

## **Relatório Técnico Sintético**

### **Estimativa das Emissões de CO<sub>2</sub> por Desmatamento na Amazônia Brasileira**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Novembro, 2009

Ana Paula Aguiar, Jean Ometto, Carlos Nobre, Gilberto Câmara,

Karla Longo, Regina Alvalá, Roberto Araújo

*(Centro de Ciências do Sistema Terrestre – CCST/INPE)*

João Viane Soares, Dalton Valeriano *(Coordenação de Observação da Terra –  
OBT/INPE)*

Cláudio Almeida *(Centro Regional da Amazônia- CRA/INPE)*

Ima Vieira, Arlete Almeida *(Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG)*

#### **Sumário Executivo**

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em parceria com Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). Iniciou em meados de 2009 um projeto interdisciplinar para sistematizar o cálculo de emissões anuais de gases de efeito estufa (GEE) relacionadas ao desmatamento na Amazônia Brasileira. O Brasil acaba de anunciar o compromisso voluntário de reduzir de 36,1% a 38,9% suas emissões de GEE até 2020 e, para este fim, tal compromisso impõe reduzir em 80% o desmatamento da Amazônia até aquele ano. O objetivo deste projeto coordenado pelo Centro de Ciência do Sistema Terrestre do INPE é prover informações científicas de modo a subsidiar adequadamente políticas que visem alcançar tais metas de redução de desmatamento e de emissões.

Inicialmente, desenvolveu-se um modelo matemático de contabilidade do carbono na vegetação e de emissões, o qual combina mapas anuais de novas áreas desmatadas gerados pelo PRODES/INPE a informações espacialmente explícitas sobre a distribuição da quantidade de biomassa nos diferentes tipos de vegetação do Bioma Amazônia (Saatchi et al. 2009). O modelo busca também incorporar diferentes

aspectos da dinâmica do processo de desmatamento em si, e sua heterogeneidade intra-regional, incluindo a velocidade de derrubada e queima, a porcentagem de biomassa retirada para exploração madeireira, as taxas de decaimento da matéria orgânica no solo (raízes) e da parte aérea não queimada, os fatores conversão do carbono na biomassa em gases, assim como uma nova representação do processo de restabelecimento da vegetação secundária.

Os resultados iniciais do projeto mostram que, tomando o período de 1999 a 2008, as emissões brasileiras de CO<sub>2</sub> resultantes de desmatamentos na Amazônia Brasileira contabilizam cerca de 700-800 Mton CO<sub>2</sub>/ano (de acordo com os parâmetros e incertezas dos modelos). Porém, se considerarmos o período mais recentes (2007-2008), dada a queda das taxas de desmatamento após 2004-2005, a média torna-se 500-550 Mton CO<sub>2</sub>/ano. O balanço líquido considerando o crescimento das áreas de vegetação secundária não difere muito destas estimativas, pois – como mostram recentes de pesquisas realizadas também no INPE (Almeida, 2009) - nas áreas densamente ocupadas o ciclo de vida da vegetação secundária é curto (em média 5 anos). Após alguns anos, a vegetação secundária também é desmatada, causando emissões que se somam às provenientes do desmatamento da floresta primária.

Foram realizadas também estimativas para cada um dos nove Estados da Amazônia, e uma análise da contribuição de cada um no total regional. Os resultados refletem a heterogeneidade entre os Estados em termos de contextos sócio-econômicos e biofísicos, captadas nos modelos através da utilização de dados espacialmente distribuídos de desmatamento, biomassa e dinâmica da vegetação secundária. Mato Grosso, por exemplo, contribuiu com 36% das taxas de desmatamento regionais no período de 1999-2008, mas apenas 30% das emissões líquidas no mesmo período, por apresentar valores relativamente mais baixos de biomassa.

O projeto inclui análises de cenários de emissões até 2020, refletindo os efeitos das metas de redução de desmatamento propostas pelo governo contrapostas a um cenário baseado na continuidade das taxas médias históricas do período 1996-2005 de 19.500 km<sup>2</sup>/ano. Estima-se que em 2020 pode-se obter uma redução de 600 a 650 Mton CO<sub>2</sub> nas emissões relativas ao desmatamento de floresta primária (de acordo com as premissas referentes a dados de biomassa e outras incertezas do modelo) em relação ao cenário de manutenção das taxas históricas de desmatamento. Um cenário adicional avalia os efeitos de ações voltadas à reduzir não somente o desmatamento da

floresta primária, mas também da vegetação secundária. Neste caso, a redução das emissões líquidas em 2020 pode chegar a 740 Mton CO<sub>2</sub>.

Estes resultados mostram a importância de considerar as diferenças intra-regionais, a dinâmica do processo de desmatamento da floresta primária e secundária e seus diferentes componentes, tanto para estimar as emissões, quanto para nortear ações governamentais visando a redução das emissões. Os resultados por Estados mostram as especificidades, dificuldades e possibilidade das diferentes áreas em diminuir suas emissões. Além de seu papel como ferramenta para testar hipóteses de políticas públicas para reduzir o desmatamento, o modelo desenvolvido está sendo aperfeiçoado para servir como plataforma de cálculo de estimativas anuais de emissões de GEE da Amazônia Brasileira, com possibilidades de ser utilizado em outros biomas no Brasil, América do Sul e demais países tropicais.

## **Objetivo do documento**

Este documento apresenta de forma resumida os objetivos e principais resultados da primeira fase do projeto coordenado pelo CCST/INPE para cálculo de estimativas de emissões de gases do efeito estufa (GEE) relacionadas ao desmatamento na Amazônia Brasileira. São apresentadas estimativas anuais para toda a Amazônia, e também para cada um dos nove Estados que cobrem o Bioma, cobrindo o período até 2008, e cenários de emissões até 2020. O Brasil acaba de anunciar o compromisso voluntário de reduzir de 36,1% a 38,9% suas emissões de GEE até 2020, e para este fim, se compromete a reduzir em 80% o desmatamento da Amazônia até 2020. O objetivo do projeto coordenado pelo CCST é prover informações científicas para subsidiar adequadamente políticas públicas que visem alcançar tais metas de redução de desmatamento e de emissões.

## **Gases de efeito estufa e o Desmatamento na Amazônia**

O padrão atual de aumento da concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera e, em particular, do CO<sub>2</sub>, não tem paralelo durante o último milhão de anos da história do planeta. Entre 1958 e 2004, as emissões de CO<sub>2</sub> na atmosfera subiram a uma taxa aproximada de 1,3% ao ano, sendo que nos últimos 5 anos este aumento esteve próximo de 3% ao ano, fazendo com que a concentração atmosférica chegasse a um valor de 387 ppm em 2008. Ainda existe porém muita incerteza quanto ao papel

das alterações do uso da terra, e da dinâmica da vegetação natural em ambientes tropicais, nas emissões de GEE. O relatório do IPCC AR4 estima que o desmatamento em áreas tropicais represente entre 10% e 20% das emissões globais de gases de GEE. Entretanto, nos últimos anos, as emissões por fontes fósseis continuaram a crescer, enquanto aquelas provenientes de usos da terra não seguiram esta tendência. Estimativas recentes apontam que 12% das emissões totais de carbono para a atmosfera advém das alterações no uso do solo, sendo o desmatamento tropical responsável pela maior parte deste total (Le Quéré et al, 2009).

Muito das incertezas a respeito do papel das florestas para as emissões de carbono deve-se a problemas com dados confiáveis sobre o desmatamento. No caso do Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) realiza desde 1988 um levantamento anual do desmatamento na Amazônia Legal, uma área de cerca de 5 milhões de km<sup>2</sup>, que até 1950 tinha 4 milhões de km<sup>2</sup> de florestas tropicais. Os resultados são mapas digitais detalhados mostrando a extensão e a localização do desmatamento. A existência de séries históricas de dados sobre o desmatamento permite melhor avaliar a contribuição, para as emissões de CO<sub>2</sub>, das transformações no uso da terra que vêm ocorrendo na região Amazônica durante os últimos 40 anos. Essas mudanças crescem ainda mais a partir dos anos 1970, em decorrência do estímulo de diversos fatores econômicos e políticos sobre a expansão da pecuária, agricultura e da exploração madeireira e – mais recentemente – de investimentos na produção intensiva de culturas agrícolas em larga escala. Em 2007 cerca de 16% da área originalmente coberta por florestas na Amazônia brasileira havia sido desmatada (Almeida, 2009, INPE 2008, Fearnside, 2008). Os dados anuais de desmatamento produzidos pelo PRODES (INPE, 2009) indicam uma tendência de queda nas taxas de desmatamento a partir de 2004-2005 (Figuras 1 e 2.d). No entanto, a área total desmatada no período 2005-2009 ainda é significativa, de cerca de 65 mil km<sup>2</sup>.

Uma vez que se dispõe de dados sobre o desmatamento, as incertezas que perduram sobre o papel das zonas de floresta tropical para as emissões de CO<sub>2</sub> derivam precisamente da dificuldade de incorporar na análise a diversidade dos processos de uso da terra. Pois não basta estimar apenas a quantidade de biomassa existente nos diferentes tipos de vegetação dentro de um mesmo bioma, o que já constitui dificuldade em si. É necessário também representar adequadamente a dinâmica do processo de desmatamento, incorporando ao cálculo do valor líquido das emissões a porcentagem da biomassa convertida em gases, aquela retirada para exploração madeireira, as taxas de decaimento da matéria orgânica (raízes e parte aérea), e a contribuição do restabelecimento da vegetação secundária. As estimativas de emissões de carbono diretamente associadas ao desmatamento na região variam de 500 a 900 Mton de CO<sub>2</sub> por ano

(Loaire et al, 2009; Potter et al 2008), dependendo se o crescimento da vegetação secundária é considerado ou não (Hirsch et al, 2004). As variações entre estimativas de emissões e absorção pela vegetação podem fornecer números bastante discrepantes (Ometto et al, 2005).

A expectativa de atenuação do risco do aquecimento global para a manutenção dos processos ambientais e do equilíbrio climático regional deverá contar com a redução das emissões oriundas dos processos de desmatamento nos trópicos, inclusive na Amazônia.

## Metas de redução de emissões

O Brasil acaba de anunciar o compromisso voluntário de reduzir de 36,1% a 38,9% suas emissões de gases causadores do efeito estufa até 2020. Este compromisso será assumido durante a Conferência do Clima das Nações Unidas, em Copenhague, na Dinamarca, entre 7 e 18 de dezembro. Anteriormente, já havia sido anunciado o compromisso de reduzir em 80% o desmatamento da Amazônia até 2020, como decorrência direta do Plano Nacional de Mudanças Climáticas. Do total das reduções de emissões brasileiras, estima-se que mais da metade virá da redução do desmatamento na Amazônia e no Cerrado. Esta porcentagem baseia-se em estimativas preliminares de emissões realizadas pelo INPE/Rede Clima nas quais calculou-se que uma redução de 80% do desmatamento contribuiria com uma redução de 580 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> em 2020, utilizando valores aproximados de biomassa média (200 Mg/ha). A proposta do governo de redução do desmatamento prevê uma linha temporal de redução gradativa do desmatamento, baseada em uma distribuição exponencial, baseada na hipótese de que, quanto mais se reduz a taxa de desmatamento, mais difícil será diminuí-la mais ainda (Figura 1).

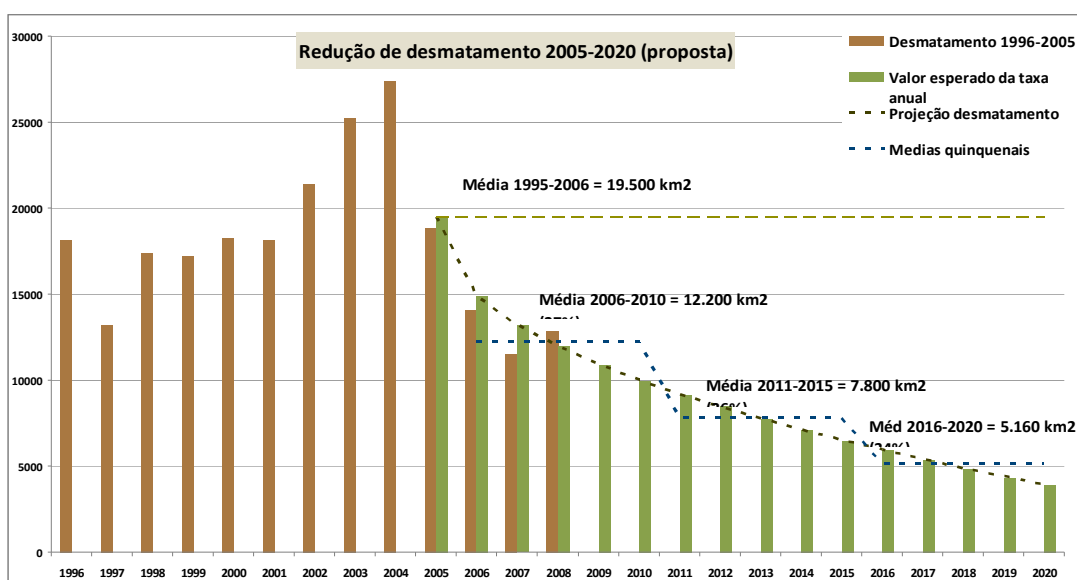
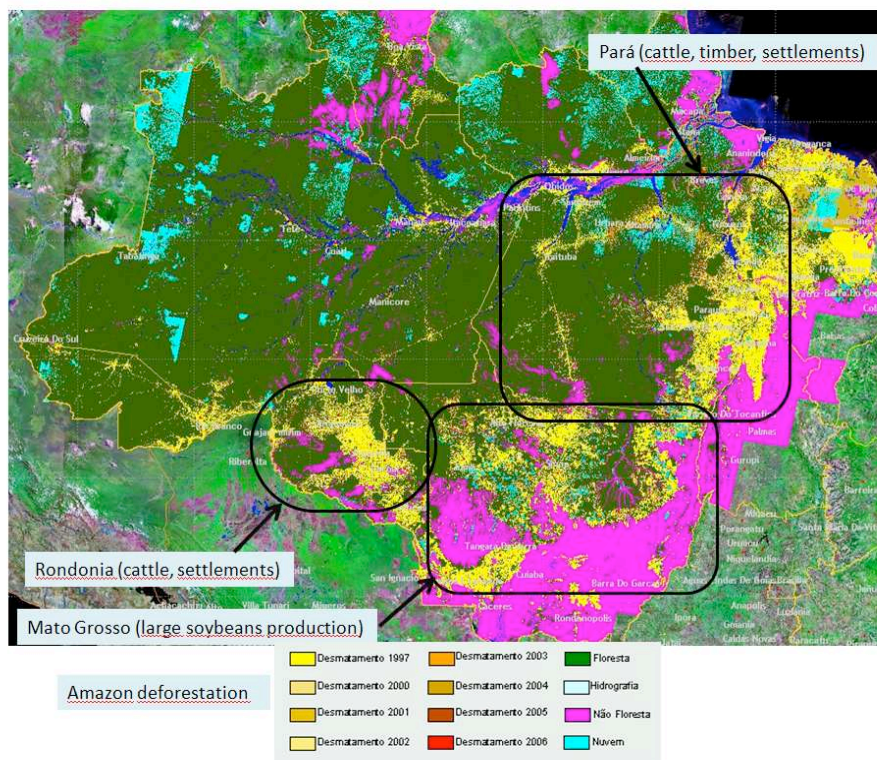
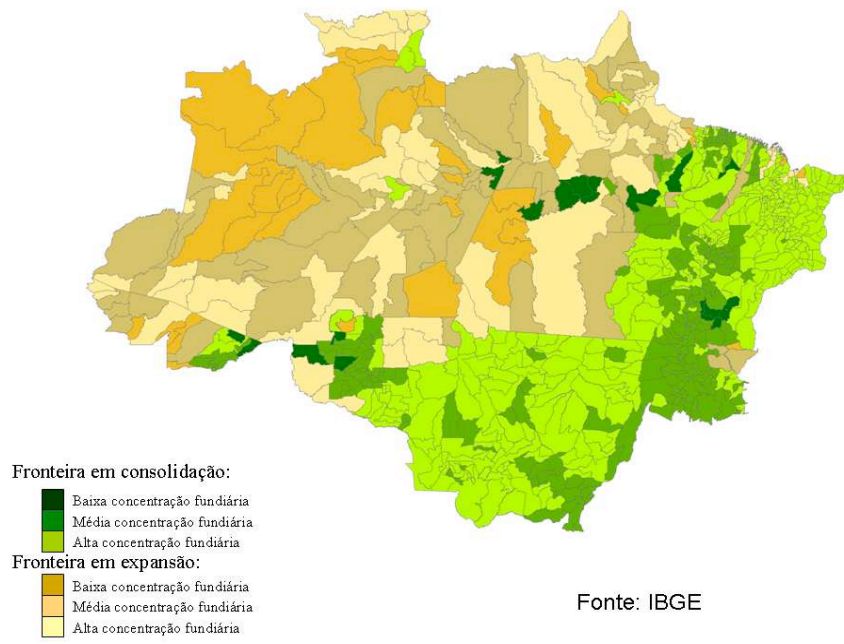


Figura 1: Possível trajetória de valores anuais de queda do desmatamento para atingir redução de 80% em 2020.

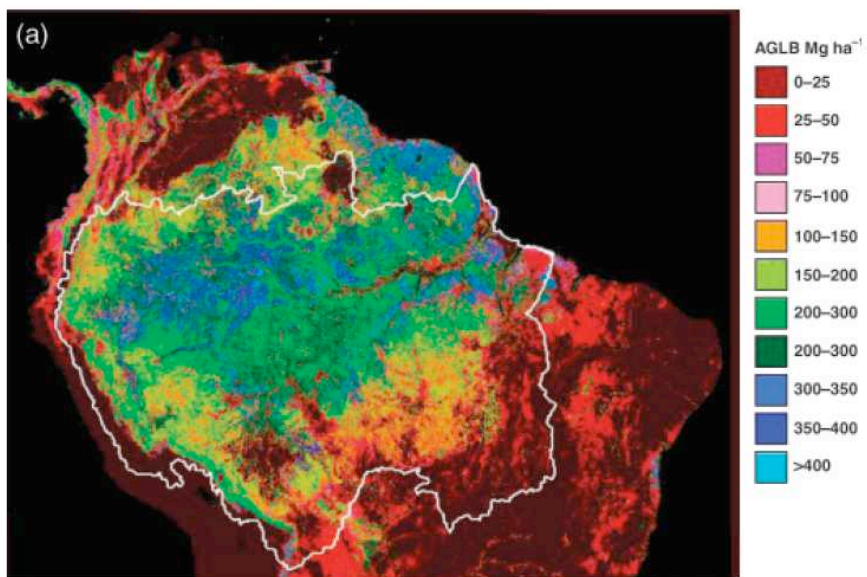
Estimativas de emissões na Amazônia devem considerar que a região é um mosaico de situações distintas, com economias regionais fortemente baseadas em atividades de alto impacto no desmatamento, e uma enorme heterogeneidade de atores, processos de ocupação e unidades territoriais (Becker, 2005; Costa, 2009). Sub-regiões com velocidades de mudança distintas coexistem na Amazônia, devido à diversidade ecológica, sócioeconômica, e a diferentes condições de acesso (Becker, 2001). A Figura 3 ilustra esta heterogeneidade territorial, em termos de (a) estrutura agrária; (b) padrões de ocupação; (b) tipos de vegetação; (d) diferentes taxas de desmatamento dos nove estados que cobrem o Bioma Amazonico.



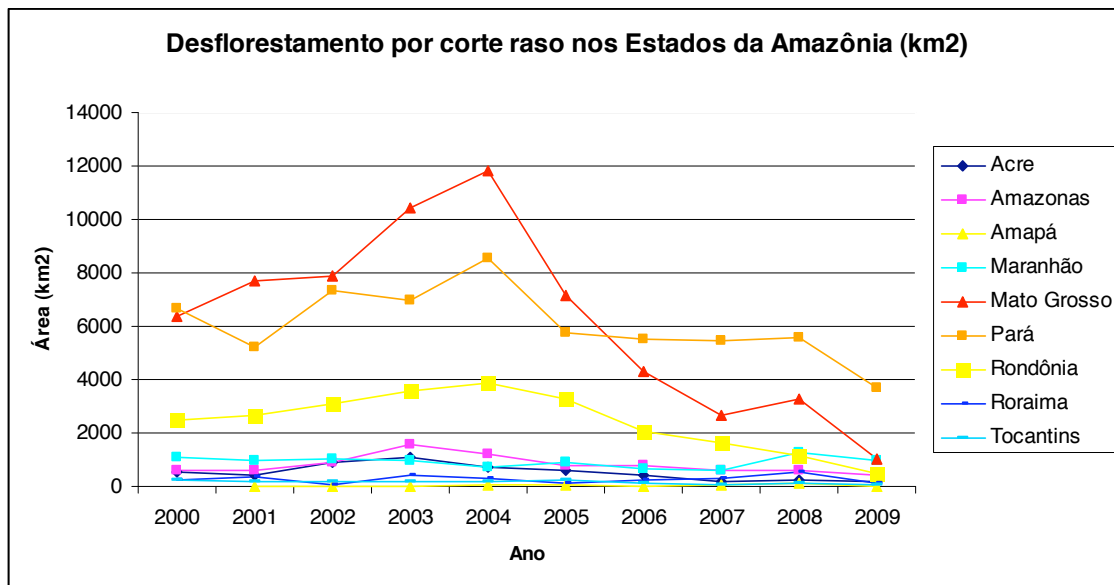
(a) Áreas ocupadas e indicação de diversidade de atores



(b) Estrutura agrária



(c) Biomassa



(d) Desmatamento

Figura 2 – (a) Mapa de Desflorestamento na Amazonia. Floresta remanescente é mostrada em verde, desflorestamento em amarelo-laranja-vermelho, nuvens em azul (fonte: INPE, 2009); (b) Estrutura Agrária (fonte: IBGE, 2007); (c) Mapa de distribuição de biomassa (fonte: Saatch et al., 2007); (d) Taxas de desmatamento por corte raso nos Estados (fonte: INPE, 2009). As diferenças não se explicam apenas pelo tamanho em área dos Estados, mas pelo processo de ocupação. Como exemplo, observar a diferença entre Rondônia, Amazonas e Acre

Figura 2 – (a) Mapa de Desflorestamento na Amazonia. Floresta remanescente é mostrada em verde, desflorestamento em amarelo-laranja-vermelho, nuvens em azul (Fonte: INPE, 2009); (b) Estrutura Agrária (fonte: IBGE, 2007); (c) Mapa de distribuição de biomassa (fonte: Saatch et al., 2007); (d) Taxas de desmatamento por corte raso nos Estados. As diferenças não se explicam apenas pelo tamanho em área dos Estados, mas pelo processo de ocupação. Como exemplo, observar a diferença entre Rondônia, Amazonas e Acre (fonte: INPE, 2009)

Sistemas de monitoramento de reduções de emissões *necessitam estar aparelhados para considerar e computar estas diferenças intra-regionais*. Neste contexto, os modelos desenvolvidos pelo INPE para as estimativas de emissões procuram incorporar aspectos relevantes da heterogeneidade intra-regional para a dinâmica do processo de remoção da vegetação (corte, queima, retirada de madeira, decomposição dos restos, regeneração, etc.), visando reduzir incertezas e subsidiar adequadamente políticas de redução de desmatamento e emissões de gases associados ao efeito estufa planetário.

## Metodologia

A metodologia adotada nos modelos do INPE foi concebida na mesma linha de trabalhos anteriores de cálculo de emissões a Amazônia, em especial nos modelos desenvolvidos por Houghton et al. (2000; 2003, 2005) e Loaire et al. (2009), porém introduzindo novos componentes para refinar a representação do processo de remoção



da cobertura florestal. Buscou-se representar, além das diferenças intra-regionais em termos de biomassa (Saatchi et al., 2007) e localização dos desmatamentos (INPE, 2009), a influência da estrutura agrária e do grau de consolidação das áreas de fronteira, que refletem a diversidade de atores cujas ações afetam o processo de desmatamento na região. Também foram incorporadas as emissões oriundas da decomposição da biomassa das raízes posterior ao corte da vegetação, atualizados parâmetros relativos à extração de madeira, e incluiu-se o processo de queima periódica da biomassa remanescente após o primeiro corte, de acordo com as referências mais recentes, e o propósito de ocupação da área (atividade produtiva subsequente ao desmatamento). Na versão atual do modelo, somente a emissão de CO<sub>2</sub> é estimada, mas pretende-se incluir CH<sub>4</sub> (metano) e N<sub>2</sub>O (óxido nitroso) em breve.

Em síntese, a cada ano, a emissão correspondente ao corte da floresta primária é a soma dos componentes anuais referentes à queima de biomassa acima do solo (considera-se que 50% da biomassa é queimada, de acordo com Carvalho et al, 2001), com os componentes de decomposição gradual da biomassa (acima do solo e abaixo do solo). No caso do CO<sub>2</sub>, para cálculo do balanço líquido, soma-se a este valor a emissão por queima da vegetação secundária, e subtrai-se o que foi acumulado com o crescimento da mesma. Os parâmetros de crescimento e corte da vegetação secundária são baseados no trabalho de Almeida (2009), Almeida et al., (2009), e refletem principalmente a estrutura agrária e o grau de ocupação da área, incorporando ao modelo informações sobre a heterogeneidade de atores e processos dentro da região. A tabela 1 sumariza os parâmetros dos modelos. Dadas as incertezas nestes parâmetros, diferentes combinações de parâmetros formam modelos alternativos.

<b>Categoria</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Descrição</b>	<b>Valores neste relatório</b>
<b>Carbônio e Biomassa</b>	carbon_perc	Porcentagem de carbono na floresta tropical	47%
	CO2_fire_emission_factor	Fator de emissões associado ao processo de queima da biomassa aérea.	1.601
	carbon_bellow_ground	Estimado como 30% da biomassa acima do solo, porém considerando que somente 70% desta biomassa será decomposta/emitida após o desflorestamento.	21%
<b>Floresta Primária (ano do corte)</b>	wood_products_perc	Porcentagem de biomassa retirada pela exploração madeireira	8% ou 12%
	first_year_burn_perc	Porcentagem da biomassa remanescente após exploração madeireira, queimada no primeiro ano.	22% ou 50%
	slash_decay_perc	Porcentagem da biomassa remanescente após exploração madeireira, que não é queimada, e decomposta por processo biológico.	76% ou 40%
	elem_carbon_decay_perc	Porcentagem da biomassa remanescente após exploração madeireira, que é decomposta muito lentamente como carbono elementar.	2%
<b>Floresta Primária (anos posteriores)</b>	decay_rate_slash	Taxa de decaimento dos restos não queimados (exponencial).	0.4
	decay_rate_wood_products	Taxa de decaimento dos produtos retirados pela exploração madeireira (linear).	0.1
	decay_rate_elementar_carbon	Taxa de decaimento da porcentagem que fica como carbono elementar.	0.001
	decay_rate_bellow_ground	Taxa de decaimento das raízes (exponencial).	0.7
	fire_cycle	Intervalo de anos para queimas sucessivas dos restos da floresta primária.	3 anos
	other_years_burn_perc	Porcentagem da biomassa remanescente nos anos posteriores que é queimada.	50%
<b>Vegetação Secundária</b>	recovery_period1_perc	Porcentagem da biomassa original recuperada mais rapidamente nos primeiros anos de crescimento (linearmente)	70%
	recovery_period1	Número de anos com crescimento inicial mais rápido.	25 anos
	recovery_period2_perc	Porcentagem da biomassa original recuperada mais rapidamente nos primeiros anos de crescimento (linearmente)	30%
	recovery_period2	Número de anos com crescimento mais lento.	50 anos

Neste Relatório Técnico Sintético são apresentados resultados de um destes modelos (C1), que considera os seguintes parâmetros: percentual retirado pela extração madeireira: 12%; percentual queimado no primeiro ano: 50%; ciclo para queima de restos: 3 anos. O modelo foi aplicado para toda a Amazônia, e também para cada um dos nove Estados que cobrem o Bioma, ilustrando as diferenças em termos de contribuição local para emissões, e potencial de redução de emissões. Os cálculos consideram as taxas de desmatamento desde 1961, para incorporar efeitos de todo o processo recente de ocupação da Amazônia nas emissões atuais. O período de análise inclui: (a) 1961-2002, utilizando taxas anuais gerais de desmatamento, e valores médios de biomassa. Em relação aos dados de desmatamento, adotamos as seguintes premissas: (i) o desmatamento anterior a 1961 não foi considerado; (ii) de 1961 a 1978

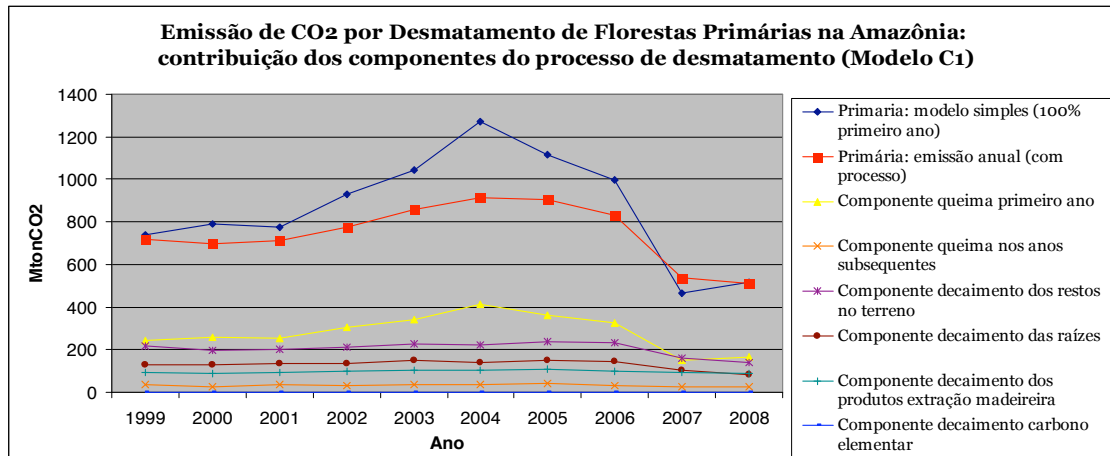
adotamos um crescimento exponencial da taxa até chegar aos níveis de 1978 (21.500 km<sup>2</sup>), obtendo-se uma área total de 76.000 km<sup>2</sup>, como em Houghton et al. (2000); (iii) de 1978 a 1987 adotamos a média de 21.500 km<sup>2</sup>, como em Houghton et al. (2000); (iv) a partir de 1988, utilizamos as taxas do PRODES (até 2002) (ver nota de rodapé 1); (b) 2003-2008, utilizando os dados espacializados de incrementos do desmatamento<sup>1</sup> e dados espacializados de biomassa; (c) 2009-2020, comparando cenários de estimativas de emissões de CO<sub>2</sub> referentes à linha de base (BAU - “business as usual”) e o compromisso de redução de desmatamento em 80%. Nas seções subsequentes, focaremos a discussão nas estimativas referentes aos últimos 10 anos (1999-2008) e nas projeções até 2020.

### **Estimativas regionais de emissões de CO<sub>2</sub> até 2008**

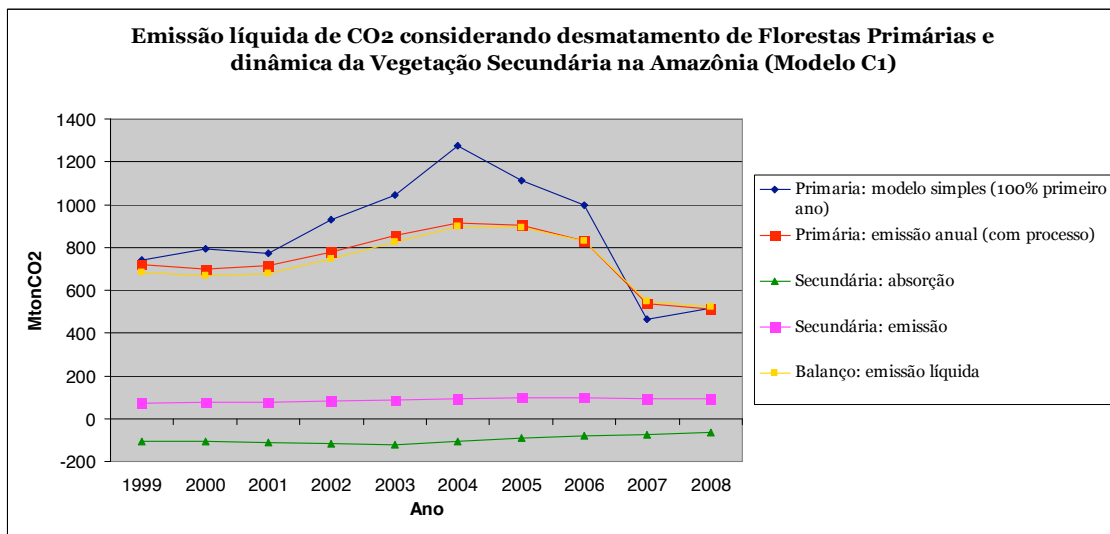
Esta seção apresenta uma síntese de alguns resultados relevantes para: (a) ilustrar como os componentes de queima, decomposição e vegetação secundária influenciam os resultados dos modelos; (b) os efeitos da queda do desmatamento após 2004 nas emissões de CO<sub>2</sub> na escala regional. Em 2004<sup>2</sup> a taxa de perda de cobertura florestal (floresta primária) por corte raso estimada pelo INPE foi da ordem de 27 mil km<sup>2</sup>. Em 2009, a taxa estimada é de 7 mil km<sup>2</sup>. Os efeitos na queda das emissões anuais não é imediato, como ilustra a Figura 3 (linha vermelha).

---

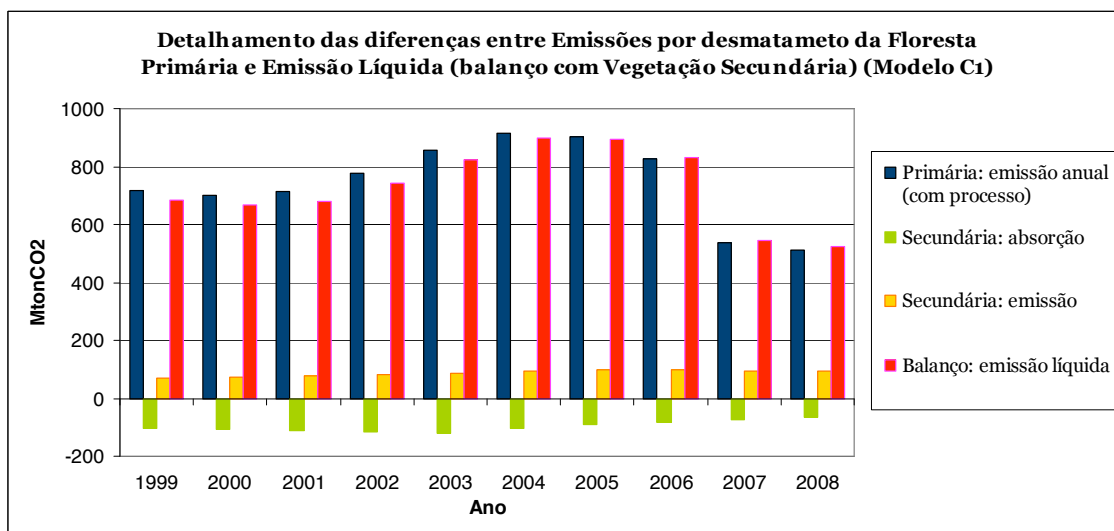
<sup>2</sup> A partir dos incrementos de desflorestamento identificados em cada imagem, as taxas anualizadas são estimadas para a data de 1/agosto do ano de referência. O método de cálculo da taxa oficial de desmatamento publicada pelo INPE realiza uma correção referente ao período de obtenção das imagens. O período de aquisição das imagens é preferencialmente agosto-julho. Logo, a soma dos incrementos anuais não resulta diretamente no valor da taxa por Estado ou para a Amazônia.



(a)



(b)



(c)

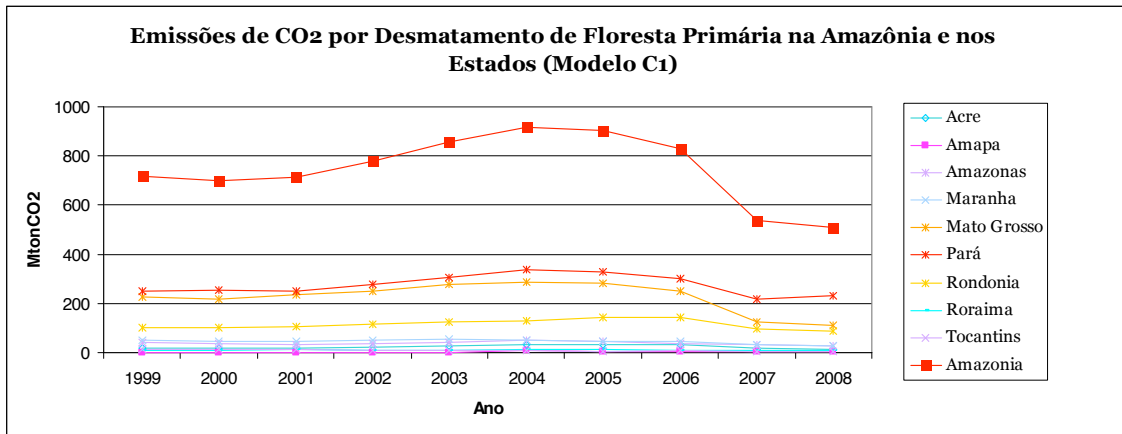
Figura 3 – Estimativas de emissões de CO<sub>2</sub> na Amazônia no período de 1999 a 2008: (a) Componentes da estimativa de emissões relativas ao desmatamento da Floresta Primária; (b) Emissão Líquida (Floresta Primária e Vegetação Secundária); (c) Detalhamento das influências da dinâmica da Vegetação Secundária no balanço líquido de emissões de CO<sub>2</sub>.

Isto ocorre porque o modelo considera que 50% da biomassa acima do solo na área desmatada é queimada no primeiro ano (linha amarela), e portanto emitida como CO<sub>2</sub>. O modelo supõe também que a cada três anos ocorrerá uma nova queima de 50% dos restos da biomassa acima do solo (linha laranja). O restante da biomassa irá ser decomposto por processos biológicos em diferentes velocidades, dependendo do componente (biomassa das raízes, produtos da exploração madeireira utilizados dentro e fora da Amazônia, restos deixados após o corte, carbono elementar), representado pelas curvas das outras cores.

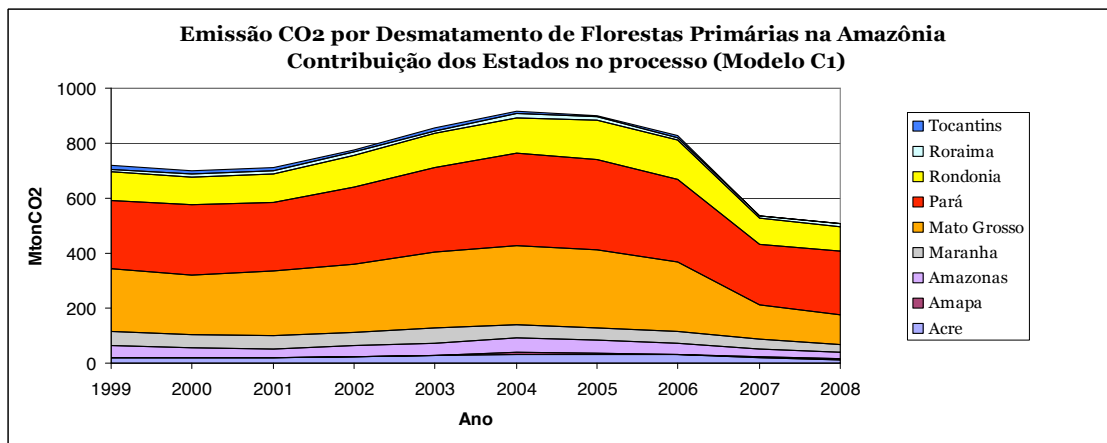
De acordo com o modelo C1 selecionado para ilustrar os resultados neste relatório, tomando o período de **1999 a 2008**, as emissões brasileiras contabilizam cerca de **750 Mton CO<sub>2</sub>/ano**, como ilustra a Figura 3. Se considerarmos o período mais recente (taxas de **2007 e 2008**), dada a queda das taxas de desmatamento após 2004, a média cai para cerca de **520 MtonCO<sub>2</sub>**. De acordo com nossos resultados, o balanço líquido considerando o crescimento das áreas de vegetação secundária (barra vermelha na Figura 3.b) não difere muito das estimativas de emissão somente por desmatamento da floresta primária, pois – como mostram recentes de pesquisas realizadas também no INPE (Almeida, 2009) - nas áreas densamente ocupadas, o ciclo de vida da vegetação secundária está se tornando muito curto, influenciando a média regional (apesar das diferenças entre os Estados, Tabela 2), estimada em 4-5 anos. Logo, embora o crescimento da vegetação secundária apresente potencial de minimizar significativamente as emissões por desmatamento da floresta primária, o que ocorre é que, após alguns anos de acumulação de carbono, a vegetação secundária também é desmatada, causando emissões que se somam às provenientes do desmatamento da floresta primária, e praticamente anulam seus efeitos positivos.

### **Estimativas por Estados até 2008: diferenças intra-regionais**

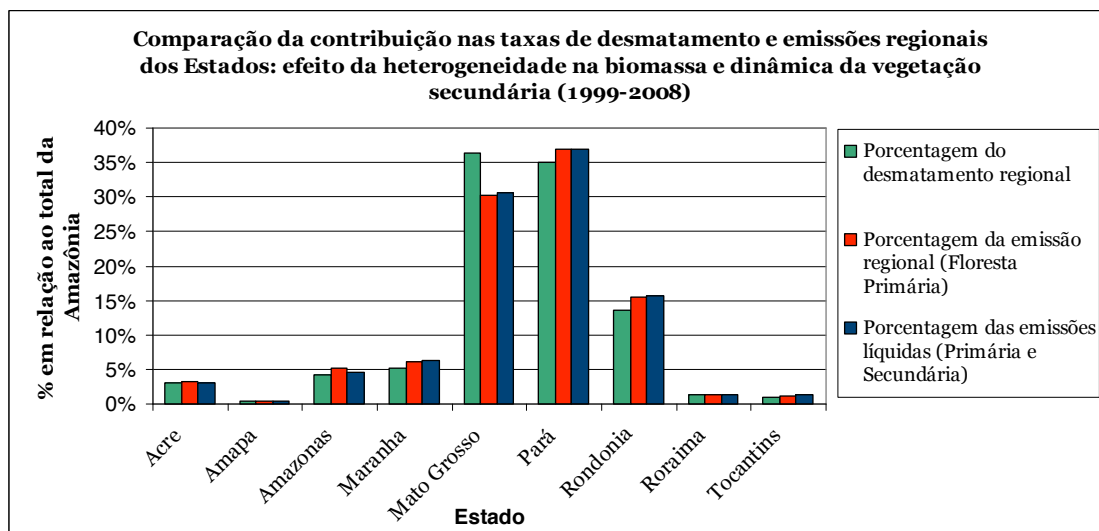
Esta seção apresenta e discute os resultados das estimativas de emissões para cada um dos Estados, em especial sua contribuição para as emissões regionais (Figura 4). O Anexo A apresenta os gráficos de emissão de CO<sub>2</sub> detalhados para cada um dos Estados, mostrando todos os componentes do modelo. A Figura 4.a apresenta os valores estimados de emissão de CO<sub>2</sub> para cada Estado e Amazônia (linha vermelha), e a Figura 4.b ilustra graficamente o quanto cada um contribui anualmente para a emissão regional.



(a)



(b)



(c)

Figura 4 – Estimativas de emissões de CO<sub>2</sub> por Estado no período 1999-2008: (a) Curvas de emissão de CO<sub>2</sub> por desmatamento da Floresta Primária nos Estados e Amazônia; (b) Contribuição de cada Estado na formação da curva de emissão regional; (c) Comparação entre contribuições de cada Estado em termos de taxa de desmatamento e estimativas de emissões (Floresta Primária e balanço líquido).

Os resultados refletem a heterogeneidade entre os Estados em termos da dinâmica recente do processo de desmatamento, características sócioeconômicas e

biofísicas, captada nos modelos através da utilização de dados espacialmente distribuídos de desmatamento, biomassa e dinâmica da vegetação secundária (Tabela 2). Como discutido anteriormente (Figura 2), os Estados com maiores taxas de desmatamento no período são Mato Grosso, Pará e Rondônia; Acre, Amapá, Roraima e Tocantins apresentam relativamente as menores taxas. Este comportamento se reflete em linhas gerais nos valores relativos das estimativas de emissões (Figuras 4.a e 4.b). Mato Grosso, Pará e Rondônia são responsáveis sozinhos por mais de 80% das emissões no período.

Porém, as diferenças em termos da quantidade de biomassa entre os Estados também influenciam os resultados, como elucida o gráfico de barras da Figura 4.c. Este gráfico mostra a comparação entre o percentual de cada Estado na composição das taxas de desmatamento e emissões no período. Mato Grosso, por exemplo, contribuiu com 36% das taxas de desmatamento regionais no período de 1999-2008, mas apenas 30% das emissões líquidas no mesmo período, por apresentar valores relativamente mais baixos de biomassa. Já o Amazonas, por exemplo, contribuiu com cerca de 4% das taxas de desmatamento, mas com 5% das emissões, por apresentar maior biomassa média. Em menor escala, a heterogeneidade da dinâmica da vegetação secundária influi no balanço líquido das emissões, em especial no Estado do Amazonas, o único Estado a apresentar um visível decréscimo nas emissões se considerada contribuição da vegetação secundária (emissão líquida – barra azul na Figura 4), relacionada ao maior valor de meia-vida média no Estado (10 anos, Tabela 2).

Tabela 2 – Comparação entre valores médios de biomassa e dinâmica da vegetação secundária (porcentagem dá área desmatada, meia-vida) entre Estados.

	Biomassa média nas áreas desmatadas	Meia-vida (tempo em anos para que 50% da vegetação secundária seja desmatada)	Porcentagem de vegetação secundária nas áreas desmatadas
Acre	197	6	33%
Amapa	256	7	50%
Amazonas	255	10	56%
Maranhao	244	3	13%
Mato Grosso	172	4	18%
Para	228	5	30%
Rondonia	218	4	20%
Roraima	223	6	38%
Tocantins	205	3	15%
<b>Amazonia</b>	<b>210</b>	<b>4.5</b>	<b>24%</b>

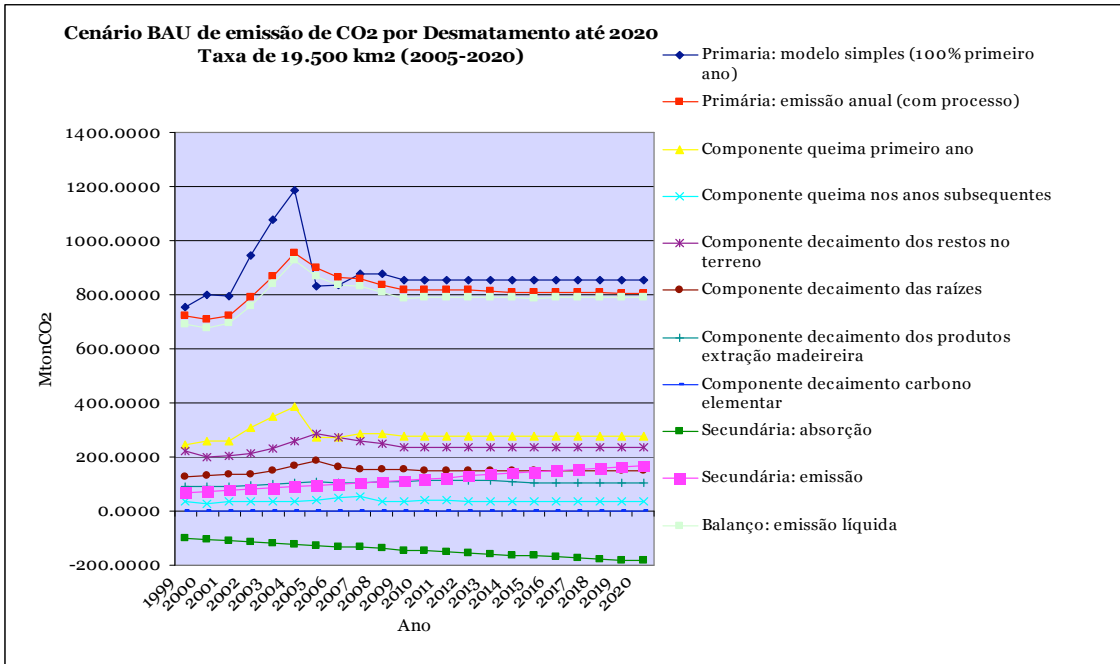
### Cenários até 2020 na Amazônia: metas x linha de base de desmatamento

Esta seção apresenta resultados preliminares de simulações para o período 2005-2020, visando comparar o potencial de redução de emissões caso as metas de redução do desmatamento discutidas anteriormente sejam alcançadas. Neste documento, as estimativas são apresentadas apenas para a escala regional, com taxas regionais de desmatamento, comparando os efeitos das metas de redução de desmatamento (Figura 1) a um cenário baseado na continuidade das taxas médias históricas de 1996-2005 (19.500 km<sup>2</sup>/ano). Este modelo utiliza valores médios de biomassa, meia-vida e vegetação secundária baseados nas médias históricas de 2004 a 2008 apresentadas na Tabela 2 para toda a Amazônia. As Figuras 5.a e 5.b ilustram as diferenças entre os cenários BAU e METAS, mostrando a queda gradual nas emissões no cenário METAS.

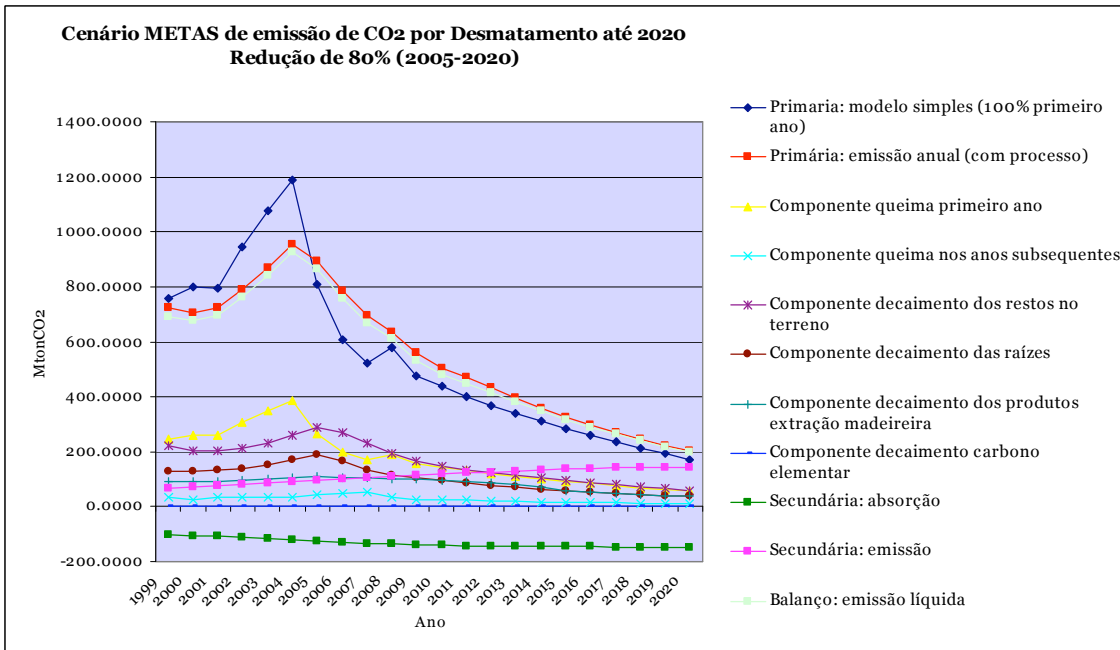
No cenário METAS, as emissões em 2020 seriam da ordem de **200 Mton CO<sub>2</sub>** referente a uma taxa de desmatamento de 3.900 km<sup>2</sup>/ano. Já no cenário BAU, estes valores corresponderiam a aproximadamente **800 Mton CO<sub>2</sub>** e 19.500 km<sup>2</sup>/ano, respectivamente. A Figura 6 ilustra o cálculo de redução das emissões no período 2005-2020, subtraindo os valores estimados de emissão e balanço líquido anuais nos dois cenários (BAU – METAS). Estima-se que em **2020** pode-se obter uma **redução de aproximadamente 600 Mton CO<sub>2</sub> (no ano)** nas emissões relativas ao desmatamento de floresta primária (de acordo com as premissas referentes a dados de



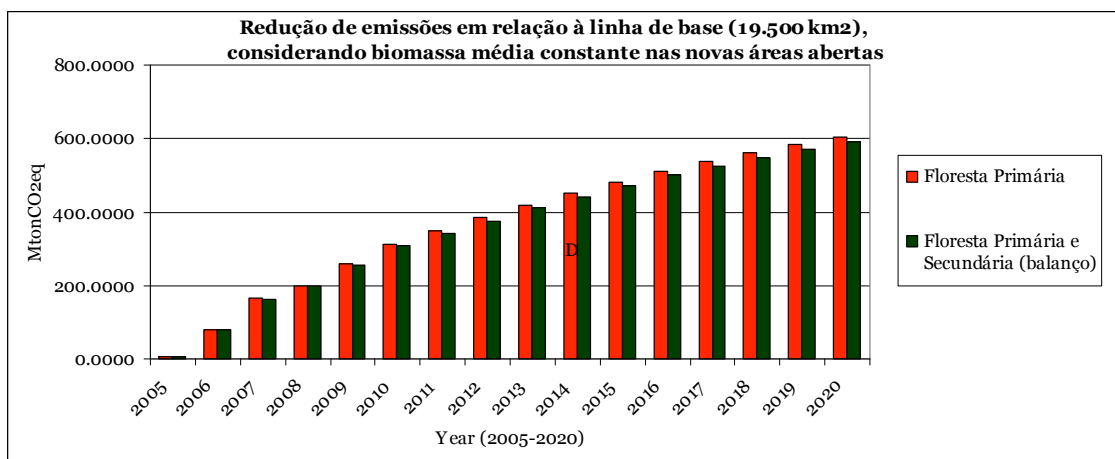
biomassa e outras incertezas do modelo, considerando uma faixa de erro de 15% aproximadamente).



(a) BAU



(b) METAS

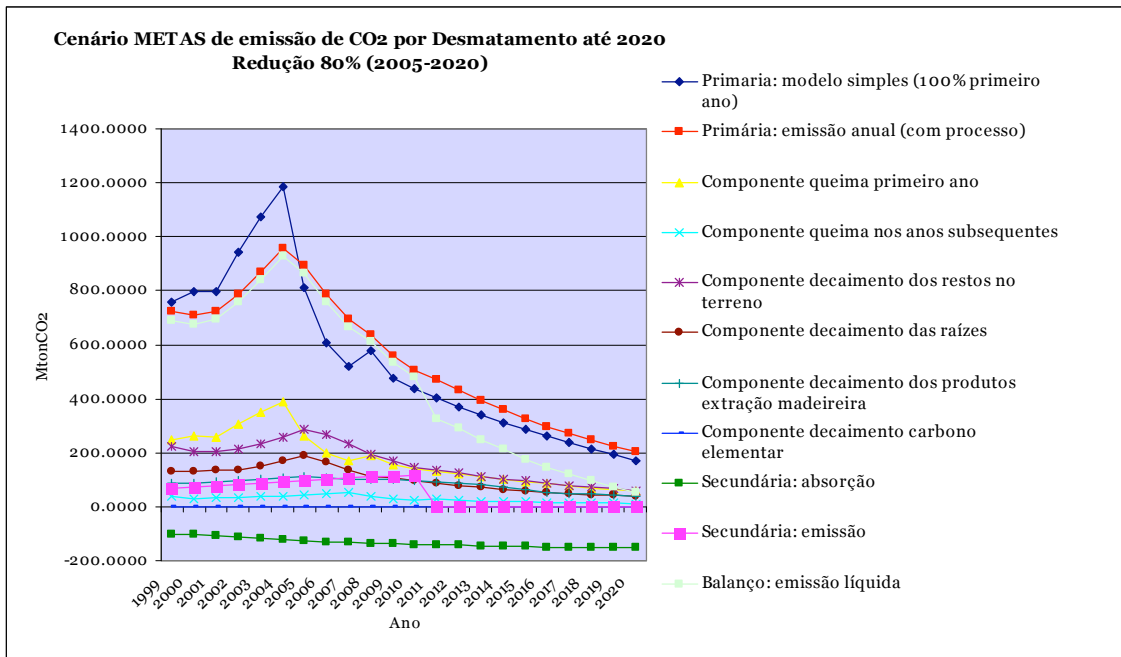


(c) BAU - METAS

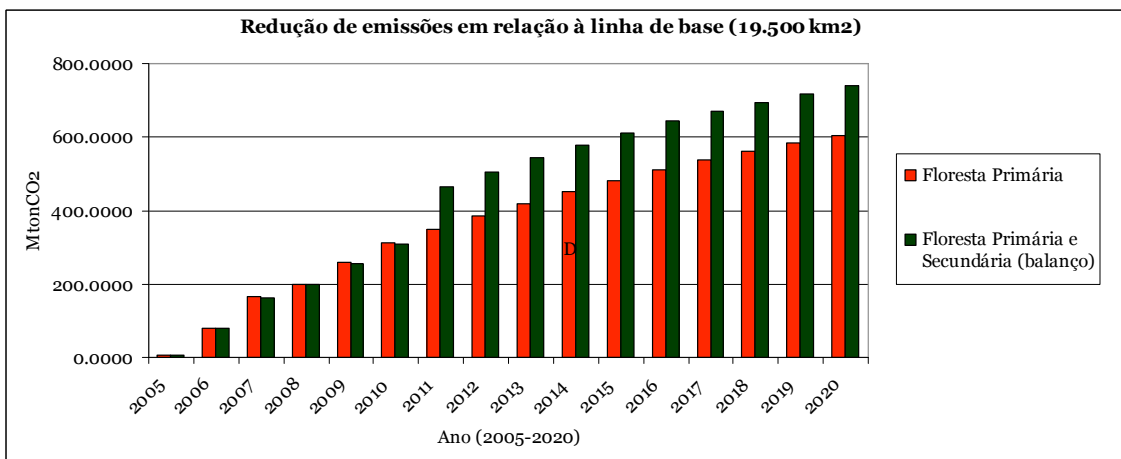
Figura 5 – Cenário de emissões: (a) Estimativa de emissões no cenário BAU; (b) Estimativa de emissões do cenário METAS; (c) Estimativa de redução anual das emissões de CO<sub>2</sub> no período 2005-2020, subtraindo os valores estimados de emissão (floresta primária balanço líquido) nos dois cenários (BAU – METAS).

Finalmente, um cenário adicional avalia os efeitos potenciais de ações voltadas a reduzir não somente o desmatamento da floresta primária, mas também da vegetação secundária, dentro de um contexto de incentivos positivos e reconversão dos sistemas produtivos (Costa e Araújo et al., 2009). Neste cenário, supomos que a meia-vida média é gradativamente aumentada até 2012, e que depois desta data não ocorre mais corte/queima da vegetação secundária. Neste caso, **a redução das emissões líquidas em 2020 pode chegar a 740 Mton CO<sub>2</sub> (no ano)**, o que corresponderia a um percentual ainda mais significativo das metas gerais de redução de emissão dos GEE às quais o governo Brasileiro se comprometeu.

Considerando todo o **período de 2005-2020**, a **redução em relação à linha de base** (cenário BAU-METAS) nas emissões relativas ao desmatamento da floresta primária pode chegar a **5,9 Gton CO<sub>2</sub>**, supondo as médias históricas de biomassa, com valores similares referentes ao balanço líquido com a vegetação secundária. Nestes dois casos, considerando a dinâmica da vegetação secundária também, as reduções em termos de balanço líquido são similares (5,8 e 6,1, respectivamente). Porém, no cenário de valorização das áreas de vegetação secundária (evitando o corte), a redução total (floresta primária+secundária) pode chegar a **7,2 Gton CO<sub>2</sub>** (mesmo no cenário mais conservador, de biomassa mais baixa).



(a)



(b)

Figura 6 – Cenário alternativo que avalia possíveis efeitos da redução de desmatamento da Vegetação Secundária: (a) Estimativas de Emissão anual de CO<sub>2</sub> e seus componentes; (b) Estimativa de Redução de Emissões (em relação ao cenário BAU, biomassa constante).

## **Conclusões**

Este Relatório Técnico Sintético apresentou resultados da primeira fase do projeto coordenado pelo CCST/INPE para cálculo de estimativas de emissões de gases do efeito estufa (GEE) relacionadas ao desmatamento na Amazônia Brasileira. Os números apresentados baseiam-se em resultados de apenas um conjunto de parâmetros (Modelo C1), não devendo ser tomados como valores definitivos, e analisados dentro de uma margem de incerteza de aproximadamente 15%. Um relatório completo, descrevendo com detalhe os aspectos metodológicos do projeto, e resultados combinados de diferentes modelos, será disponibilizado até o início de dezembro de 2009.

O objetivo de médio prazo é desenvolver um sistema de monitoramento de emissões que possa subsidiar adequadamente políticas de redução de desmatamento e de emissões, tanto a nível regional, quanto territorial, com foco na redução de incertezas. Embora neste relatório não sejam apresentadas estimativas de redução de emissão por Estado ou unidades territoriais menores, metodologicamente o mesmo processo pode ser replicado, com base nas taxas locais de desmatamento, visando orientar ações locais de redução de emissões.

Os resultados mostram a importância de considerar as diferenças intra-regionais, tanto para estimar as emissões, quanto para nortear ações governamentais visando à redução das emissões. Os resultados por Estados indicam as especificidades, dificuldades e possibilidades dos diferentes territórios em diminuir suas emissões (Costa e Araújo et al., 2009). Algumas áreas na Amazônia representam um desafio maior para que as metas nacionais sejam alcançadas, e deverão ser priorizadas. Por outro lado, estas áreas possuem maiores possibilidades de obter recursos provenientes de mecanismos como o REDD, por exemplo. Os resultados indicam também que a valorização das áreas de vegetação secundária, além de possibilitar a recomposição dos serviços ambientais perdidos no processo desordenado de ocupação da Amazônia nas últimas décadas, pode desempenhar um papel significativo na redução de emissões. Assim como no caso da floresta primária, isto implica em apoio para reconversão de sistemas produtivos, aos quais o processo de desmatamento está intrinsecamente ligado (Costa, 2009; Araújo et al., 2009).

Finalmente, ressaltamos a magnitude dos valores de emissão estimados por desmatamento, tanto para o total das emissões brasileiras, quanto para o planeta. Considerando o cenário C1 para o ano de 2008, e o balanço de emissões publicados por Le Quéré et al (2009), as contribuições do desmatamento da Amazônia para as emissões globais de CO<sub>2</sub> compreendem entre 1.1 a 1.9% do total. Por outro lado, a redução da ordem de 600 MtonCO<sub>2</sub> em 2020 representa aproximadamente 50% dos

cortes de emissões previstos pela lei que se discute no Congresso americano (17% de corte de emissões dos EUA em relação às emissões de 2005).

## Referências

- Almeida, A. ; Stone, T. ; Vieira, Ima Célia Guimarães ; Davidson, E. (2009). Non-Frontier deforestation in the Eastern Amazonia. *Earth Interactions*.
- Almeida, C. (2009). Estimativa da área e do tempo de permanência da vegetação secundária na Amazônia legal por meio de imagens Landsat/TM .INPE, 2009. 130p. ; (INPE-15651-TDI/1429)
- Becker, B. Amazônia: geopolítica na virada do III milênio. Rio de Janeiro:Garamond, 2004. np. 172.
- Becker, B. Geopolítica da Amazônia. *Estudos Avançados - Dossiê Amazônia Brasileira I*, v. 19, n. 53, p. 71-86, 2005.
- Becker, B. Revisão das Políticas de Ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários? *Parcerias Estratégicas*, n.12, p. 135-159, 2001. INPE, 2009. 130p. ; (INPE-15651-TDI/1429)
- Laurance, W. F., H. L. Vasconcelos, and T. E. Lovejoy. 2000. Forest loss and fragmentation in the Amazon: implications for wildlife conservation. *Oryx* **34**:39–45
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Mapas ZEE Amazônia Legal. 2007. Disponível em:  
[ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/tematicos/integrado\\_zee\\_amazonia\\_legal/Amazonia\\_Estrutura\\_Agraria.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/tematicos/integrado_zee_amazonia_legal/Amazonia_Estrutura_Agraria.pdf). Acesso em: 22 fev 2007.
- Hirsch AI, Little WS, Houghton RA et al. (2004) The net carbon flux due to deforestation and forest re-growth in the Brazilian Amazon: analysis using a process-based model. *Global Change Biology*, **10**, 908–924.
- Houghton, R. A. (2003), Why are estimates of the terrestrial carbon balance so different?, *Global Change Biol.*, **9**(4), 500–509, doi:10.1046/j.1365-2486.2003.00620.x.
- Houghton, R. A. (2005a), Aboveground forest biomass and the global carbon balance, *Global Change Biol.*, **11**(6), 945 – 958, doi:10.1111/ j.1365-2486.2005.00955.x.
- Houghton, R. A. (2005b), Tropical deforestation as a source of greenhouse gas emission, in *Tropical Deforestation and Climate Change*, edited by P. Moutinho and S. Schwartzman, pp. 13– 22, Amazon Inst. for Environ. Res., Brasília.
- Houghton, R. A., and J. L. Hackler (1995), Continental scale estimates of the biotic carbon flux from land cover change: 1850– 1980, Rep. ORNL/CDIAC-79 NDP-050, edited by R. C. Daniels, Oak Ridge Natl. Lab., Oak Ridge, Tenn.
- Houghton, R. A., et al. (2000), Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon, *Nature*, **403**(6767), 301 – 304, doi:10.1038/35002062.

Houghton, R. A., et al. (2001), The spatial distribution of forest biomass in the Brazilian Amazon: A comparison of estimates, *Global Change Biol.*, 7(7), 731–746, doi:10.1046/j.1365-2486.2001.00426.x.

Houghton, R. A., et al. (2007), Mapping Russian forest biomass with data from satellites and forest inventories, *Environ. Res. Lett.*, 2, 045032, doi:10.1088/1748-9326/2/4/045032.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (2009), PRODES: Assessment of Deforestation in Brazilian Amazonia, Natl. Inst. for Space Res, São José dos Campos, Brazil.  
[www.inpe.br/prodes](http://www.inpe.br/prodes)

Carvalho, J.A.; Costa, F.S.; Veras, C.A.G.; Sandberg, D.V.; Alvarado, E.C.; Gielow, R.; Serra, A.M.; Santos, J.C., Biomass Fire Consumption and Carbon Release Rates of Rainforest-clearing Experiments Conducted in Northern Mato Grosso, Brazil, *J. Geophysical Research*, 106(D16), 17877-17887, 2001.

Costa, F.; Araujo, R. et al., 2009. Metas Nacionais de Redução do Desmatamento: É possível alcançá-las? Texto para Discussão – Rede GEOMA. Disponível em  
<http://www.geoma.lncc.br/publicacoes.htm>

Costa, F. de A. (2009). Trajetórias tecnológicas como objeto de política de conhecimento para a Amazônia: Uma metodologia de delineamento. In: *Revista Brasileira de Inovações, FINEP*, Vol. 8, nº1, jan./ jun. de 2009.

Costa, F. de A. (2008). Heterogeneidade Estrutural e Trajetórias Tecnológicas na Produção Rural da Amazônia: Delineamentos para orientar políticas de desenvolvimento. In: *Batisttela, M. Moran, E. F., Alves, D. S. São Paulo, Edusp*, p. 137-180.

Le Queré, C. Et al. (2009). Trends in the sources and sinks of carbon dioxide. *Nature Geoscience*, DOI: 10.1038/ngeo689

Loaire et al(2009), Boosted carbon emissions from Amazon deforestation. *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, VOL. 36, L14810, doi:10.1029/2009GL037526, 2009

Ramankutty, N., et al. (2007), Challenges to estimating carbon emissions from tropical deforestation, *Global Change Biol.*, 13(1), 51 – 66, doi:10.1111/j.1365-2486.2006.01272.x.

Saatchi, S. S., et al. (2007), Distribution of aboveground live biomass in the Amazon basin, *Global Change Biol.*, 13(4), 816– 837.

## ANEXO A – Estimativas de emissões por Estado

