

Heron Martins, Antônio Fonseca; Carlos Souza Jr.; Márcio Sales & Adalberto Veríssimo (Imazon)

## RESUMO

Em novembro de 2012, metade (50%) da área florestal da Amazônia Legal estava coberta por nuvens, em especial nos estados do Acre e Mato Grosso que apresentaram 81% e 77% de cobertura de nuvens respectivamente. Isso comprometeu a detecção do desmatamento e da degradação florestal para esse mês através das imagens MODIS utilizadas pelo SAD.

Nessas condições foram detectados somente 55 quilômetros quadrados de desmatamento em novembro de 2012 na Amazônia Legal, o que representou um aumento de 258% em relação a novembro de 2011 quando o desmatamento somou 16 quilômetros quadrados e a cobertura de nuvens foi de 71% de toda área florestal da Amazônia. Essa diferença de cobertura de nuvens pode comprometer a comparação entre os meses de novembro de 2012 e 2011.

O desmatamento acumulado no período de agosto de 2012 a novembro de 2012 totalizou 1.206 quilômetros quadrados. Houve aumento de 129% em relação ao período anterior (agosto de 2011 a novembro de 2011) quando o desmatamento somou 527 quilômetros quadrados.

Em novembro de 2012, grande parte do desmatamento (42%) ocorreu no Pará, seguido por Rondônia (25%) e Amazonas (24%). O restante ocorreu em Roraima com 4% e Tocantins com 1%.

As florestas degradadas na Amazônia Legal somaram 100 quilômetros quadrados em novembro de 2012. Em relação a novembro de 2011, quando a degradação florestal somou 40 quilômetros quadrados, houve um aumento de 154%.

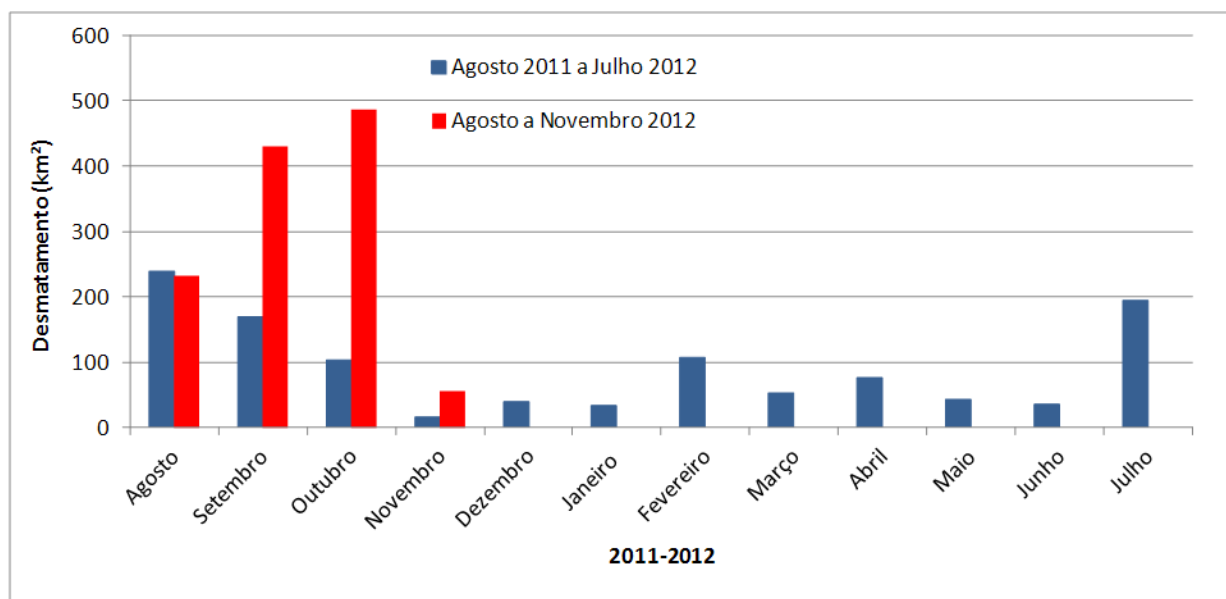
A degradação florestal acumulada no período (agosto 2012 a novembro 2012) atingiu 711 quilômetros quadrados. Em relação ao período anterior (agosto de 2011 a novembro de 2011), quando a degradação somou 1285 quilômetros quadrados, houve redução de 45%.

Em novembro de 2012, o desmatamento detectado pelo SAD comprometeu 1,5 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. No acumulado do período (agosto 2012 a novembro de 2012) as emissões de CO<sub>2</sub> equivalentes comprometidas com o desmatamento totalizaram 60 milhões de toneladas, o que representa uma redução de 32% em relação ao período anterior (agosto de 2011 a novembro de 2011).

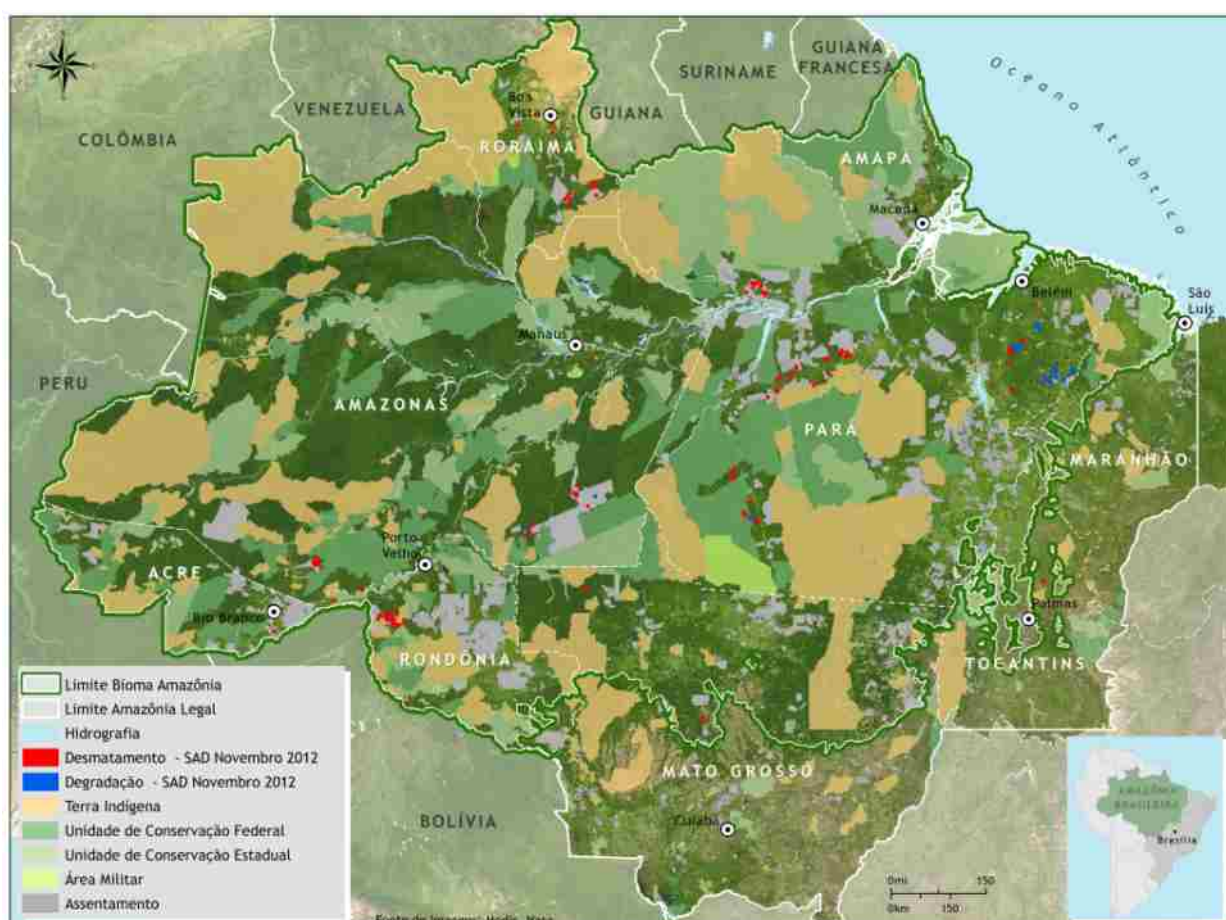
## Estatísticas do Desmatamento

De acordo com o SAD, o desmatamento (supressão total da floresta para outros usos

alternativo do solo) atingiu 55 quilômetros quadrados em novembro de 2012 (Figura 1 e Figura 2).



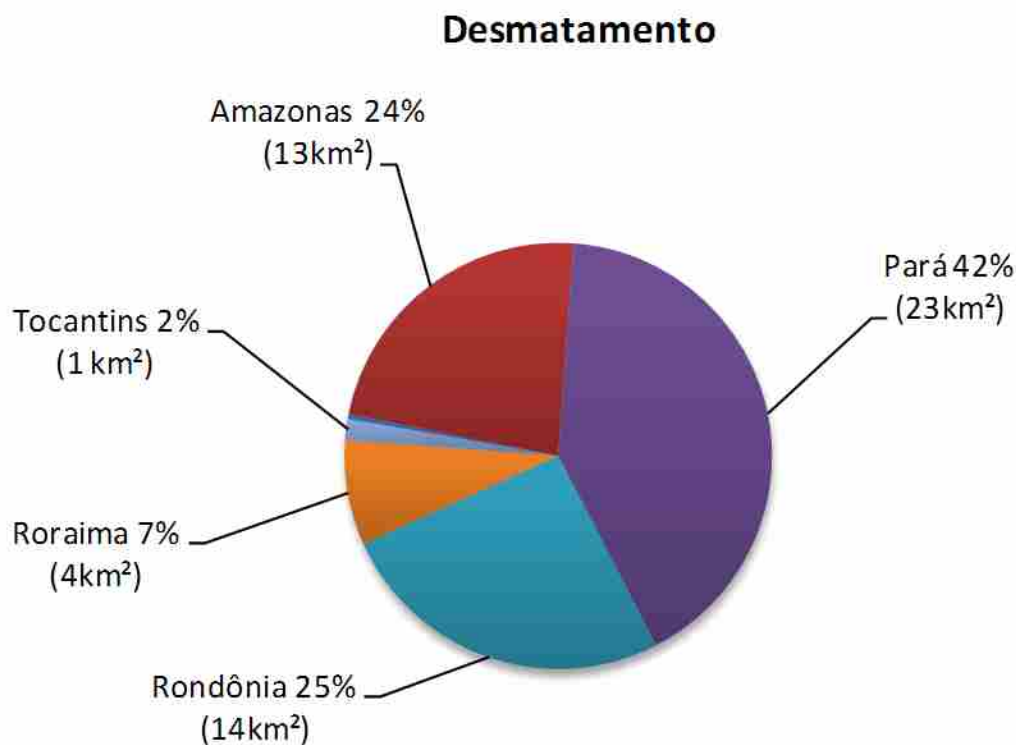
**Figura 1.** Desmatamento de agosto de 2011 a novembro de 2012 na Amazônia Legal (Fonte: Imazon/SAD).



**Figura2.** Desmatamento e Degradação Florestal em novembro de 2012 na Amazônia Legal (Fonte: Imazon/ SAD).

O desmatamento acumulado no período de agosto de 2012 a novembro de 2012, correspondendo aos quatro meses do calendário oficial de medição do desmatamento, atingiu 1.206 quilômetros quadrados. Houve aumento de 129% do desmatamento em relação período anterior (agosto de 2011 a novembro de 2011) quando atingiu 527 quilômetros quadrados.

Em novembro de 2012, grande parte do desmatamento (42%) ocorreu no Pará, seguido por Rondônia (25%) e Amazonas (24%). O restante ocorreu em Roraima com 4% e Tocantins com 1%. Não foi possível realizar a detecção do desmatamento no Acre e no Mato Grosso devido a alta cobertura de nuvens no mês, que foi de 81% e 77% respectivamente.



**Figura 3.** Percentual do desmatamento nos Estados da Amazônia Legal em novembro de 2012 (Fonte: Imazon/SAD).

Considerando o desmatamento acumulado nos quatro meses do calendário atual de desmatamento (agosto de 2012 a novembro de 2012), o Pará lidera o ranking com 51% do total desmatado. Em seguida aparece o Mato Grosso com 21%, Rondônia com 13% e o Amazonas com 12%. Esses quatro estados foram responsáveis por 97% do desmatamento ocorrido na Amazônia Legal nesse período.

Em termos relativos, houve redução de 34% apenas em Roraima e 43% no Acre. Por outro lado,

houve aumento de 201% no Amazonas, 173% no Pará, 149% no Mato Grosso, 98% no Tocantins e 39% em Rondônia.

Em termos absolutos, o Pará lidera o ranking do desmatamento acumulado com 613 quilômetros quadrados, seguido pelo Mato Grosso (249 quilômetros quadrados), Rondônia (159 quilômetros quadrados), Amazonas (147 quilômetros quadrados), Tocantins (21 quilômetros quadrados), Acre (10 quilômetros quadrados) e Tocantins (21 quilômetros quadrados).

<sup>1</sup> O calendário oficial de medição do desmatamento tem início no mês de agosto e término no mês de julho.

**Tabela 1.** Evolução do desmatamento entre os Estados da Amazônia Legal de agosto de 2011 a novembro de 2011 e de agosto de 2012 a novembro de 2012 (Fonte: Imazon/SAD).

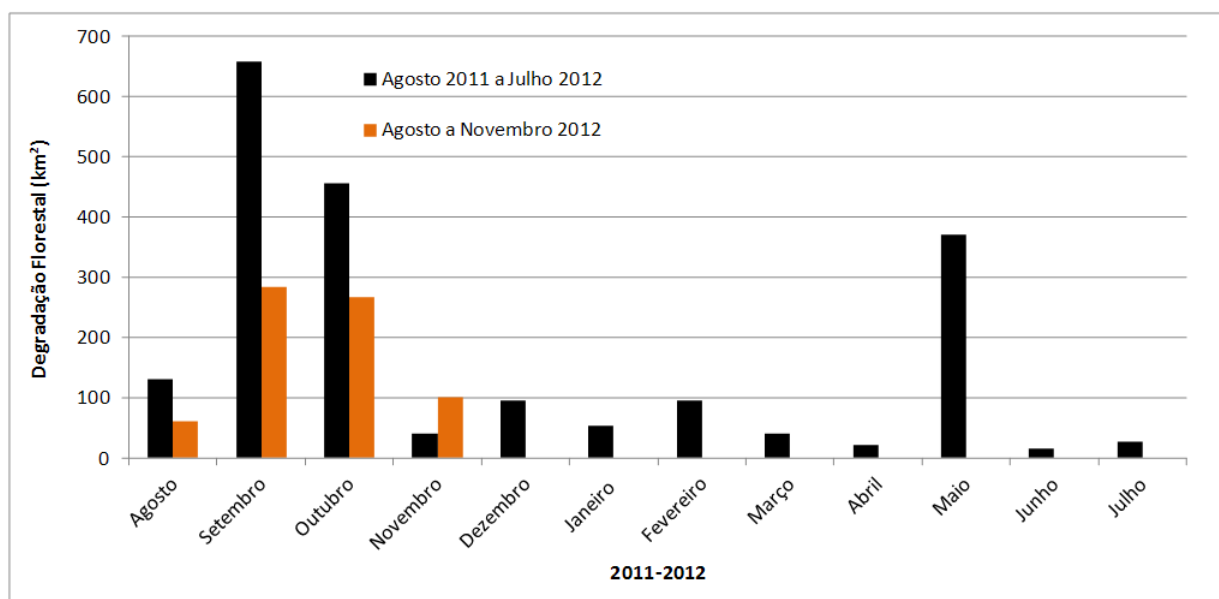
| Estado       | Agosto 2011 a Novembro 2011 | Agosto 2012 a Novembro 2012 | Variação (%) |
|--------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------|
| Pará         | 225                         | 613                         | +173         |
| Mato Grosso  | 100                         | 249                         | +149         |
| Rondônia     | 114                         | 159                         | +39          |
| Amazonas     | 49                          | 147                         | +201         |
| Roraima      | 11                          | 7                           | -34          |
| Acre         | 17                          | 10                          | -41          |
| Tocantins    | 11                          | 21                          | +98          |
| Amapá        | -                           | -                           | -            |
| <b>Total</b> | <b>527</b>                  | <b>1.206</b>                | <b>+129</b>  |

\* Os dados do Maranhão não foram analisados.

## Degradação Florestal

Em novembro de 2012, o SAD registrou 100 quilômetros quadrados de florestas degradadas

(florestas intensamente exploradas pela atividade madeireira e/ou queimadas) (Figuras 2 e 4).



**Figura 4.** Degradação Florestal de agosto de 2011 a novembro de 2012 na Amazônia Legal (Fonte: Imazon/SAD).

A degradação florestal acumulada no período de agosto de 2012 a novembro de 2012 atingiu 711 quilômetros quadrados.

Em termos absolutos, o Pará lidera o ranking da degradação florestal acumulada com 345

quilômetros quadrados (49%), seguido pelo Mato Grosso com 283 quilômetros quadrados (40%). O restante (11%) ocorreu em Rondônia (48 quilômetros quadrados), Tocantins (25 quilômetros quadrados) e Amazonas (10 quilômetros quadrados).

**Tabela 2.** Evolução da degradação florestal entre os Estados da Amazônia Legal de agosto de 2011 a novembro de 2011 e de agosto de 2012 a novembro de 2012 (Fonte: Imazon/SAD).

| Estado       | Agosto 2011 a Novembro de 2011 | Agosto 2012 a Novembro de 2012 | Variação (%) |
|--------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|
| Mato Grosso  | 994                            | 283                            | -72          |
| Pará         | 194                            | 345                            | +78          |
| Rondônia     | 71                             | 48                             | -32          |
| Amazonas     | 15                             | 10                             | -43          |
| Roraima      | 6                              | -                              | -100         |
| Acre         | 3                              | -                              | -100         |
| Tocantins    | -                              | 25                             | -            |
| Amapá        | -                              | -                              | -            |
| <b>Total</b> | <b>1.285</b>                   | <b>711</b>                     | <b>+45</b>   |

\* Os dados do Maranhão não foram analisados.

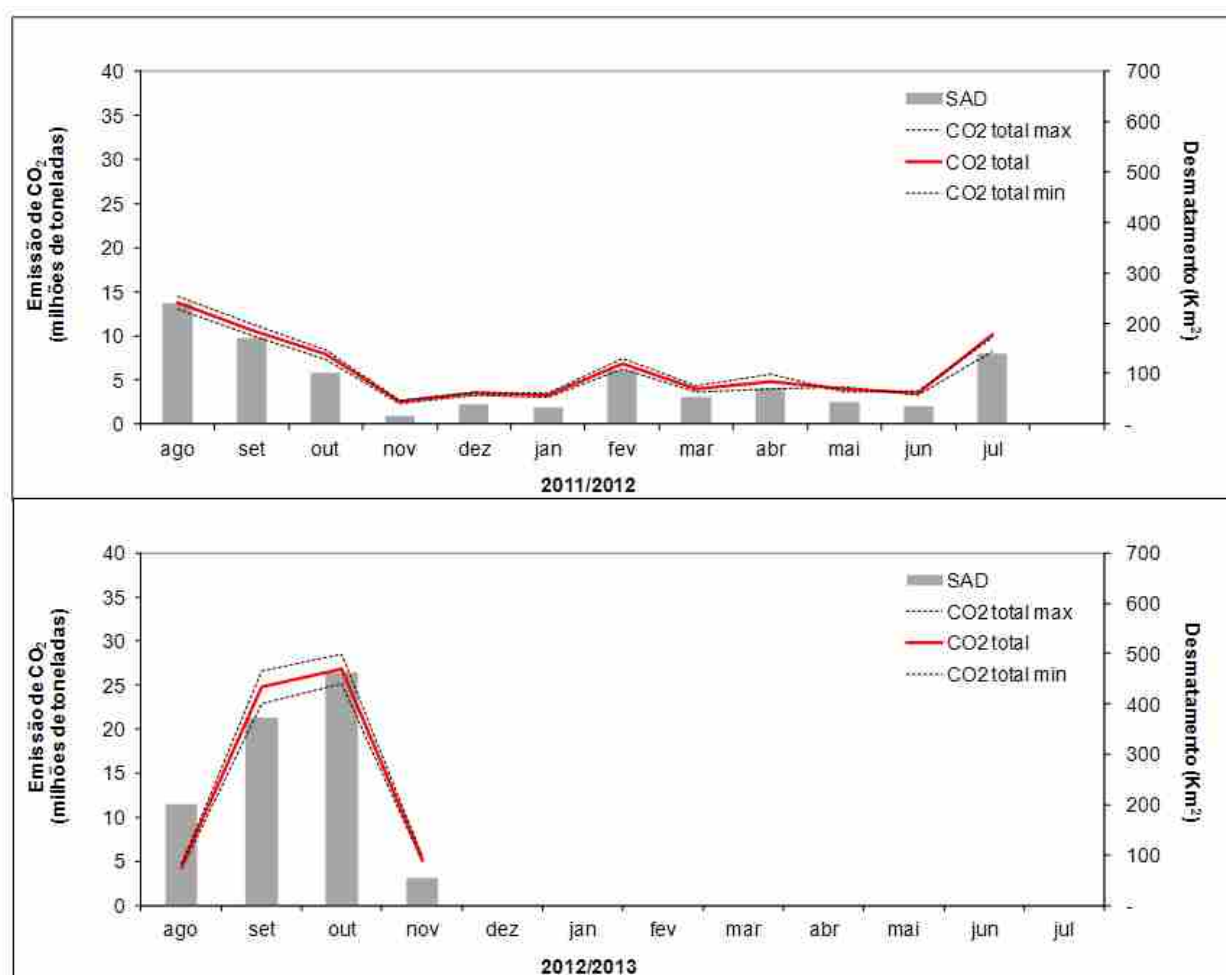
<sup>2</sup> O calendário oficial de medição do desmatamento tem início no mês de agosto e término no mês de julho.

## Carbono Comprometido pelo Desmatamento

Em novembro de 2012, os 55 quilômetros quadrados de desmatamento detectado pelo SAD na Amazônia Legal comprometeram 1,5 milhões de toneladas de carbono (com margem de erro de 32 mil toneladas de carbono). Essa quantidade de carbono comprometido pode resultar em emissões de 5 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (Figura 6).

O carbono florestal comprometido pelo desmatamento no período de agosto de 2012 a

novembro de 2012 foi de 6,5 milhões de toneladas (com margem de erro de 392 mil toneladas), o que representou cerca de 60 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (Figura 6). Em relação ao mesmo período do ano anterior (agosto de 2011 a novembro de 2011) quando o carbono florestal comprometido foi de 9,5 milhões de toneladas, houve redução de 32% na quantidade de carbono comprometido pelo desmatamento.



**Figura 6.** Desmatamento e emissões de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) equivalente total de agosto de 2011 a novembro de 2012 na Amazônia Legal (Fonte: Imazon).

## Geografia do Desmatamento

Em novembro de 2012, grande parte (56%) do desmatamento ocorreu em áreas privadas ou sob diversos estágios de posse. O restante do desmatamento foi

registrado em Unidade de Conservação (1%), Terra Indígena (1%) e Assentamentos de Reforma Agrária (42%) (Tabela 3).

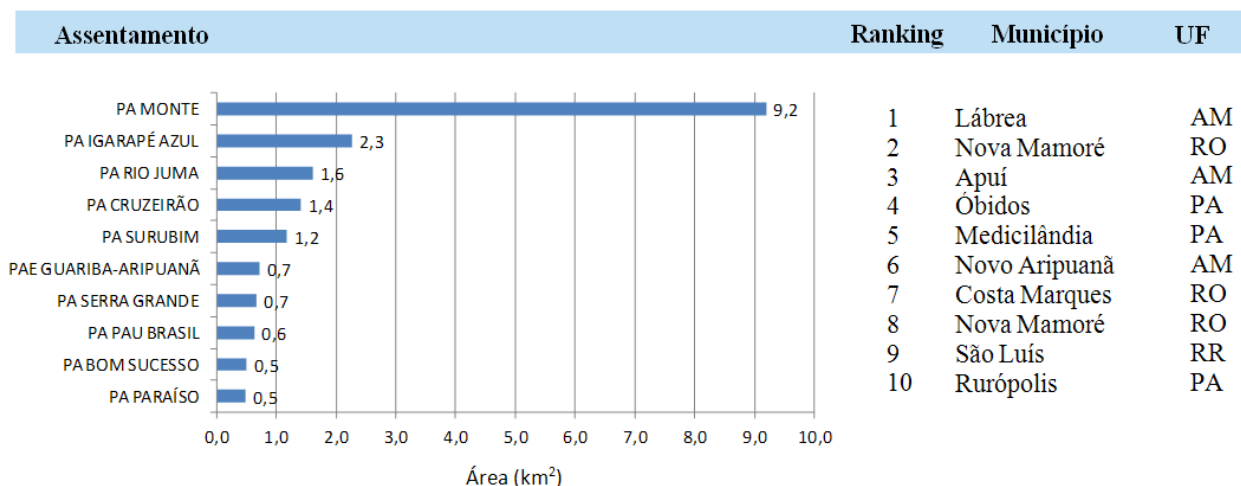
**Tabela 3.** Desmatamento por categoria fundiária em novembro de 2012 na Amazônia Legal (Fonte: Imazon/ SAD).

| Categoria                                | Novembro de 2012 |     |
|------------------------------------------|------------------|-----|
|                                          | km²              | %   |
| Assentamento de Reforma Agrária          | 23               | 42  |
| Unidades de Conservação                  | 0,5              | 1   |
| Terras Indígenas                         | 0,5              | 1   |
| Privadas, Posse & Devolutas <sup>3</sup> | 31               | 56  |
| Total (km²)                              | 55               | 100 |

## Assentamentos de Reforma Agrária

O SAD registrou 23 quilômetros quadrado de desmatamento nos Assentamentos de Reforma Agrária durante novembro de 2012 (Figura 7). Os 10 Assentamentos mais afetados pelo desmatamento foram PA Monte (Lábrea; Amazonas), PA Igarapé Azul (Nova Mamoré, Rondônia), PA Rio Juma (Apuí,

Amazonas), PA Cruzeiroão (Óbidos, Pará), PA Surubim (Medicilândia, Pará), PAE Guariba-Aripuanã (Nova Aripuanã, Amazonas), PA Serra Grande (Costa Marques, Rondônia), PA Pau Brasil (Nova Mamoré, Rondônia), PA Bom Sucesso (São Luís, Roraima) e PA Paraíso (Rurópolis, Pará).



**Figura 7.** Assentamentos de Reforma Agrária mais desmatados em novembro de 2012 na Amazônia Legal (Fonte: Imazon/SAD).

<sup>3</sup> Inclui áreas privadas (tituladas ou não) e florestas públicas não protegidas.

## Áreas Protegidas

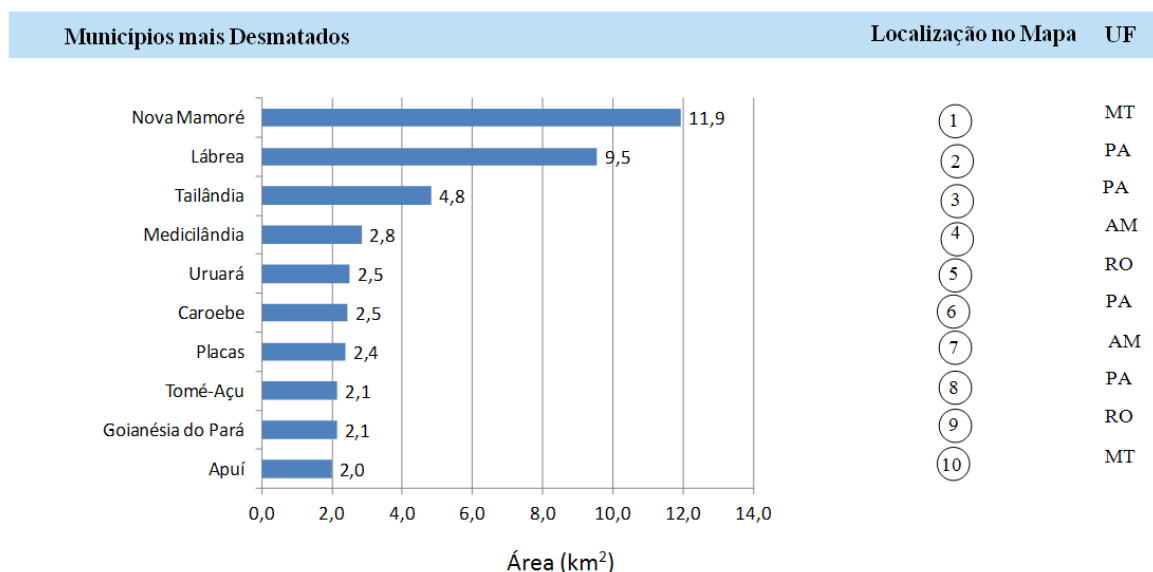
No mês de novembro, devido a alta cobertura de nuvens, SAD detectou 0,5 quilômetros quadrados de desmatamento apenas na FLONA do Jamanxim (Pará). No

caso das Terras Indígenas, em novembro de 2012 foi detectado 0,5 quilômetros quadrados de desmatamento nas Terras Cachoeira Seca do Iriri (Pará) e Karipuna (Rondônia),

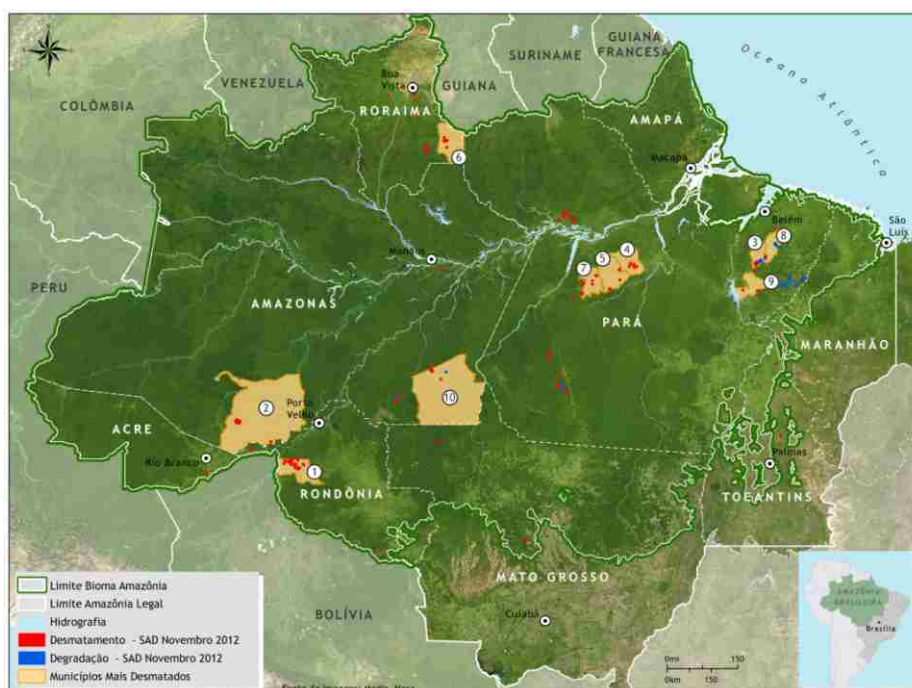
## Municípios Críticos

Em novembro de 2012, os municípios mais desmatados foram: Nova

Mamoré (Rondônia) e Lábrea (Amazonas) (Figura 8 e 9).



**Figura 10.** Municípios mais desmatados na Amazônia Legal em novembro de 2012 (Fonte: Imazon /SAD).



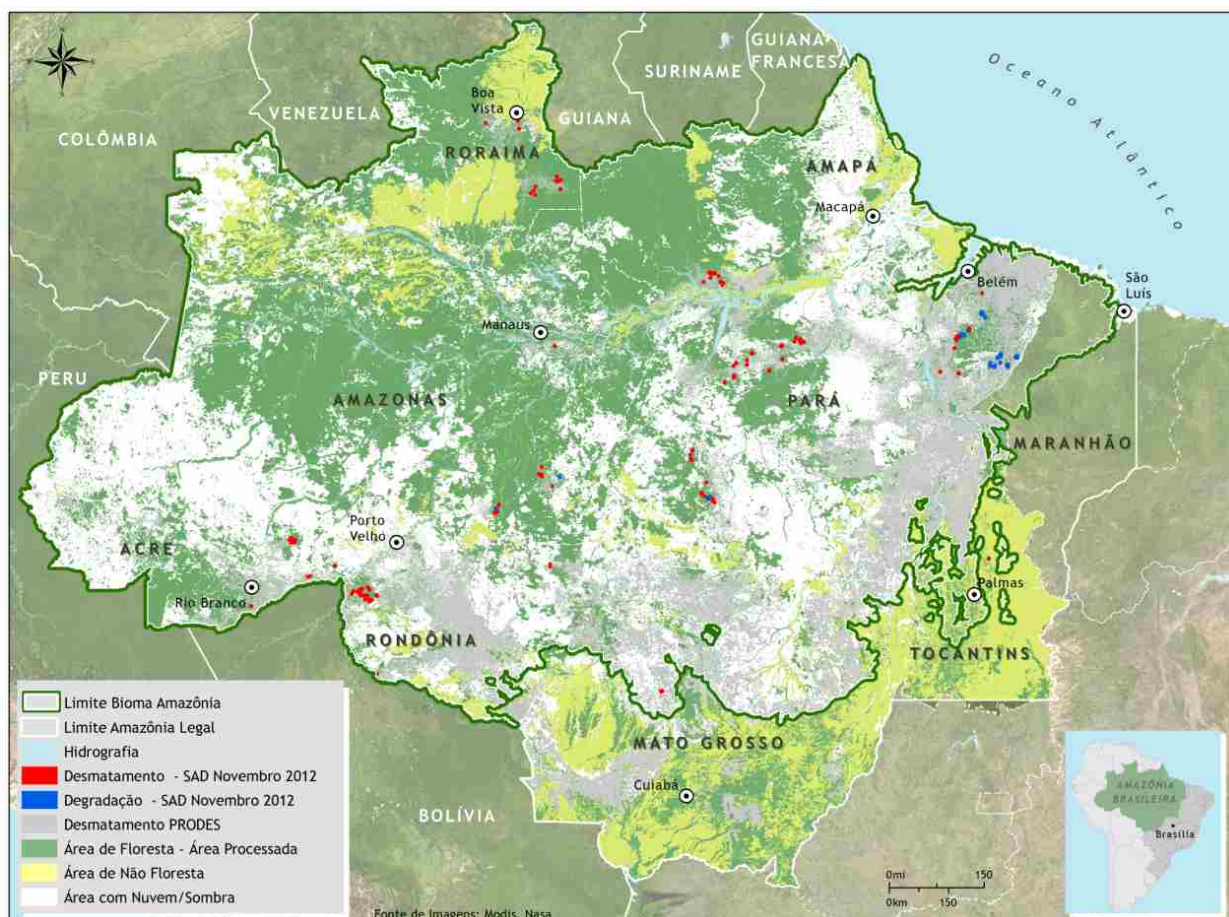
**Figura 11.** Municípios mais desmatados em novembro de 2012 (Fonte: Imazon/SAD).

## Cobertura de Nuvem e Sombra

Em novembro de 2012, foi possível monitorar apenas com o SAD 50% da área florestal na Amazônia Legal. Os outros 50% do território florestal estavam cobertos por nuvens o que dificultou a detecção do desmatamento e da degradação florestal. Os Estados

com maior cobertura de nuvem foram Acre (81%), Mato Grosso (77%), Rondônia (76%) e Amapá (67%). Em virtude disso, os dados de desmatamento e degradação florestal em novembro de 2012 podem estar subestimados (Figura 10).

\* A parte do Maranhão que integra a Amazônia Legal não foi analisada.



**Figura 12.** Área com nuvem e sombra em novembro de 2012 na Amazônia Legal.

### Google SAD-EE

Desde julho de 2012 a detecção de alertas desmatamento e de degradação florestal do vem sendo realizada na plataforma Google Earth Engine (EE), com a nova versão SAD EE. Esse sistema foi desenvolvido em colaboração com a Google e utiliza

o mesmo processo já utilizado pelo SAD, com imagens de reflectância do MODIS para gerar os alertas de desmatamento e degradação florestal. Neste mês, devido a atualizações no sistema, os dados foram processados na plataforma SAD Desktop.

## Quadro I: SAD 3.0

Desde agosto de 2009, o SAD apresentou algumas novidades. Primeiro, criamos uma interface gráfica para integrar todos os programas de processamento de imagem usados no SAD. Segundo, começamos a computar o desmatamento em áreas que estavam cobertas por nuvens nos meses anteriores em uma nova classe. Por último, o desmatamento e a degradação são detectados com pares de imagens NDFI em um algoritmo de detecção de mudanças. O método principal continua a mesma do SAD 2 como descrito abaixo.

O SAD gera mosaico temporal de imagens MODIS diárias dos produtos MOD09GQ e MOD09GA para filtragem de nuvens. Em seguida, utilizamos uma técnica de fusão de bandas de resolução espectrais diferentes, ou seja, com pixels de diferentes tamanhos. Nesse caso, fizemos a mudança de escala das 5 bandas com pixel de 500 metros do MODIS para 250 metros. Isso permitiu aprimorar o modelo espectral de mistura de pixel, fornecendo a capacidade de estimar a abundância de Vegetação, Solos e Vegetação Fotossinteticamente NãoAtiva (NPV do inglês – Non-Photosynthetic components (Vegetação, Solo e Sombra) para calcular o NDFI, com a equação abaixo:

$$\text{NDFI} = \frac{(\text{VGs} - (\text{NPV} + \text{Solo}))}{(\text{VGs} + \text{NPV} + \text{Solo})}$$

Onde VGs é o componente de Vegetação normalizado para sombra dado por:

$$\text{VGs} = \text{Vegetação} / (1 - \text{Sombra})$$

O NDFI varia de -1 (pixel com 100% de solo exposto) a 1 (pixel com > 90% com vegetação florestal). Dessa forma, passamos a ter uma imagem contínua que mostra a transição de áreas desmatadas, passando por florestas degradadas, até chegar a florestas sem sinas de distúrbios.

A detecção do desmatamento e da degradação passou esse mês com a diferença de imagens NDFI de meses consecutivos. Dessa forma, uma redução dos valores de NDFI entre -200 e -50 indica áreas possivelmente desmatadas e entre -49 e -20 com sinas de degradação.

O SAD 3.0 Beta é compatível com as versões anteriores (SAD 1.0 e 2.0), porque o limiar de detecção de desmatamento foi calibrado para gerar o mesmo tipo de resposta obtida pelo método anterior.

O SAD já está operacional no Estado de Mato Grosso desde agosto de 2006 e na Amazônia Legal desde abril de 2008. Nesse boletim, apresentamos os dados mensais gerados pelo SAD de agosto de 2006 a novembro de 2012.

### Quadro II: Carbono afetado pelo desmatamento

Desde janeiro de 2010 reportamos as estimativas do carbono comprometido (isto é, do carbono florestal sujeito à emissões devido à queimada e a decomposição de resíduos de biomassa florestal) provenientes do desmatamento detectado pelo SAD na Amazônia Legal.

As estimativas de carbono são geradas com base na combinação dos mapas de desmatamento do SAD com simulações da distribuição espacial de biomassa para a Amazonia. Desenvolvemos um modelo de estimativas de emissões de carbono, como base em simulação estocástica (Morton *et al.*, em prep.), denominado *Carbon Emission Simulator* (CES). Geramos 1000 simulações da distribuição espacial de biomassa na Amazonia usando um modelo geoestatístico (Sales *et al.*, 2007), e transformamos essas simulações de biomassa em estoques de C usando fatores de conversão de biomassa para C da literatura, segundo a fórmula abaixo:

$$C_t = \sum C(S)_t$$

$$C_t(S) = S_D \times \left[ BVAS - BPF \right] \times (1 - fc) \times (t == 0) + \left( BAS_0 \times pd \times e^{(-pd \times t)} \right)$$

$$BPF = ff * AGLB$$

$$BAS_0 = bf * AGLB$$

onde:

t: tempo (mês)

$C_t$ : Carbono emitido no mês t.

$C_t(S)$ : Carbono emitido de um polígono desmatado no tempo t.

$S_D$ : Área desmatada.

BVAS: Biomassa acima do solo da região desmatada  $S_D$ .

BPF: Biomassa de produtos florestais removidos da floresta antes do desmatamento.

fc: fração de carvão (3 a 6%).

$BAS_0$ : Biomassa abaixo do solo antes do desmatamento.

pd: parâmetro de decomposição mensal da biomassa abaixo do solo depois do desmatamento (0.0075).

$pd \times e^{(-pd \times t)}$ : Taxa mensal de decomposição de biomassa abaixo do solo após o desmatamento.

Para a aplicação do modelo CES usando os dados do SAD, consideramos apenas o carbono comprometido pelo desmatamento, ou seja, a fração da biomassa florestal composta por carbono (50%) sujeita à emissões instantâneas devido à queimadas da floresta pelo desmatamento, e/ou a decomposição futura da biomassa florestal remanescente. Além disso, adaptamos o modelo CES para estimar o carbono florestal comprometido pelo desmatamento na escala mensal. Por último, as simulações permitiram estimar a incerteza do carbono comprometido, representadas pelo desvio padrão (+/- 2 vezes) das simulações do carbono afetado em cada mês.

Para a conversão dos valores de carbono para CO<sub>2</sub> equivalente aplicamos o valor de 3,68.

#### Referências:

D.C. Morton<sup>1</sup>, M.H. Sales<sup>2</sup>, C.M. Souza, Jr.<sup>2</sup>, B. Griscom<sup>3</sup>. Baseline Carbon Emissions from Deforestation and Forest Degradation: A REDD case study in Mato Grosso, Brazil.

Sales, M.H. et al., 2007. Improving spatial distribution estimation of forest biomass with geostatistics: A case study for Rondônia, Brazil. *Ecological Modelling*, 205(1-2), 221-230.

## **Equipe Responsável:**

*Coordenação Geral:* Antônio Fonseca, Heron Martins, Carlos Souza Jr, e Adalberto Veríssimo (Imazon)

*Equipe:* Marcio Sales (Modelagem e estatística), Rodney Salomão, Amintas Brandão Jr. (Geoprocessamento), João Siqueira, Marcelo Justino e Júlia Ribeiro (Interpretação de imagem), Kátia Pereira e Victor Lins (ImazonGeo), Bruno Oliveira e Stefânia Costa (Comunicação)

## **Fonte de Dados:**

As estatísticas de desmatamento são geradas a partir dos dados do SAD (Imazon);

Dados do INPE- Desmatamento (PRODES)  
<http://www.obt.inpe.br/prodes/>

## **Agradecimento:**

Google Earth Engine Team  
<http://earthengine.google.org/>

## **Apoio:**

Fundação David & Lucille Packard através da CLUA  
(Climate Land Use Alliance)  
Fundação Gordon & Betty Moore  
Fundo Vale

## **Parcerias:**

Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Pará (SEMA)  
Secretaria de Meio Ambiente do Mato Grosso (SEMA)  
Ministério Público Federal do Pará  
Ministério Público Estadual do Pará  
Ministério Público Estadual de Roraima  
Ministério Público Estadual do Amapá  
Ministério Público Estadual de Mato Grosso  
Instituto Centro de Vida (ICV- Mato Grosso)