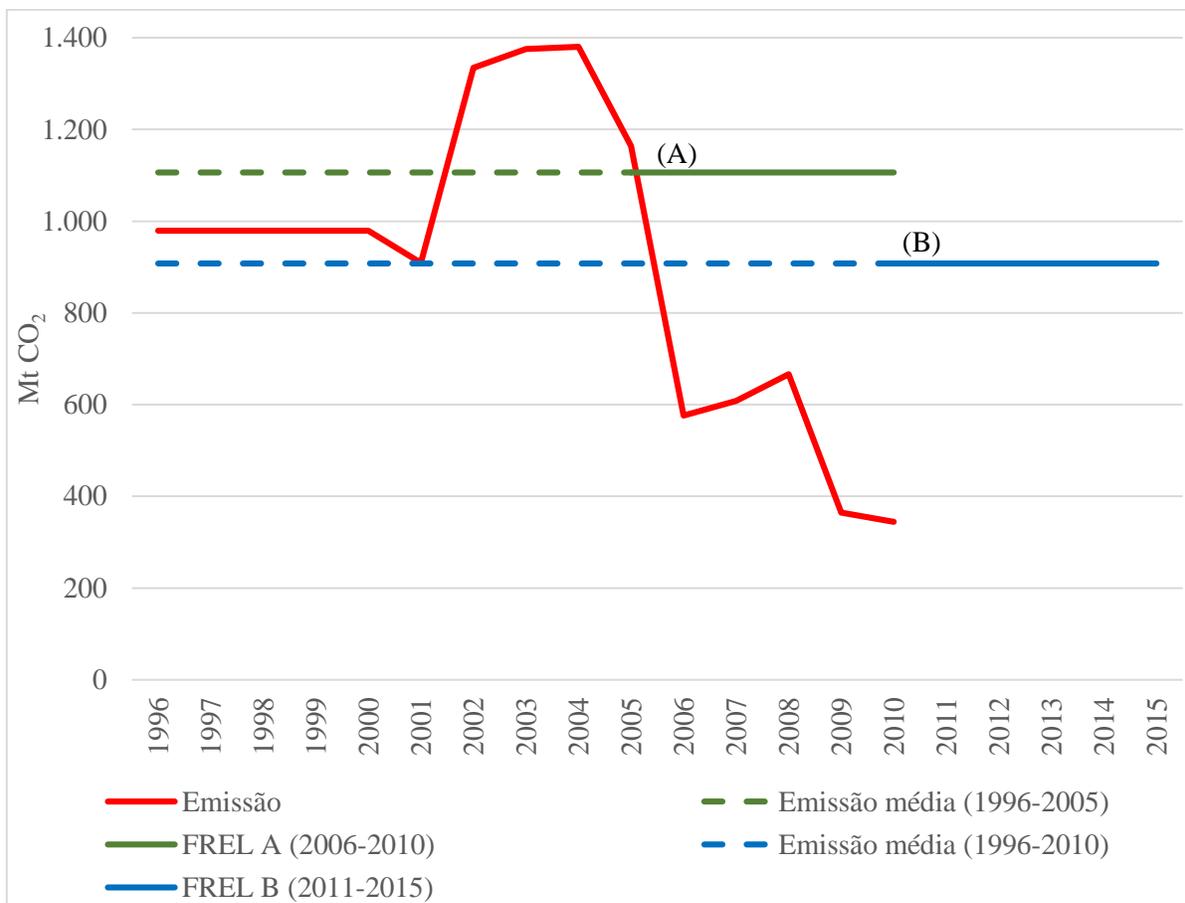


Figura 1: Representação gráfica do FREL do Brasil, onde (A) se refere à média anual de emissões de CO<sub>2</sub> do período 1996 a 2005 (1.106.027.616,63 tCO<sub>2</sub>); (B) se refere à média anual de emissões de CO<sub>2</sub> do período 1996 a 2010 (907.959.466,33 tCO<sub>2</sub>).

Tabela 1: Área desmatada por ano, emissões brutas de CO<sub>2</sub> e médias de emissões brutas de CO<sub>2</sub> (em tC e t CO<sub>2</sub>) no bioma amazônico no período de 1996 a 2010<sup>8</sup>

| Ano       | Incremento de desmatamento ajustado (ha) | Emissões do desmatamento bruto (tC) | Emissões do desmatamento bruto (t CO <sub>2</sub> ) |
|-----------|--|-------------------------------------|---|
| 1996      | 1.874.013,00                             | 267.142.749,24                      | 979.523.413,88                                      |
| 1997      | 1.874.013,00                             | 267.142.749,24                      | 979.523.413,88                                      |
| 1998      | 1.874.013,00                             | 267.142.749,24                      | 979.523.413,88                                      |
| 1999      | 1.874.013,00                             | 267.142.749,24                      | 979.523.413,88                                      |
| 2000      | 1.874.013,00                             | 267.142.749,24                      | 979.523.413,88                                      |
| 2001      | 1.949.331,35                             | 247.899.310,88                      | 908.964.139,89                                      |
| 2002      | 2.466.603,88                             | 363.942.942,80                      | 1.334.457.456,93                                    |
| 2003      | 2.558.846,30                             | 375.060.876,74                      | 1.375.223.214,70                                    |
| 2004      | 2.479.429,81                             | 376.402.076,09                      | 1.380.140.945,68                                    |
| 2005      | 2.176.226,17                             | 317.420.001,73                      | 1.163.873.339,68                                    |
| 2006      | 1.033.634,15                             | 157.117.398,10                      | 576.097.126,38                                      |
| 2007      | 1.087.468,65                             | 165.890.835,62                      | 608.266.397,26                                      |
| 2008      | 1.233.037,68                             | 181.637.813,29                      | 666.005.315,39                                      |
| 2009      | 596.373,64                               | 99.365.584,69                       | 364.340.477,19                                      |
| 2010      | 583.147,53                               | 93.929.048,84                       | 344.406.512,43                                      |
| 1996-2005 |  |                                     | 1.106.027.616,63                                    |
| 1996-2010 |  |                                     | 907.959.466,33                                      |

As áreas apresentadas na **Tabela 1** são de **incremento de desmatamento ajustado** do desmatamento bruto para o bioma Amazônia, enquanto os números do PRODES correspondem à **taxa** de desmatamento bruto estimada para a Amazônia Legal. O **Box 2** apresenta uma explicação detalhada sobre as diferenças entre essas duas abordagens.

<sup>8</sup> As linhas mais escuras da Tabela 1 correspondem aos anos para os quais estão disponíveis apenas dados em formato analógico. Para qualquer ano no período de 1996 a 2010, as emissões brutas de CO<sub>2</sub> por desmatamento foram calculados seguindo as **etapas 1 a 4** das **Figuras 6 a 8**, e **etapa 5** apresentados no FREL do Brasil, disponível em:

[http://www.mma.gov.br/redd/images/Publicacoes/FREL\\_Complete\\_October31\\_FINAL.pdf](http://www.mma.gov.br/redd/images/Publicacoes/FREL_Complete_October31_FINAL.pdf)

O Brasil está investindo recursos humanos e financeiros consideráveis para refinar os seus dados históricos. O Inpe tem um projeto para expandir o PRODES Digital para anos anteriores a 2001, o que permitirá a análise espacial do desmatamento e resultará em estimativas mais precisas para anos anteriores a 2000. Com os dados refinados, o Brasil enviará um FREL revisado à UNFCCC. As decisões de REDD+ no âmbito da UNFCCC prezam pelo refinamento constante dos dados e informações ao longo do tempo. Não se espera que os países submetam suas informações para o UNFCCC somente quando e se dispuserem dos dados mais precisos disponíveis para todos os reservatórios significativos. O Brasil entende que o elemento mais importante antes de precisão é verificar a consistência e a transparência dos dados apresentados.

### 3. Resultados em toneladas de CO<sub>2</sub>eq por ano, de acordo com o Nível de Referência de Emissões Florestais para o bioma Amazônia avaliado

A Decisão 14/ CP. 19, no parágrafo 3, “define que os dados e informações utilizados pelas Partes na estimativa das emissões antrópicas por fontes e do remoção por sumidouros florestais, estoques de carbono florestal, e mudanças na área florestal e nos estoques de carbono florestal, conforme as atividades referidas no parágrafo 70 da Decisão 1/CP.16, realizadas pelas Partes, devem ser transparentes e consistentes ao longo do tempo com os níveis de referência de emissões florestais e/ou níveis de referência florestal, nos termos da Decisão 1/CP.16, parágrafo 71(b) e (c) e capítulo II da Decisão 12/CP.17”.

As emissões de CO<sub>2</sub> provenientes do desmatamento bruto no bioma Amazônia de 1996 a 2010 para o FREL do Brasil foram calculadas com a metodologia apresentada no capítulo anterior. Para este Anexo Técnico, os resultados para os anos 2006 a 2010 foram calculados simplesmente pela subtração do valor calculado para cada ano do nível de referência para o período, de 1.106.027.616,63 tCO<sub>2</sub>. Então, para um dado ano *t*, as emissões reduzidas provenientes de desmatamento foram:

$$\text{REDD+ (t)} = \text{FREL (1996-2005)} - \text{Emissões brutas provenientes de desmatamento no ano t;} \\ (\text{tCO}_2)$$

Como exemplo, a redução de emissões em 2006 corresponde a:

$$1.106.027.616,63 \text{ tCO}_2 - 576.097.126,38 \text{ tCO}_2 = 529.930.490,25 \text{ tCO}_2$$

O resultado total obtido pelo Brasil na redução de emissões de desmatamento bruto no bioma Amazônia de 2006 a 2010 foi a soma dos resultados obtidos para cada ano do período, isto é: **2.971,02 MtCO<sub>2</sub> (Figura 2)**.

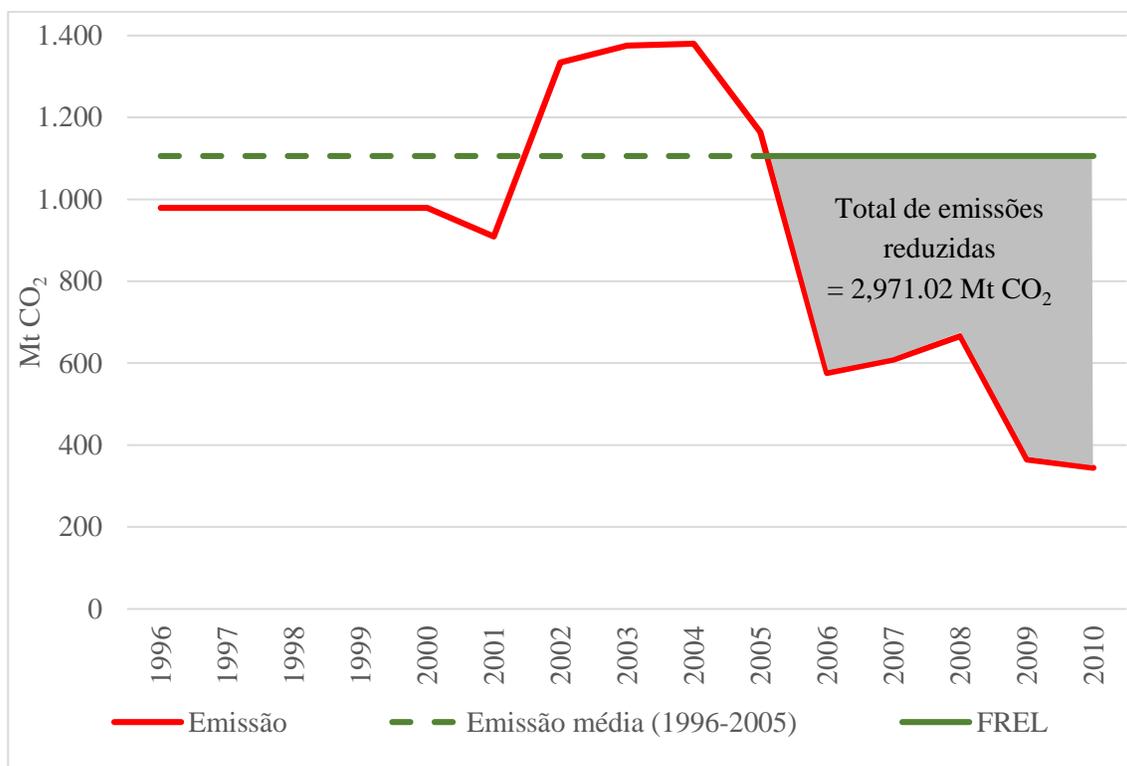


Figura 2: resultados de REDD+ de 2006 a 2010, calculados com base no FREL submetido à UNFCCC em junho de 2014

Tabela 2: Resultados anuais de REDD+ em toneladas de CO<sub>2</sub>, de 2006 a 2010

| Ano          | Emissões provenientes de desmatamento bruto (tCO <sub>2</sub> ) | Nível de Referência (1996-2005, tCO <sub>2</sub> ) | Resultados de REDD+ (2006-2010, tCO <sub>2</sub> ) |
|--------------|---|--|--|
| 1996         | 979.523.413,88  | 1.106.027.616,63                                   |  |
| 1997         | 979.523.413,88  | 1.106.027.616,63                                   |  |
| 1998         | 979.523.413,88  | 1.106.027.616,63                                   |  |
| 1999         | 979.523.413,88  | 1.106.027.616,63                                   |  |
| 2000         | 979.523.413,88  | 1.106.027.616,63                                   |  |
| 2001         | 908.964.139,89  | 1.106.027.616,63                                   |  |
| 2002         | 1.334.457.456,93  | 1.106.027.616,63                                   |  |
| 2003         | 1.375.223.214,70  | 1.106.027.616,63                                   |  |
| 2004         | 1.380.140.945,68  | 1.106.027.616,63                                   |  |
| 2005         | 1.163.873.339,68  | 1.106.027.616,63                                   |  |
| 2006         | 576.097.126,38  |  | 529.930.490,25                                     |
| 2007         | 608.266.397,26  |  | 497.761.219,37                                     |
| 2008         | 666.005.315,39  |  | 440.022.301,24                                     |
| 2009         | 364.340.477,19  |  | 741.687.139,44                                     |
| 2010         | 344.406.512,43  |  | 761.621.104,20                                     |
| <b>Total</b> |   |  | <b>2.971.022.254,49</b>                            |

## 4. Demonstração de que as metodologias utilizadas para contabilizar os resultados são consistentes com as utilizadas para estabelecer o Nível de Referência de Emissões Florestais

O cálculo dos resultados de REDD+ apresentados neste Anexo Técnico utilizou a mesma metodologia, o mesmo conjunto de dados e as mesmas informações utilizadas no FREL para o bioma Amazônia.

Portanto, **as emissões provenientes do desmatamento bruto no bioma Amazônia entre 2006 e 2010 já foram apresentadas pelo Brasil no FREL submetido à avaliação.**

Como apresentado no capítulo anterior, os resultados entre 2006 e 2010 foram medidos como: emissões médias do desmatamento bruto no bioma Amazônia entre 1996 e 2005, **1.106.027.616,63 tCO<sub>2</sub>**, menos emissões do ano *t*.

## 5. Descrição dos sistemas nacionais de monitoramento florestal e dos papéis e responsabilidades institucionais na mensuração, relato e verificação dos resultados

### 5.1. O Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Brasileira por Satélite– PRODES

O Brasil dispõe de uma série histórica consistente, fidedigna, precisa, transparente e verificável para o desmatamento bruto da Amazônia Legal (e, conseqüentemente, para o bioma Amazônia). O PRODES é parte de um programa mais amplo (Programa Amazônia) desenvolvido pelo Inpe para monitorar o desmatamento bruto na Amazônia Legal<sup>9</sup>. Ele usa imagens de satélite para identificar novos polígonos de desmatamento em áreas de **floresta primária** todos os anos. O desmatamento está associado a atividades de corte raso, normalmente associadas à conversão de áreas de floresta para outras categorias de uso da terra. O desmatamento bruto é avaliado anualmente, em um levantamento completo, que envolve a análise de aproximadamente 215 cenas Landsat, com área mínima de mapeamento de 6,25 hectares (ver **Box 1**), também são utilizados dados adicionais de

---

<sup>9</sup>A Amazônia Legal abrange a totalidade dos seguintes estados: Acre (AC), Amapá (AP), Amazonas (AM), Pará (PA), Rondônia (RO), Roraima (RR), Tocantins (TO) e Mato Grosso (MT), além de parte do estado do Maranhão (MA), totalizando aproximadamente 5.217.423 km<sup>2</sup> (521.742.300 ha).

satélites da classe Landsat (CBERS/CCD, ResourceSat/LISS3 e DMC) a fim de se reduzir a ocorrência da cobertura de nuvens.

#### Box 1: Área mínima de mapeamento do PRODES

O PRODES foi criado em 1988 para mapear o desmatamento com imagens Landsat impressas na escala 1:250.000. Dados consistentes de desmatamento bruto estão disponíveis anualmente desde 1988. A unidade mínima de mapeamento foi definida como 1 ha, o que é equivalente a 6,25 ha na superfície.

Desde 2008, polígonos identificados que possuam área de desmatada maior que 1 ha e menor que 6,25 ha são contabilizados em uma série de dados separada, sendo registrados como desmatamento no PRODES somente quando acumularem área maior que 6,25 ha.

Os primeiros três anos dessa série de dados, pós 2008, foram inflados por desmatamentos anteriores. No entanto, a área total (em km<sup>2</sup>) de pequenos polígonos de desmatamento se estabiliza a partir de 2011, em valores em torno de 500 km<sup>2</sup> ao ano (642 km<sup>2</sup> em 2011, 390 km<sup>2</sup> em 2012 e 479 km<sup>2</sup> em 2013).

A consistência da série histórica do PRODES é garantida por meio do uso da mesma definição de desmatamento, da mesma área mínima de mapeamento, da resolução espacial de satélite similar<sup>10</sup>, da mesma delimitação floresta/não floresta e da mesma abordagem metodológica para analisar os dados de sensoriamento remoto a cada nova avaliação.

As áreas de floresta afetadas por degradação florestal que não demonstram o padrão de corte raso nas imagens de satélite não são contabilizadas pelo PRODES. Um outro projeto, chamado DEGRAD, é conduzido pelo Inpe para abordar a degradação florestal. Isso garante a consistência da série temporal de desmatamento do PRODES ao longo do tempo.

No começo do PRODES, os polígonos de desmatamento eram identificados pela interpretação visual de composições coloridas em falsa cor de cenas Landsat na escala 1:250.000 e mapeados manualmente em camadas sobrepostas que continham o desmatamento acumulado até o ano anterior. Em seguida, esses polígonos de desmatamento foram digitalizados em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) desenvolvido pelo Inpe. Esta abordagem analógica para avaliar o desmatamento (PRODES Analógico) foi usada de 1988 até 2002.

Com o crescente desenvolvimento da capacidade computacional do Inpe, foi possível realizar a transição de uma abordagem **analógica** para avaliações **digitais** anuais do desmatamento após o ano 2000, que foi precedido por um **mapa-base digital** de 1997, e de uma avaliação agregada do desmatamento para o período de 1998 a 2000.

O PRODES Digital mantém total consistência com os dados do PRODES Analógico. Isso inclui consistência com a delimitação floresta/não floresta e os polígonos de desmatamento acumulados do PRODES Analógico. Apesar da evolução para uma avaliação digital, a identificação dos polígonos de desmatamento continuou a ser feita por meio da

---

<sup>10</sup> Resolução espacial é o tamanho de pixel de uma imagem associado ao tamanho da área da superfície retratada avaliada no solo. No caso do satélite Landsat, a resolução espacial é de 30 metros.

interpretação visual na tela e não por meio de métodos digitais de classificação<sup>11</sup>. Isso garante maior consistência entre o PRODES Analógico e o Digital.

Devido ao grande volume de dados do PRODES analógico quando do início do PRODES Digital, o Inpe decidiu mapear os polígonos de desmatamento para o período entre 1998 e 2000 em um mapa de desmatamento acumulado até 1997 (mapa-base digital). Com isso, os polígonos de desmatamento para esses anos foram consolidados em um único banco de dados digital, sem discriminação de ano específico de quando ocorreu o desmatamento. A partir do ano 2000, os polígonos de desmatamento foram avaliados ano a ano. O PRODES Digital permite a visualização dos polígonos de desmatamento a cada ano, em um arquivo único. Assim, a expansão geográfica do desmatamento, bem como seu padrão espacial, pode ser avaliada e monitorada.

Em resumo, o **banco de dados digital** não possui informações sobre desmatamento específicas para os anos anteriores a 1997, incluído; possui informações para os anos de 1998 a 2000 em formato agregado; e informações (polígonos de desmatamento ano a ano) para todos os anos desde 2000.

O PRODES Digital permitiu ao Inpe disponibilizar, via internet, os mapas de desmatamento em formato vetorial, bem como as imagens de satélite utilizadas, garantindo assim total transparência e acesso ao público em geral. Em 2003, o Inpe começou a publicar a taxa de desmatamento anual na Internet, juntamente com todas as imagens de satélite utilizadas para gerar as informações e os mapas com os polígonos de desmatamento identificados (<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>). Todos os anos, o Inpe disponibiliza para download aproximadamente 215 cenas Landsat 5/7/8 (ou dados similares, como CBERS/CCD, ResourceSat/LISS3 e DMC). Cada imagem é acompanhada pelo mapa correspondente contendo todos os dados anteriores de desmatamento.

O Inpe vem melhorando continuamente suas ferramentas para aprimorar o gerenciamento de projetos de larga escala, como o PRODES. Seu desenvolvimento mais recente é o TerraAmazon, um sistema que gerencia todo o fluxo de trabalho do PRODES e armazena aproximadamente 600 imagens ao ano (p. ex., Landsat, CBERS, DMC, ResourceSat). Ele também desempenha tarefas como georreferenciamento, pré-processamento e melhoramento das imagens para análise posterior em um ambiente multi-tarefas e de multi-processamento. O banco de dados armazena e gerencia cerca de 4 milhões de polígonos.

Algumas etapas são necessárias para se chegar até a identificação dos polígonos de desmatamento pelas imagens de satélite. São elas:

---

<sup>11</sup> O Inpe desenvolveu metodologias alternativas para identificar o incremento de desmatamento em imagens de satélite (ex. modelo de mistura linear, Shimabukuro *et al.* (2004). No entanto, a avaliação visual é considerada mais simples e eficiente.

### **Seleção de imagens:**



Figura 3: Passos anteriores à identificação dos polígonos de desmatamento.

O primeiro passo consiste em selecionar as imagens que serão utilizadas para o ano em questão. Para isso, é feita uma pesquisa diretamente no site eletrônico da Divisão de Geração de Imagens (DGI) do Inpe ([http://www.dgi.inpe.br/siteDgi\\_EN/index\\_EN.php](http://www.dgi.inpe.br/siteDgi_EN/index_EN.php)), para identificar (preferencialmente) as imagens Landsat (ou similares) com mínima cobertura de nuvens, melhor visibilidade e qualidade radiométrica adequada (normalmente correspondentes aos meses de julho e agosto).

As imagens de satélite disponíveis na DGI são geralmente pré-processadas para correção geométrica e disponibilizadas em projeção UTM. A Figura 4 mostra uma imagem de Landsat 5 selecionada do banco de dados da DGI.

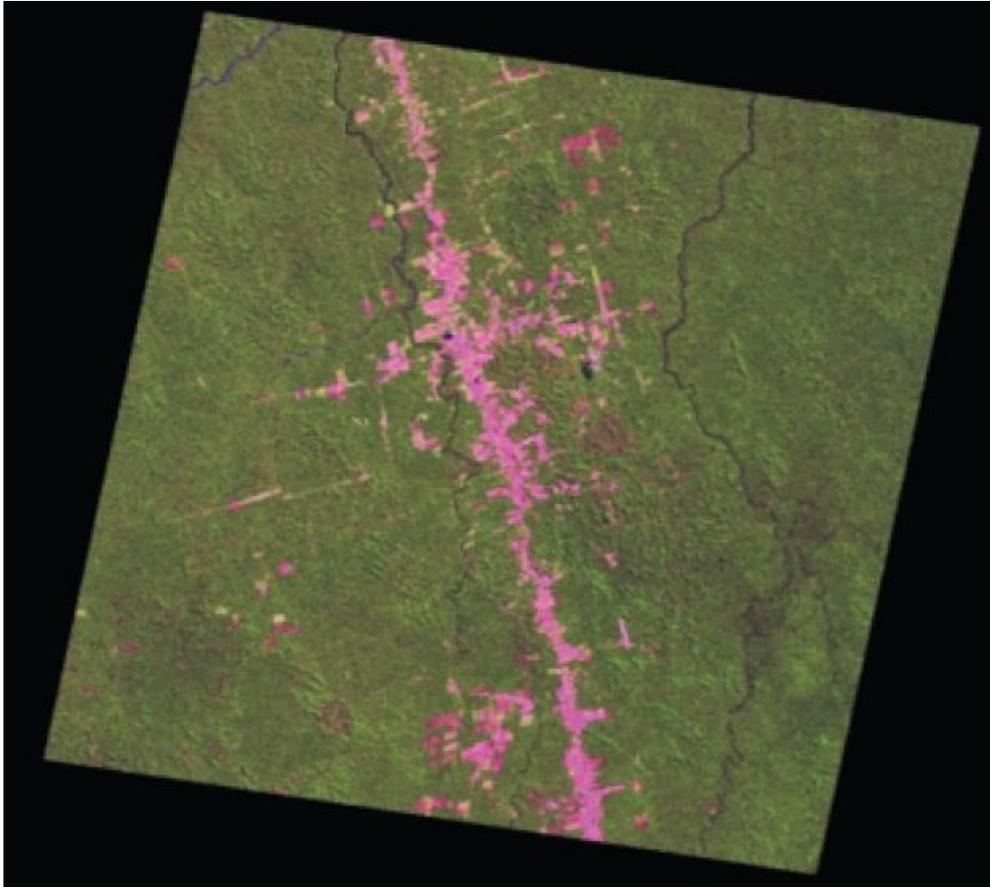


Figura 4: Landsat 5 (órbita/ponto 227/65) de 01/07/2002 Observação: composição das cores Vermelho, Verde, Azul para as bandas 5, 4, 3, respectivamente, disponível no catálogo da DGI.

### ***Banco de dados e georreferenciamento***

O próximo passo é o georreferenciamento da imagem, que é realizado por meio da identificação de pelo menos nove pontos de controle distribuídos uniformemente em elementos coerentes (rios, cruzamentos de estradas) na imagem a ser georreferenciada. O Inpe utiliza como dados de referência o mosaico Landsat ortorretificado para o ano 2000, produzido pelo projeto Geocover da NASA (<https://zulu.ssc.nasa.gov/MrSID>). O georreferenciamento é realizado pela transformação linear matricial de primeira ou segunda ordem, dependendo da qualidade da imagem, com os parâmetros de transformação obtidos pelo método de mínimos quadrados aplicado ao conjunto de pontos de controle.

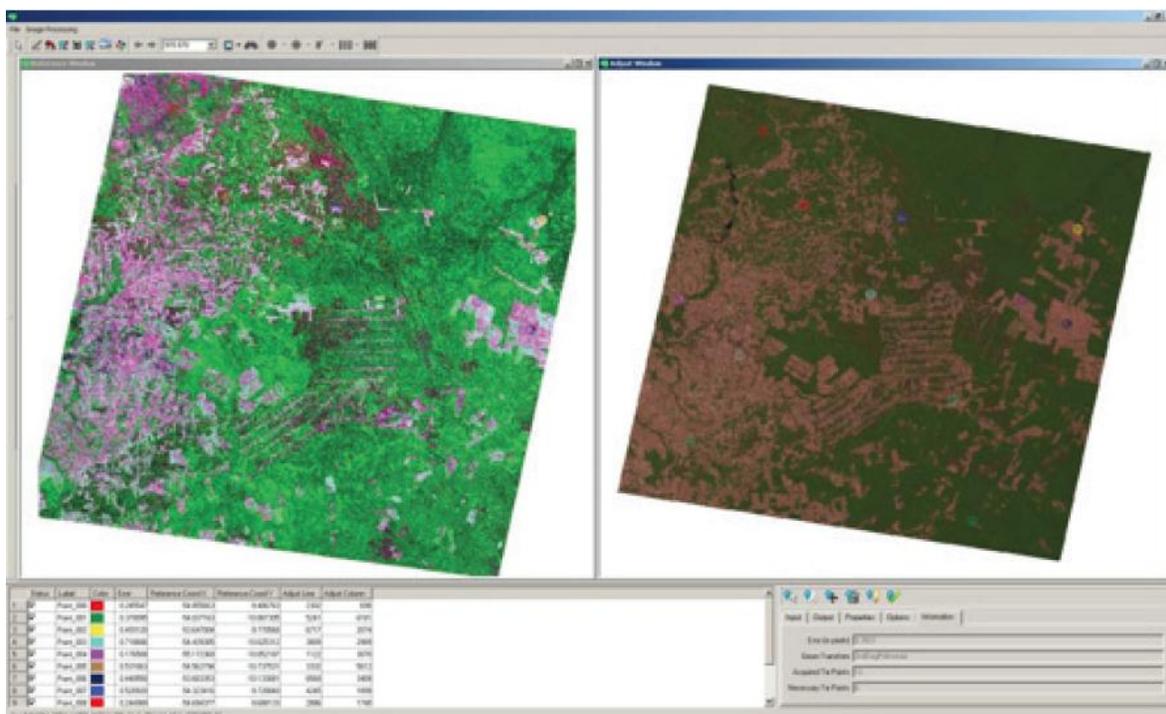


Figura 5: Exemplo de seleção de pontos de controle.

### ***Intensificação de contraste***

Finalmente, a técnica de intensificação de contraste pode ser aplicada para melhorar a qualidade das imagens, tendo em vista os critérios subjetivos da visão humano. O contraste entre dois objetos pode ser definido como a razão entre seus níveis médios de cinza.

O objetivo desse passo é aumentar o contraste para facilitar a discriminação visual de objetos na imagem.

### ***Dados de atividade para o Anexo Técnico do Brasil e o FREL***

A área do polígono desmatado por tipo de floresta (em km<sup>2</sup> ou hectares) é o dado de atividade necessário ao cálculo da aproximação de primeira ordem para se estimar as emissões<sup>12</sup>, conforme é sugerido pelo Guia de Boas Práticas para Uso da Terra, Mudança no Uso da Terra e Florestas do IPCC (GPG LULUCF, na sigla em inglês) (IPCC, 2003).

Essas áreas são obtidas a partir da série de dados do PRODES (modificada para considerar apenas o desmatamento do bioma Amazônia) e do mapa de vegetação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

<sup>12</sup> Na maioria das aproximações de primeira ordem, os “dados de atividade” são expressos em termos de área de uso da terra ou de mudança no uso da terra. A orientação geral é multiplicar os dados de atividade por um coeficiente de estoque de carbono ou “fator de emissão” para se chegar às estimativas de fontes/ou sumidouros.” (IPCC, 2003; seção 3.1.4, página 3.15).

O fato de os dados de satélite com sistemas óticos (p. ex., Landsat) serem a fonte básica de informação para identificar novas ocorrências de desmatamento todos os anos e o de que a cobertura de nuvens pode prejudicar a observação do desmatamento justificam o uso de uma abordagem para lidar com o cálculo de áreas de floresta primária sob a cobertura de nuvens que possam ter sido desmatadas, para que não se subestime o total de desmatamento em um dado ano (veja o **Box 2** abaixo com abordagens alternativas para se estimar a área de desmatamento bruto no bioma Amazônia). Isso está em sintonia com as boas práticas definidas pelo GPG LULUCF (IPCC, 2003).

### Box 2: Abordagens para estimar a área de desmatamento bruto no bioma Amazônia

Há diversas abordagens para se estimar a área desmatada, e cada uma delas pode gerar resultados diferentes. A área total desmatada pode ser diferente se calculada como incremento de desmatamento, ou taxa de desmatamento, ou incremento de desmatamento ajustado. Com o intuito de oferecer maior clareza sobre essa questão, o texto seguinte explica as diferentes abordagens e terminologias utilizadas ao longo deste documento.

1. **Polígonos de desmatamento (em um dado ano  $t$ ):** refere-se a novos desmatamentos identificados pela análise de dados de sensoriamento remoto (imagens de satélite) no ano  $t$  em comparação com o desmatamento acumulado até o ano  $t-1$ . Cada polígono de desmatamento é identificado no espaço (geocodificado) e possui representações exatas de forma e área e data da detecção correspondente (a data da imagem de satélite a partir do qual foi mapeado). Para cada ano, o PRODES disponibiliza um mapa contendo todos os polígonos de desmatamento (mapa de desmatamento) da Amazônia Legal em formato *shapefile* (.shp) (e conseqüentemente para o bioma Amazônia após a exclusão das áreas correspondentes aos biomas Cerrado e Pantanal) em <http://www.obt.inpe.br/prodesdigital/cadastro.php>. Esse mapa não inclui polígonos de desmatamento em áreas sob a cobertura de nuvens. No entanto, o mapa de desmatamento também apresenta claramente a distribuição espacial das áreas onde a cobertura de nuvens ocorreu.

2. **Incremento de desmatamento (em um dado ano  $t$ ):** refere-se à soma da área de todos os polígonos de desmatamento observados dentro de uma determinada extensão geográfica. Essa extensão geográfica pode ser definida como os limites de uma cena de satélite cuja data coincide com a dos polígonos de desmatamento mapeados nesta cena; ou todo o bioma Amazônia, para o qual o incremento de desmatamento é calculado como a soma do incremento de desmatamento calculado para cada cena que abrange o bioma. O incremento de desmatamento pode subestimar a área total desmatada (e emissões correspondentes), uma vez que não contabiliza a área dos polígonos de desmatamento sob cobertura de nuvens.

3. **Incremento de Desmatamento Ajustado (em um dado ano  $t$ ):** este ajuste é feito no incremento de desmatamento do ano  $t-1$  (ou anos  $t-1$  e  $t-2$ , etc., conforme o caso) para se contabilizar os polígonos de desmatamento observados no tempo  $t$  que estavam em áreas anteriormente afetadas pela cobertura de nuvens. É calculado de acordo com a Equação 1 abaixo:

$$Inc_{adj(t)} = Inc_{(t)} - \sum_{\Delta=1} A_{CC(t-\Delta),(t)} + \sum_{\Delta=1} \frac{A_{CC(t-\Delta),(t)}}{\Delta+1} + \sum_{\Omega=1} \frac{A_{CC(t+\Omega),(t)}}{\Omega+1} \quad \text{Equação 1}$$

onde:

$Inc_{adj(t)}$  = incremento de desmatamento ajustado no ano  $t$ ;  $km^2$

$Inc(t)$  = incremento de desmatamento no ano  $t$ ;  $km^2$

$A_{CC(t-\Delta),(t)}$  = área dos polígonos de desmatamento observados (sem cobertura de nuvens) no ano  $t$  sobre áreas com cobertura de nuvens no ano  $t-\Delta$ ;  $km^2$ . Observe que quando  $\Delta=1$ ,  $A_{CC(t-1),(t)}$  será igual à área de polígonos de desmatamento observados no ano  $t$  sobre a área sob cobertura de nuvens no ano  $t-1$  (mas que estavam sem cobertura de nuvens no ano  $t-2$ ); para  $\Delta=2$ ,  $A_{CC(t-2),(t)}$  é igual a área de polígonos de desmatamento observados no ano  $t$  sobre a área que estava coberta por nuvens **nos dois anos**,  $t-1$  e  $t-2$ .

$A_{CC(t+\Omega),(t)}$  = área dos polígonos de desmatamento observados no ano  $t+\Omega$  sobre áreas com cobertura de nuvens no ano  $t$ ;  $km^2$ . Observe que quando  $\Omega=1$ , o termo  $A_{CC(t+1),(t)}$  apresenta a área de polígonos de desmatamento observada no ano  $t+1$  sobre a área que estava sob cobertura de nuvens no ano  $t$ ; quando  $\Omega=2$ , o termo  $A_{CC(t+2),(t)}$  apresenta a área de polígonos de desmatamento observada no ano  $t+2$  sobre a área que estava coberta por nuvens **nos dois anos**,  $t$  e  $t+1$ .

$\Delta$  = número de anos consecutivos em que uma determinada área foi afetada pela cobertura de nuvens antes de ser observada no ano  $t$ ;  $\Delta=1, 2, \dots$

$\Omega$  = número de anos até que uma área afetada pela cobertura de nuvens no ano  $t$  seja observada em um ano posterior (isto é: sem cobertura de nuvens);  $\Omega= 1, 2, \dots$

Como exemplo, suponhamos que a área de incremento do desmatamento observada no ano  $t$ ,  $Inc(t)$ , seja de  $200 km^2$ , dos quais  $20 km^2$  tenham ocorrido em área de floresta primária coberta por nuvens no ano  $t-1$  (mas livre de nuvens no ano  $t$ ). Uma vez que esses  $20 km^2$  podem ser o resultado da acumulação de área desmatada no ano  $t-1$ , sob a cobertura de nuvens, e de área desmatada no ano  $t$ , o incremento de desmatamento **pode superestimar** a área total desmatada (e emissões correspondentes) no ano  $t$ .

O incremento de desmatamento ajustado  $Inc_{adj(t)}$  no ano  $t$  distribui uniformemente a área total dos polígonos de desmatamento observados no ano  $t$  que estavam em áreas sob cobertura de nuvens no ano  $t-1$  (ou anterior, caso uma área estivesse também coberta por nuvens no ano  $t-2$ , por exemplo) entre os anos  $t-1$  e  $t$ . Logo, o incremento de desmatamento ajustado do ano  $t$  é  $190 km^2$  ( $200 - 20/2$ ) e não  $200 km^2$ , pressupondo que não houve áreas cobertas por nuvens no ano  $t$  (caso

no qual o incremento de desmatamento ajustado do ano  $t$  seria dado por  $\sum_{\Omega=1} \frac{A_{CC(t+\Omega),(t)}}{\Omega+1}$ , com

$A_{CC(t+\Omega),(t)}$  = área de polígonos de desmatamento observados em  $t+\Omega$  em áreas que estavam sob cobertura de nuvens no ano  $t$ ; e  $\Omega$  = número de anos até que uma área afetada pela cobertura de nuvens no ano  $t$  possa ser observada (isto é: esteja livre de nuvens).

A lógica da **Equação 1** é a de subtrair do incremento de desmatamento a área que deve ser distribuída entre os anos anteriores ( $-\sum_{\Delta=1} A_{CC(t-\Delta),(t)}$ ), restituindo ao ano  $t$  a porção que lhe cabe

$\left( \sum_{\Delta=1} \frac{A_{CC(t-\Delta),(t)}}{\Delta+1} \right)$ . O último termo da Equação 1 se refere à área distribuída dos anos (ou ano) subsequentes entre as áreas sob cobertura de nuvens no ano  $t$ .

4. Taxa de desmatamento (em um dado ano  $t$ ): foi adotada pelo PRODES para lidar com a questão da **cobertura de nuvens**; e, quando necessário, com o efeito decorrente da utilização de imagens de anos consecutivos tomadas em **diferentes datas** do ano. A taxa de desmatamento pretende reduzir uma potencial subestimação ou superestimação da área desmatada no ano  $t$ . A presença de áreas com cobertura de nuvens em uma imagem do ano  $t$  dificulta a observação de polígonos de desmatamento nessas áreas e pode levar a uma **subestimação** da área desmatada; enquanto a presença de nuvens em anos anteriores (p.ex., no ano  $t-1$ ) pode levar a uma **superestimação** da área desmatada se todo o desmatamento abaixo de nuvens do ano  $t-1$  for atribuído ao ano  $t$ .

Essa **sub** ou **superestimação** também pode ocorrer se as datas das imagens de satélites utilizadas em anos consecutivos não forem ajustadas. Para normalizar o intervalo de tempo entre as imagens utilizadas nos anos  $t$  e  $t+1$  para o período de um ano (365 dias), a taxa considera a data de referência de 1º de agosto e projeta um incremento com correção referente à cobertura de nuvens até essa data, com base em um modelo que presume que o ritmo de desmatamento é constante durante a estação seca e zero durante a estação chuvosa.

Como exemplo de correção referente à cobertura de nuvens, suponhamos que a área de floresta primária em uma imagem seja de 20.000 km<sup>2</sup> e que 2.000 km<sup>2</sup> dessa área estejam sob as nuvens. Suponhamos também que o **incremento de desmatamento** observado seja de 180 km<sup>2</sup>. Como parte do cálculo da taxa, presume-se que o desmatamento ocorrido na área sob a cobertura de nuvens (2.000 km<sup>2</sup>) siga a mesma proporção observada na área sem nuvens (18.000 km<sup>2</sup>). Assim, a proporção  $180/18.000 = 0,01$  é aplicada aos 2.000 km<sup>2</sup>, gerando 20 km<sup>2</sup> a mais que são adicionados ao incremento de desmatamento observado. Nesse caso, o **incremento com a correção referente à cobertura de nuvens** é de 200 km<sup>2</sup>. Para mais informações sobre a metodologia do PRODES para o cálculo da taxa de desmatamento, verifique a Parte I do Anexo I do FREL do Brasil para o bioma Amazônia.

#### OBSERVAÇÕES IMPORTANTES:

1. Observe que, num determinado ano, uma estimativa baseada no incremento de desmatamento ajustado poderá ser maior ou menor que a taxa de desmatamento bruto.

2. Por questões relativas à verificação, este documento apresenta uma pequena mudança na metodologia usada pelo PRODES para estimar a área desmatada anualmente. A metodologia PRODES para anualizar o desmatamento observado e para contabilizar áreas não observadas devido à cobertura de nuvens não é diretamente verificável, a menos que todas as estimativas anteriores sejam ajustadas.

3. A abordagem adotada neste documento baseia-se em um mapa de desmatamento verificável e não anualiza os dados para corrigir eventuais diferenças entre as datas das imagens utilizadas nos diferentes anos. Para lidar com o efeito da cobertura de nuvens, distribui-se em partes iguais, entre os anos  $t$  e  $t-1$ , a área de polígonos de desmatamento observados no ano  $t$  que estavam em áreas sob cobertura de nuvens no ano  $t-1$  (ou demais anos, caso a cobertura de nuvens tenha ocorrido consecutivamente sobre uma mesma área).

4. O uso do incremento de desmatamento ajustado para calcular a área desmatada e emissões brutas correspondentes é considerado o mais apropriado para REDD+, dada a possibilidade de verificação.

### **Calculando a taxa de desmatamento com base no incremento de desmatamento**

O cálculo das taxas de desmatamento é complexo e têm como base informações sobre o incremento de desmatamento. O incremento de desmatamento é meramente a soma dos polígonos de desmatamento observados e mapeados.

Tabela 3: Incrementos de desmatamento vs. taxas de desmatamento. Fonte: Inpe, 2014

| Incremento de desmatamento  | Taxa de desmatamento  |
|---|---|
| Valor medido por interpretação de imagens<br>Calculado para cada par de imagens LANDSAT<br>com indicação da data de aquisição da imagem | Valor é estimado<br>Interpolado para uma data de referência (1º de agosto)<br>Leva em conta áreas sob cobertura de nuvens |

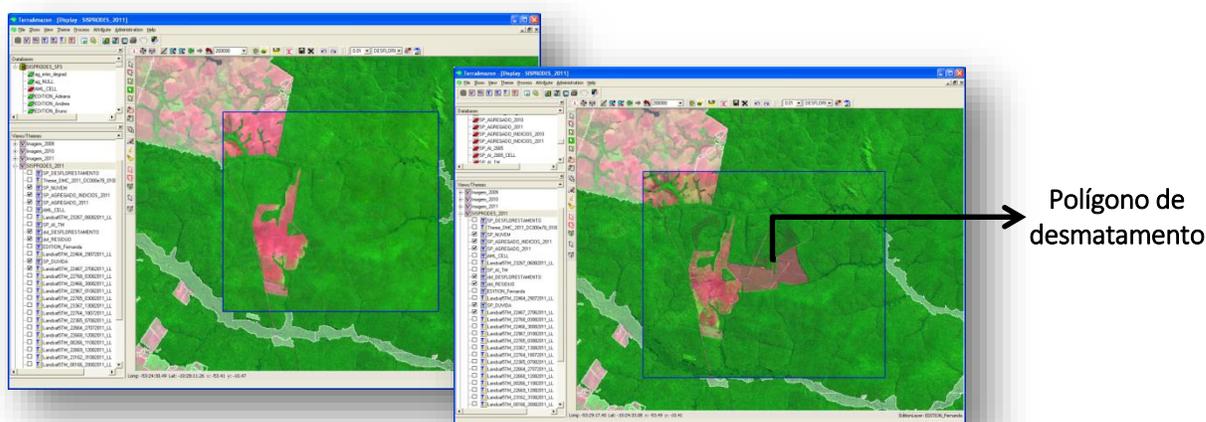


Figura 6: Polígono de desmatamento, como mostrado pelo PRODES. Fonte: Inpe, 2014.

É válido ressaltar que, até o ano 2000, as cenas de Landsat TM 222/61 e 222/62 não eram consideradas pelo PRODES por estarem constantemente cobertas por nuvens. Em 2001, foi possível observar essas cenas. Foi verificado então que uma grande área dessas cenas havia sido desmatada, levando a um alto incremento de desmatamento em 2001. Isso indica que há diferenças substanciais entre os incrementos e as taxas dos anos anteriores a 2001.

No início da década de 2000, havia uma predileção por cenas sem nuvens, mesmo quando elas eram tiradas muitos dias antes da data de referência (1º de agosto). Posteriormente, um limite para a data das cenas analisadas foi definido, como forma de se evitar discrepância entre as taxas de desmatamento e o incremento de desmatamento. Em 2004, o Inpe decidiu selecionar apenas as imagens de datas o mais próximo possível da data de referência, de modo que após 2005/2006, as discrepâncias entre as taxas de desmatamento e os incrementos de desmatamento ficaram muito pequenas.

### **Comparação entre as estimativas de emissão: taxas de desmatamento vs. incrementos ajustados**

As taxas de desmatamento não foram a base para os cálculos do FREL. O FREL foi calculado com base no incremento de desmatamento ajustado, uma abordagem distinta. O FREL do Brasil é conservador porque usa apenas dados históricos e é dinâmico ao longo do tempo (o que não é exigido por nenhuma decisão de REDD+).

Os mapas do PRODES até 2001 eram analógicos o que dificultava sua integração com o mapa de carbono adotado no FREL do bioma Amazônia. Como exercício, as emissões anuais de CO<sub>2</sub> foram calculadas com base nas taxas de desmatamento do PRODES e aplicando o estoque médio de carbono por unidade de área (tC.ha<sup>-1</sup>). Isso foi feito para avaliar a diferença média nas emissões de CO<sub>2</sub> na comparação, no período 1996 – 2005, entre o cálculo com as taxas anuais de desmatamento bruto do PRODES e as estimativas de emissão apresentadas neste documento, baseadas no incremento de desmatamento ajustado. A fórmula utilizada foi:

$$\text{Taxa de desmatamento (ha)/ano} \times 151,6 \text{ tC/ha} \times 44/12$$

Tabela 4: Estimativas de emissões da taxa de desmatamento vs. estimativas de emissão do FREL.

| Ano       | Taxa de desmatamento (km <sup>2</sup> ) | Taxa de desmatamento (ha) | Emissões PRODES (tCO <sub>2</sub> )<br>Média = 151,6 tC/ha | Emissões do FREL (tCO <sub>2</sub> ) |
|-----------|---|---------------------------|--|--------------------------------------|
| 1996      | 18.161                                  | 1.816.100                 | 1.009.509.453  | 979.523.414                          |
| 1997      | 13.227                                  | 1.322.700                 | 735.244.840  | 979.523.414                          |
| 1998      | 17.383                                  | 1.738.300                 | 966.263.027  | 979.523.414                          |
| 1999      | 17.259                                  | 1.725.900                 | 959.370.280  | 979.523.414                          |
| 2000      | 18.226                                  | 1.822.600                 | 1.013.122.587  | 979.523.414                          |
| 2001      | 18.165                                  | 1.816.500                 | 1.009.731.800  | 908.964.140                          |
| 2002      | 21.651                                  | 2.165.100                 | 1.203.506.920  | 1.334.457.457                        |
| 2003      | 25.396                                  | 2.539.600                 | 1.411.678.987  | 1.375.223.215                        |
| 2004      | 27.772                                  | 2.777.200                 | 1.543.752.907  | 1.380.140.946                        |
| 2005      | 19.014                                  | 1.901.400                 | 1.056.924.880  | 1.163.873.340                        |
| Média     |   |                           | 1.090.910.568,00   | 1.106.027.617                        |
| Diferença |   |                           |  | 1,39%                                |

A média das emissões para o período de 1996 a 2005 com base nas taxas do PRODES foi de **1.090.910.568 tCO<sub>2</sub>**. A média das emissões para o período de 1996 a 2005 apresentada no FREL foi de **1.106.027.617 tCO<sub>2</sub>**. Considerando que o FREL utiliza a média de emissões de 10 anos, essa diferença acaba por se equilibrar, terminando em apenas 1,4%.

**A opção pelo incremento ajustado para estimar as emissões do desmatamento bruto resulta em um número mais acurado para a área desmatada ao longo do tempo.**

## 5.2. Papéis e responsabilidades pela mensuração, relato e verificação (MRV) dos resultados

Tabela 5: Papéis e responsabilidades de MRV para REDD+

| MRV         | Instrumento/<br>Projeto   | Instituição responsável  | Papeis  | Informações adicionais  |
|-------------|---|--|---|---|
| Mensuração  | Programa Amazônia   | Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais (Funcate) | Calcular a redução de emissões provenientes de desmatamento no bioma Amazônia com base no incremento de desmatamento ajustado e no mapa de carbono do projeto RADAMBRASIL.  | <a href="http://www.funcate.org.br">http://www.funcate.org.br</a>   |
|             |   | Inpe MCTI  | Verificar cálculos feitos pela FUNCATE  | <a href="http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php">http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php</a>   |
| Relato      | Grupo de Trabalho Técnico sobre REDD+   | MMA MCTI   | Oferecer subsídios técnicos para as submissões de REDD+ à UNFCCC e garantir seu controle de qualidade.  | <a href="http://redd.mma.gov.br/">http://redd.mma.gov.br/</a>   |
|             | Sistema Modular de Monitoramento e Acompanhamento das Reduções de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SMMARE) | MMA  | Acompanhar e gerar relatórios sobre a implementação das ações do PPCDAm que levam à redução de emissões. Uma ferramenta para prover informações, especialmente referentes às Ações Nacionais de Mitigação Apropriada (NAMAs, na sigla em inglês) implementadas em cada plano de mitigação e suas metodologias e hipóteses correspondentes, como sua implementação tem progredido e informações sobre mensuração, relato e verificação nacional. | <a href="http://www.mma.gov.br">http://www.mma.gov.br</a>   |
| Verificação | Consulta e análise internacional  | UNFCCC   | Verificar as submissões das Partes, indicando dois especialistas em Mudança no Uso da Terra e Florestas (LULUCF) para avaliar as submissões de FREL (FREL) e os anexos técnicos.  | <a href="http://unfccc.int/methods/redd/redd_web_platform/items/4531.php">http://unfccc.int/methods/redd/redd_web_platform/items/4531.php</a> |

## 6. Informação necessária para a reconstrução dos resultados

Para fins de REDD+, informação **completa** significa o fornecimento dos seguintes dados que permitem a reconstrução do FREL e deste Anexo Técnico.

Segue abaixo uma descrição da informação que permite a reconstrução dos resultados. Os links para o banco de dados e as informações que permitem a reconstrução dos resultados estão listados na **Seção b.1** do FREL do Brasil e disponíveis no site: <http://redd.mma.gov.br/index.php/pt/n%C3%ADveis-de-refer%C3%A2ncia/informa%C3%A7%C3%B5es-espaciais>

1. Todas as imagens de satélite utilizadas para mapear os polígonos de desmatamento no bioma Amazônia de 1996 a 2010.
2. Polígonos de desmatamento acumulados até 1997, apresentados no **mapa-base digital** (ver a Parte I do Anexo I para mais detalhes).
3. Polígonos de desmatamento acumulado para os anos 1998, 1999 e 2000 mapeados no **mapa-base digital**.
4. Polígonos de desmatamento anuais (**mapas anuais**) para o período de 2001 a 2010, incluído.

**OBSERVAÇÃO IMPORTANTE 1:** Todos os mapas citados em (2), (3) e (4) acima estão disponíveis em formato *shapefile* (.shp), prontos para serem importados para um Sistema de Informação Geográfica para análise. Todas as imagens de satélite citadas em (1) acima estão disponíveis em resolução plena em formato GeoTIFF. Qualquer polígono específico de desmatamento pode ser verificado com base na imagem de satélite correspondente.

**OBSERVAÇÃO IMPORTANTE 2:** Os mapas citados em (2), (3) e (4) acima são um **subconjunto** dos mapas produzidos pelo Inpe para o PRODES (para mais informações, acesse <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>) e referem-se apenas ao bioma Amazônia, objeto desta submissão. As informações em (2) e (3) acima estão disponíveis em um único arquivo.

**5. Polígonos de desmatamento por tipo de floresta e volume RADAMBRASIL.** Para cada ano, os polígonos de desmatamento são associados ao tipo de floresta e ao volume RADAMBRASIL correspondentes. Esses arquivos são grandes e por isso são apresentados aqui apenas para o ano 2003<sup>13</sup>, o ano utilizado como exemplo para o cálculo do incremento de desmatamento ajustado (ver o **Box 2** e o **Anexo II, Parte I** do FREL do Brasil para o bioma Amazônia). É válido ressaltar que para todos os anos após 2001, a estratificação dos polígonos de desmatamento por tipo de floresta e volume RADAMBRASIL indica que o

---

<sup>13</sup> Para 2003, um total de 402.176 polígonos de desmatamento foi identificado. Para cada polígono de desmatamento arquivado, as seguintes informações são disponibilizadas: o estado da federação onde ocorreu (uf); o volume RADAMBRASIL (vol); o tipo de floresta correspondente (veg) e a área correspondente (em ha).

desmatamento concentra-se sobretudo no chamado “Arco do Desmatamento” (um cinturão que atravessa os volumes 4, 5, 16, 20, 22 e 26 – do RADAMBRASIL, ver a **Figura 11** do FREL do Brasil para o bioma Amazônia), e afeta de forma marginal os tipos de florestas com maiores densidades de carbono do mapa do RADAMBRASIL.

6. As informações que permitem o cálculo do incremento de desmatamento ajustado para os anos 2001, 2002, 2003, 2004 e 2005 estão disponíveis em: <http://www.mma.gov.br/redd/index.php/pt/n%C3%ADveis-de-refer%C3%Aancia/informa%C3%A7%C3%B5es-espaciais>. O **Anexo II, Parte I** do FREL do Brasil para o bioma Amazônia dá um exemplo do cálculo do incremento de desmatamento ajustado para o ano 2003 (ver “**calculo\_def\_increment\_emission\_2003**” por meio do arquivo FTP disponível no link anterior).

7. Mapa com as densidades de carbono dos diferentes tipos de floresta no bioma Amazônia (**mapa de carbono**), condizente com o utilizado no Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, o último submetido à UNFCCC à época da elaboração do FREL.

8. Amostras dos dados do RADAMBRASIL<sup>14</sup> utilizados como insumo para a equação alométrica por Higuchi *et al.* (1998). Elas são geradas a partir do banco de dados original do RADAMBRASIL, que é a base para a elaboração do mapa de carbono. Consultas com o Grupo de Trabalho Técnico sobre REDD+ levaram ao entendimento de que pode haver casos de inconsistências aparentes nas densidades de carbono de um certo tipo de floresta devido a circunstâncias específicas da unidade amostral. Isso faz parte da heterogeneidade natural da distribuição da densidade de biomassa na vegetação tropical.

## 7. Descrição de como os elementos previstos na Decisão 4/ CP.15, parágrafo 1(c) e (d), foram considerados

### 7.1. Uso das orientações e diretrizes mais recentes do IPCC

O FREL do Brasil e seu respectivo Anexo Técnico usam as metodologias do IPCC como base para estimar as mudanças em estoques de carbono em áreas onde houve conversão de floresta primária para outras categorias de uso da terra, como são descritas no Guia de Boas Práticas para Uso da Terra, Mudança no Uso da Terra e Florestas – GPG LULUCF (IPCC, 2003). Para qualquer conversão de uso da terra em um dado ano, o Guia considera tanto

---

<sup>14</sup> Os dados originais do RADAMBRASIL para os volumes onde o desmatamento ocorre com mais frequência (CAP, tipo de floresta, volume RADAMBRASIL) estão disponíveis em: <http://redd.mma.gov.br/index.php/pt/n%C3%ADveis-de-refer%C3%Aancia/informa%C3%A7%C3%B5es-espaciais>, como unidades de dados de amostrais do RADAMBRASIL.

os estoques de carbono na biomassa imediatamente antes e imediatamente depois da conversão.

Conforme mencionado nos capítulos anteriores, a área do polígono de desmatamento por tipo de floresta (em km<sup>2</sup> ou hectares) é o dado de atividade necessário para o cálculo da aproximação de primeira ordem para estimar as emissões, conforme o proposto pelo GPG LULUCF (IPCC, 2003).

## 7.2. Estabelecer, de acordo com as circunstâncias e as capacidades nacionais, sistemas robustos e transparentes de monitoramento florestal

Os dados de atividade utilizados para a elaboração do FREL do Brasil e para o cálculo dos resultados apresentados neste Anexo Técnico são provenientes da série histórica do PRODES (para mais detalhes, veja a **Seção 5.1** acima).

A definição de floresta do PRODES inclui todos os tipos de vegetação de formação perene na Amazônia Legal e fitofisionomias florestais de outras formações como savana e estepe, que são geralmente classificadas como “Outras Terras Arborizadas” (*Other Wooded Land*) de acordo com o sistema de classificação da FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. A presença dessas fitofisionomias no bioma Amazônia não é significativa. No entanto, quando ocorre desmatamento em alguma delas, as emissões correspondentes são calculadas com base na densidade de carbono correspondente, de acordo com o mapa de carbono do RADAMBRASIL.

No começo do PRODES, em 1988, foi criado um mapa com a delimitação entre Floresta – Não-Floresta baseado nos mapas de vegetação existentes e nas características espectrais da floresta segundo imagens de satélite Landsat. Em 1987, todas as áreas previamente desmatadas foram agregadas em um mapa (incluindo o desmatamento ocorrido em áreas de floresta que em 1987 já eram de floresta secundária) e classificadas como **desmatamento**. Desde então, o desmatamento na floresta remanescente no bioma Amazônia tem sido avaliado e atualizado ano a ano.

Para efeitos do PRODES, as áreas de não-floresta não são monitoradas (independentemente de serem manejadas ou não, de acordo com a definição do IPCC<sup>15</sup>). O desmatamento ocorrido em florestas (manejadas ou não) é monitorado, e a emissão de CO<sub>2</sub> correspondente calculada sob a premissa de que ocorre oxidação instantânea no ano em que desmatamento ocorre. Desta forma, em momento algum poderá se observar redução na área de desmatamento bruto acumulado na Amazônia brasileira.

---

<sup>15</sup> Terra manejada é aquela onde intervenções e práticas humanas foram aplicadas para o desempenho de funções produtivas, ecológicas ou sociais (IPCC, 2006).

A série histórica de desmatamento do PRODES refere-se apenas ao desmatamento em florestas primárias que podem ou não ter sido afetadas por atividades humanas ou eventos naturais, mas que jamais tenham apresentado um padrão de **corte raso** nas imagens de satélite. Logo, as áreas onde houve extração de madeira anteriormente são incluídas como desmatamento no PRODES somente quando forem identificadas como áreas de **corte raso** nas imagens de satélite. A definição de desmatamento adotada pelo PRODES e mantida no FREL (isto é: corte raso) juntamente com a avaliação detalhada do desmatamento com base em imagens de satélite de alta resolução espacial (mais de 30 metros) permitem que os polígonos de desmatamento sejam identificados e mapeados com bastante acurácia. Não é necessária verificação de campo para o bioma Amazônia, uma vez que a identificação, de um ano para o outro, das áreas de corte raso nas imagens de Landsat é inequívoca. Apenas os novos polígonos de desmatamento são adicionados a cada ano ao mapa de desmatamento acumulado, que contém as áreas desmatadas até o ano anterior.

Todos os polígonos de desmatamento<sup>16</sup> mapeados no bioma Amazônia (isto é, acumulado até 1997; agregado para os anos 1998, 1999 e 2000; e anual de 2001 até 2010) estão disponíveis em <http://redd.mma.gov.br/index.php/pt/n%C3%ADveis-de-refer%C3%A2ncia/informa%C3%A7%C3%B5es-espaciais>.

É válido observar que esta informação é um subconjunto das informações do PRODES disponibilizadas desde 2003 pelo Inpe em [www.obt.inpe.br/prodes](http://www.obt.inpe.br/prodes). Neste site, para cada imagem de satélite (ver (1) acima), uma mapa vetorial em formato *shapefile* é gerado e disponibilizado, juntamente com todos os polígonos de desmatamento anteriores, as áreas não desmatadas, a rede hidrológica e a área de não-floresta.

Os especialistas indicados pelo Secretariado da UNFCCC destacaram, no seu relatório de avaliação técnica sobre o FREL do Brasil, que a transparência e a completude das informações melhoraram consideravelmente na submissão final e cumprimentaram o Brasil pelos esforços. De acordo com o relatório, as informações apresentadas na submissão final do FREL, inclusive os dados disponibilizados em sites e os exemplos de como as estimativas de desmatamento foram calculadas, aumentaram a reprodutibilidade dos resultados apresentados. Este Anexo Técnico utiliza as emissões calculadas no FREL para estimar os resultados de REDD+ alcançados no bioma Amazônia de 2006 a 2010.

---

<sup>16</sup> A informação para o PRODES também está disponível para a Amazônia Legal e está disponível desde 2003 no site do Inpe ([www.obt.inpe.br/prodes](http://www.obt.inpe.br/prodes)).