



DIVISÃO DOS  
CURSOS DE  
PÓS-GRADUAÇÃO

PPG PROGRAMA  
DE  
PÓS-GRADUAÇÃO

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DE FLORESTAS  
TROPICAIS – CFT

*Reconstrução e asfaltamento da Rodovia BR–319: Efeito “dominó” pode  
elevar as taxas de desmatamento no Sul do Estado de Roraima*

**PAULO EDUARDO BARNI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências de Florestas Tropicais.

Manaus – AM  
Outubro de 2009



DIVISÃO DOS  
CURSOS DE  
PÓS-GRADUAÇÃO



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DE FLORESTAS  
TROPICAIS – CFT

*Reconstrução e asfaltamento da Rodovia BR-319: Efeito “dominó” pode elevar as taxas de desmatamento no Sul do Estado de Roraima*

**PAULO EDUARDO BARNI**

ORIENTADOR: Dr. PHILIP MARTIN FEARNSIDE

CO-ORIENTADOR: Dr. PAULO MAURÍCIO LIMA DE ALENCASTRO GRAÇA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências de Florestas Tropicais.

FONTE DE RECURSOS: PROJETO PPG7 – CNPq CONSERVAMAZONIA  
PROC. 557152/2005-4  
Bolsa de Pesquisa da FAPEAM

Manaus – AM  
Outubro de 2009

B262

Barni, Paulo Eduardo

Reconstrução e asfaltamento da Rodovia BR-319: efeito “dominó” pode elevar as taxas de desmatamento no sul do estado de Roraima / Paulo Eduardo Barni .--- Manaus : [s.n.], 2009.

xviii, 110 f. : il. color.

Dissertação (mestrado)-- INPA/UFAM, Manaus, 2009

Orientador : Philip Martin Fearnside

Co-Orientador: Dr. Paulo Maurício Lima de Alencastro Graça

Área de concentração : Ciências de Florestas Tropicais

1. Desmatamento – Amazônia. 2. Modelagem ambiental – Roraima.  
3. Cobertura florestal – Amazônia – Simulação. 4. Uso da terra – Dinâmica florestal. I. Título.

CDD 19. ed. 574.52642

**Sinopse:**

Este estudo apresenta resultados de quatro cenários futuros da dinâmica de mudança da cobertura florestal e uso da terra, referente à região sul do Estado de Roraima, simulados entre os anos de 2007 e 2030.

**Palavras chaves:** Desmatamento, modelagem espacial, mudança de uso e cobertura da terra, Amazônia, Roraima.

**KeyWords:** Deforestation, spatial modelling, land use and land cover change, Amazon, Roraima state.

À Luiz Eduardo, um anjo em forma de guri,

*DEDICO*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus primeiramente, e a minha companheira Eleonize por sua paciência, carinho, compreensão e apoio nas horas mais difíceis. Não conseguiria fazer este trabalho sem a tua participação...

Agradeço a minha família, representada por minhas filhas Ana Claudia e Amanda e meu *gurizinho* (nascido durante este trabalho) Luiz Eduardo; por minha irmã Neuza, meu cunhado Severino e meus sobrinhos Matheus, Monique e Melissa que sempre me apoiaram e foram motivo de alegria e descontração nas manhãs de sábados e domingos desses últimos anos. Agradeço também ao meu pai, Valdemar e meus irmãos Neidi e Percival que sempre torcem pelo meu sucesso.

Faço também meus agradecimentos aos meus orientadores Dr. Philip Martin Fearnside e Dr. Paulo Maurício Lima de Alencastro Graça que me deram total apoio e alocaram todos os meios disponíveis para o bom término deste trabalho;

À Universidade Federal do Amazonas – UFAM e todos os professores do curso de Engenharia Florestal, pela minha formação acadêmica;

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA pelo apoio institucional e infra-estrutura;

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Amazonas – FAPEAM e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelas bolsas de estudos;

À rede de Modelagem Ambiental da Amazônia – GEOMA, do Ministério de Ciências e Tecnologias – MCT, por proporcionar inscrição nas conferências do LBA (Large-Scale Biosphere, Atmosphere Program in Amazonia) em Manaus e da rede GEOMA em Belém (2008);

Em Manaus, agradeço Daniel Assunção pela demonstração de generosidade e desprendimento ao repassar valiosa bibliografia do Dinamica; ao Dr. Bruce Nelson e ao Dr. Euler Melo Nogueira pelos dados de biomassa florestal e explicações valiosas.

Em Boa Vista, agradeço ao Dr. Reinaldo Barbosa pelo incentivo, entusiasmo, amizade e pelos dados de biomassa de savana e campinarana existentes em Roraima.

Em Belo Horizonte, agradeço a equipe do laboratório de sensoriamento remoto do departamento de geografia da UFMG: Britaldo Soares-Filho, Hermann Rodrigues e Willian Leles pela disposição sempre presente e paciência ao nos desvendar os “mistérios” desse FANTÁSTICO programa chamado DINAMICA-EGO.

Quero agradecer também todos os meus colegas de mestrado, Tawada, Fernando, Bruno, Caroline, Juvenas, Marcão Bento, Zeca, Priscila, Geisi, Thais, Claudia, Miho, Marciel e Matheus, pelo companheirismo e os momentos de descontração. Também a Gabriel Carrero, por acompanhar-me em minha viagem de campo.

Agradeço também aos técnicos do Laboratório de Agro ecologia, Raimundo e Robson pela disposição sempre rápida em ajudar e às “anônimas” (quase “invisíveis”) profissionais da limpeza por nos proporcionar, diariamente, um ambiente limpo e higienizado.

## RESUMO

A reconstrução e asfaltamento da Rodovia BR-319 (Manaus/Porto Velho), previstos pelo PAC – Programa de Aceleração do Crescimento, do Governo Federal, permitirá acesso, a partir do “Arco do Desmatamento”, a blocos imensos de florestas primárias contínuas na Amazônia Central e Norte. Inúmeros estudos realizados na região apontam a construção de estradas como a principal causa do desmatamento. Particularmente, a Rodovia BR-319 tem um potencial muito grande de canalizar o desmatamento e iniciar um novo ciclo migratório para essas regiões remotas, hoje sem acesso por estradas. Isto devido à falta de terras agricultáveis disponíveis para pequenos e médios proprietários nas regiões ao longo do arco do desmatamento, causadas principalmente, pelo avanço da pecuária extensiva e do agronegócio. Esta situação poderá se agravar com o término da construção das usinas hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio, a montante de Porto Velho no rio Madeira. Estas obras também estão previstas pelo PAC. Segundo estudos as obras têm o potencial de atrair perto de 100 mil pessoas para a região. Essas pessoas ficarão praticamente sem opções de trabalho e sobrevivência com o término das obras. É bastante provável que parte desse contingente possa “engrossar” o fluxo migratório esperado, formado por diversos atores “expulsos” do arco do desmatamento, se dirigindo para a região de Manaus e de Boa Vista através da BR-319 reconstruída. O sul do Estado de Roraima, Região alvo do nosso trabalho, particularmente, poderá ser vulnerável ao desmatamento sem controle se exposto a um fluxo migratório dessa magnitude. Essa região tem acesso a partir de Manaus através da BR-174, conectando também a Venezuela e Caribe. A história recente de migração e colonização foi iniciada na década de 1970 e foi marcada, principalmente pela abertura de Projetos de Assentamento - PAs pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA. Nas décadas seguintes de 1990 e de 2000, novos PAs foram criados no âmbito do governo estadual para atrair novos migrantes ao Estado, que perdeu população devido ao fechamento do garimpo em 1990. Atualmente, no sul de Roraima, esse quadro é agravado pela situação agrária caótica, por denúncias de grilagens de terras públicas, exploração ilegal de madeira e avanço desenfreado da pecuária sobre a floresta, causando degradação do ambiente e perdas de suas funções. Assim, o principal objetivo do nosso trabalho foi modelar a dinâmica de mudanças de uso e de cobertura da terra no sul do Estado de Roraima e estimar as emissões de carbono para a atmosfera decorrente dessas mudanças. Para isso produzimos quatro cenários futuros de desmatamento dessa região, simulados entre 2007 e 2030, a partir do modelo **AGROECO** utilizando o arcabouço operacional do *software* de simulação DINAMICA-EGO<sup>®</sup>. A dissertação está dividida em dois capítulos. No Capítulo I foi feita uma análise da ocorrência do desmatamento em função da proximidade das rodovias BR-174 e BR-210, que cortam a região sul de Roraima, associando o desmatamento ocorrido aos processos de mudanças de uso e cobertura da terra na área de estudo no período de 2001 a 2007. O estudo serviu também como base na captação de parâmetros confiáveis para as rodadas de simulação do desmatamento na região Sul do Estado de Roraima descrito no Capítulo II. A análise do Capítulo I compreendeu a área do município de Rorainópolis (área de influência da BR-174) e dos municípios de São Luiz do Anauá, São João da Baliza e Caroebe (área de influência da BR-210). Foram utilizados dois *buffers* de 20 km de largura subdivididos em oito faixas de 2500 m cada um, ao longo das BR-174 e BR-210. As análises foram realizadas utilizando os dados de desmatamento anual do PRODES em arquivos *shapefile*, arquivos *shapefile* da malha viária de estradas e dos PAs do Sul do Estado de Roraima, aliados a observações de campo. Os resultados mostraram que 90% das estradas vicinais se encontravam dentro da faixa de 20 km de distância das duas rodovias (BR-174 e BR-210). Dentro dessa mesma faixa ocorreram 76% do desmatamento ocorrido no período entre 2001 e 2007 na área de estudo. Os PAs foram responsáveis por 53,3% do desmatamento ocorrido no período e de 77% do

desmatamento acumulado até 2007 na região sul de Roraima como um todo. Esses desmatamentos estão fortemente relacionados com a disponibilidade de estradas e com o número de habitantes no interior dos PAs. Concluímos que o espalhamento de estradas endógenas pela exploração madeireira e novas ocupações de terras, tanto por pequenos e grandes atores, estão acontecendo de forma rápida e desordenada. Este quadro indica um potencial grande de perda de floresta em Roraima se o fluxo de migração para esta área aumentar, como seria esperado se Roraima for conectada ao Arco do Desmatamento com a abertura da Rodovia BR-319 (Manaus – Porto Velho). No Capítulo II apresentamos os resultados dos quatro cenários de desmatamento simulados e as estimativas de emissões de carbono para a atmosfera. Um cenário *Business As Usual* – BAU, chamado de BAU1 e outro de conservação ou de mitigação, chamado de CONSERV1, foram construídos sob a hipótese da NÃO reconstrução e asfaltamento da rodovia BR-319. Os outros dois cenários, sendo também um BAU, chamado de BAU2 e outro de conservação ou mitigação, chamado de CONSERV2, foram construídos sob a hipótese da reconstrução e asfaltamento da BR-319 em 2011. Os cenários construídos sob a hipótese da NÃO reconstrução e asfaltamento da BR-319 presumiram taxas de desmatamento semelhantes às observadas no período entre 2004 e 2007 no sul de Roraima e sofreram oscilações durante as simulações em função de estradas regionais planejadas para o futuro. Os cenários sob a hipótese da reconstrução e asfaltamento da BR-319 além de sofrerem oscilações pelas estradas regionais planejadas para o futuro presumiram forte fluxo migratório partindo do arco do desmatamento em direção a Roraima utilizando a BR-319 reconstruída, com conseqüente aumento nas taxas de desmatamento. Com o cenário BAU1 (sem a BR-319) a área desmatada chegou a 715.250 hectares em 2030, um aumento de 91,9% sobre a área desmatada inicialmente em 2007, com emissões equivalentes a  $56,4 \times 10^6$  toneladas de carbono para a atmosfera. Sob o cenário BAU2 (com a BR-319) a área desmatada alcançou 858.639 hectares em 2030. Aumento de 130,4% sobre a área desmatada inicialmente em 2007, com emissões equivalentes a  $80,3 \times 10^6$  toneladas de carbono para a atmosfera. Com o cenário CONSERV1 (sem a BR-319) a área desmatada chegou a 654.513 hectares em 2030. Aumento de 75,6% sobre a área desmatada inicialmente em 2007 e com emissão de  $46,0 \times 10^6$  toneladas de carbono para a atmosfera. Sob o cenário CONSERV2 (com a BR-319) a área desmatada alcançou 775.888 hectares em 2030. Aumento de 108,2% sobre a área desmatada inicialmente em 2007, com emissão de  $67,2 \times 10^6$  toneladas de carbono para a atmosfera. Os resultados mostraram que sob a hipótese da reconstrução e asfaltamento da BR-319 o desmatamento aumentou em 60.638 a 204.125 hectares em 2030, comparando-se o cenário BAU1 com o cenário CONSERV2 e o cenário CONSERV1 com o cenário BAU2, respectivamente. As emissões de carbono para a atmosfera, decorrente dessas diferenças, foram de  $10,8 \times 10^6$  a  $34,3 \times 10^6$  toneladas de carbono. Comparando o cenário BAU1 com o cenário BAU2 a diferença em área desmatada foi de 143.398 ha e correspondeu a emissão de  $23,9 \times 10^6$  toneladas de carbono para a atmosfera. A reconstrução e asfaltamento da BR-319 farão o desmatamento aumentar entre 18 e 42% no sul do Estado de Roraima em 2030. As emissões de carbono para a atmosfera neste período, decorrentes desse desmatamento sofrerão aumentos em percentuais semelhantes (entre 19 e 42%). Este estudo demonstra que a reconstrução da BR 319, ligando Manaus a Porto Velho, pode ter impactos ao ambiente muito além da sua área de influência oficial no interflúvio dos rios Madeira-Purus. Seus efeitos podem se irradiar até Roraima, proporcionado pela atual malha viária. Medidas mitigadoras para redução desses impactos deveriam incluir também a criação de UCs em Roraima em áreas mais vulneráveis à pressão antrópica, caso a reconstrução da BR-319 venha se concretizar.



## SUMMARY

The reconstruction and paving of the BR-319 (Manaus-Porto Velho) Highway, which is expected under the Federal Government's Program for the Acceleration of Growth (PAC), will allow access from the "arc of deforestation" to the immense blocks of continuous primary forest in central and northern Amazonia. Innumerable studies carried out in the region point to construction of roads as the main cause of deforestation. In particular, the BR-319 Highway has a very great potential to channel deforestation and to initiate a new migratory cycle to remote regions that currently lack road access. This is due to the lack of arable land available to small and medium farmers in the arc of the deforestation, caused mainly by the advance of extensive cattle ranching and agribusiness. This situation will be aggravated with the ending of construction work on the Jirau and Santo Antonio hydroelectric dams, upstream of Porto Velho on the Madeira River. These construction projects are also included in the PAC. Studies indicate that the dam-construction projects will attract approximately 100 thousand people to the region. These people will have practically no options for work and survival with the ending of the construction projects. It is quite probable that part of this contingent will swell the expected migratory flow of diverse actors that are "expelled" from the arc of deforestation, moving to the Manaus and Boa Vista areas via the reconstructed BR-319. The southern portion of the state of Roraima, which is the subject of our study, would be particularly vulnerable to uncontrolled deforestation if exposed to a migratory flow of this magnitude. This region is accessible from Manaus via the BR-174 Highway, which goes to Venezuela and the Caribbean. The recent history of migration and settlement began in the 1970s and was marked mainly by the opening of Settlement Projects (PAs) by the National Institute for Colonization and Agrarian Reform (INCRA). In the 1990s and 2000s, new settlement projects were created under the aegis of the government of Roraima to attract new migrants to the state, which had lost population due to the closing of many gold mines in 1990. Currently, in the southern portion of Roraima this picture is aggravated by the chaotic agrarian situation, by denunciations of illegal occupancies of public lands, illegal logging and the unrestricted advance of cattle ranching at the expense of forest, causing degradation of the environment and loss of its ecological functions. Thus, the main objective of our study was to model the dynamics of land-use and land-cover change in southern Roraima and to estimate carbon emissions to the atmosphere caused by these changes. We produced four scenarios of future deforestation in this region, simulated between 2007 and 2030, using the AGROECO model in the operational framework of the DINAMICA-EGO© simulation software. This dissertation is divided into two chapters. In Chapter I an analysis was made of the occurrence of deforestation as a function of the proximity of the BR-174 and BR-210 Highways that cut through the southern portion of Roraima. We associated the observed deforestation with the processes of land-use and land-cover change in the study area over the 2001-2007 period. The study served as basis for estimating the values of the parameters used in the simulation of deforestation in the southern portion of Roraima described in Chapter II. The analysis in Chapter I encompassed the counties of Rorainópolis (in the area of influence of the BR-174) and São Luiz do Anauá, São João da Baliza and Caroebe counties (in the area of influence of the BR-210). Two 20-km wide buffers were used, each subdivided into eight 2500-m wide strips along the routes of the BR-174 and BR-210. The analyses were carried out using annual deforestation data from PRODES in ArcGis shapefile format, plus shapefiles of the road network and of the settlement areas in the southern portion of Roraima, together with field observations. The results showed that 90% of the access roads were within 20 km of the two highways (BR-174 and BR-210). This same 20-km strip accounted for 76% of the deforestation that occurred between 2001 and 2007 in the study area as a whole. The

settlement areas were responsible for 53.3% of the deforestation that occurred in the period and for 77% of the cumulative deforestation up to 2007 in the southern portion of Roraima. This deforestation is strongly related to the availability of roads and the number of inhabitants in the settlement areas. We conclude that the spreading of endogenous roads for logging and for new land occupations, both by small and large actors, is happening in a rapid and disordered way. This picture indicates a great potential for loss of forest in Roraima if the flow of migration to this area increases, as would be expected if Roraima is connected to the arc of deforestation with the opening of the BR-319 (Manaus - Porto Velho) Highway. In Chapter II we present the results of the four scenarios of deforestation and corresponding estimates of carbon emissions to the atmosphere. A Business as Usual (BAU) scenario, called “BAU1” and a conservation or mitigation scenario called “CONSERV1,” were constructed under the hypothesis of no reconstruction and paving of the BR-319 Highway. The other two scenarios were a business-as-usual scenario, called “BAU2” and another conservation or mitigation scenario called “CONSERV2,” which were built under the hypothesis of reconstruction and paving of the BR-319 in 2011. The scenarios that were built under the hypothesis of no reconstruction and paving of the BR-319 had rates of deforestation presumed to be similar to those observed in the period between 2004 and 2007 in the southern portion of Roraima and underwent oscillations during the simulations as a function of planned regional roads being built the future. The scenarios under the hypothesis of the reconstruction and paving of the BR-319, in addition to suffering oscillations from the planned regional roads in the future, had presumed strong migratory flows from the arc of deforestation to Roraima using the reconstructed BR-319, with consequent increase in the deforestation rate. Under the BAU1 scenario (without the BR-319), the deforested area reached 715,250 ha in 2030. This is an increase of 91.9% over the area deforested initially in 2007, with emission the  $56.4 \times 10^6$  tons of carbon to the atmosphere. Under the BAU2 scenario (with the BR-319), the deforested area reached 858,639 ha in 2030. This is an increase of 130.4% over the area deforested initially in 2007, with emission of  $80.3 \times 10^6$  tons of carbon to the atmosphere. Under the CONSERV1 scenario (without the BR-319), the deforested area reached 654,513 ha in 2030. This is an increase of 75.6% over the area deforested initially in 2007, with emission of  $46.0 \times 10^6$  tons of carbon to the atmosphere. Under the CONSERV2 scenario (with the BR-319), the deforested area reached 775,888 ha in 2030. This is an increase of 108.2% over the area deforested initially in 2007, with emission of  $67.2 \times 10^6$  tons of carbon to the atmosphere. The results showed that under the hypothesis of the reconstruction and paving of the BR-319, deforestation increased by between 60,638 ha and 204,125 ha in 2030, comparing the BAU1 scenario with the CONSERV2 scenario and the CONSERV1 scenario with the BAU2 scenario, respectively. The emissions to the atmosphere caused by these differences, were  $10.8 \times 10^6$  to  $34.3 \times 10^6$  tons of carbon. Comparing the BAU1 scenario with the BAU2 scenario, the difference in deforested area was 143,398 ha, which corresponded to an emission of  $23.9 \times 10^6$  tons of carbon to the atmosphere. The reconstruction and paving of the BR-319 will make deforestation increase by between 18 and 42% in the southern portion of the state of Roraima in 2030. Carbon emissions to the atmosphere in this period, caused by this deforestation, will suffer increases by similar percentages (between 19 and 42%). This study demonstrates that the reconstruction of BR 319, linking Manaus to Porto Velho, can have impacts to the environment far beyond the highway’s official area of influence in the interfluvium between the Madeira and the Purus Rivers. Its effect can radiate as far as Roraima, carried along the existing road network. If the BR-319 is reconstructed, mitigation measures to reduce these impacts would have to include creation of conservation units in Roraima in the areas that are most vulnerable to human pressure.

## LISTA DE TABELAS

### **Capítulo I - Desmatamento no Sul de Roraima: análise da distribuição de ocorrência em função da distância das duas principais rodovias que cortam a região .....24**

**Tabela 1.** Estradas vicinais (km) nas áreas de influência das BR-210 e BR-174, no Sul de Roraima .....40

**Tabela 2.** Tamanho das áreas (km<sup>2</sup>) e desmatamento ocorrente (km<sup>2</sup>) nas áreas de influência das BR-210 e BR-174.....40

**Tabela 3.** Tamanho das áreas de PAs (km<sup>2</sup>) nas duas sub-regiões e dentro dos *buffers*, desmatamento acumulados (km<sup>2</sup>) nos PAs e comprimento de estradas (km).....42

**Tabela 4.** Áreas das faixas de *buffer*, desmatamento acumulado em km<sup>2</sup> de 2001 a 2007 (Desmat\_ac01-07) e até 2007 (Desmat\_ac\_até07), percentuais (%) de desmatamento acumulado entre 2001 a 2007 e até 2007. Ocorrências de estradas vicinais (km) dentro das faixas de distância da rodovia BR-210.....42

**Tabela 5.** Área das faixas de *buffer*, desmatamento acumulado em km<sup>2</sup> de 2001 a 2007 (Desmat-ac01-07) e até 2007 (Desmat\_ac\_até07) e seus percentuais (%). Também ocorrência de estradas vicinais por faixas de distancia da rodovia BR-174 em Rorainópolis.....43

**Tabela 6.** Ocorrências (n) por classes de áreas (ha) de polígonos de desmatamento, tamanho médio e área total (Área\_T) acumulada do desmatamento ocorrido entre 2001 e 2007 nas áreas de influência das BR-210 e BR-174.....44

**Tabela 7.** Projetos de Assentamento (PAs) da região da BR-174, em Rorainópolis..... 49

**Tabela 8.** Projetos de Assentamento (PAs) da região da BR-210.....50

### **Capítulo II - Desmatamento e emissões de Carbono na Amazônia: Simulando o impacto de conectar o Estado de Roraima ao “Arco do Desmatamento” pela reconstrução da Rodovia BR-319 (Manaus-Porto Velho) .....59**

**Tabela 1.** Condições para os quatro modelos de simulação do Sul do Estado de Roraima.....69

**Tabela 2.** Calendário de asfaltamento e construção de estradas projetadas para o futuro aplicado ao modelo AGROECO para todos os cenários (exceto alguns destinos nos cenários de conservação).....76

**Tabela 3.** Biomassa presente e estoque de Carbono nas florestas da região Sul do Estado de Roraima em 2007.....84

**Tabela 4.** Classes de uso da terra consideradas para o cálculo da biomassa da paisagem em equilíbrio recobrando a área previamente desmatada.....88

<b>Tabela 5.</b> Estimativa de biomassa florestal e emissões de carbono nos cenários em 2030.....	97
<b>Tabela 6.</b> Biomassa da paisagem em equilíbrio e conteúdo de carbono.....	97
<b>Tabela 7.</b> Estimativa de biomassa da florestal e emissões de carbono nos cenários em 2030.	98
<b>Tabela 8.</b> Diferenças de desmatamento acumulado, biomassa e carbono em 2030 entre os cenários simulados.....	98
<b>Tabela 9.</b> Desmatamento em 2030 em cada município da região sul de Roraima sob os quatro cenários simulados.....	107

## LISTA DE FIGURAS

### **Capítulo I - Desmatamento no Sul de Roraima: análise da distribuição de ocorrência em função da distância das duas principais rodovias que cortam a região .....24**

**Figura 1.** Carregamento de caminhão de bananas (a e b) na vicinal 35 para o mercado consumidor de Manaus, no PA São Luizão, município de São João da Baliza.....30

**Figura 2.** Plantio de bananas, ao fundo, no travessão que liga a vicinal 011 com a 09, em Caroebe, ao lado de uma área queimada recente em (a) e em (b), a mesma área e ao fundo (b), morte das árvores da borda devido ao forte calor proveniente da queima da biomassa e invasão do fogo na área de mata nativa.....30

**Figura 3.** Um dos 100 tanques para piscicultura instalados ao longo das estradas vicinais de Rorainópolis.....31

**Figura 4.** Caminhão com placas de Rondônia transportando toras para a indústria de beneficiamento de madeiras no sul do Estado.....33

**Figura 5.** Localização da área de estudo abrangendo parte da região Sul do Estado de Roraima e formada por quatro municípios: Rorainópolis, São Luiz do Anauá, São João da Baliza e Caroebe. **Fonte:** Dados de desmatamento: Inpe (PRODES, 2008).....35

**Figura 6.** Pontos de coletas de informações captados ao longo das principais rodovias, estradas vicinais e de PAs visitados na região Sul do Estado de Roraima.....39

**Figura 7.** Desmatamento entre 2001 e 2007 somando-se as ocorrências nos cinco municípios do Sul do Estado de Roraima.....41

**Figura 8.** Área desmatada entre 2001 e 2007 em função da distância da BR-210 e BR-174 no Sul de Roraima.....45

**Figura 9.** Curvas relacionando a ocorrência de desmatamento acumulado até 2007 em função da distância às principais estradas na região Sul do Estado de Roraima.....45

**Figura 10.** Desmatamento acumulado até 2007 em função da disponibilidade de estradas vicinais dentro de faixas de 2.500 metros no entorno da BR-210 e BR-174 na Região Sul de Roraima.....46

**Figura 11.** Disponibilidade de estradas vicinais em função das faixas de distância das estradas principais.....46

**Figura 12.** Relação entre áreas desmatadas e comprimento de estradas vicinais nos Projetos de Assentamento da Região Sul de Roraima.....47

**Figura 13.** Relação entre áreas desmatadas e número de famílias assentadas nos Projetos de Assentamento da Região Sul de Roraima.....48

<b>Figura 14.</b> Padrão de distribuição de polígonos de desmatamento por classes de tamanho (ha) nas áreas de influência da BR-210 e BR-174 no sul do Estado de Roraima, ocorridos entre 2001 e 2007.....	51
<b>Figura 15.</b> Padrão observado no final das estradas vicinais, em forma de “cunha”, do desmatamento acumulado na região da BR-210.....	52
<b>Figura 16.</b> Seqüência de imagens de desmatamento do PRODES mostrando padrões de contágio evoluindo através dos anos e ao longo das vicinais 05, 07 e 09 do PA Jatapú, em Caroebe, região da BR-210. Em <b>a</b> (anos 2000 e 2001), o desmatamento ainda se encontra restrito às faixas de <i>buffer</i> e dentro da área do PA Jatapú. Em <b>b</b> (anos 2002 e 2003), já se pode notar a extrapolação do desmatamento da linha divisória do <i>buffer</i> de 20.000 metros. Em <b>c</b> (anos 2004 e 2005) e em <b>d</b> (anos 2006 e 2007), há a incorporação de mais polígonos de desmatamento aos já previamente existentes, dentro e fora dos limites do <i>buffer</i> e do PA.....	53
<b>Figura 17.</b> Avanço das estradas vicinais ultrapassando as áreas dos Projetos de Assentamento decorrentes da atividade de grilagem de terras públicas na região da BR-210. Obs: Os pontos em vermelho são pontos de coletas de dados na viagem de campo. No círculo superior se observa a extrapolação das vicinais 05, 07 e 09 para além dos limites do PA Jatapú, em Caroebe.....	54
<b>Figura 18.</b> Pastagens em um primeiro plano e plantios de bananeiras ao fundo, em destaque, próximas à borda da floresta, no km 23 da vicinal 22 em São Luiz do Anauá, área de influência da BR-210.....	55
<b>Figura 19.</b> Pastagens com gado no km 12 da vicinal 06 do PA Jatapú, em Caroebe, região de influência da BR-210.....	55
<b>Figura 20.</b> As áreas envoltas pelos círculos pontilhados destacam locais onde está havendo invasões e demarcações de terras públicas, na região da BR-210 (PA São Luizão, Vicinais 05, 07 e 09 e FLONA Jauaperí) e na região da BR-174 (PA Equador e parte da FLONA Jauaperí).....	56
<b>Figura 21.</b> Imagem Landsat TM5, Banda 5 e Órbita Ponto 231/059, de 2008, mostrando desmatamento recente (em destaque) a partir do final da vicinal 07 do PA Jatapú, em Caroebe, região da BR-210. Os polígonos maiores, na ponta da seta, já aparecem nos arquivos de desmatamentos de 2008 do PRODES.....	57
 <b>Capítulo II - Desmatamento e emissões de Carbono na Amazônia: Simulando o impacto de conectar o Estado de Roraima ao “Arco do Desmatamento” pela reconstrução da Rodovia BR-319 (Manaus-Porto Velho) .....</b>	
<b>Figura 1.</b> Local da área de estudo.....	64
<b>Figura 2.</b> Ilustração do modelo conceitual do AGROECO (adaptado por Vitel 2009).....	65
<b>Figura 3.</b> Ilustração do fluxo de dados no modelo AGROECO para a formação da superfície de floresta disponível.....	66

- Figura 4.** Mapa exemplificando a formação de estradas, das faixas fundiária e de floresta disponível. Este mapa serve como entrada para o modelo não-espacial Vensim.....66
- Figura 5.** Mapas de Uso e Cobertura da Terra do ano 2004 e de 2007 da área de estudo, utilizados como mapa inicial, para o cálculo das taxas de transição 2004-2007 e dos pesos de evidência.....69
- Figura 6.** Mapas de variáveis categóricas (a) e contínuas (b).....70
- Figura 7.** Mapa de estradas planejadas para o futuro com as suas datas de implementação no modelo.....77
- Figura 8.** Gráfico do desmatamento nos PAs criados entre 1995 e 1997 no Sul do Estado de Roraima. Obs. Os índices observados nos três primeiros anos são valores médios do desmatamento atribuído ao ano de 1997 segundo a metodologia do PRODES (Brasil, INPE, 2008).....80
- Figura 9.** Projetos de Assentamento criados entre os anos de 1995/1997 no Sul do Estado de Roraima. **Fonte:** Brasil, INCRA, (2007).....80
- Figura 10.** Detalhe ampliado comparando o desmatamento simulado de 2007 (a) e o desmatamento observado no Sul do Estado de Roraima em 2007 (b) (Brasil, INPE, 2008), para a validação do modelo.....81
- Figura 11.** UCs propostas para os cenários de conservação (em vermelho).....82
- Figura 12.** Mapa de biomassa do Sul do Estado de Roraima para o de 2007 derivado do mapa de biomassa da Amazônia, calculado por Nogueira et al., (2008).....83
- Figura 13.** Metodologia para se determinar o mosaico de idades da capoeira remanescente nas paisagens geradas a cada iteração nas rodadas de simulação para os cenários. Esse procedimento foi repetido para cada paisagem anual de cada cenário simulado até o ano de 2030.....86
- Figura 14.** Curva de decaimento exponencial mostrando a permanência percentual das células de capoeira gerada na primeira iteração do cenário BAU1 (sem a BR-319), considerado o cenário de linha de base para as simulações dos outros cenários de desmatamento do sul do Estado de Roraima.....87
- Figura 15.** Lista de gráficos dos pesos de evidência em resposta ao desmatamento observado na área de estudo entre os anos de 2004 e 2007, confrontando-se as variáveis proximais utilizadas no modelo de simulação: a) distância às estradas principais, b) distância às estradas secundárias, c) distância aos rios, d) distância à faixa fundiária, e) distância aos projetos de assentamento e f) distância ao desmatamento.....91
- Figura 16.** Lista de gráficos dos pesos de evidência em resposta ao desmatamento observado na área de estudo entre os anos de 2004 e 2007, confrontando-se as variáveis categóricas utilizadas no modelo de simulação: a) altitude, b) solos, c) relevo, d) vegetação e, e) unidades de conservação.....93

<b>Figura 17.</b> Gráfico representando as taxas de desmatamento anuais verificadas nas simulações dos quatro cenários de desmatamento da região Sul do Estado de Roraima entre 2007 e 2030.....	95
<b>Figura 18.</b> Desmatamento acumulado sob os quatro cenários simulados de 2007 a 2030 para o sul do Estado de Roraima.....	96
<b>Figura 19.</b> Gráfico representando a perda de área de floresta pelo desmatamento sob os quatros cenários do sul do Estado de Roraima, simulados entre 2007 e 2030.....	96
<b>Figura 20.</b> Gráfico representando a composição do mosaico de idades vegetação secundária: $0 < x \leq 5$ (vegetação secundária jovem); $5 < x \leq 10$ (vegetação secundária intermediária) e; $x > 10$ anos ( vegetação secundária antiga).....	99
<b>Figura 21.</b> Cenário BAU1 (sem a BR-319) do Sul do Estado de Roraima simulado para o ano de 2030.....	100
<b>Figura 22.</b> Perda de biomassa e emissões de carbono (toneladas) no sul de Roraima sob o Cenário BAU1(sem a BR-319).....	101
<b>Figura 23.</b> Cenário CONSERV1 (sem a BR-319) do sul do Estado de Roraima simulado para o ano de 2030.....	102
<b>Figura 24.</b> Perda de biomassa e emissões de carbono (toneladas) sob o cenário CONSERV1 (sem a BR-319).....	102
<b>Figura 25.</b> Cenário BAU2 (com a BR-319) do sul do Estado de Roraima simulado para o ano de 2030.....	103
<b>Figura 26.</b> Perda de biomassa e emissões de carbono (toneladas) sob o cenário BAU2 (com a BR-319).....	104
<b>Figura 27.</b> Cenário CONSERV2 (com a BR-319) do sul do Estado de Roraima simulado para o ano de 2030.....	105
<b>Figura 28.</b> Perda de biomassa e emissões de carbono (toneladas) sob o cenário CONSERV2 (com a BR-319).....	105
<b>Figura 29.</b> Municípios do sul do estado de Roraima: Caracaraí, Caroebe, Rorainópolis, São Luiz do Anauá e São João da Baliza.....	106
<b>Figura 30.</b> Desmatamento nos municípios do sul do estado de Roraima sob os quatro cenários simulados entre 2007 e 2030.....	107
<b>Figura 31.</b> Cenário BAU2 exemplificando o efeito das estradas sobre o desmatamento simulado em 2030.....	110



## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>18</b>
<b>OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>23</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>23</b>
 Capítulo I - Desmatamento no Sul de Roraima: análise da distribuição de ocorrência em função da distância de duas principais rodovias que cortam a região.....	 24
Resumo.....	24
Introdução.....	26
Material e Métodos.....	35
Resultados.....	39
Discussão.....	44
Conclusão.....	58
 Capítulo II - Desmatamento e emissões de carbono na Amazônia: Simulando o impacto de conectar o Estado de Roraima ao “Arco do Desmatamento” pela reconstrução da Rodovia BR-319 (Manaus-Porto Velho).....	 59
Resumo.....	59
Introdução.....	61
Material e Métodos.....	63
Resultados.....	90
Discussão.....	108
Conclusão.....	115
 <b>CONCLUSÃO GERAL.....</b>	 <b>116</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>117</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>129</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

As mudanças climáticas globais são impostas ao meio ambiente pelas emissões humanas de Gases de Efeito Estufa (GEE). De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2007), desde a revolução industrial vem emitindo cada vez mais desses gases na atmosfera do planeta (Alley, 2007).

O efeito estufa é um fenômeno natural, sem o qual a temperatura na Terra ficaria, em média, pelo menos 30-34 °C mais fria (Paciornik & Machado Filho, 2000; Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, FBMC, 2002; [www.rudzerhost.com](http://www.rudzerhost.com), 2008), inviabilizando a vida para a maioria das espécies conhecidas hoje. O aumento das concentrações de GEE na atmosfera além dos patamares naturais, principalmente o CO<sub>2</sub> por ser mais abundante, é que provocariam as mudanças no clima na terra (Watson *et al.*, 2000).

Recentemente, dois pesquisadores da área de Geologia (Zalasiewicz & Williams, 2008), da Universidade de Leicester, propuseram ao conselho mundial da classe que se mudasse o nome do período geológico em que a terra se encontra hoje, chamado de “Holoceno”, para “Antropoceno”. Os pesquisadores argumentam que o homem modificou de tal maneira o ambiente nos últimos dois séculos que profundas e irreversíveis modificações na estrutura geológica do planeta já são notadas pela ciência (Meadows *et al.*, 2007). Entre os impactos nos fenômenos relacionados às atividades humanas identificadas por eles e que justificariam a troca de período geológico, estão: padrões transformados de erosão sedimentar e deposições em escala global; maiores distúrbios no ciclo de carbono e na temperatura global; mudanças em grande escala nas plantas e animais e; a acidificação dos oceanos.

No início da Era Industrial o nível de concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera eram de cerca de 290 ppmv, hoje já chega a 367 ppmv e poderá triplicar, segundo projeções de Modelos de Circulação Geral (GCM's na sigla em Inglês), acoplando modelos terra/oceano com modelos da atmosfera do Hadley Centre na Inglaterra, até o ano 2100, caso não se faça nada para se reduzir as emissões. Nesse Cenário a temperatura média mundial se elevaria 4,1 e a da Amazônia 9,2 °C, o que poderá ser catastrófico para a Amazônia e o mundo (Cox *et al.* 2004).

O forte crescimento econômico que vêm experimentando, atualmente, alguns países em desenvolvimento como a China (Wang *et al.*, 2007; Zweibel *et al.* 2008; Aquino & Arini, 2008), a Índia (Zweibel *et al.* 2008) e o Brasil (Meyer, 2008), poderá contribuir ainda mais com o agravamento do efeito estufa. Notadamente, ao contrário do que se verifica nos países desenvolvidos, que tem suas emissões basicamente provenientes de fontes industriais e da queima de combustíveis fósseis, os países em desenvolvimento têm suas fontes de emissões

concentradas nas mudanças de uso e cobertura da terra. Conforme o relatório do IPCC (2007), 17,3% das emissões mundiais de CO<sub>2</sub> é atribuído à degradação dos biomas em escala global devido às explorações dos recursos naturais pelos humanos nestes ambientes.

### **Desmatamentos e emissões de GEE na Amazônia**

De acordo com a Convenção sobre Mudança do Clima do Ministério da Ciência & Tecnologia – MCT (2008), seguindo a abordagem *Top-Down* do IPCC, as emissões do Brasil de CO<sub>2</sub> no setor energético, incluindo combustíveis fósseis e biomassa, foram da ordem de 80 Mg C em 1994. No entanto, cerca de 75% das emissões de GEE no Brasil, incluindo todas as fontes, é proveniente das mudanças nos usos e cobertura da terra.

Para a Amazônia Brasileira no ano base de 1990 e considerando 13,8 x 10<sup>3</sup> Km<sup>2</sup> de superfície desmatada naquele ano, Fearnside (2001) calculou o balanço anual das emissões líquidas comprometidas relativas ao desmatamento em 934 x 10<sup>6</sup> Mg de CO<sub>2</sub> e as líquidas em 1189-1204 x 10<sup>6</sup> Mg de CO<sub>2</sub> para o mesmo período. Com a perda da floresta também há perda nos serviços ambientais prestados por ela (ver Fearnside, 1999; 2000ab; 2003; 2004).

Soares-Filho *et al.* (2005; 2006), modelando o desmatamento para a bacia Amazônica num cenário assumindo as tendências atuais de expansão da agricultura (“o mesmo de sempre”) até o ano de 2050, disseram que seriam eliminadas 40% da floresta, liberando para a atmosfera 32 ± 8 Pg de carbono, com grande extinção de espécies, muitas delas ainda desconhecidas.

Em Roraima, Fearnside (1997a) destaca que no período de 1992 a 1994, apenas 3% de todo desmatamento da Amazônia Legal foi realizado naquele estado. Apesar desse número ser pequeno em relação à Amazônia, segundo o autor, o percentual era bastante significativo. Sendo que as emissões de GEE provenientes desses desmatamentos seriam superiores às emissões de muitos países que tinham seus inventários nacionais em curso, de acordo com a determinação do *Framework Convention on Climate Change* – FCCC. Neste trabalho, o autor também faz o balanço de emissões líquidas de GEE para o estado de Roraima, registrando uma soma da ordem de 14,85 x 10<sup>6</sup> Mg de CO<sub>2</sub>.

Fearnside *et al.* (1990) registram uma taxa anual 317 km<sup>2</sup> para Roraima no período de janeiro de 1978 a agosto de 1989. Nesse período a área desmatada acumulada passou de apenas 132 km<sup>2</sup> (0,06% em relação a área de Roraima) para 3.621 km<sup>2</sup> (1,6% do Estado). A taxa de desmatamento anual média entre os anos de 1988/1989 e 1991/1992, foi de 400 km<sup>2</sup>, sendo que em 1991, Roraima tinha um desmatamento acumulado em 4,2 x 10<sup>3</sup> km<sup>2</sup>

(Fearnside, 1993) e no ano de 1994 esse número alcançou  $5,0 \times 10^3 \text{ km}^2$  (Fearnside, 1997). De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, de 2000 a 2007, só no Sul do Estado de Roraima o desmatamento foi da ordem de  $1301,6 \text{ km}^2$  (PRODES, 2008), com taxa anual média de  $162,7 \text{ km}^2$ , no período indicado.

### **Asfaltamento da BR–319**

Obras de infra-estrutura, como estradas, estão entre as principais causas dos desmatamentos (Kaimowitz & Angelsen, 1998; Nepstad *et al.* 2001; Escada & Alves 2001; Geist & Lambin 2002; Lambin *et al.* 2003; Souza Jr. *et al.* 2004; Oliveira, 2005; Torres, 2005 e Fearnside, 2005). Soares filho *et al.* (2004, 2005) apontam a pavimentação e a construção de estradas como principais determinantes dos desmatamentos da bacia Amazônica. E Théry (2005), observa que a Amazônia esta mudando em função, principalmente através de impactos, uns positivos outros nem tanto, segundo o autor, desencadeados pela abertura de rodovias. Fearnside *et al.* (2009) implementaram no *software* DINAMICA-EGO um modelo de desmatamento e estimativas de emissão de biomassa, de 2007 a 2050, para a área de influência ao longo da Rodovia BR–319, que liga Porto Velho-RO a Manaus-AM, presumindo seu asfaltamento em 2011. As emissões de carbono e a perda da biomassa decorrente dos desmatamentos nesse período simulado somaram 0,9 Pg e 1,9 Pg, respectivamente, com supressão de 38% da cobertura vegetal original, analisados sob o pior cenário BAU (Business As Usual).

A reconstrução e asfaltamento, previstos pelo PAC – Plano de Aceleração do Crescimento, da Rodovia BR–319, poderão fazer crescer os índices de desmatamentos nas regiões sob sua influência, além da Área de Limitação Administrativa Provisória – ALAP (uma área de  $153.995 \text{ km}^2$ ), modelada por Fearnside *et al.* (2007), ver também Araújo (2008). É o caso, por exemplo, do Distrito Agropecuário da Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA, localizado nos arredores de Manaus, e também é o caso da Região Sul do Estado de Roraima. Essas áreas poderão ter suas terras invadidas por pessoas vindas de outras partes do Brasil.

O distrito agropecuário foi formado por grandes fazendas no início da década de 1980. Seus proprietários receberam incentivos da Zona Franca para produzirem e abastecer o mercado de Manaus (Fearnside & Graça, 2005). Porém, devido à pobreza dos solos e altos insumos requeridos para a sua fertilização, a maioria dessas propriedades se encontra hoje praticamente abandonadas. O que seria um grande atrativo para uma leva de imigrantes sem

terras e especuladores de todo tipo. Num verdadeiro “efeito dominó”, esse processo poderá se irradiar para as rodovias BR-174 (Manaus/Boa Vista) e AM-010 (Manaus/Itacoatiara) e se espalhar para todas as áreas de influência dessas estradas, ambas já asfaltadas (Fearnside *et al.* 2007).

Hoje essas regiões ainda estão relativamente “protegidas” devido à BR-319 não oferecer condições de tráfego e às próprias imposições adversas da natureza. Mas, uma vez vencidos esses obstáculos, toda a região central da Amazônia e o extremo norte do Brasil estariam sujeitas a ondas de migração (Fearnside & Graça, 2005).

Uma região bastante vulnerável e que poderá sofrer um forte impacto desse contingente de pessoas, caso se concretize a reconstrução e pavimentação da BR-319, é o Sul do Estado de Roraima, que tem sua cobertura vegetal quase toda composta por florestas primárias. Essa região, cortada pela BR-174 no sentido norte/sul e pela BR-210 no sentido noroeste/sudeste, é formada por cinco municípios: Caracaraí, Rorainópolis, São Luiz do Anauá, São João da Baliza e Caroebe.

O potencial madeireiro para o sul de Roraima foi estimado pelo Projeto Radambrasil (1975), em 219.525.036 m<sup>3</sup> e avaliado por Silva (1997) como de fácil acesso, o que poderá torná-la bastante atrativa para as indústrias de beneficiamento de madeiras. E a possibilidade de se adquirir terras com preços mais acessíveis e com solos mais férteis do que aqueles encontrados na Amazônia Central, também são grandes fatores a considerar, de acordo com Fearnside & Graça (2005).

### **Causas principais do desmatamento no Sul de Roraima**

Para MacMillan (1997), a pecuária, agricultura e extração de madeira são os maiores responsáveis pelos desmatamentos em Roraima (ver também Escada & Alves, 2001; Geist & Lambin, 2002; Lambin *et al.*, 2003; Soares-Filho *et al.*, 2004). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2008), em 2007 o rebanho bovino efetivo no estado somava 481.100 cabeças. Desse total, 125.600 (26,1%) estavam sendo criadas em pastagens dos cinco municípios do sul de Roraima.

Em 2007, a agricultura somava no Estado, 7.487 ha plantados com culturas permanentes; deste total, 62,1% se concentravam na região sul. Já os cultivos anuais eram da ordem de 41.908 ha plantados no Estado, sendo 17,3% desse total na região sul (IBGE, 2009).

A exploração de madeiras nobres no sul do estado de Roraima se intensificou a partir de 1988, quando a região abrigava cerca de 55% da indústria madeireira instalada no estado

(Barbosa, 1990). De 1984 a 1988, a produção de madeira triplicou, registrando-se um volume explorado de 21.044 m<sup>3</sup>. Ressaltando-se que em 1984, segundo esse autor, a frente de colonização estava ainda em fase de implantação. Em 2007, a produção de madeira em toras da região sul foi de 53.420 m<sup>3</sup>, perfazendo um percentual de 43,1% em relação ao total produzido pelo estado, que foi da ordem de 124.020 m<sup>3</sup> de madeira em tora (IBGE 2009).

Segundo IBGE (2007), no último censo realizado em Roraima, em 2000, foram contados 324.397 habitantes, desse total 23,85% moravam na zona rural do Estado. Já a população do sul de Roraima foi somada em 47.773 habitantes, sendo que desse total, 48,24% habitavam a zona rural do sul do estado.

Todos esses números relacionados à produção e às taxas de ocupação do solo e população no sul de Roraima, e até do próprio estado, são bastante modestos, mesmo se comparados aos outros estados da Região Norte. Com a reconstrução e o asfaltamento da rodovia BR-319, o fluxo de pessoas vindas para essa região poderá aumentar significativamente. Virão, possivelmente, atraídas pela possibilidade de conseguir sua terra própria e/ou por incentivos dados pelo governo do estado (ver Barbosa, 1993; Mourão, 2003; Fearnside & Graça, 2005). Essa nova situação poderá trazer grandes desequilíbrios sociais e ambientais, inclusive com aberturas de novas fronteiras de ocupação (Soares-Filho *et al.*, 2005).

Dentre esses desequilíbrios, podemos citar o “inchaço” da população urbana, com favelização das periferias das cidades e aumento também da população rural. Tais desequilíbrios podem causar conflitos pela posse da terra: invasões de terras indígenas, invasões de áreas protegidas, grilagens de terras devolutas e exploração madeireira desenfreada; desmatamentos, degradação do meio ambiente, perda de biodiversidade e conseqüente aumento nas emissões de GEE para a atmosfera.

### **Importância de simulação de Cenários Futuros**

Atualmente, um instrumento que vem sendo bastante desenvolvido e que poderá ser utilizado para o auxílio nas tomadas de decisões, é a simulação de cenário futuro (Soares-Filho *et al.*, 2004, 2006). Para se criar cenários futuros são usados modelos de simulação (Soares-Filho *et al.*, 2005, 2006) executados em *softwares* especialmente desenvolvidos para esse fim. Os cenários futuros se prestam a um melhor entendimento dos padrões subjacentes a processos relacionados às dinâmicas de mudanças da paisagem, tanto de fenômenos naturais

como sociais. Para Soares Filho *et al.* (2006), a simulação é vista como um instrumento de aquisição de conhecimento a partir da integração da informação sobre sistemas dinâmicos.

Um cenário futuro não é uma previsão. É uma forma de estudar as implicações dessa ou daquela hipótese sobre as tendências futuras (FBMC, 2002; Meadows, 2007). Segundo Baker (1989), modelos de simulação de mudança da paisagem serviriam para investigar a interação entre processos naturais e analisar estratégias de manejo do meio ambiente. De acordo com Lambin *et al.* (2000); Veldkamp & Lambin (2001) e Verburg *et al.* (2004), dariam, também, suporte às análises das causas e conseqüências da dinâmica de uso da terra, ajudando a compreender a complexa teia de fatores sócio-econômicos e biofísicos que influenciariam a taxa e os padrões da mudança.

Comentando sobre a utilização do software SimAmazônia, que simula cenários futuros para a Amazônia, o site [www.amazonia.org.br](http://www.amazonia.org.br) (2008), disse que estes cenários estariam subsidiando a formulação de novas políticas públicas para a região amazônica. Salientou ainda que, como são voltados à valoração dos serviços ambientais, estaria combatendo o desmatamento e as emissões de carbono na atmosfera.

As causas e a dinâmica dos desmatamentos na Amazônia já são bastante conhecidas (Geist & Lambin, 2004; Ewers & Laurance, 2006). Porém, falta ainda que os tomadores de decisão acatem as recomendações dos pesquisadores e promovam políticas públicas que favoreçam o equilíbrio das relações sociais humanas, evitando assim, maiores prejuízos ao meio ambiente, do qual dependem as gerações futuras, tanto para sua reprodução como sobrevivência.

## **OBJETIVO GERAL**

Prover uma análise dos processos de desmatamento a partir de modelagem da dinâmica dos seus padrões nas mudanças de uso e cobertura da terra e produzir quatro cenários futuros de desmatamento da floresta primária da Região Sul do Estado de Roraima estimando sua biomassa e conseqüente emissão de Carbono para a atmosfera, simulados de 2007 a 2030.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Identificar os principais vetores do desmatamento no sul do Estado de Roraima;
2. Adaptar o modelo AGROECO para a área de estudo.

## **CAPÍTULO I** - Desmatamento no Sul de Roraima: análise da distribuição de ocorrência em função da distância das duas principais rodovias, BR-174 e BR-210, que cortam a região<sup>1</sup>

### **Resumo**

Na Amazônia, padrões de desmatamento são resultados das ações de atores sociais inseridos no espaço político-geográfico e podem ser percebidos em escala de paisagem. Devido à grande variedade e mobilidade no tempo e no espaço dos atores envolvidos nos processos de desmatamento, o estudo de seus padrões resultantes se faz extremamente complexo, porém necessário para auxiliar na formulação de medidas de contenção. Na Amazônia brasileira, em uma escala regional, geralmente esses padrões estão associados a Projetos de Assentamento (PAs) e obras de infra-estrutura assim como estradas. Para esse trabalho foram utilizados dois *buffers* de 20 km de largura subdivididos em oito faixas de 2500 m cada um, ao longo das duas principais rodovias que cortam o sul do Estado de Roraima: BR-174 e BR-210. As análises foram realizadas para o período entre 2001 e 2007 utilizando os dados de desmatamento anual do PRODES em arquivos *shapefile*, arquivos *shapefile* da malha viária de estradas e dos PAs do Sul do Estado de Roraima, aliados a observações de campo. Com isso procuramos identificar processos e padrões de distribuição de desmatamento ocorrentes dentro das áreas de *buffer* e de entorno dos *buffers*, nas duas sub-regiões de influência das rodovias, que pudessem revelar a dinâmica de mudanças na cobertura florestal e de uso da terra na região sul como um todo. Nossa análise mostra que os PAs da região Sul de Roraima foram responsáveis por 53,3% dos desmatamentos ocorridos entre os anos de 2001 a 2007 e de 77% do desmatamento acumulado até 2007 na região como um todo. Esses desmatamentos estão fortemente relacionados com a disponibilidade de estradas e com o número de habitantes em seu interior. Na área de influência da rodovia BR-210, formada pelos municípios de São Luiz do Anauá, São João da Baliza e Caroebe, o desmatamento realizado entre 2001 e 2007, foi quase duas vezes (~1,9) maior do que o verificado na área de influência da rodovia BR-174, formada pelo município de Rorainópolis, no mesmo período. Isso por conta de padrões de ocupação e uso da terra existentes na área de influência da BR-210 devido, principalmente, à derrubada de grandes áreas de floresta por grandes fazendeiros para criação de novas pastagens para o gado ao longo dos anos. E em menor grau, com maior distribuição no tempo e no espaço, ocorrem os desmatamentos causados por pequenos agricultores familiares. Porém, com fins especulativos, fazendeiros, grileiros e pequenos posseiros, acobertados por autoridades locais, vêm demarcando e distribuindo terras públicas no final de estradas vicinais de PAs, alongando-as sistematicamente para dentro da floresta. Tal processo produz um padrão de desmatamento característico, semelhante a padrões de “contágio”, aonde polígonos de desmatamento dos anos posteriores vão se juntando aos dos anos anteriores, resultando em polígonos maiores de desmatamento acumulado no final de alguns ciclos ou anos. Esse padrão sistêmico faz com que haja sempre demanda por novas áreas de florestas para serem cortadas para dar lugar, finalmente, a mais pastagens. Já a área de entorno da BR-174 engloba quase 100% da área de todos os PAs, de toda malha viária e, conseqüentemente, de todo o desmatamento verificado na região de Rorainópolis até a presente data. A sede municipal de Rorainópolis abriga, atualmente, o maior pólo madeireiro da região sul de Roraima e está situada dentro do Projeto de Assentamento Dirigido (PAD) Anauá. Aqui o processo de concentração fundiária existe, porém é menos intenso que aquele

---

<sup>1</sup> Este capítulo está escrito conforme normas da revista *Forest Ecology and Management*.



observado ao longo da área de influência da BR-210 e há ainda nos PAs a predominância de pequenos proprietários rurais. Acreditamos que o pólo madeireiro pode ter influenciado na formação de polígonos de desmatamento menores do que aqueles verificados na área de influência da BR-210 através da compra de madeira licenciada por autorizações de corte concedidas pelo órgão ambiental do Estado aos pequenos agricultores até 2007. Essa indução pode ter sido fortalecida, nos últimos anos, com a pressão exercida por madeireiros vindos do sul do Pará, Rondônia e Acre para a exploração florestal em Roraima. Isso é possível devido à relação inversa entre os períodos chuvosos desses Estados da borda Sul da Amazônia e Roraima, localizado, quase que na sua totalidade, acima da linha imaginária do Equador. Os Projetos de Assentamento são importantes vetores de desmatamento na região Sul de Roraima, por abrigarem grande parte da malha viária secundária. Os *buffers* de 20 km de largura, juntamente com as faixas de distância de 2500 m, aplicados em ambas as rodovias, foram eficazes para ajudar a entender os processos e padrões de distribuição do desmatamento ocorrentes na região sul como um todo. E o desmatamento ocorrido na área de influência da BR-210 durante o período analisado foi causado predominantemente por grandes proprietários de terras, ao passo que o desmatamento ocorrido na região de Rorainópolis (BR-174) foi causado predominantemente por pequenos agricultores rurais. A forte presença de madeireiros vindos de fora da região para a exploração florestal, e conseqüente pressão por madeiras licenciadas, podem ter influenciado, de maneira indireta, na formação de polígonos de pequenas áreas na região de Rorainópolis. O quadro de desmatamento no Sul de Roraima hoje, com expansão rápida de estradas endógenas e desmatamento num contexto de ocupação e exploração madeireira desordenada, indica um grande potencial para aceleração do desmatamento e abertura de novas fronteiras de assentamento se o fluxo de migrantes para a área aumentar. Este seria um impacto esperado com a abertura da rodovia BR-319 (Manaus – Porto Velho) ligando Roraima ao “Arco do Desmatamento” no sul da região Amazônica.

## Introdução

Na Amazônia, padrões de desmatamento resultam da ocupação do território e da exploração dos recursos naturais através da conversão da cobertura florestal e da sucessão de da posse da terra por atores sociais, em diferentes escalas geográficas e ao longo do tempo. Na Amazônia brasileira, em escala regional, geralmente esses padrões estão associados a Projetos de Assentamento (PAs) e obras de infra-estrutura assim como estradas.

De acordo com o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA (2007), existem 48 PAs atualmente no interior do Estado de Roraima, situados dentro de uma faixa aproximada de 100 km, abarcando as principais estradas e rodovias que cortam o Estado de Norte a Sul. Desses 48 assentamentos, 22 (45,8%), pertencem aos municípios do Sul do Estado de Roraima, abrigando, por sua vez, 1.802 km de estradas da malha viária da região (57,1%) e 8.173 famílias assentadas até 2007 (INCRA, 2007). E de acordo com Pinto et al. (2007), até o ano de 2005, cerca de 40% das áreas de assentamentos rurais de Roraima, estavam situadas sob floresta ombrófila densa no sul e sudeste do Estado.

Entre 1955 e 1981, todo sul e sudeste do Estado de Roraima pertenciam unicamente ao município de Caracará (Mourão, 2003). Daí então, os atuais municípios do sul de Roraima foram sendo formados a partir da criação de PAs naquele município (Barbosa, 1993a; Pinto et al., 2007). Esse processo pode ser visto ainda hoje ao longo da BR-174, nos municípios de Rorainópolis e Caracará, com a formação de várias vilas localizadas próximas ou dentro de PAs. Também ao longo da BR-210 se verifica esse processo de formação de vilas naqueles municípios. Em São Luiz do Anauá a Vila Moderna, no município de São João da Baliza a criação recente do PAs São Luizão e a Vila São Luizão dentro dele e, por último, a vila Entre-Rios, localizado no município de Caroebe.

Estas localidades poderão vir a se tornar novos municípios num futuro não muito distante. Segundo Heder (2008), há um projeto de autoria de um senador por Roraima, tramitando na câmara federal que permitirá, se aprovado, a criação pelos estados de novos municípios. De acordo com esse autor, Roraima poderá ganhar seis novos municípios com essa lei, sendo três deles localizados na região sul do Estado: Santa Maria do Boiaçu e Nova Colina, pertencentes atualmente ao município de Rorainópolis e Novo Paraíso, pertencente ao município de Caracará.

### *Projetos de Assentamento*

Segundo a Fundação do Meio Ambiente e Tecnologia de Roraima – AMBITEC, (1994) houve um refluxo na população do Estado de Roraima logo após o fechamento do “garimpo” nas Terras Indígenas (TI) pelo governo federal em 1990. De acordo com Mourão (2003), a partir dos anos 1990 as taxas anuais de crescimento demográfico em Roraima caíram drasticamente, passando de 9,6% no período de 1980-1991 para 2,8% entre 1991-1996. As taxas de crescimento voltam a subir a partir de 1995/1996, ainda segundo a autora, devido aos esforços do governo estadual em reordenar e dinamizar a política de assentamentos na região. Esse esforço teria sido dirigido no intuito de promover melhorias na infra-estrutura dos assentamentos com aberturas de novas estradas vicinais, expansão de PAs já criados e na criação de novos projetos de assentamentos (Mourão, 2003).

Um estudo do Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia - IMAZON (Brandão Jr. & Souza Jr., 2006), entre 1997 e 2004, abrangendo 343 PAs na Amazônia brasileira, mostrou que as taxas de desmatamento ocorridos dentro dos PAs, de 1,6% ao ano, foram quatro vezes maiores daquelas ocorridas na Amazônia como um todo (0,4%), no mesmo período analisado. No sul de Roraima, os PAs foram responsáveis por cerca de 77% dos desmatamentos acumulados até o ano de 2007 (PRODES, 2008), com taxas de desmatamento *per capita* cerca de 3,4 vezes maiores do que fora deles neste período.<sup>2</sup>

### *A questão fundiária em Roraima*

Brito & Barreto (2009) listaram quatro princípios para orientar o processo de regularização fundiária na Amazônia. Estes seriam:

- ✓ Regularizar ocupações privadas considerando e respeitando outros direitos prioritários na legislação (ex: Terras Indígenas) e interesses públicos (ex: conservação da biodiversidade e dos serviços ambientais);
- ✓ Eliminar subsídios perversos derivados do uso gratuito da terra pública;
- ✓ Evitar políticas contraditórias entre governos (federal e estadual) e entre órgãos da mesma esfera de governo; e

---

<sup>2</sup> O Superintendente do INCRA, em Comunicação pessoal, informou que apenas 14,6% dos PAs (sete) estariam registrados nos cartórios da capital. E que até 2003 a média de ocupação efetiva dos PAs seria de 38%, salientando que a alta rotatividade causava um sério problema de gerenciamento no sistema, pois o INCRA trabalharia com metas anuais de assentamento de famílias.

- ✓ Atuar com transparência para a sociedade civil.

Em Roraima, além dos fatores comuns vistos em outros estados da região amazônica, no que diz respeito à regularização da posse e ocupação da terra (Fearnside, 1989; Oliveira, 2005; Brandão Jr. & Souza Jr., 2006; Barreto et al., 2008a, Brito & Barreto, 2009), essa questão esbarrava na Legislação Federal que proibia a transferência de terras da União para os estados, com exceção daqueles para fins de reforma agrária (Aquino, 2009). Isso porque o governo federal ainda não havia repassado as terras da União arrecadadas ao Estado de Roraima pelo INCRA quando este passou de Território Federal para um Estado da federação em 1988 (Folha de Boa Vista, 2007a,b).

De acordo com o relatório para o Zoneamento Econômico Ecológico – ZEE de Roraima, na opinião de empresários entrevistados na capital e de alguns políticos locais (Folha de Boa Vista, 2007a,b), esse fato estaria dificultando o desenvolvimento do Estado, pois não teria como o governo do Estado fazer o planejamento dos futuros usos da terra em Roraima sem a devolução dessas áreas pela União.

O Relatório do ZEE de Roraima informa que a falta de política de ordenamento e a deficiência na política de assentamentos agrícolas de ocupação em Roraima causariam uma série de problemas. Dentre eles o relatório cita: invasões de terras públicas, falta de titulação da terra, abandono de lotes pelos colonos e sua substituição (rotatividade), venda de lotes e a concentração de posse da terra dentro dos PAs e a conseqüente degradação ambiental.

Sobre a questão da sucessão de posse da terra no sul do Estado de Roraima, Mourão (2003), constatou que até o ano de 1998 apenas 31% dos 109 colonos entrevistados no PA Jatapú, localizado no município de Caroebe, eram seus primeiros donos desde a data de criação do PA, em 1983 (INCRA, 2007). Naquela ocasião, Mourão (2003) relatou que 45% dos assentados possuíam de 2 a 3 lotes de terras e que 15% possuíam mais de três lotes. Brondízio & Moran (2007), analisando taxas de *turnover* (rotatividade), em lotes de PAs em três municípios do Estado do Pará, descobriram que apenas 34,9, 25,8 e 23,7% dos lotes permaneceram com o mesmo dono em cada município, respectivamente, desde a chegada das famílias nos lotes.

Mourão (2003) denuncia que os PAs mais recentemente criados no sudeste de Roraima (Rorainópolis, São Luiz do Anauá, São João da Baliza e Caroebe) seriam conduzidos por políticos e madeireiros (Ver também Barbosa, 1993a). Para a autora, estes territórios seriam, portanto, de domínio político e econômico.

Futuras mudanças na regularização fundiária na Amazônia podem acelerar a concentração de terras e a apropriação de terras públicas por grileiros. A Medida Provisória

(MP) 458/2009 tem sido criticada por muitos pesquisadores ao estabelecer equivalência entre posseiro e grileiro de terras (Brito & Nader, 2009) e por permitir a regularização de terras públicas ocupadas em até 1500 ha (Brito & Barreto, 2009). Com a aprovação da MP nestes termos haveria a possibilidade de trazer alguns riscos embutidos de legalizar condutas criminosas, como a grilagem de terras públicas, e o de favorecer um novo ciclo de expansão da fronteira predatória (Folha de São Paulo, 2009).

#### *Aspectos sócio-econômicos do Sul do Estado de Roraima*

Para se entender a organização econômica do sul e sudeste de Roraima é essencial analisar a política de colonização na região, a composição da população e o grau de adaptabilidade dos imigrantes (Mourão, 2003). Mourão (2003) explica que os padrões resultantes de degradação do meio ambiente pelos desmatamentos, mau uso do solo e pela ocupação desordenada da região, seriam motivados pela origem dos colonos e por programas de colonização movidos por interesses políticos (Barbosa, 1993a) e de segurança nacional. No caso da origem dos imigrantes para o sul de Roraima, Mourão (2003) também afirmou que aqueles que vieram do sul do Brasil teriam maior experiência, já teriam passado por outras fronteiras, enquanto os que tinham vindo do nordeste brasileiro, em sua ampla maioria, desconheciam práticas agrícolas. Isto porque, explica a autora, esses imigrantes foram para Roraima, inicialmente, atraídos pelos garimpos, vindo a se estabelecer como sitiante e colonos após o fechamento destes pelo governo Fernando Collor de Mello em 1990. A maioria dos nossos entrevistados nos PAs (68%) tinham como local de origem o norte e nordeste do Brasil.

É comum encontrar nas áreas de assentamentos no Sul de Roraima o predomínio de culturas anuais e bananicultura no final das estradas vicinais (Fig. 1). No fim do ciclo de produção da banana, geralmente entre três a cinco anos, segundo o presidente da Cooperativa Agropecuária de Agricultores (as) Familiares de Caroebe – COOPARFAC haveria o abandono da terra pelo agricultor ou o semeio de capim para a formação de pastagem.

Dessa forma, as mudanças de uso e cobertura da terra no sul de Roraima estão fortemente motivadas para essas atividades econômicas primárias (Fig. 2), que por sua vez, tende a ser substituída por pastagens com o seu declínio produtivo. Mourão (2003) destaca que a penetração da exploração agropecuária na floresta seguiria um padrão de ocupação massiva da região, de forma pioneira, inicialmente com a extração da madeira, depois o estabelecimento de cultivos e finalmente, com a formação de pastagens.



Fig. 1. Carregamento de caminhão de bananas (a e b) na vicinal 35 para o mercado consumidor de Manaus, no PA São Luizão, município de São João da Baliza.



Fig. 2. Plantio de bananas, ao fundo, no travessão que liga a vicinal 011 com a 09, em Caroebe, ao lado de uma área queimada recente em (a) e em (b), a mesma área e ao fundo (b), morte das árvores da borda devido ao forte calor proveniente da queima da biomassa e invasão do fogo na área de mata nativa.

### *Alternativas econômicas para a região Sul de Roraima*

Mourão (2003), comentando sobre a criação do PA Jatapú, em Caroebe, e a política de créditos disponíveis para os assentados, afirmou que esta, apesar de beneficiar cerca de 74% dos colonos instalados à época, não teria sido correta. Isto porque, segundo a autora, houvera interferências políticas nas distribuições dos créditos, falta de fiscalização e falta de assistência técnica adequada aos colonos. Esses fatores, somados com a falta de professores e técnicos de saúde para assistirem os assentados, além da falta dos equipamentos necessários

para equipar essas unidades, contribuiriam para que os colonos abandonassem ou vendessem seus lotes. Pinto et al. (2007) comentam, em seu estudo do potencial florestal e oportunidade de manejo das florestas do Sul do Estado de Roraima, que a produção florestal de Roraima seria sub-aproveitada e inexpressiva diante do potencial reconhecido daquela floresta.

Segundo o Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA e a Comissão de Implantação de Ações Territoriais – CIAT (MDA, 2008), atualmente, os cinco municípios que compõem região Sul de Roraima, Caracaraí, Rorainópolis, São Luiz do Anauá, São João da Baliza e Caroebe, fariam parte de uma das 60 sub-regiões delimitadas pelo governo Federal. A estratégia dessa abordagem de subdividir o território nacional, segundo o MDA, seria de promover o desenvolvimento a partir de iniciativas locais, procurando as “vocações naturais”, particulares de cada região (Sachs, 2002). Dentro desta perspectiva, e com assessoria do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE, já teriam sido criados na região um projeto de unidade demonstrativa de Manejo Florestal de Uso Múltiplo, de ovino-caprino-cultura e um projeto de piscicultura em Rorainópolis.

No âmbito desse projeto e em parceria com o governo do Estado, teriam sido construídos cem açudes em estradas vicinais do PAD Anauá (Fig. 3) e teria sido beneficiado o mesmo número de famílias. O MDA também teria financiado projetos de capacitação dos beneficiados através de oficinas profissionalizantes (MDA, 2008).



Fig. 3. Um dos 100 tanques para piscicultura instalados ao longo das estradas vicinais de Rorainópolis.

### *A extração madeireira*

Veríssimo et al. (2002) comentam que o crescimento econômico dos pólos madeireiros em áreas de fronteira de colonização na Amazônia seria rápido e efêmero. Essas áreas se caracterizariam por um período de *boom* e, em seguida por, colapso (ver também Rodrigues et al., 2009). Barbosa (1990) relata que o pólo madeireiro do Sul de Roraima era localizado entre os municípios de São João da Baliza e São Luiz do Anauá, cidades localizadas ao longo da BR-210. Isso foi devido àquela região possuir, na ocasião, o maior estoque de madeiras, sendo disponibilizado pela abertura de PAs (Albuquerque et al., 2004; Brandão Jr. & Souza Jr., 2006). Porém, segundo Barbosa et al. (2008), o pólo madeireiro se deslocou, a partir da década de 1990, para Rorainópolis, cidade sede do município de mesmo nome, situada às margens da BR-174 e dentro do Projeto de Assentamento Dirigido – PAD Anauá. A transferência foi possível devido ao fácil transporte dos produtos para os mercados de Manaus e Boa Vista e pela disponibilidade de madeiras em novas frentes abertas pela colonização no Sul do Estado (Barbosa et al., 2008) e devido ao declínio dos estoques verificados anteriormente no pólo localizado às margens da BR-210.

Dentre outros aspectos importantes relacionados com as atividades de exploração e comercialização de madeiras em Rorainópolis (constatados na visita de campo) está a forte presença de madeireiros vindos anualmente de fora de Roraima para a exploração florestal. Os entrevistados fizeram frequentes denúncias de corrupção na comercialização, extração e transporte de madeira por madeireiros.

Em Rorainópolis, madeireiros transportariam toras para as serrarias à noite para burlar a fiscalização. Esses madeireiros usariam uma mesma guia do Documento de Origem Florestal – DOF para transportar várias cargas de madeira em tora das áreas em exploração ao pátio das serrarias, apresentando o DOF apenas se a fiscalização os parasse para averiguações. Já as empresas madeireiras “esquentariam” (regularização de forma fraudulenta) essa madeira irregular através de grandes planos de manejos licenciados pelos órgãos ambientais. Esse expediente serviria também para justificar o grande volume de toras em seus pátios perante a fiscalização. O setor madeireiro fazia pressões através de políticos e do governador sobre o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA para que esse “aliviasse” a fiscalização sobre as atividades das madeireiras.

Em Rorainópolis, particularmente, esse quadro é agravado ainda mais devido à pressão exercida por madeireiros vindos de fora de Roraima para a exploração florestal (Fig. 4). Considerando que o período chuvoso em Roraima não coincide com aquele na borda sul



da Amazônia, devido à maior parte de Roraima estar localizado acima da linha do Equador, todos os anos madeireiros do sul do Pará, Rondônia e Acre vêm explorar madeiras no Estado.



Fig. 4. Caminhão com placas de Rondônia transportando toras para a indústria de beneficiamento de madeiras no sul do Estado.

Os madeireiros vindos da borda sul da Amazônia teriam melhores e mais modernos equipamentos de extração florestal do que os madeireiros locais. Por essa razão e pelo fato de oferecerem maiores prazos de pagamento às serrarias por seus serviços, esses madeireiros teriam a preferência da indústria local na contratação para a exploração dos seus projetos de manejo. Aos madeireiros locais e a outros pequenos madeireiros independentes, também vindos de fora, restariam apenas a possibilidade de trabalhar com as serrarias de pequeno porte. Dessa forma, competiriam junto aos pequenos agricultores por madeiras legalizadas através de autorizações de corte<sup>3</sup> concedidas pela Fundação Estadual de Meio Ambiente e de Ciência & Tecnologia – FEMACT. Nas operações de fiscalização na região sul, freqüentemente a FEMACT multaria motoristas provenientes de Rondônia transportando cargas irregulares de madeiras.

---

<sup>3</sup> Autorizações de Corte: Documento expedido aos pequenos agricultores rurais para o aproveitamento da madeira que seria cortada nos desmatamentos legalmente autorizados pela FEMACT.

Esses fatos geraram instabilidade no setor, provocando conflitos e denúncias envolvendo madeireiros e pequenos agricultores. A situação ficou tão severa que a FEMACT expediu uma portaria suspendendo as licenças de corte até setembro de 2008, enquanto apurava as irregularidades apontadas pelas partes envolvidas. Como observou um fiscal da FEMACT em Boa Vista, os pedidos de autorizações de corte eram tantos que a fundação conseguiria liberar apenas 30% dos pedidos que chegavam até o órgão.

### *Objetivos do Estudo*

Como visto acima, os processos e padrões de desmatamento em Roraima e mais precisamente no Sul do Estado, estariam fortemente ligados à abertura de PAs, invasões de terras públicas e exploração madeireira desordenada, com conseqüente agravamento das questões fundiárias. Neste contexto, os PAs e as áreas de invasões forneceriam a madeira para alimentar a indústria madeireira e se auto financiar para a derrubada da floresta na abertura dos lotes. A indústria retribuiria com a construção de uma rede de estradas que possibilitasse o escoamento da produção agrícola e servisse de acesso aos pequenos agricultores assentados nos PAs e nas posses demarcadas irregularmente.

Atualmente, com o aumento da fiscalização voltada mais para os “desmatadores” de grandes áreas, no futuro, o desmatamento poderá vir a ser mais fragmentado ou praticado cada vez mais em menores áreas. Portanto, um tipo de análise, mais “regionalizada” ou localizada, poderá ganhar maior importância nos estudos de avaliação de impactos ambientais relacionadas à dinâmica de mudanças de uso e cobertura da terra na Amazônia.

Assim, esse trabalho teve como objetivos: a) analisar as ocorrências de desmatamento anual e sua distribuição espacial em função da distância das duas principais rodovias que cortam o Sul do Estado de Roraima, entre os anos de 2001 a 2007; b) associar o desmatamento ocorrido aos processos da dinâmica de mudanças de uso e cobertura da terra na área de estudo. O estudo serviu também como base na captação de parâmetros confiáveis para as rodadas de simulação do desmatamento na região Sul do Estado de Roraima executadas pelo modelo **Agroeco** (Fearnside et al., 2009), utilizando o arcabouço operacional do *software* Dinamica-EGO®.

## Material e Métodos

### Localização da Área de Estudo

A presente área de estudo compreende uma subárea da região Sul do Estado de Roraima (Fig. 5) e engloba quatro municípios: Rorainópolis, cortado pela BR-174 (Manaus - AM/Boa Vista - RR), São Luiz do Anauá, São João da Baliza e Caroebe, cortados pela BR-210 (Perimetral Norte). Excluindo-se, portanto, da região sul, apenas o município de Caracarái. O recorte totaliza uma área de 51.814 km<sup>2</sup>, 52% da região sul (Tabela 1).

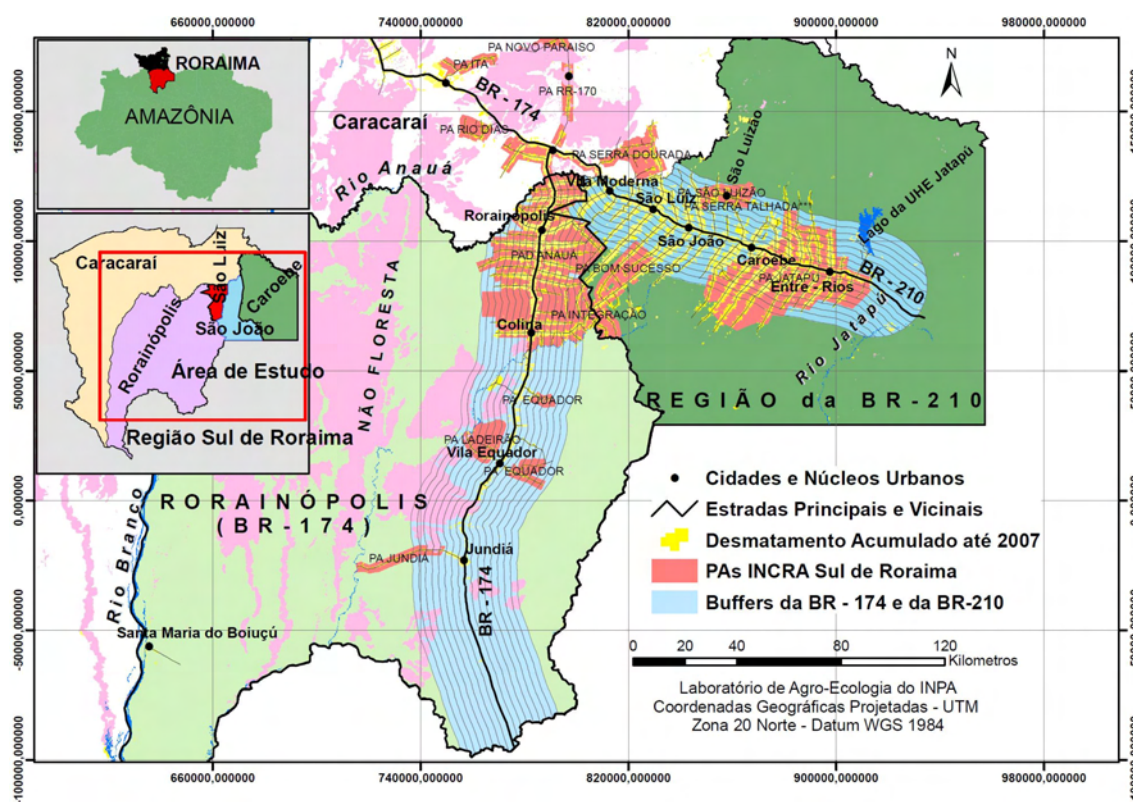


Fig. 5. Localização da área de estudo abrangendo parte da região Sul do Estado de Roraima e formada por quatro municípios: Rorainópolis, São Luiz do Anauá, São João da Baliza e Caroebe.

Fonte: Dados de desmatamento: INPE (PRODES, 2008).

A rodovia BR-174 atravessa o Estado de Roraima no sentido Norte/Sul, ligando Manaus/AM a Pacaraima/RR, fronteira com a Venezuela. Dos 971 km de sua extensão, 716,8 km estão em Roraima e integram a rodovia Pan-Americana. No Estado, ela se divide em dois trechos: da divisa com o Estado do Amazonas até Boa Vista, com 503,6 km, e de Boa Vista a Pacaraima, com 213 km (Fundação do Meio Ambiente e Tecnologia de Roraima - AMBTEC, 1994). Esta rodovia se encontra hoje totalmente asfaltada. Na área de *buffer*, a BR-174 mede

134,2 km, desde a divisa do Estado de Roraima com o Amazonas, dentro da TI Waimiri Atroarí, ao sul, alcançando a divisa com o município de Caracaraí, formada pelo rio Anauá e situada ao norte da área de *buffer*.

A rodovia BR-210 (Perimetral Norte, que era prevista para ligar o Oceano Atlântico ao Pacífico no âmbito do Programa de Integração Nacional – PIN, dos governos militares), tem uma extensão de 480,9 km dentro do Estado de Roraima. Tendo a direção Leste/Oeste, vai do rio Jatapú, no município de Caroebe, a leste, à divisa com o Estado do Amazonas, situada no município de Caracaraí, a oeste (AMBTEC, 1994; Albert, 1997).

De acordo com a Fundação Nacional da Saúde – FUNASA (1991), de 1973 a 1976, foram construídos mais de 200 quilômetros da rodovia Perimetral Norte cortando a parte sul da Terra Indígena Yanomami. O trecho iniciava desde sua intersecção com a rodovia BR-174, próximo a Caracaraí, terminando dentro do Estado do Amazonas. Esse fato permitiu que houvesse uma grande contaminação por doenças em praticamente todas as aldeias da área, disseminadas pelos peões das obras de construção da estrada, além de levar prostituição e mendicância ao vale do rio Ajarani. A população indígena desses lugares foi devastada por grandes epidemias de gripe e sarampo nos anos seguintes (FUNASA, 1991; Albert, 1997).

Na área de *buffer*, a BR-210 mede 115,6 km, indo do rio Anauá, que faz a divisa entre o município de São Luiz do Anauá e Caracaraí, ao rio Jatapú, situado no município de Caroebe. Nessa parte da rodovia, o asfalto vai apenas até a sede municipal de São João da Baliza, a 67,5 km do rio Anauá, restando, portanto, cerca de 50 km a serem asfaltados, da sede ao rio Jatapú.

### *Material*

Para as análises, utilizaram-se os dados de desmatamento do período 2001 a 2007 fornecido pelo Programa de Monitoramento do Desmatamento - PRODES (INPE, 2008), em formato vetorial (*shapefile*), com resolução espacial de 60 metros, da região Sul do Estado de Roraima. A informação cartográfica dos Projetos de Assentamento da região Sul de Roraima foi obtida de INCRA (2007) e a representação da malha viária pertencente à região Sul de Roraima, foi extraída dos dados do SIPAM (2007), para a Amazônia Legal. Os dados cartográficos sobre as áreas de Terras Indígenas (TI) e de Unidades de Conservação (UC) da região Sul de Roraima, bem como os arquivos vetoriais dos limites municipais, também foram obtidos do SIPAM (2007).

O termo “PAs”, acrônimo para Projetos de Assentamento, será designado para se referir a todas as modalidades de projetos de assentamentos instituídos pelo INCRA na área de estudo, uma vez que se observa mais de uma categoria para a região.

### *Metodologia*

Em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas – SIG, do programa computacional ArcGis 9.1, foram criados dois *buffers* de 20 km de largura de faixa ao redor das principais rodovias contidas na área de estudo, um para a rodovia BR-174 e outro para a rodovia BR-210. Os dois *buffers* foram então subdivididos em oito faixas de 2.500 metros no sentido do seu comprimento.

O primeiro *buffer*, denominado “Região da BR-174”, foi restrito ao município de Rorainópolis e o segundo, denominado “Região da BR-210” foi restrito aos municípios de São Luiz do Anauá, São João da Baliza e Caroebe.

A largura da faixa maior, de 20 km de ambos os lados das duas rodovias, foi determinada por incluir grande parte da malha viária secundária e áreas de projetos de assentamento localizados ao longo das BR-174 e BR-210 nas duas regiões que formam a área de estudo.

Para proceder às análises do desmatamento ocorrido no período de 2001 a 2007, os dados de desmatamento do PRODES (INPE, 2008), foram padronizados excluindo-se polígonos menores que três hectares (ha). Polígonos muito grandes, representando “aglomerados” (reunião de vários polígonos menores em um só), também foram excluídos. Estes aglomerados, provavelmente, são “artefatos” resultantes da metodologia do PRODES (INPE, 2009a). De acordo com essa metodologia imagens de satélite com grande cobertura de nuvens que impossibilite a quantificação do desmatamento em um determinado ano, são computados junto aos desmatamentos dos anos seguintes. Isso conforme a possibilidade de visualização e detecção de desmatamento nas imagens dos anos seguintes daquele mesmo lugar. Ao todo foram excluídos 26,9 km<sup>2</sup> (10%) de área desmatada do *buffer* da BR-174 e 21,9 km<sup>2</sup> (4,7%) do *buffer* da BR-210.

A rede de estradas da área de estudo, derivada do SIPAM (2007), criado originalmente em 1998, foi atualizada a partir da edição manual de imagens Landsat TM, resolução espacial de 30 metros, para o ano de 2007. Estas imagens foram obtidas a partir dos dados disponibilizados pelo PRODES (INPE, 2008).

A seguir foram quantificadas as ocorrências e áreas totais (km<sup>2</sup>) dos polígonos de desmatamento e comprimento de estradas (km) ocorridas dentro de cada sub-região da área de estudo. Posteriormente, verificaram-se as ocorrências de polígonos de desmatamento no interior do *buffer* e suas faixas de distância, assim como em áreas de PAs, pertencentes a cada sub-região.

Também foram verificados o tamanho médio (ha) e o Desvio Padrão (DP) dos polígonos de desmatamento ocorrentes nas duas áreas de *buffer*. Para determinar quais agentes eram responsáveis pelo desmatamento ocorrido, os polígonos foram divididos em 10 classes de tamanhos. As classes iniciaram com polígonos maiores ou iguais a três hectares, variando crescentemente em intervalos de três ha, sendo a maior classe representada por polígonos > 30 ha. O procedimento se repetiu para as duas sub-regiões, presumindo-se que pequenos agricultores rurais desmatam áreas médias iguais ou menores que 13,4 ha e que grandes proprietários desmatam áreas médias maiores que 13,4 ha.

#### *Excursões de campo*

Inicialmente foi realizada uma excursão de campo entre os dias 30 de Novembro e 16 de Dezembro de 2007. Esta consistiu de visita a órgãos governamentais sediados em Boa Vista e também no Sul do Estado (Fig. 6). Em Boa Vista foram visitados os principais órgãos governamentais do Estado e do Governo Federal ligados a questões ambientais e de fiscalização e entidades da sociedade civil organizada (Anexo A). Posteriormente, também foram registradas as exposições dos entrevistados referentes à atuação de cada órgão em relação ao Sul do Estado, para melhor compreensão dos arranjos institucionais na região.

Ainda no sul, nos cinco municípios que formam a região, foram entrevistados pequenos agricultores, proprietários de lotes de assentamentos, madeireiros, dirigentes de associações rurais e de cooperativas, posseiros e grileiros de terras. As entrevistas, tanto na capital como no sul, tiveram caráter informal, consideradas semi-estruturadas, conforme Verdejo (2006).

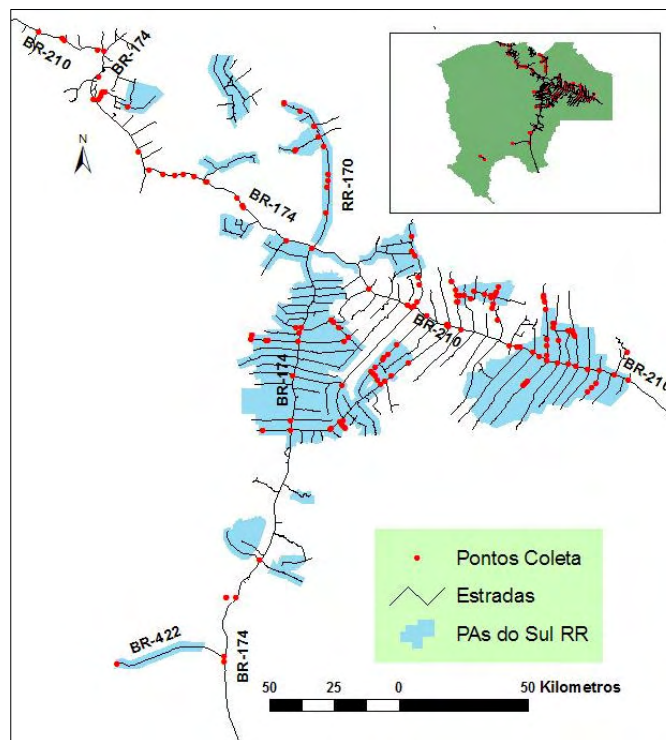


Fig. 6. Pontos de coletas de informações captados ao longo das principais rodovias, estradas vicinais e de PAs visitados na região Sul do Estado de Roraima.

## Resultados

### *Estradas*

A extensão total das estradas vicinais da região da BR-174 foi de 1.014 km, com 971 km (95,8%) abarcados pelo *buffer*. Por sua vez, na região da BR-210, contabilizou-se uma extensão de 1.088 km de estradas vicinais, das quais 84,7% (922 km) do total encontravam-se no interior da área de *buffer* (Tabela 1).

Considerando-se as estradas localizadas no interior das áreas de PAs região da BR-210, estas totalizaram uma extensão de 699 km. Já nos PAs da região da BR-174, este total foi maior, apresentando 867 km de estradas vicinais. Considerando-se apenas as áreas de PAs que estão no interior dos *buffers*, estas apresentaram 80,9% (820 km) do total de estradas vicinais do *buffer* da BR-174 e 51,7% (563 km) do total de estradas vicinais do *buffer* da BR-210 (Tabela 1).

Tabela 1. Estradas vicinais (km) nas áreas de influência das BR-210 e BR-174, no Sul de Roraima

<b>Estradas vicinais</b>	<b>BR-210</b>	<b>%</b>	<b>BR-174</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>
Total de vicinais (sem as BRs)	1.088	100,0	1.014	100,0	<b>2.102</b>
Estradas Vicinais dentro Buffer	922	84,7	971	95,8	<b>1.893</b>
Estradas Vicinais PAs	699	64,3	867	85,6	<b>1.566</b>
Estradas Vicinais PAs dentro Buffer	563	51,7	820	80,9	<b>1.383</b>

### *Desmatamento nas áreas de buffers*

O maior número de ocorrências de polígonos de desmatamento, para os dois *buffers*, foi registrado no ano de 2001, sendo 936 polígonos para o *buffer* da BR-174 e 1.197 polígonos para o *buffer* da BR-210. Neste mesmo ano se registrou também a maior área desmatada acumulada (Fig. 7) em ambos os *buffers*: 89 km<sup>2</sup> para o *buffer* da BR-174 e 149 km<sup>2</sup> para o *buffer* da BR-210.

O desmatamento total acumulado para o *buffer* da região de Rorainópolis (BR-174) entre 2001 e 2007 foi de 237 km<sup>2</sup>, com tamanho médio por polígono de 9,4 ha e DP de 13,8 ha, sendo 3.170 o total de ocorrências. O desmatamento no *buffer* representou 83,6% de desmatamento ocorrido no município de Rorainópolis no período (Tabela 2). A Tabela 2 mostra também o desmatamento acumulado até 2007 com o percentual em relação à área de cada sub-região.

Para o *buffer* da BR-210 a área total de desmatamento somou 441 km<sup>2</sup>, sendo 12,4 ha ( $\pm$  17,8 ha) de média por polígono, sendo 4.283 o total de ocorrências. Essa área desmatada representou 69,8% do desmatamento ocorrido na área de influência da BR-210 no período.

TABELA 2. Tamanho das áreas e desmatamento ocorrente (km<sup>2</sup>) nas áreas de influência das BR-210 e BR-174

<b>Áreas (km<sup>2</sup>)</b>	<b>BR-210</b>	<b>%</b>	<b>BR-174</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>
Regiões de influência	17.964	100,0	33.850	100,0	<b>51.814</b>
Desmatamento Acumulado	1.820	10,1	1.011	3,0	<b>2.830</b>
Desmatamento 2001 a 2007	632	34,7	284	28,0	<b>916</b>
<i>Buffers</i>	4.995	27,8	8.696	25,7	<b>13.691</b>
Desmatamento Buffer 2001 a 2007	441	69,8	237	83,6	<b>678</b>



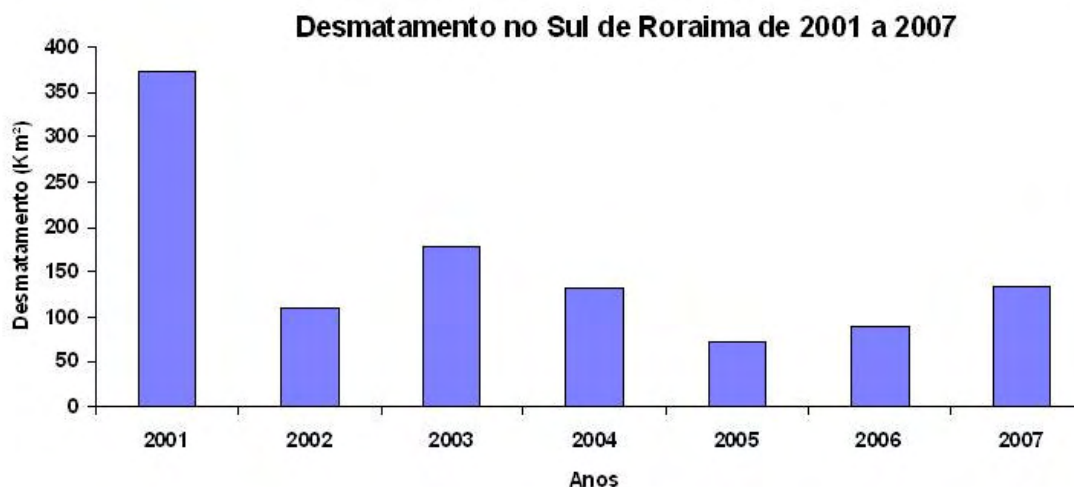


Fig. 7. Desmatamento entre 2001 e 2007 somando-se as ocorrências nos cinco municípios do Sul do Estado de Roraima.

#### *Desmatamento nas áreas de PAs*

As áreas de PAs pertencentes à sub-região de Rorainópolis (BR-174) totalizaram 2.528 km<sup>2</sup>, sendo que 93,4% (2.362 km<sup>2</sup>) deste total encontravam-se no interior da área do *buffer* ao redor da BR-174. Na região de influência da BR-210 as áreas de PAs totalizaram 2.213 km<sup>2</sup>, com 69,5% (1.539 km<sup>2</sup>) inclusos no *buffer* da rodovia BR-210 (Tabela 3).

Os PAs de Rorainópolis acumularam 765 km<sup>2</sup> de desmatamento até 2007, representando 30,3% em relação as áreas de PAs da sub-região. Desse desmatamento 29,2% (223 km<sup>2</sup>) foram desmatados no período entre 2001 a 2007 (Tabela 3).

Já os PAs da região da BR-210 acumularam 777,4 km<sup>2</sup> de área desmatada até 2007, representando 35,1% das áreas de PAs da sub-região. Sendo 44,9% (349 km<sup>2</sup>) desse desmatamento ocorrendo entre 2001 e 2007 (Tabela 3).

As áreas de PAs inclusas no *buffer* da BR-174 acumularam 206,7 km<sup>2</sup> em área desmatada de 2001 a 2007 e os PAs da BR-210 acumularam 239 km<sup>2</sup> no mesmo período analisado (Tabela 3). As taxas anuais de desmatamento entre 2001 e 2007 foram de 33,9 km<sup>2</sup> para a BR-174 e de 62,9 km<sup>2</sup> para a BR-210.

Tabela 3. Tamanho das áreas de PAs (km<sup>2</sup>) nas duas sub-regiões e dentro dos *buffers*, desmatamento acumulados (km<sup>2</sup>) nos PAs e comprimento de estradas (km)

<b>Áreas (km<sup>2</sup>)</b>	<b>BR-210</b>	<b>%</b>	<b>BR-174</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>
<b>PAs</b>	2.213	12,3	2.528	7,5	<b>4.741</b>
<b>Desmatamento Acumulado PAs</b>	777	35,1	765	30,3	<b>1.542</b>
<b>Desmatamento PAs 2001 a 2007</b>	349	44,9	223	29,2	<b>572</b>
<b>PAs dentro do <i>Buffer</i></b>	1.539	30,8	2.361	27,1	<b>3.900</b>
<b>Desmatamento dentro Pas e <i>Buffer</i> 2001 a 2007</b>	239	68,5	207	92,7	<b>446</b>

#### *Desmatamento por faixas de distância*

Na Sub-Região1 a maior ocorrência de polígonos de desmatamento foi registrada também na segunda faixa de distância da estrada (732 ocorrências). Porém, a maior área acumulada de desmatamento ocorreu na faixa entre 12.500 m e 15.000 m, com total acumulado no período de 65,7 km<sup>2</sup> contra 63,1 km<sup>2</sup> da segunda faixa (Tabela 4).

A maior quantidade de polígonos de desmatamento e área desmatada acumulada, entre 2001 e 2007 para Rorainópolis, estava concentrada na faixa entre 2.500 e 5.000 m dos *buffers*, totalizando 650 polígonos que correspondem a uma área de 38,8 km<sup>2</sup> (Tabela 5).

Os comprimentos de estradas (km) por faixas de distancia, as áreas totais de desmatamento acumulado de 2001 a 2007 e as áreas totais do desmatamento acumulado (km<sup>2</sup>) até 2007, em cada faixa de distância das rodovias, e para ambas as sub-regiões, também estão nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4. Áreas das faixas de *buffer*, desmatamento acumulado em km<sup>2</sup> de 2001 a 2007 (Desmat\_ac01-07) e até 2007 (Desmat\_ac\_até07), percentuais (%) de desmatamento acumulado entre 2001 a 2007 e até 2007. Ocorrências de estradas vicinais (km) dentro das faixas de distância da rodovia BR-210

<b>Faixas (m)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Desmat_acum01-07</b>	<b>%</b>	<b>Desmat_acum_até07</b>	<b>%</b>	<b>Estradas (km)</b>
<b>2500</b>	688,2	50,4	7,3	342,2	49,7	119,2
<b>5000</b>	678,8	63,1	9,3	254,2	37,4	124,5
<b>7500</b>	659,7	53,6	8,1	219,8	33,3	118,2
<b>10000</b>	634,7	56,5	8,9	201,3	31,7	121,0
<b>12500</b>	618,0	58,4	9,4	165,0	26,7	111,5
<b>15000</b>	603,6	65,7	10,8	136,9	22,7	99,6
<b>17500</b>	578,1	57,0	9,9	102,8	17,8	101,0
<b>20000</b>	519,5	36,0	6,9	68,9	13,3	49,1
<b>Total</b>	<b>4.980,6</b>	<b>440,7</b>	<b>8,8</b>	<b>1.491,1</b>	<b>30</b>	<b>844,1</b>

Tabela 5. Área das faixas de *buffer*, desmatamento acumulado em km<sup>2</sup> de 2001 a 2007 (Desmat-ac01-07) e até 2007 (Desmat\_ac\_até07) e seus percentuais (%). Também ocorrência de estradas vicinais por faixas de distancia da rodovia BR-174 em Rorainópolis

<b>Faixas (m)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Desmat_acum01-07</b>	<b>%</b>	<b>Desmat_acum_até07</b>	<b>%</b>	<b>Estradas (km)</b>
<b>2500</b>	1166,0	30,3	2,6	359,3	30,8	111,4
<b>5000</b>	1142,0	38,8	3,4	144,0	12,6	103,0
<b>7500</b>	1121,0	32,5	2,9	120,5	10,7	94,2
<b>10000</b>	1110,0	37,9	3,4	105,4	9,5	100,4
<b>12500</b>	1079,0	31,2	2,3	85,7	7,9	86,1
<b>15000</b>	1048,0	25,6	2,4	52,3	5,0	67,8
<b>17500</b>	1027,0	23,7	2,3	42,9	4,2	59,3
<b>20000</b>	995,8	17,2	1,7	28,7	2,9	45,3
<b>Total</b>	<b>8.688,8</b>	<b>237,2</b>	<b>2,6</b>	<b>938,8</b>	<b>10,8</b>	<b>667,5</b>

*Desmatamento por classes de tamanho de polígonos (ha)*

Na análise de ocorrência de desmatamento distribuído por classes de tamanho de polígonos (ha), a ocorrência de 50% (11.630 ha) do desmatamento acumulado para a região de Rorainópolis, no período analisado, ficou entre as três primeiras classes (Tabela 6). Estas classes correspondem a polígonos de desmatamento entre três e 12 ha. As classes intermediárias entre 12 a 30 ha concentraram 30% (7.034 ha) do desmatamento ocorrido. As áreas maiores que 30 ha correspondeu a 20% (4.680 ha) do desmatamento acumulado no período analisado.

Considerando-se a região de influência da BR-210, as três primeiras classes de tamanhos de polígonos de desmatamento contribuíram com um percentual menor do que aquele observado na região de influência da BR-174. Esse intervalo de três classes correspondeu a 32% (18.456 ha) do total de desmatamento acumulado no mesmo período (Tabela 6). A maior concentração foi observada para a classe acima de 30 ha, totalizando uma área de 21.624 ha (38%). As classes intermediárias concentraram os outros 30% (17.532 ha) dos desmatamentos restantes, semelhantemente ao ocorrido em Rorainópolis.

Tabela 6. Ocorrências (n) por classes de áreas (ha) de polígonos de desmatamento, tamanho médio e área total (Área\_T) acumulada do desmatamento ocorrido entre 2001 e 2007 nas áreas de influência das BR-210 e BR-174

Região da BR-174						Região da BR-210				
CLASSES (ha)	n	Média	DP	Área_T	%	n	Média	DP	Área_T	%
3.0 < Área ≤ 6.0	778	4.3	0.8	3376.6	15	948	4.4	0.8	4175.3	7
6.0 < Área ≤ 9.0	719	7.4	0.9	5291	23	1082	7.3	0.8	7896.2	14
9.0 < Área ≤ 12.0	277	10.4	0.8	2879.5	12	614	10.4	0.9	6384.1	11
12.0 < Área ≤ 15.0	140	13.4	0.9	1872.3	8	335	13.4	0.8	4501.1	8
15.0 < Área ≤ 18.0	108	16.3	0.9	1762.5	8	255	16.5	0.8	4205.8	7
18.0 < Área ≤ 21.0	62	19.4	0.7	1203.4	5	143	19.5	0.9	2781.5	5
21.0 < Área ≤ 24.0	28	22.3	0.8	625.2	3	109	22.5	0.8	2447.2	4
24.0 < Área ≤ 27.0	35	25.4	0.9	890.5	4	69	25.4	0.9	1754.7	3
27.0 < Área ≤ 30.0	24	28.3	0.8	679.8	3	65	28.3	1	1841.3	3
Área > 30.0	94	50	31	4680	20	360	60.1	47	21624	38
<b>Total</b>	<b>2265</b>	-	-	<b>23260.8</b>	<b>100</b>	<b>3980</b>	-	-	<b>57611.2</b>	<b>100</b>

## Discussão

### *Distribuição de desmatamento por faixas de distância das principais estradas*

A distribuição de desmatamento observado no *buffer* da BR-174 em Rorainópolis, dentro das faixas de distância analisadas entre 2001 a 2007, revelou uma queda acentuada no total de áreas desmatadas, a partir das faixas mais próximas da rodovia para as faixas mais distantes. Esse resultado é esperado, e corrobora a grande parte dos estudos sobre a dinâmica de desmatamento na Amazônia (Soares-Filho et al., 2001; 2002; 2003; 2004; 2005 e 2006; Escada & Alves 2001; Geist & Lambin, 2002; Lambin et al., 2003; Geist & Lambin, 2004; Ewers & Laurance, 2006; Fearnside et al., 2009).

Surpreendentemente, na região da BR-210, no período analisado, não se observou esse efeito, apesar de ser possível observar uma leve tendência de redução na quantidade desmatada em função da maior distância à estrada (Fig. 8). Uma explicação parcial pode ser dada pelo fato de que, tanto na região de Rorainópolis (faixa de 0-2.500m) como na Sub-Região1 (faixas 0-2500 e 2500-5000 m), o desmatamento próximo à estrada principal foi limitado pela pouca disponibilidade de áreas florestadas. Isto porque nessas faixas, a maior parte do desmatamento já teria sido realizada, em anos anteriores ao período de 2001 a 2007 pelos proprietários. No entanto, a correlação inversa entre maior área desmatada e menor

distância da estrada se confirma quando é considerado o desmatamento total acumulado para a região até o ano 2007 (Fig. 9).

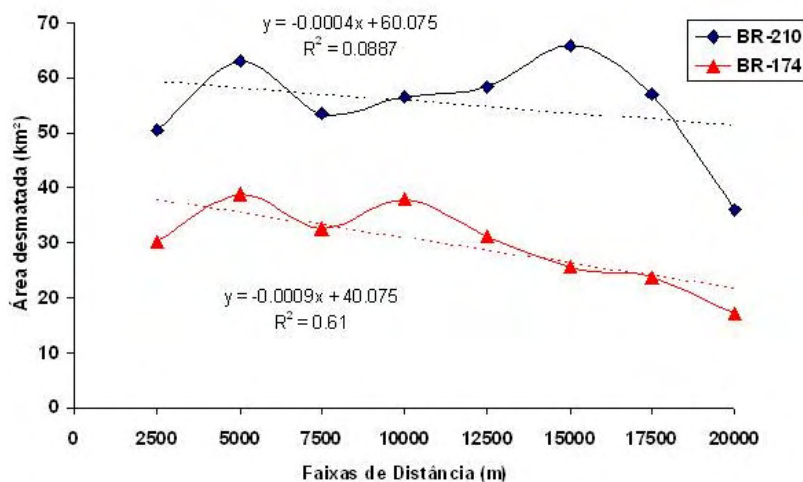


Fig. 8. Área desmatada entre 2001 e 2007 em função da distância da BR-210 e BR-174 no Sul de Roraima.

O maior desmatamento verificado na faixa de distância entre 12.500 m e 15.000 m da BR-210 pode ser explicado, em parte, pela abertura de lotes do PA São Luizão, que foi criado em 1997 (Pinto et al., 2007), e também à grandes desmatamentos realizados em fazendas para a formação de pastagens, localizadas naquela faixa de distância da estrada principal (Fig. 5).

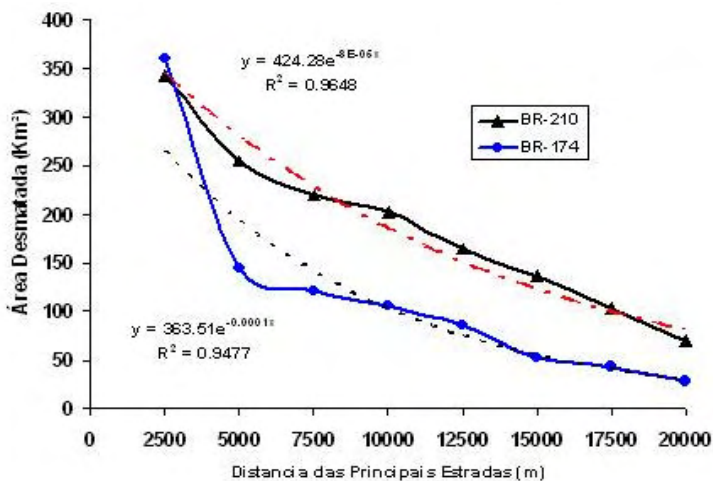


Fig. 9. Curvas relacionando a ocorrência de desmatamento acumulado até 2007 em função da distância às principais estradas na região Sul do Estado de Roraima.

### *Estradas vicinais*

A Fig. 10 mostra a correlação entre desmatamentos com a disponibilidade de estradas vicinais no interior de cada faixa de distância de 2.500 metros, sendo o maior coeficiente de regressão ajustado ( $R^2= 0.9$ ) atribuído ao *buffer* da BR-174 de Rorainópolis. Assim, o desmatamento é maior naquelas faixas onde há maior rede de estradas vicinais. A Fig. 11 mostra que a maior disponibilidade de estradas vicinais está naquelas faixas de distância mais próximas das principais rodovias.

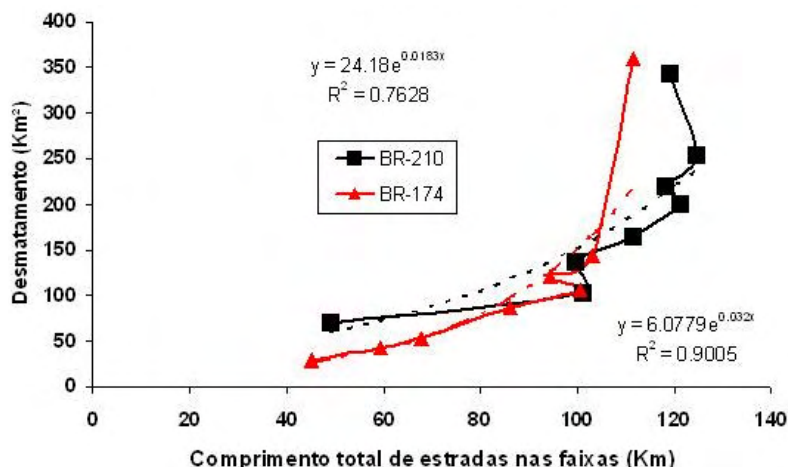


Fig. 10. Desmatamento acumulado até 2007 em função da disponibilidade de estradas vicinais dentro de faixas de 2.500 metros no entorno da BR-210 e BR-174 na Região Sul de Roraima.

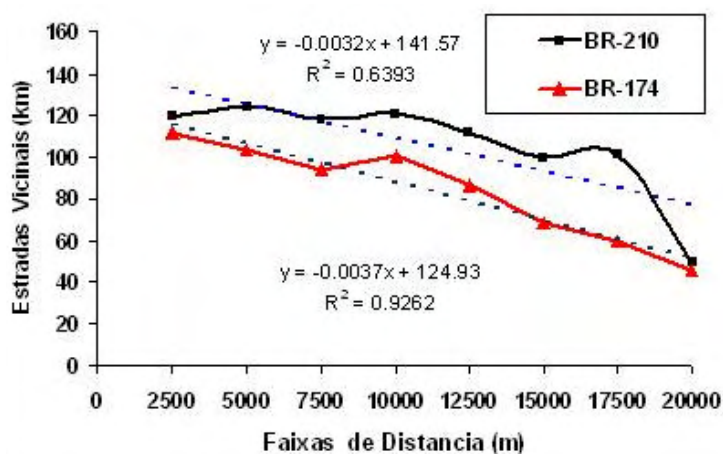


Fig. 11. Disponibilidade de estradas vicinais em função das faixas de distância das estradas principais.

A maior parte das estradas vicinais da região de Rorainópolis (95,8%) está dentro do *buffer* de influência da rodovia BR-174 (Tabela 1). Nas áreas de PAs, das quais grande parte também está inclusa no *buffer* (85,6%), o PAD Anauá foi o PA que possuiu a maior rede viária da região de Rorainópolis, com 620 km de estradas. Por outro lado, a menor quantidade

de estradas foi encontrada no PA Ladeirão com apenas 28 km de estradas de acesso. Como demonstrado adiante, há uma forte relação entre estradas e desmatamento dentro dos PAs da Região Sul do Estado de Roraima.

Analisando a região de influência da BR-210, esta apresentou 84,7% das estradas dentro do *buffer* (922 km) e 699 km (64,3%) dentro de seus PAs (Tabela 1). As áreas de PAs que estão incluídas no *buffer* apresentaram um percentual de 51,7% (563 km) das estradas da região da BR-210 (Tabela 1). Sendo o PA Jatapú o de maior rede viária e aquele de menor quantidade de estradas foi o PA Serra Talhada, com apenas 12 km de estradas.

#### *Ocorrência de desmatamento dentro dos PAs*

Os desmatamentos acumulados até 2007 e os ocorridos entre 2001 e 2007 dentro dos PAs do Sul do Estado de Roraima, estão fortemente correlacionados com a ocorrência de estradas vicinais dentro deles e com o número de famílias assentadas, como mostram as Figs. 12 e 13. Laurance et al. (2002) e Soares-Filho et al. (2004, 2005, 2006) também observaram relação entre a presença de estradas e número de habitantes com a ocorrência de desmatamento.

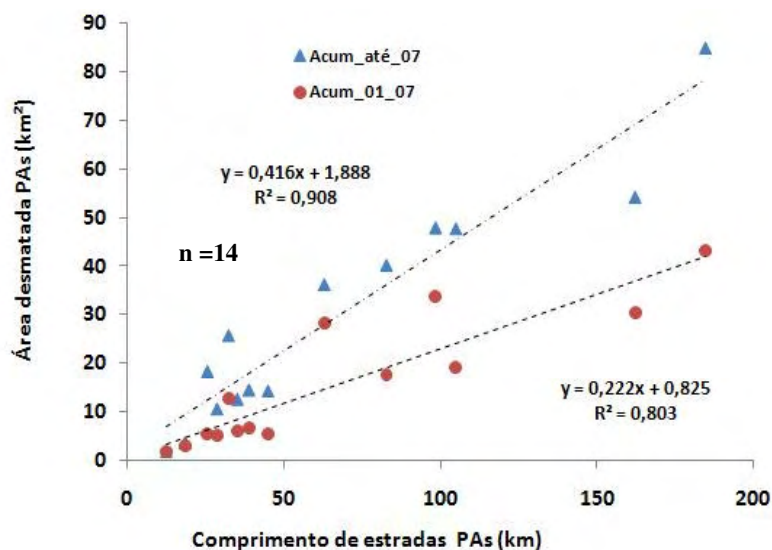


Fig. 12. Relação entre áreas desmatadas e comprimento de estradas vicinais nos Projetos de Assentamento da Região Sul de Roraima.

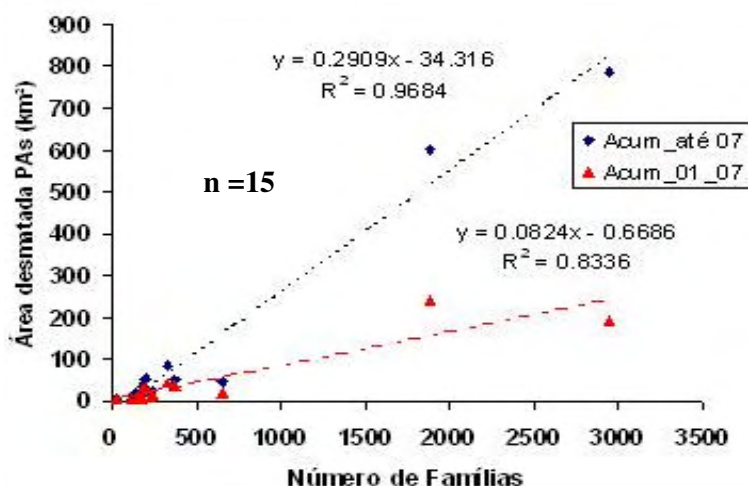


Fig. 13. Relação entre áreas desmatadas e número de famílias assentadas nos Projetos de Assentamento da Região Sul de Roraima.

Os PAs do sul do Estado foram responsáveis por 77,3% (2.876 km<sup>2</sup>) dos desmatamentos acumulados ocorridos até o ano de 2007 na região sul como um todo (3.723 km<sup>2</sup>). Considerando apenas os PAs das duas sub-regiões estudadas, estes foram responsáveis por 63,3% (579 km<sup>2</sup>) do total de desmatamento (916 km<sup>2</sup>) ocorrido de 2001 a 2007 naquelas áreas (Tabelas 2 e 3).

O PA com maior desmatamento acumulado é PAD Anauá (Tabela 7), localizado em Rorainópolis (BR-174) e com cerca de 90% de sua área inclusa no *buffer*. Nele já foram desmatados 776 km<sup>2</sup> até 2007, correspondendo a 35,8% de desmatamento, considerando a área de floresta original de 2.170 km<sup>2</sup> (Pinto et al., 2007), muito além dos 20% da reserva legal (RL) que são permitidos hoje desmatar por lei. Desse total desmatado, 92 km<sup>2</sup> estão dentro do município de Caracaraí, pois uma fração de 9,3% (207 km<sup>2</sup>) do PAD Anauá pertence a esse município. Pinto et al. (2007) encontrou 35,6% de desmatamento acumulado dentro do PAD Anauá até 2006, com taxa anual de 18,9 km<sup>2</sup> entre os anos de 2000 e 2006.



Tabela 7. Projetos de Assentamento (PAs) da região da BR-174, em Rorainópolis

PAs	Área Km <sup>2</sup>	Área Desmat. Acum.		Área Desmatada 01 a 07		Famílias Assentadas	Desmate/ Fam.(ha <sup>-1</sup> ) ano <sup>-1</sup> (01-07)
		Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Unitário	Relação
PA INTEGRAÇÃO	112	41	36,8	13	31,5	-	-
PA EQUADOR	169	15	8,6	8	53,8	231	0,5
PA JUNDIÁ	134	14	10,7	5	37,1	153	0,7
PA LADEIRÃO	214	11	5,0	5	49,1	182	0,6
PAD ANAUÁ	2.218	684	35,0	192	28,0	2943	1,0
<b>Total</b>	<b>2.847</b>	<b>765</b>	-	<b>223</b>	-	<b>3509</b>	<b>0,9</b>

O PA Jatapú, o maior da região da BR-210, localizado em Caroebe, sofreu um desmatamento acumulado até 2007 de 622 km<sup>2</sup>, correspondendo a 37,8% da sua área total de 1.643 km<sup>2</sup>, avançando 17,8% na área de sua RL. Somente de 2001 a 2007 foram desmatados 39,7% desse total, com taxa média anual de 34,5 km<sup>2</sup> ( $\pm 22,0$  km<sup>2</sup>) ano<sup>-1</sup> no mesmo período, com uma amplitude de 81,5 km<sup>2</sup> em 2001 a 15,8 km<sup>2</sup> em 2005. O PA menos desmatado da região da BR-210 foi o Serra Talhada, com apenas 2 km<sup>2</sup> de desmatamento acumulado até 2007 (Tabela 8).

Entre todos os PAs analisados, aquele que apresentou o maior desmatamento relativo foi o PA São Luizão (Tabela 8). Este PA foi criado em 1997 e está localizado em São João da Baliza, um dos municípios da região da BR-210. Sua área total é de 106 km<sup>2</sup> (INCRA, 2007) e 62 km<sup>2</sup> já foram desmatados, representando 58,1% da área, sendo 57,5% desse total, desmatado apenas entre 1997 (ano de criação) e 2000 (INPE, 2008).

De modo geral, o desmatamento *per capita* foi 2,1 vezes maior nos PAs da região da BR-210 do que nos PAs da região da BR-174 (Tabela 8) entre 2001 e 2007. Semelhante ao resultado encontrado considerando-se o desmatamento ocorrente nos *buffers* das duas sub-regiões, onde o desmatamento encontrado foi ~1,9 vezes maior no *buffer* da BR-210 neste mesmo período.

Tabela 8. Projetos de Assentamento (PAs) da região da BR-210

PAs	Área Km <sup>2</sup>	Área Desmat. Acum.		Área Desmatada 01 a 07		Famílias Assentadas	Desmate/ Fam.(ha <sup>-1</sup> ) ano <sup>-1</sup> (01-07)
		Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Unitário	Relação
PA BOM SUCESSO	164	51	31,1	31	61,1	197	2,3
PA INTEGRAÇÃO	267	41	15,5	41	100,0	332	1,8
PA JATAPÚ	1.643	622	37,8	247	39,7	1.882	1,9
PA SÃO LUIZÃO	106	62	58,1	28	45,9	183	2,2
PA SERRA TALHADA	33	2	5,5	2	100,0	32	0,8
<b>TOTAL</b>	<b>2.213</b>	<b>778</b>	-	<b>349</b>	-	<b>2.626</b>	<b>1,9</b>

Brandão Jr. & Souza Jr. (2006), analisando taxas de desmatamento em PAs (n=343) da Amazônia entre 1997 e 2004, descobriram que as taxas de desmatamento foram quatro vezes maiores dentro dos PAs analisados do que para a Amazônia como um todo (1,6% e 0,4%, respectivamente) no mesmo período. Os autores sugeriram que o acesso às terras e aos créditos subsidiados poderiam ser um dos fatores a explicar as elevadas taxas de desmatamento dentro dos PAs.

Presumindo-se que as taxas de ocupação dos PAs (38%) do Estado de Roraima fossem constantes no tempo, teríamos, ao invés de 6.135 famílias (Tabelas 6 e 7), apenas 2.331 famílias assentadas efetivamente nos PAs da área de estudo. E se considerarmos o tamanho médio das famílias residentes na área rural do Sul do Estado de Roraima em 4,3 pessoas (Pinto et al., 2007; IBGE, 2009), o desmatamento acumulado *per capita* seria de 15,4 ha dentro dos PAs. Esse número seria, portanto, 2,5 vezes maior do que o calculado por Carrero et al. (2008) considerando a região Sul de Roraima como um todo (6,1 ha/habitante).

No caso dos PAs do sul do Estado de Roraima, além dos fatores apontados por Brandão Jr. & Souza Jr. (2006), devemos considerar também que grande parte dos desmatamentos ocorridos dentro dos PAs da região são causados por fazendeiros instalados nos PAs via compra de lotes.

#### *Padrões de distribuição do desmatamento na região da BR-210 e BR-174*

O *buffer* da região da BR-210 sofreu 1,9 vezes mais desmatamentos no período de 2001 a 2007, do que o *buffer* de Rorainópolis, mesmo sendo 1,7 vezes menor do que este. E mesmo ter apresentado apenas 68,7% do total de estradas dentro das áreas de PAs inclusos no *buffer* e região da BR-210 apresentando a menor população residente. Isso se deve,

provavelmente, ao histórico da dinâmica de ocupação que vem sofrendo aquela região ao longo dos anos. Na região da BR-210 há predominância de grandes fazendas de gado fora das áreas dos PAs e seus proprietários desmatam mais (Soares-Filho et al., 2004; Fearnside, 2005) e em polígonos maiores do que aqueles causados por pequenos proprietários de terras (Fig. 14). A região da BR-210 concentrou a maior parte (38%) dos seus desmatamentos em polígonos maiores do que 30 ha, com média igual a  $60 \pm 47$  ha, contra apenas 20% da região de Rorainópolis e tendo média de  $50 \pm 31$  ha.

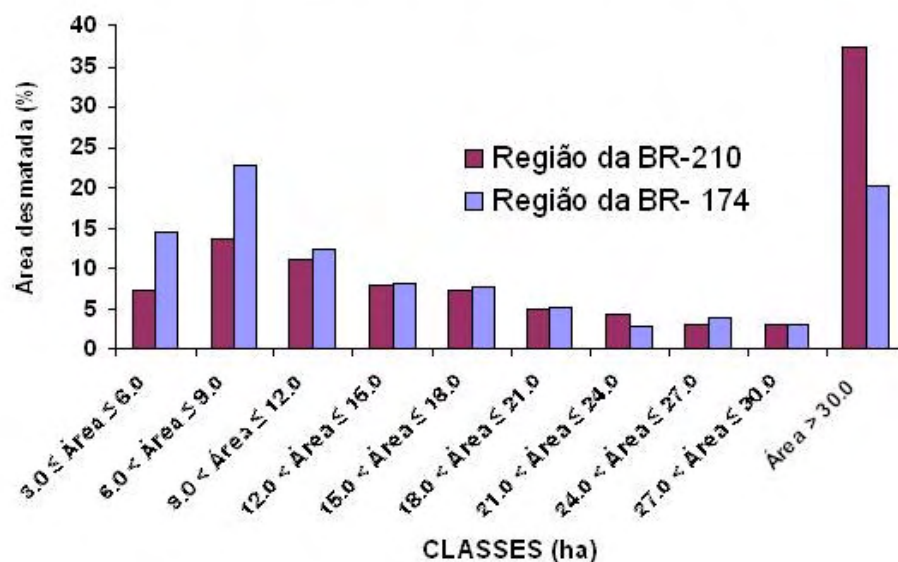


Fig. 14. Padrão de distribuição de polígonos de desmatamento por classes de tamanho (ha) nas áreas de influência da BR-210 e BR-174 no sul do Estado de Roraima, ocorridos entre 2001 e 2007.

Como ainda se pode notar na Fig. 14, as classes que vão de três hectares até 12 hectares concentram 50% do desmatamento na região de Rorainópolis (BR-174), sendo que na região da BR-210 estas três classes concentram apenas 32% do desmatamento. Isto indica que há uma maior concentração de pequenos proprietários de terras ocupando lotes na região de influência da BR-174 do que na região de influência da BR-210. Ou seja, haveria a predominância de grandes proprietários de terras na região da BR-210. Já nas seis classes intermediárias a distribuição segue um padrão similar para ambas as regiões.

#### *Dinâmica de mudanças de uso e cobertura da terra no Sul do Estado de Roraima*

Dentro dos PAs da Região sul de Roraima, acontece a criação de novas fazendas por um mecanismo de concentração de terras em que fazendeiros da própria região ou vindos de

outras regiões, principalmente de Rondônia, compram um, dois ou mais lotes de terras numa estrada vicinal qualquer. Com o passar dos anos estes fazendeiros vão comprando mais lotes vizinhos, aumentando, assim, sua área total. Esse processo está bastante consolidado em faixas de distância da estrada principal que chegam até uns 20 km ou mais em determinadas estradas vicinais que partem da BR-210 (Fig. 15).

Todas estas ações resultam em um padrão de desmatamento acumulado que pode ser observado em imagens de satélites. Na região de estudo como um todo, em especial, podemos identificar o padrão do tipo “espinha de peixe”, comum em áreas de projetos de assentamentos na Amazônia. Este padrão apresenta uma serie de ramais de acesso, equidistantes, em ambos os lados do eixo das rodovias principais, que seriam a “coluna vertebral”, resultando nesta conformação espacial típica (Figs. 15 e 17).

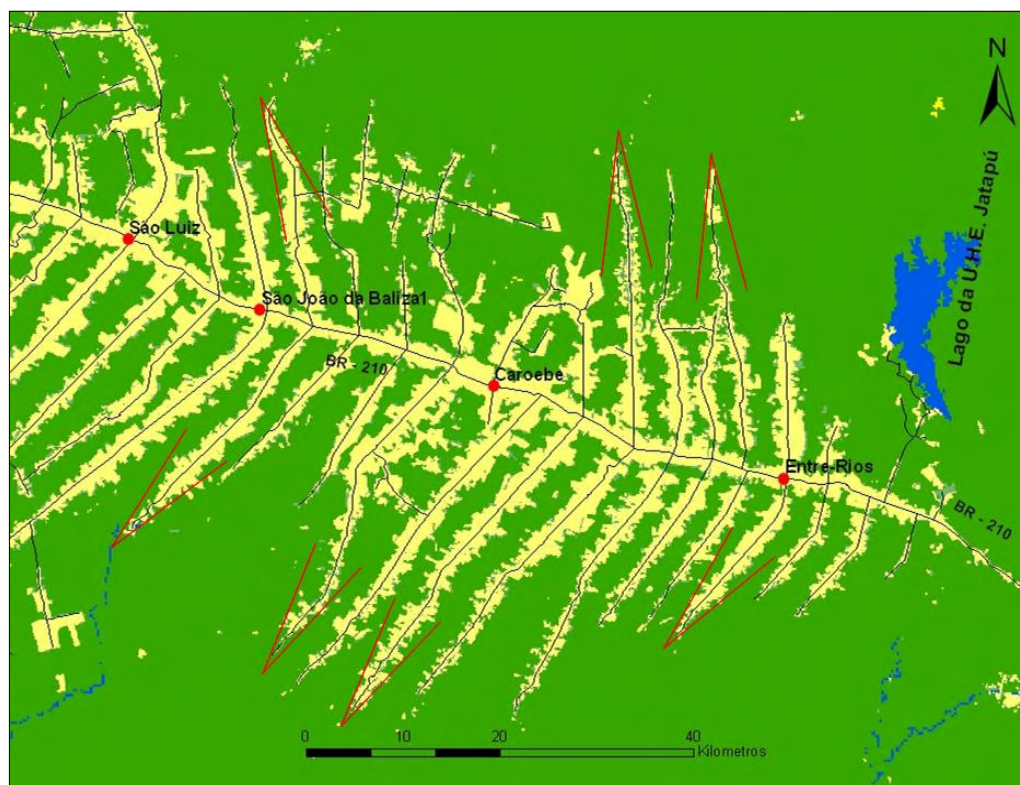


Fig. 15. Padrão observado no final das estradas vicinais, em forma de “cunha”, do desmatamento acumulado na região da BR-210.

Em geral, aproximadamente do meio para o final das estradas vicinais dos PAs do Sul de Roraima, nota-se um acentuado estreitamento das áreas desmatadas. Isso ocorre em virtude do final dos ramais apresentarem lotes ainda em fase de expansão de “abertura de terra” e quando observados em imagens de satélites, esses estreitamentos repentinos ou abruptos das bordas da floresta lembram a forma de uma “cunha”.

Esse padrão observável em imagens de satélites do desmatamento acumulado, via de regra, obedece a um padrão de “contágio” (Fig. 16), semelhante a ondas de difusão (Soares-Filho et al., 2003). Os polígonos de desmatamento vão se espalhando ao longo das estradas vicinais ou em ramais abertos na floresta pelos colonos. Com o passar dos anos vão se expandindo, juntando-se a eles novos polígonos de desmates, e também com a remoção agora, das manchas ou fragmentos de floresta remanescente entre os polígonos inicialmente desmatados.

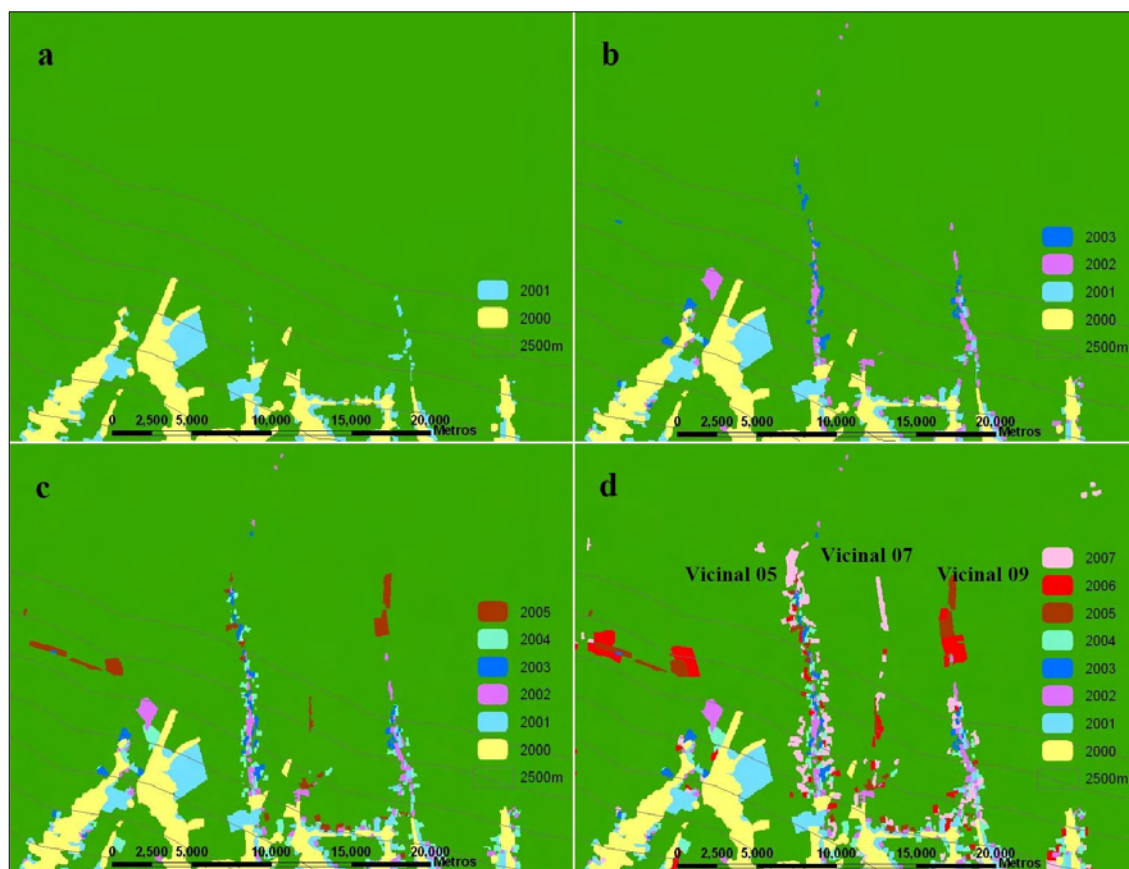


Fig. 16. Seqüência de imagens de desmatamento do PRODES mostrando padrões de contágio evoluindo através dos anos e ao longo das vicinais 05, 07 e 09 do PA Jatapú, em Caroebe, região da BR-210. Em **a** (anos 2000 e 2001), o desmatamento ainda se encontra restrito às faixas de *buffer* e dentro da área do PA Jatapú. Em **b** (anos 2002 e 2003), já se pode notar a extrapolação do desmatamento da linha divisória do *buffer* de 20.000 metros. Em **c** (anos 2004 e 2005) e em **d** (anos 2006 e 2007), há a incorporação de mais polígonos de desmatamento aos já previamente existentes, dentro e fora dos limites do *buffer* e do PA.

A parte intermediária das estradas vicinais seria a região em que estariam acontecendo o processo de anexação ou venda de lotes, conforme foi observado também por Fearnside (1992), em Rondônia. Este processo “empurra” para frente e para fora dos PAs, a grilagem e

demarcação de lotes de terras por pequenos agricultores e até mesmo por fazendeiros da região (Fig. 17), conforme vão se passando os anos.

Ao nível de propriedade, os padrões observados foram recorrentes para todas as vicinais visitadas, tanto na região da BR-210 como na região de Rorainópolis (BR-174). Ou seja, pastagens predominam nos dois primeiros terços das vicinais e atividades mais diversificadas, tais como plantios de bananas e culturas anuais, além de pastagens, se concentram no último terço (Figs. 18 e 19). O padrão dominante do uso da terra por pastagens na região sul de Roraima acompanha o que é visto hoje na Amazônia como um todo, onde de 75 a 81% das áreas desmatadas são ocupada por pastagens (Barreto et al., 2008b; Greenpeace, 2009).

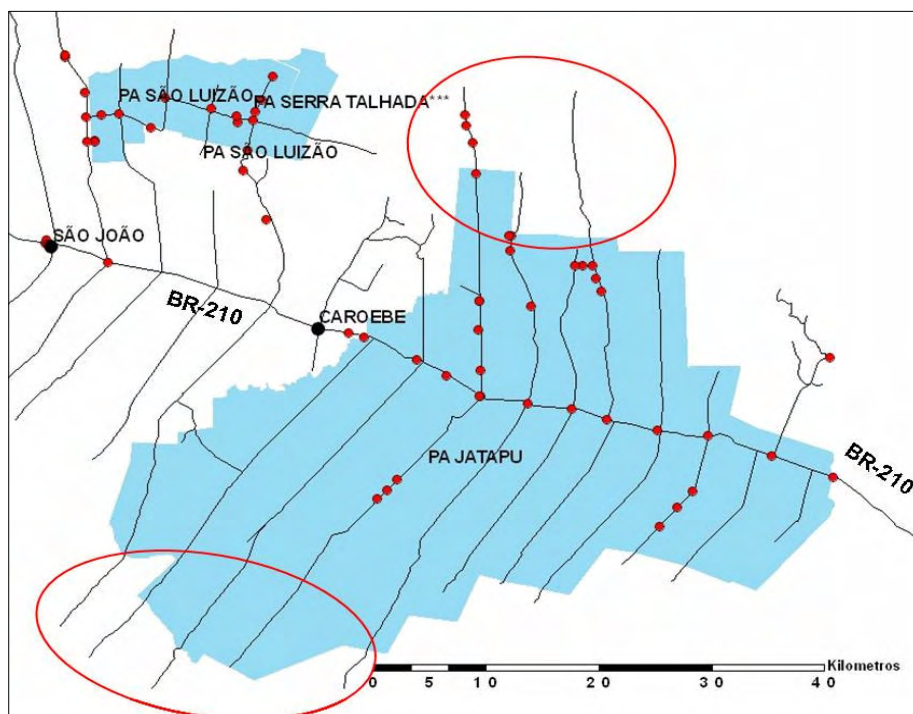


Fig. 17. Avanço das estradas vicinais ultrapassando as áreas dos Projetos de Assentamento decorrentes da atividade de grilagem de terras públicas na região da BR-210. Obs: Os pontos em vermelho são pontos de coletas de dados na viagem de campo. No círculo superior se observa a extrapolação das vicinais 05, 07 e 09 para além dos limites do PA Jatapú, em Caroebe.



Fig. 18. Pastagens em um primeiro plano e plantios de bananeiras ao fundo, em destaque, próximas à borda da floresta, no km 23 da vicinal 22 em São Luiz do Anauá, área de influência da BR-210.



Fig. 19. Pastagens com gado no km 12 da vicinal 06 do PA Jatapú, em Caroebe, região de influência da BR-210.

Nesse processo, a Floresta Nacional (FLONA) Jauaperí já foi alcançada pelas vicinais 02 e 04 que partem da margem direita da BR-210, próximo a Caroebe e por ramais laterais partindo da vicinal 16 de Rorainópolis, acumulando 29 km<sup>2</sup> de desmatamento (PRODES, 2008) até 2007 em seu interior (Fig. 20). E de acordo com relatos de moradores da vicinal 06, o carreador aberto pelos grileiros e que faz a continuação dessa estrada, já teria ultrapassado o “picadão” da demarcação da Terra Indígena Trombetas Mapuera, área vizinha à FLONA Jauaperí (Fig. 20).

Partindo da margem esquerda da BR-210, rumo norte, foram registradas denúncias de que grileiros estariam demarcando lotes de 60 ha para pequenos proprietários e áreas de 500 ha para fazendas em “travessão imaginário” que partiria do final da vicinal 07 do PA Jatapú, em Caroebe, e seguiria em paralelo com a divisa da Terra Indígena Wai Wai. Observando-se uma imagem de satélite Landsat TM (Banda 5), com data de 2008 da área em questão, conseguimos visualizar algumas clareiras de desmatamentos seguindo o padrão descrito pelos relatos (Fig. 21).

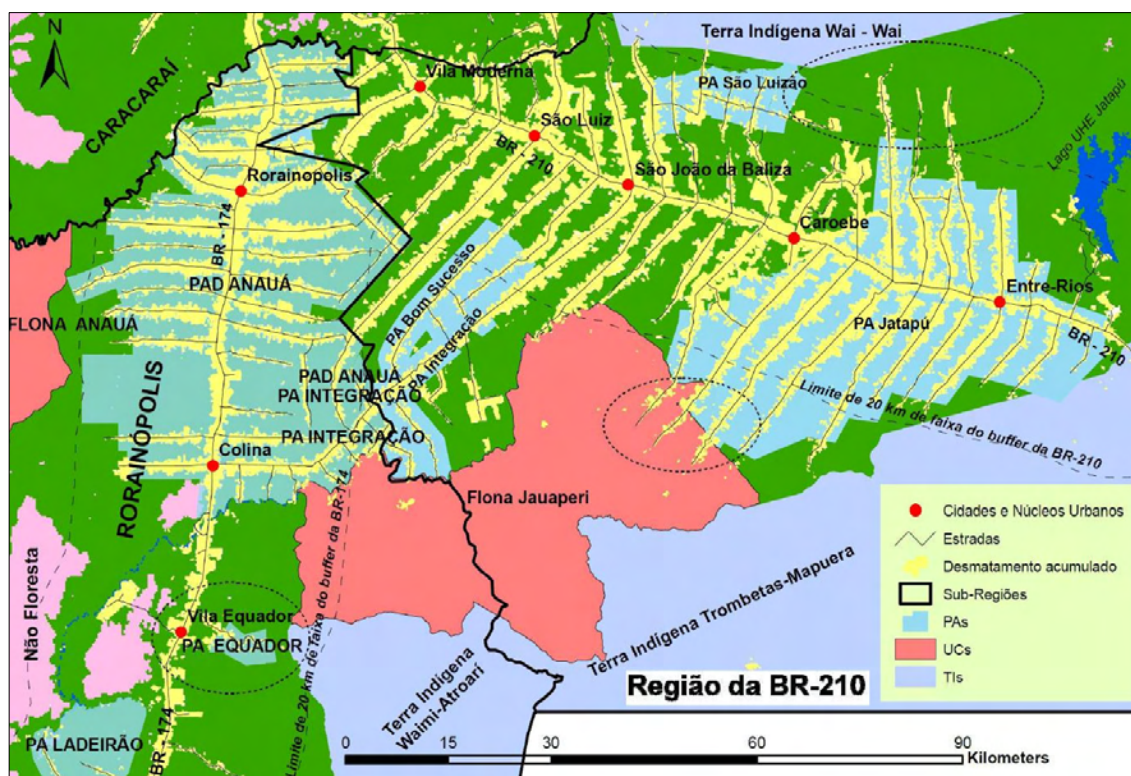


Fig. 20. As áreas envolvidas pelos círculos pontilhados destacam locais onde está havendo invasões e demarcações de terras públicas, na região da BR-210 (PA São Luizão, Vicinais 05, 07 e 09 e FLONA Jauaperí) e na região da BR-174 (PA Equador e parte da FLONA Jauaperí).



Segundo Oliveira (2005), frequentemente na Amazônia autoridades municipais, estaduais e federais, agiriam como cúmplices de grileiros quando estes alegam direitos sobre extensas glebas de terras. Na vicinal 031, em São João da Baliza, próximo ao PA São Luizão, flagramos um movimento de invasão de terras públicas. De acordo com o relato de um dos invasores entrevistados, eles teriam consentimento de autoridades locais para fazerem as demarcações. Os invasores seriam em número de 40 pessoas e estariam demarcando áreas de terras no final daquela vicinal.

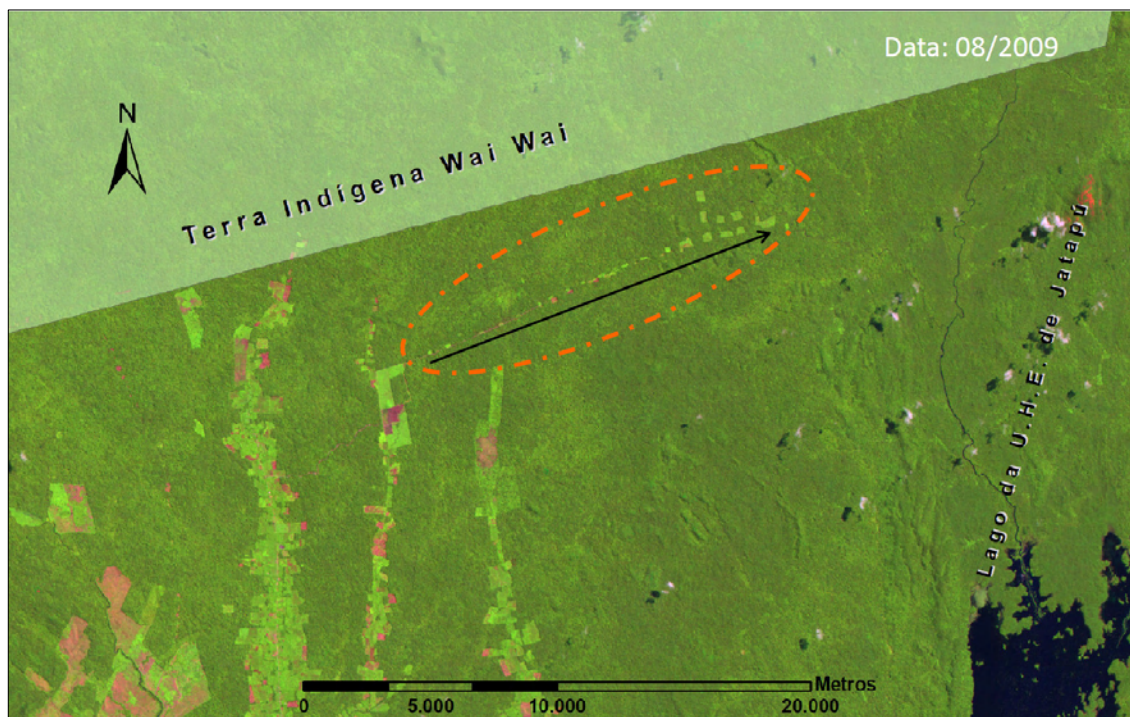


Fig. 21. Imagem Landsat TM5, composição RGB e Órbita Ponto 231/059, de 2009, mostrando desmatamento recente (em destaque) a partir do final da vicinal 07 do PA Jatapú, em Caroebe, região da BR-210. Os polígonos maiores, na ponta da seta, já aparecem nos arquivos de desmatamento de 2008 do PRODES.

Em Rorainópolis, nas estradas vicinais do PAD Anauá e de outros PAs visitados no município, dentro da área de influência da BR-174, os padrões de desmatamento e a dinâmica de mudanças de uso e cobertura da terra são semelhantes aos observados nas estradas vicinais dos PAs localizados na área de influência da BR-210. Aqui a anexação de lotes por parte de fazendeiros locais ou vindos de fora também foi constatada por meio das entrevistas. Contudo, o padrão de avanço das estradas vicinais, como observado naquela região, para além dos domínios dos PAs, não foi confirmada. Com exceção da vicinal 16, pertencente à localidade de Colina, como relatado acima, de onde partem ramais laterais que alcançam a FLONA Jauaperí em sua parte localizada em Rorainópolis.

Porém, o ex-executor do INCRA em Rorainópolis relatou que havia denúncias de invasão e demarcações de áreas públicas no PA Equador (Fig. 20), localizado a cerca de 100 km ao sul da sede municipal e na altura da linha imaginária do equador. O presidente da Associação dos Produtores Rurais e Apicultores da Vila Equador confirmou as denúncias, afirmando que as áreas estariam sendo demarcadas para a formação de pequenas fazendas de 500 ha.

Meadows et al. (2007), comentando sobre fatores para a insustentabilidade na utilização de florestas temperadas e tropicais, apontaram a corrupção como uma das práticas mais comumente percebida e também a menos discutida pela sociedade. Um estudo de Lentini et al. (2005), realizado em 2004, apontou que cerca de 43% de toda a exploração madeireira na Amazônia realizada naquele ano teria sido feita de forma ilegal.

## **Conclusão**

- 1) As duas regiões apresentam diferenças substanciais nos processos e padrões de distribuição do desmatamento, tendo os Projetos de Assentamento, juntamente com estradas vicinais, como principais vetores de desmatamento na região Sul de Roraima como um todo, sendo os PAs responsáveis por 77,3% do desmatamento acumulado na região;
- 2) Na região da BR-210 o desmatamento ocorrido entre 2001 e 2007, foi causado predominantemente por grandes proprietários, ao passo que o desmatamento ocorrido na região da BR-174 no mesmo período, foi causado predominantemente por pequenos agricultores rurais. A forte presença de madeireiros vindos de fora da região para a exploração florestal e conseqüente pressão por madeiras licenciadas podem ter influenciado, de maneira indireta, na formação de polígonos de pequenas áreas na região de Rorainópolis;
- 3) O espalhamento de estradas endógenas pela exploração madeireira e novas ocupações de terras, tanto por pequenos e grandes atores, estão acontecendo de forma rápida e desordenada. Este quadro indica um potencial grande de perda de floresta em Roraima se o fluxo de migração para esta área aumentar, como seria esperado se Roraima for conectada ao Arco do Desmatamento com a abertura da Rodovia BR-319 (Manaus – Porto Velho).

## CAPÍTULO II – Desmatamento e emissões de carbono na Amazônia: Simulando o impacto de conectar o Estado de Roraima ao “Arco do Desmatamento” pela reconstrução da Rodovia BR-319 (Manaus-Porto Velho)<sup>4</sup>

### Resumo

A reconstrução e asfaltamento da Rodovia BR-319 (Manaus/Porto Velho), previstos pelo PAC – Programa de Aceleração do Crescimento, do Governo Federal, permitirá acesso, a partir do “Arco do Desmatamento”, a blocos imensos de florestas primárias contínuas na Amazônia Central e Norte. Inúmeros estudos realizados na região apontam a construção de estradas como a principal causa do desmatamento. Particularmente, a Rodovia BR-319 tem um potencial muito grande de canalizar o desmatamento e iniciar um novo ciclo migratório para essas regiões remotas, hoje sem acesso por estradas. Isto devido à falta de terras agricultáveis disponíveis para pequenos e médios proprietários nas regiões ao longo do arco do desmatamento, causadas principalmente, pelo avanço da pecuária extensiva e do agronegócio. Esta situação poderá se agravar com o término da construção das usinas hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio, a montante de Porto Velho no rio Madeira. Estas obras também estão previstas pelo PAC. Segundo estudos as obras têm o potencial de atrair perto de 100 mil pessoas para a região. Essas pessoas ficarão praticamente sem opções de trabalho e sobrevivência com o término das obras. É bastante provável que parte desse contingente possa “engrossar” o fluxo migratório esperado, formado por diversos atores “expulsos” do arco do desmatamento, se dirigindo para a região de Manaus e de Boa Vista através da BR-319 reconstruída. O sul do Estado de Roraima, Região alvo do nosso trabalho, particularmente, poderá ser vulnerável ao desmatamento sem controle se exposto a um fluxo migratório dessa magnitude. Essa região tem acesso a partir de Manaus através da BR-174, conectando também a Venezuela e Caribe. A história recente de migração e colonização foi iniciada na década de 1970 e foi marcada, principalmente pela abertura de Projetos de Assentamento - PAs pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA. Nas décadas seguintes de 1990 e de 2000, novos PAs foram criados no âmbito do governo estadual para atrair novos migrantes ao Estado, que perdeu população devido ao fechamento do garimpo em 1990. Atualmente, no sul de Roraima, esse quadro é agravado pela situação agrária caótica, por denúncias de grilagens de terras públicas, exploração ilegal de madeira e avanço desenfreado da pecuária sobre a floresta, causando degradação do ambiente e perdas de suas funções. Assim, o principal objetivo do nosso trabalho foi modelar a dinâmica de mudanças de uso e de cobertura da terra no sul do Estado de Roraima e estimar as emissões de carbono para a atmosfera decorrente dessas mudanças. Para isso produzimos quatro cenários futuros de desmatamento dessa região, simulados entre 2007 e 2030, a partir do modelo **AGROECO** utilizando o arcabouço operacional do *software* de simulação DINAMICA-EGO<sup>®</sup>. Um cenário *Business As Usual* – BAU, chamado de BAU1 e outro de conservação ou de mitigação, chamado de CONSERV1, foram construídos sob a hipótese da NÃO reconstrução e asfaltamento da rodovia BR-319. Os outros dois cenários, sendo também um BAU, chamado de BAU2 e outro de conservação ou mitigação, chamado de CONSERV2, foram construídos sob a hipótese da reconstrução e asfaltamento da BR-319 em 2011. Os cenários construídos sob a hipótese da NÃO reconstrução e asfaltamento da BR-319 presumiram taxas de desmatamento semelhantes às observadas no período entre 2004 e 2007 no sul de Roraima e sofreram oscilações durante as simulações em função de estradas regionais planejadas para

---

<sup>4</sup> O capítulo está escrito conforme normas da revista *Forest Ecology and Management*.

o futuro. Os cenários sob a hipótese da reconstrução e asfaltamento da BR-319 além de sofrerem oscilações pelas estradas regionais planejadas para o futuro presumiram forte fluxo migratório partindo do arco do desmatamento em direção a Roraima utilizando a BR-319 reconstruída, com conseqüente aumento nas taxas de desmatamento. Com o cenário BAU1 (sem a BR-319) a área desmatada chegou a 715.250 hectares em 2030, um aumento de 91,9% sobre a área desmatada inicialmente em 2007, com emissões equivalentes a  $56,4 \times 10^6$  toneladas de carbono para a atmosfera. Sob o cenário BAU2 (com a BR-319) a área desmatada alcançou 858.639 hectares em 2030. Aumento de 130,4% sobre a área desmatada inicialmente em 2007, com emissões equivalentes a  $80,3 \times 10^6$  toneladas de carbono para a atmosfera. Com o cenário CONSERV1 (sem a BR-319) a área desmatada chegou a 654.513 hectares em 2030. Aumento de 75,6% sobre a área desmatada inicialmente em 2007 e com emissão de  $46,0 \times 10^6$  toneladas de carbono para a atmosfera. Sob o cenário CONSERV2 (com a BR-319) a área desmatada alcançou 775.888 hectares em 2030. Aumento de 108,2% sobre a área desmatada inicialmente em 2007, com emissão de  $67,2 \times 10^6$  toneladas de carbono para a atmosfera. Os resultados mostraram que sob a hipótese da reconstrução e asfaltamento da BR-319 o desmatamento aumentou em 60.638 a 204.125 hectares em 2030, comparando-se o cenário BAU1 com o cenário CONSERV2 e o cenário CONSERV1 com o cenário BAU2, respectivamente. As emissões de carbono para a atmosfera, decorrente dessas diferenças, foram de  $10,8 \times 10^6$  a  $34,3 \times 10^6$  toneladas de carbono. Comparando o cenário BAU1 com o cenário BAU2 a diferença em área desmatada foi de 143.398 ha e correspondeu a emissão de  $23,9 \times 10^6$  toneladas de carbono para a atmosfera. A reconstrução e asfaltamento da BR-319 farão o desmatamento aumentar entre 18 e 42% no sul do Estado de Roraima em 2030. As emissões de carbono para a atmosfera neste período, decorrentes desse desmatamento sofrerão aumentos em percentuais semelhantes (entre 19 e 42%). Este estudo demonstra que a reconstrução da BR 319, ligando Manaus a Porto Velho, pode ter impactos ao ambiente muito além da sua área de influência oficial no interflúvio dos rios Madeira-Purus. Seus efeitos podem se irradiar até Roraima, proporcionado pela atual malha viária. Medidas mitigadoras para redução desses impactos deveriam incluir também a criação de UCs em Roraima em áreas mais vulneráveis à pressão antrópica, caso a reconstrução da BR-319 venha se concretizar.

**Palavras Chave:** Análise espacial, Modelagem Ambiental, Mudanças de Uso e Cobertura da Terra, Amazônia, Desmatamento, Simulação do desmatamento.

## Introdução

O desmatamento na borda sul da Amazônia foi possível graças a uma série de fatores, dentre os quais se destacam a melhoria e ampliação da rede viária para a região na década de 1970 e 1980. O acesso viário permitiu que uma imensa população de migrantes pudesse se deslocar para regiões remotas da Amazônia. O que ocasionou um intenso desmatamento de forma rápida e desordenada na região.

Em meados da década de 1980, o desmatamento assumiu dimensões alarmantes com a pavimentação dos principais eixos de ligação entre a região amazônica e os grandes centros consumidores nacionais no sul e sudeste do país (Fearnside, 1989; 2005; Oliveira, 2005). Nesse processo se destacam o asfaltamento do trecho matogrossense da rodovia BR-163 (Cuiabá/Santarém) e da BR-364, ligando Cuiabá a Porto Velho (Fearnside, 1989) e Porto Velho a Rio Branco em um segundo momento. Essas estradas não só permitiram que cada vez mais migrantes se dirigissem a Amazônia, aumentando a pressão sobre o bioma e seus recursos, como também, mais recentemente, viabilizou a chegada da sojicultura, impulsionando o agronegócio (Oliveira, 2005; Carneiro-Filho, 2005).

Dessa forma, se juntando aos processos de degradação da floresta já conhecidos decorrentes da atividade pecuária e da exploração madeireira ao longo do chamado “arco do desmatamento”, fazendeiros capitalizados com o dinheiro do *agrobusiness* e novos especuladores de terra vêm dando novo impulso ao desmatamento na Amazônia. Isto pela derrubada de grandes áreas de floresta para implantação de novas fazendas para o gado e soja, assim como pela invasão e grilagem de terras públicas por invasores ilegais. Uma constatação da forte pressão dessas atividades econômicas sobre os recursos naturais na Amazônia é que os preços de *commodities* como a soja e a carne ditam o ritmo de degradação da floresta (Kaimowitz et al., 2004; Nepstad et al., 2006; Barreto et al., 2008).

Dentro deste contexto e no âmbito do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, o governo brasileiro planeja construir várias obras de infra-estrutura na Amazônia. Dentre estas obras se destaca a construção das usinas hidroelétricas de Jirau e Santo Antonio no rio Madeira, a jusante de Porto Velho, capital do Estado de Rondônia. Também a reconstrução e asfaltamento da BR-319, ligando Porto Velho a Manaus, capital do Estado do Amazonas (Viana et al., 2008; Fearnside et al., 2009).

Durante a fase de construção das usinas as obras atrairão cerca de 100 mil pessoas para a região e poderão agravar ainda mais a pressão por terras agricultáveis em seu término. Considerando esse fato e de que as populações rurais do arco do desmatamento já não

encontram mais novas terras disponíveis para a colonização ou exploração florestal devido à expansão do agronegócio e da pecuária extensiva, presume-se que a reabertura da rodovia BR-319 poderá provocar novo fluxo migratório, a partir destas regiões, para a Amazônia Central e Norte (Fearnside & Graça, 2005; 2006; Viana et al., 2008). Vale ressaltar que a rodovia BR-319 foi o principal canal de migração para o Estado de Roraima a partir de 1975 até o seu fechamento, em 1988, por falta de manutenção.

O Estado de Roraima possui ainda, em sua porção sul, mais de 70.500 km<sup>2</sup> de florestas primárias e são acessíveis a partir de Manaus através da BR-174. Assim, acreditamos que a região poderá atrair grande parte do fluxo migratório esperado, caso se confirme a pavimentação da BR-319. Isto porque essa região possui terras mais férteis e produtivas do que as encontradas na Amazônia Central e porque encontrarão acesso facilitado a partir do “arco do desmatamento” proporcionado pela reconstrução da rodovia.

Diferentemente de outros estados da região Amazônica, o Estado de Roraima tem como uma característica particular sua localização no extremo norte do país. Essa localização oferece inúmeras vantagens comparativas de acesso ao mercado externo via Venezuela e Guiana Inglesa. Isso pode significar alternativas concretas para o desenvolvimento econômico do Estado e poderá provocar aumento no desmatamento e degradação ambiental como consequência, caso um grande fluxo migratório, semelhante ao ocorrido no passado recente, se dirija para Roraima em função da reabertura da BR-319.

No período entre 1995 e 1997 foram criados 23 Projetos de Assentamento – PAs em Roraima (INCRA, 2007), sendo 16 deles na região Sul do Estado (Fig. 10), atraindo mais de 50 mil migrantes para o Estado (Mourão, 2003; IBGE, 2008). Essa ação partiu de um esforço do governo estadual de recuperar população uma vez que o fechamento do garimpo em 1990 causou perda de habitantes (AMBTEC, 1994; Mourão, 2003). Parte desse esforço foi possível também, graças ao asfaltamento da BR-174 e trechos da BR-210 em 1995-97. Estas rodovias serviram de acesso aos PAs criados na região e para escoamento da produção para os mercados de Manaus e Boa Vista.

Diante desse quadro, o objetivo principal desse estudo foi simular quatro cenários futuros de desmatamento para o Sul do Estado de Roraima entre os anos de 2007 e 2030 e estimar as emissões de carbono para a atmosfera resultante destes.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Caracterização da área de estudo*

A área de estudo engloba todo o sul do Estado de Roraima compreendendo cinco municípios: Caracaraí, Rorainópolis, São Luiz do Anauá, São João da Baliza e Caroebe. Somados os municípios encontra-se uma área de 99.634 km<sup>2</sup>, correspondendo a 44,1% da superfície total de Roraima (Fig. 1). A região é cortada pelas BR-174, no sentido Norte/Sul e BR-210, no sentido Leste/Oeste. Estas estradas foram construídas na década de 1970, na época do regime militar no Brasil, e serviram de acesso para a migração e a colonização recente da região. A BR-174 liga Roraima ao Estado do Amazonas, ao sul e à Venezuela ao norte. A superfície desmatada até 2007 na região soma 3722,5 km<sup>2</sup>, representando 3,7% da área total do Sul do Estado e cerca de 5% das áreas de floresta remanescente na região (Brasil, INPE, 2008).

O clima da região sul de Roraima apresenta o mês menos quente do ano (Junho) com a temperatura sempre superior 18 °C, limite abaixo do qual não se podem desenvolver certas plantas tropicais. As precipitações oscilam entre 1500 a 2000 mm anuais, de acordo com as isoietas do mapa de clima do RadamBrasil (Projeto RadamBrasil, 1973-1984).

A hidrografia da região sul está representada pelo rio Branco, seu principal canal hídrico, cortando a região de norte a sul e desaguardo no rio Negro. Outros rios como Jauaperí (afluente do Anauá), o Anauá, o Jatapú, drenam toda parte sul e sudeste da Região Sul, e tem como afluente também o Rio Negro (Mourão, 2003).

O relevo encontra-se fragmentado, desmontando-se no sentido oeste em blocos dissecados por colinas e cristas, separados por superfície de aplainamento talhada sobre rochas do Complexo Guianense. Em alguns casos, ocorrem relevos residuais do tipo *ilseberg*, que constituem formas emergentes dentro da área aplainada. Geralmente, apresenta altitudes que variam entre 150 e 200 m, com drenagem dendrítica, sob vegetação de floresta densa e, eventualmente, savana. Na região cortada pelo rio Branco a partir de Caracaraí descendo para sua foz, encontram-se áreas de terrenos aplainados, arenosos, aluviais, inundáveis, deprimidos, com uma confusa rede de drenagem.

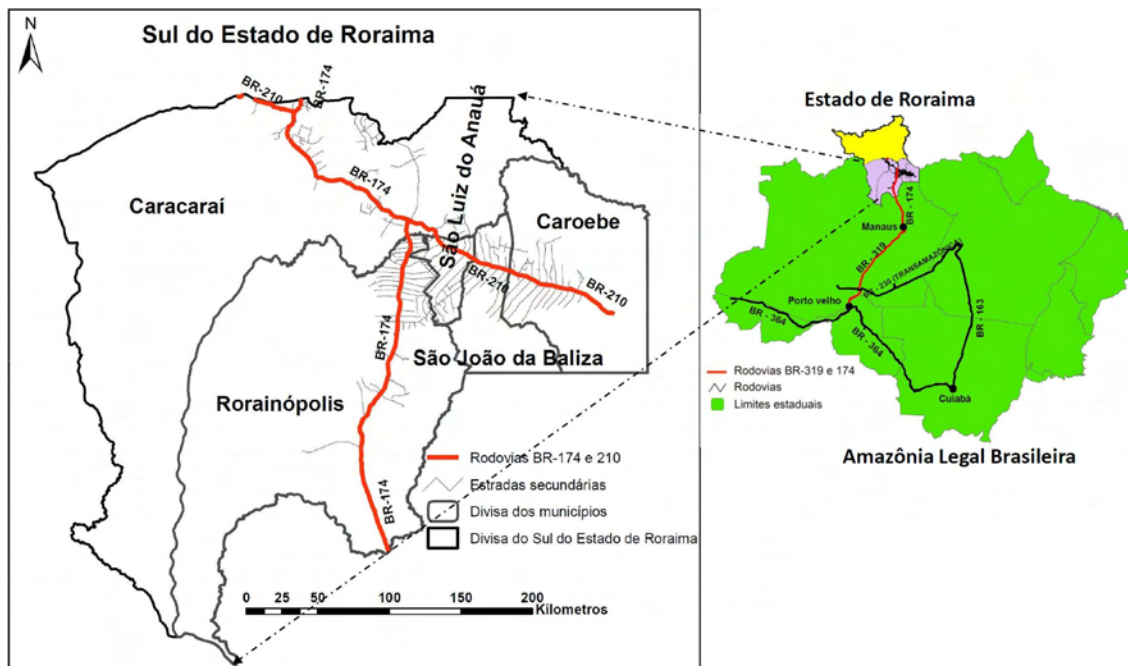


Fig. 1. Localização da área de estudo.

Os solos desenvolvidos na região podem ser agrupados dentro da ordem dos Argissolos Vermelho-Amarelos de textura argilosa e Latossolos Vermelho-Amarelos de textura argilosa nas áreas mais aplainadas, de drenagem menos profunda e menor presença de relevos residuais. Pode ser observada também a presença de Neossolos Quartzosos e Gleysolos, com características gerais comuns, como alta acidez, baixa fertilidade, pouca capacidade de retenção de umidade e de matéria orgânica do solo (Projeto RadamBrasil, 1975-1983).

As principais atividades econômicas são a pecuária extensiva, caracterizada por baixa lotação das pastagens, agricultura comercial e de subsistência e extração madeireira. Estas atividades são desenvolvidas, geralmente, dentro dos Projetos de Assentamento (PA). Grandes projetos de assentamento foram criados nas décadas de 1970 e 1980 na região, como política de atração de migrantes (Barbosa, 1990; 1993; Mourão 2003). Atualmente Roraima conta com 48 PAs, sendo 21 deles situados na região sul do Estado de Roraima (Brasil, INCRA, 2007).



### Modelo espacial utilizado nas simulações

Para a criação dos cenários futuros da região Sul de Roraima utilizou-se o modelo AGROECO, desenvolvido por Fearnside et al., (2009), com base no arcabouço do modelo DINAMICA-EGO (Soares-Filho et al., 2006). O modelo AGROECO (Fig. 2) incorpora uma série de inovações às concepções originais do DINAMICA (Fearnside et al., 2009). O modelo AGROECO cria, a cada iteração, uma superfície de floresta acessível. Esta superfície se expande na medida em que são construídas novas estradas no módulo construtor de estradas. A superfície de floresta acessível vai se moldando às estradas em faixas de largura pré-definidas no modelo, em ambos os lados da estrada construída. O modelo AGROECO, ao contrário de modelos baseados em demandas, é dirigido pela criação de infra-estrutura como estradas planejadas para o futuro para a criação dos cenários (Fearnside et al., 2009).

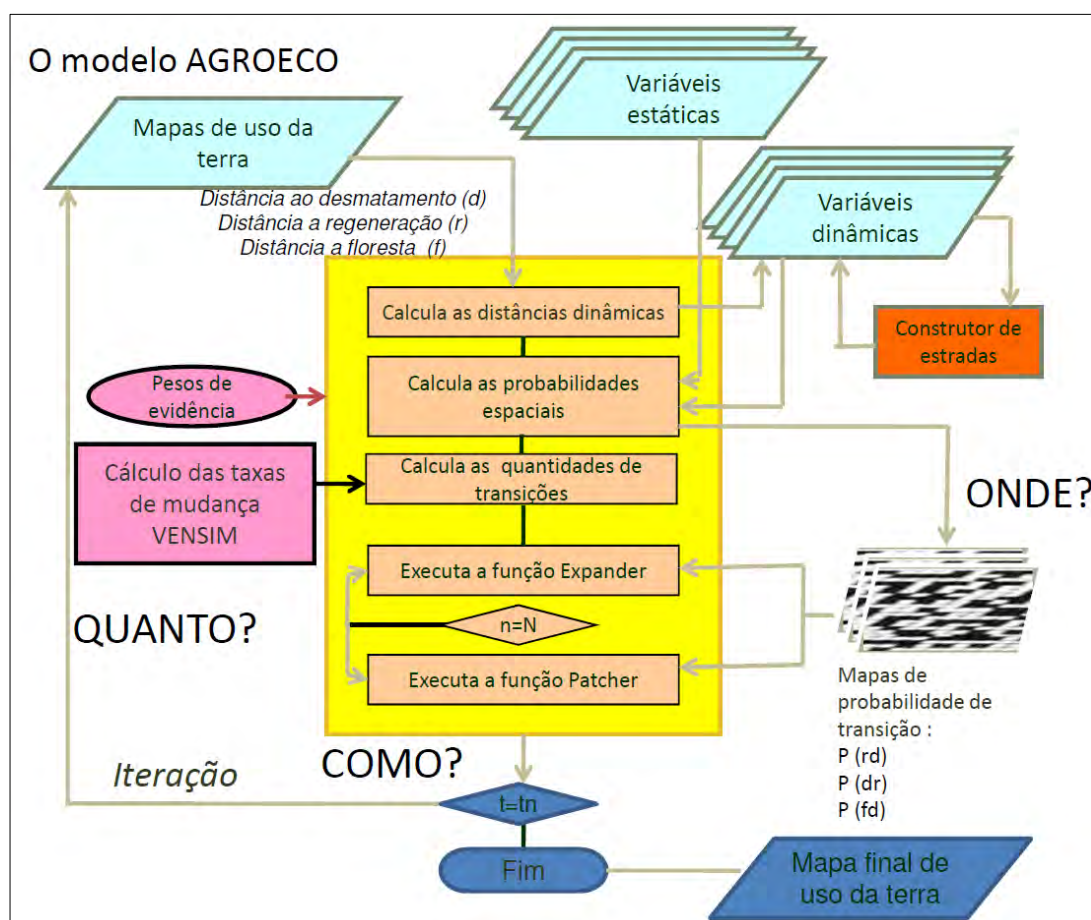


Fig. 2. Ilustração do modelo conceitual do AGROECO (adaptado por Vitel 2009).

Além da área de floresta acessível de 6 km de ambos os lados das estradas (ver modificações abaixo) o modelo AGROECO cria também outra faixa, chamada de floresta fundiária (Fig. 3 e 4). Esta faixa é formada pelas células situadas entre a estrada e até uma distância de raio de 1100 metros da estrada. No modelo esta faixa de floresta está relacionada com uma atividade de desmatamento de pequenas propriedades agropecuárias. Igualmente a área de floresta acessível, esta faixa se ajusta conforme a variação na densidade de estradas e se apresenta bastante atrativa para o desmatamento (Fearnside et al., 2009).

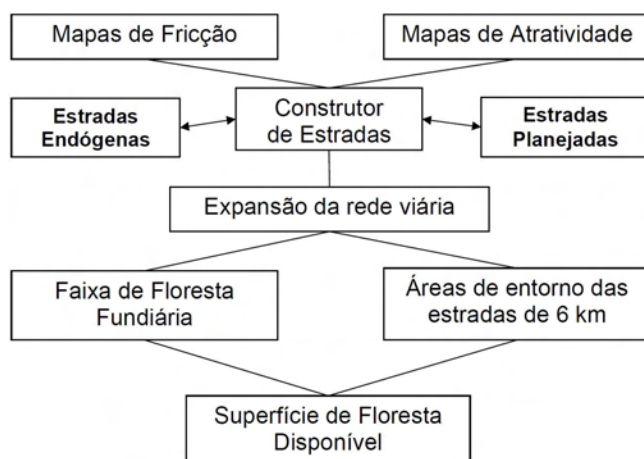


Fig. 3. Ilustração do fluxo de dados no modelo AGROECO para a formação da superfície de floresta disponível.

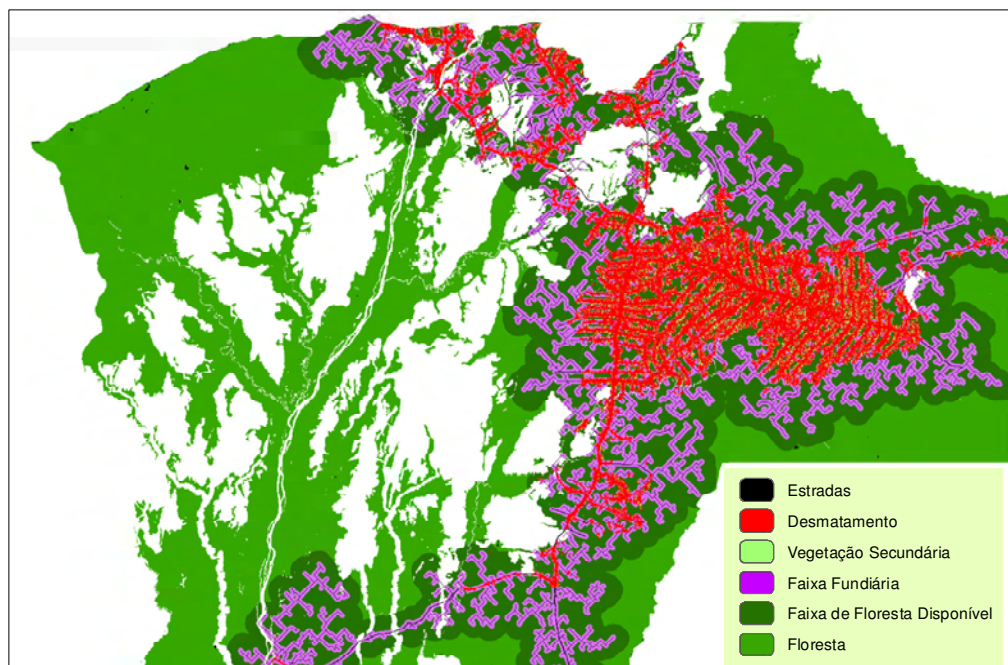


Fig 4. Mapa exemplificando a formação de estradas, das faixas fundiária e de floresta disponível. Este mapa serve como entrada para o modelo não-espacial Vensim.

### *Adaptação do modelo AGROECO para a área de estudo*

Foi realizada uma série de modificações nos parâmetros iniciais do modelo AGROECO, que eram correspondentes à Área sob Limitação Administrativa Provisória – ALAP da rodovia BR-319 e seus arredores, visando adaptá-lo à nossa área de estudo. Essas modificações foram necessárias devido a nossa área de estudo ser proporcionalmente menor que a área da ALAP e por ser utilizada outra resolução espacial, diferente da usada anteriormente.

- ✓ Modificação no módulo de geração de *buffer* para cálculo da floresta fundiária de 4.000 para 2.200 metros;
- ✓ Modificação no módulo de geração de *buffer* para o cálculo da floresta disponível de 12.000 para 6.000 metros em ambos os lados das estradas;
- ✓ Mudança na resolução espacial dos mapas de entrada de 500 para 250 metros;
- ✓ Diminuição do número de iterações no *repeat* do condensador (módulo do AGROECO que calcula a faixa de floresta disponível a partir da rede de estradas) de 40 para 30;
- ✓ Diminuição de quatro fases da modelagem para três.

Com essas modificações o modelo passou a processar os mapas com maior rapidez a cada iteração.

### *Cenários de desmatamento e emissões de carbono para a atmosfera simulados entre 2007 e 2030 para o Sul do Estado de Roraima*

Foram simulados quatro cenários de desmatamento e emissões de carbono entre 2007 e 2030 para o Sul do Estado de Roraima. Dois deles presumiram a reconstrução e asfaltamento da BR-319 em 2011: um cenário *Business As Usual2* - BAU2 (negócios como sempre) e CONSERV2, (cenário de conservação). Os outros dois cenários, um *Business As Usual1* – BAU1 (negócios como sempre) e o outro de conservação (CONSERV1) presumiram o não asfaltamento da BR-319.

Os cenários foram construídos a partir de algumas premissas (ou suposições). Premissas são imposições ao modelo, baseadas em algumas condições pré-definidas, para se obter respostas e ajudar nas interpretações dos cenários gerados posteriormente durante as simulações (Tabela 1). Essas premissas foram elaboradas através da literatura e baseadas no contexto histórico de ocupação da área de estudo.

As premissas do cenário BAU1 (sem reconstrução da BR-319) supõem que o desmatamento irá ocorrer no futuro semelhantemente o que vem sendo observado atualmente na região (ver Cap. I e Barbosa et al., 2008). A incorporação de estradas planejadas, tanto no cenário BAU1 como no BAU2 (com reconstrução da BR-319), supõe o aumento da rede viária através de ações oficiais do governo do Estado na criação e ampliação de PAs e pavimentação de outras estradas oficiais adicionais. E também da criação de estradas não oficiais a partir das ações decorrentes das atividades de madeireiros e grileiros em áreas de invasões de terras públicas.

As premissas que norteiam o cenário BAU2 pressupõem um agravamento do quadro verificado em 2007 no sul de Roraima. Isto em função da suposição da reconstrução e asfaltamento da BR-319 em 2011 e a presunção de ocorrência de um forte fluxo migratório vindo para Roraima utilizando a estrada. Esse fluxo migratório causa aumento nas taxas de desmatamento semelhantes aos observados entre 1997 e 2001 dentro de PAs criados entre 1995/1997 na área de estudo.

Os cenários CONSERV1 e CONSERV2 (cenários de conservação sem a BR-319 e com a BR-319, respectivamente) sugerem a criação de UCs onde se verifica hoje forte pressão antrópica no sul de Roraima. Essa pressão se caracteriza através de grilagens de terras públicas com a conversão da floresta em pastagens e corte ilegal de madeira, ameaçando grandes blocos de florestas contínuas sem *status* de conservação. Para simular políticas de contenção ao desmatamento sob estes dois cenários, as estradas que tinham como destino esses blocos de florestas nos dois cenários BAU foram retiradas do modelo, tendo permanecido aquelas que se dirigiam para outras direções.

Em relação as TI (todos cenários simulados) e as UCs propostas (cenários de conservação 1 e 2), foi presumido que não haveria desmatamento em seu interior. Sendo que as UCs já implantadas na região sul até 2007 estariam sujeitas às probabilidades de haver desmatamento calculadas pelo modelo.

Tanto o cenário BAU2 como o CONSERV2, ambos presumindo o asfaltamento da BR-319, sofrem um aumento em suas taxas de desmatamento a partir de 2012 em função da aplicação pelo modelo de um Fator de Migração (FM). Esse fator, derivado da área de estudo, foi igual a três (3).

Tabela 1. Condições para os quatro modelos de simulação do Sul do Estado de Roraima

CENÁRIOS	Estradas		Reservas	Fator de	*TBA	**TEP
	BR 319	Planejadas	(UCs)	Migração		
BAU1	Não	Sim	Não	Não	Sim	Sim
CONSERV1	Não	Não	Sim	Não	Sim	Não
BAU2	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
COserv2	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não

\*Taxa Básica Anual

\*\*Taxa de Estradas Planejadas

### Dados espaciais de entrada

Foram usadas as seguintes variáveis como entrada para o modelo de simulações:

1. Mapas de uso da terra de 2004 e 2007 fornecidos pelo PRODES (Brasil, INPE, 2008), usados para os cálculos da taxa de transição (Fig. 5) e dos pesos de evidência.

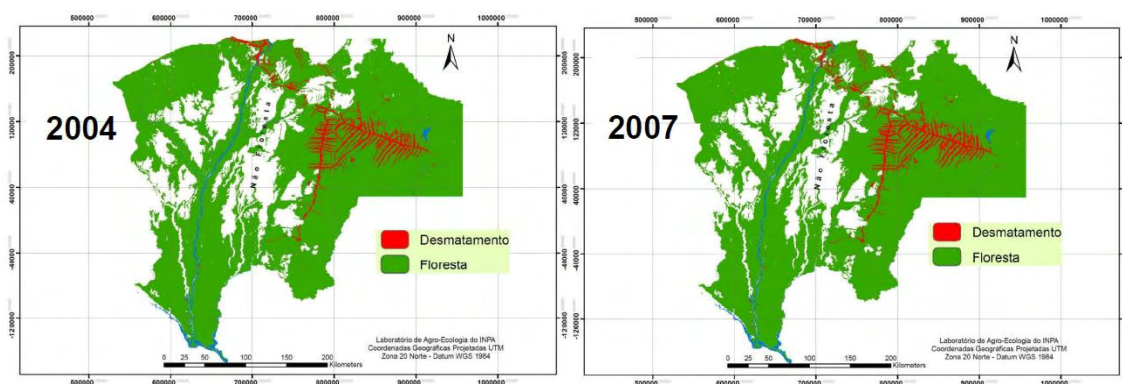


Fig. 5. Mapas de Uso e Cobertura da Terra do ano 2004 e de 2007 da área de estudo, utilizados como mapa inicial, para o cálculo das taxas de transição 2004-2007 e dos pesos de evidência.

2. Mapas de variáveis estáticas (Fig. 6):

- a) Altitude; (SIPAM, 2008)
- b) Declividade; (derivado de dados SRTM)
- c) Solos; (IBGE/RADAMBRASIL)
- d) Vegetação; (IBGE/RADAMBRASIL)
- e) Terras Indígenas e Unidades de Conservação; (IBAMA e ISA)
- f) Distância a rios; (SIPAM, 2008)
- g) Distância a estradas secundárias (vicinais); (derivado de dados de malha viária de 1998 (SIPAM, 2008) e atualizado pelo autor para 2007 a partir de imagens TM Landsat)

- h) Distância a estradas principais; (SIPAM, 2008)
- i) Distância aos Projetos de Assentamento. (INCRA, 2007)

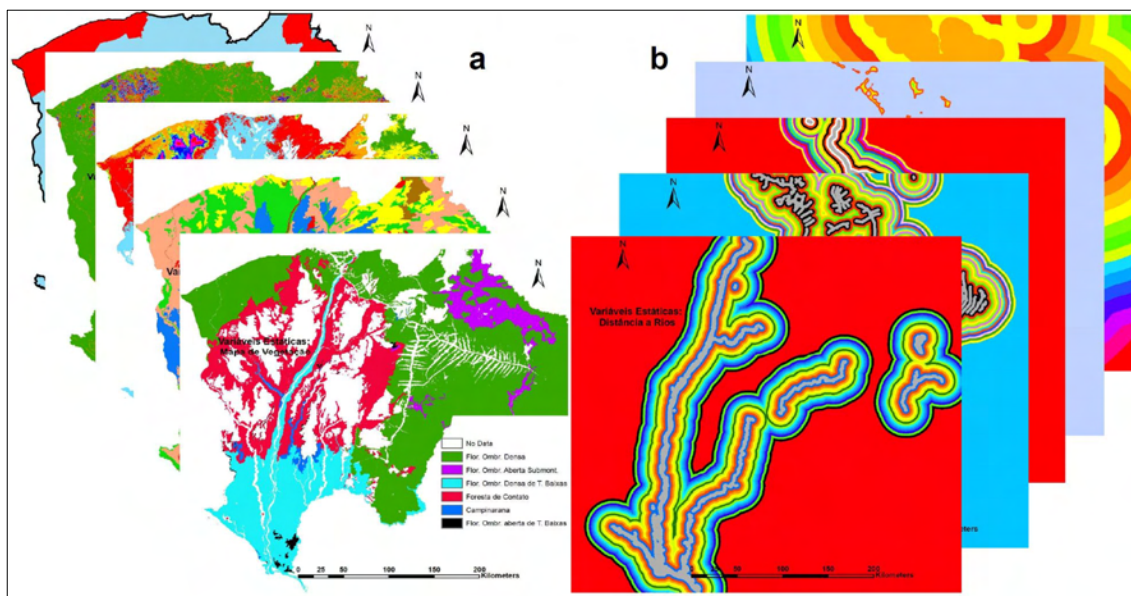


Fig. 6. Mapas de variáveis categóricas (a) e contínuas (b).

### 3. Mapas de fricção:

Os mapas de fricção foram elaborados combinando dados de declividade, áreas de Unidades de Conservação e de Terras Indígenas existentes na área de estudo. Os mapas de fricção influenciam a atividade do construtor de estradas criando uma espécie de superfície de custo. Ou seja, em áreas vizinhas às áreas de conservação e em locais de grande declividade a atividade de construção de estradas seria limitada. Em áreas onde o relevo é plano a atividade do construtor seria favorecida.

### 4. Mapas de atratividade:

Os mapas de atratividade são calculados conforme os atributos espaciais e físicos locais da área, considerando-se fatores que atraem ou repelem atividades antrópicas. São mapas que integram informações cartográficas de áreas inundáveis, áreas de aptidão agrícola ou áreas de proteção. Esses mapas também servem para orientar as atividades do construtor de estradas (Soares-Filho et al., 2006). Mapas de fricção e de atratividade foram combinados para compor cada uma das três fases da simulação onde são caracterizados os ciclos de maior ou menor atividade do construtor de estradas.

### *Área de calibração*

Trabalhos de simulação como de Fearnside et al. (2009), modelando a reconstrução e asfaltamento da BR-319, usaram áreas de calibração fora da área a ser modelada. Soares-Filho et al. (2004) utilizaram a sub-região do norte matogrossense para captar as tendências de desmatamento daquela área e extrapolou para outras três regiões no Pará, ao longo da BR-163, supondo um cenário BAU (*Business As Usual*). Também Soares-Filho et al. (2006) utilizaram 12 estudos de caso para fazer as simulações até 2050 para toda a Amazônia, em cenários de desmatamento assumindo a construção de infra-estrutura rodoviária.

A área de calibração para este trabalho abrangeu toda área de estudo. Optamos por essa abordagem, pois dessa forma poderíamos captar toda tendência de desmatamento da região e projetá-la na simulação do cenário BAU1 (sem a BR-319), considerado de linha de base. Esse cenário presumiu a não-reconstrução e asfaltamento da BR-319 em 2011 e a partir dele derivaram-se os outros três cenários. A região apresenta um histórico de desmatamento bastante definido e característico, guiado principalmente pela abertura de Projetos de Assentamento, extração madeireira, criação extensiva de gado e invasões de terras públicas.

Como visto acima, o modelo AGROECO dispõe de um mecanismo que considera somente a floresta em faixas de distância de ambos os lados das estradas, sendo considerada essa faixa como floresta disponível para o desmate (Fearnside, et al., 2009). No mapa inicial de uso da terra de 2004, utilizado para a calibração do modelo, essa faixa de floresta representou cerca de 16% da área total e 22% da área de floresta remanescente em 2004 no Sul do Estado de Roraima. Portanto, as taxas de transição foram calculadas considerando essa superfície de floresta disponível calculada no mapa de uso da terra inicial.

### *Cálculo dos Pesos de Evidência*

Os pesos de evidência são originados do método Bayesiano de probabilidade condicional. Na modelagem da dinâmica de mudanças de uso e cobertura da terra, especificamente, eles são aplicados para calcular probabilidades, a *posteriori*, da ocorrência de desmatamento, sabendo-se, a *priori*, de locais e condições favoráveis de ocorrência do desmatamento. Nesse passo da modelagem os mapas de uso da terra, as variáveis estáticas e dinâmicas foram combinadas num sub-modelo do DINAMICA-EGO para extração dos pesos de evidência.

A influência dos pesos de evidência sobre as variáveis pode ser positiva (favorece o desmatamento) ou negativa (inibe o desmatamento). Os pesos de evidência são recalculados a cada iteração do modelo considerando a superfície total de floresta disponível em uma dada iteração.

Na simulação os pesos de evidência representam a “quantidade” de influência de cada variável na probabilidade espacial de transição de uma célula, em um determinado estado ( $i$ ), mudar para outro estado ( $j$ ) em função da sua localização dentro de uma dada faixa de distância. Dessa forma, a maior probabilidade de mudança de estado terá aquela célula cuja localização está na faixa mais próxima da classe de interesse. Essa relação é dada pelas equações de (1) a (9):

$$P(D|A) = \frac{P(D \cap A)}{P(A)} \quad (1)$$

$$P(A|D) = \frac{P(A \cap D)}{P(D)} \quad (2)$$

$$P(A \cap D) = P(A|D) \times P(D) \quad (3)$$

Substituindo (5) em (1), obtém-se (4):

$$P(D|A) = P(D) \times \frac{P(A|D)}{P(A)} \quad (4)$$

Da mesma maneira, considerando o não-evento D, como  $\bar{D}$ , obtém-se:

$$P(\bar{D}|A) = P(\bar{D}) \times \frac{P(A|\bar{D})}{P(A)} \quad (5)$$

Aplicando-se uma razão entre as equações (6) e (7), obtém-se (8):

$$O(D|A) = O(D) \times \frac{P(A|D)}{P(A|\bar{D})} \quad (6)$$

$$\log O(D|A) = \log O(D) + \log \frac{P(A|D)}{P(A|\bar{D})} \quad (7)$$

$$\log O(D|A) = \log O(D) + W^+ \quad (8)$$



Portanto:

$$\log O(D|A_i) = \log O(D) + \sum_{i=1}^n W_i^+ \quad (9)$$

Onde  $O\{D\}$  e  $O\{D/A\}$  são as razões de chances *a priori* de ocorrer o evento D, e ocorrer o evento D dado um padrão espacial A, respectivamente.  $W^+$  é, portanto, o peso de evidência de ocorrer um evento D, dado um padrão espacial A. A probabilidade espacial *a posteriori* de uma transição  $i \Rightarrow J$ , a partir de um conjunto de dados espaciais (B, C, D, ...N), é expresso como (10):

$$P(i \rightarrow j|B \cap C \cap D \dots \cap N) = \frac{e^{\sum W_i^+}}{1 + e^{\sum W_i^+}} \quad (10)$$

Onde, B, C, D, ..., N são valores de variáveis espaciais k medidas na posição x,y e representadas pelos seus pesos de  $W^+ N$ .

#### *As funções Patcher e Expander*

O DINAMICA-EGO utiliza como regra local para o algoritmo de autômato celular um mecanismo de transição composto de duas funções complementares, o *Patcher* e o *Expander*. A função *Patcher* procura por células ao redor de um local escolhido para uma transição combinada e formação de novas manchas através de um mecanismo de semeadura. Isto é feito primeiramente elegendo a célula central de uma nova mancha e então selecionando um número específico de células ao redor da célula central, de acordo com sua probabilidade de transição  $P(i \rightarrow j)$  calculada pelos pesos de evidência. A função *Expander* é dedicada apenas à expansão ou contração de manchas prévias de certa classe. Na função *Expander* uma nova probabilidade de transição espacial  $P(i \rightarrow j)$  depende da quantidade de células do tipo j ao redor de uma célula do tipo i. Para a construção dos cenários foram usadas as transições floresta/desmatamento (3→1), desmatamento/regeneração (1→2) e regeneração/desmatamento (2→1).

Os parâmetros utilizados para o *patcher* e o *expander* foram os mesmos para a transição floresta/desmatamento (3→1) nos quatro cenários simulados. As médias e as variâncias dos polígonos de desmatamento foram derivadas do estudo do primeiro capítulo da

dissertação para a área de estudo e foram: 12,5 ha; 62,5 ha e 1,7, para a média, variância e isometria, respectivamente. A partição entre as duas funções de mudança foi de 75% para o *patcher* e 25% para o *expander*.

Também foram utilizados valores iguais para as transições desmatamento/regeneração (1→2) e regeneração/desmatamento (2→1). Os parâmetros foram de 6,5 ha (um pixel) e 0 (zero) para a média e variância, respectivamente, dos polígonos dessas transições sendo a isomeria de 1,7. A partição entre as duas funções de mudança foi de 65% para o *patcher* e 35% para o *expander* para as duas transições.

#### *Cálculo da matriz de transição*

O modelo AGROECO foi calibrado a partir do cálculo das *taxas de transição* Floresta/Desmatamento derivadas dos mapas de uso da terra de 2004 e de 2007 da área de estudo obtidas do projeto PRODES (Brasil, INPE, 2008), para o cenário BAU1 (sem a BR-319). Este seguiu a tendência das taxas históricas de desmatamento para o Sul de Roraima (Barbosa et al., 2008) e foi usado também para a validação do modelo. A taxa de transição, chamada de TBA, foi calculada a partir da equação seguinte:

$$TBA = ((\text{Desmatamento}_{(2007)} - \text{Desmatamento}_{(2004)})/\text{Floresta}_{(2004)})/3 \quad (11)$$

Onde TBA é a Taxa Básica Anual derivada dos mapas de uso da terra de 2004 e 2007.

Para o cálculo das taxas de transição durante as simulações o AGROECO foi acoplado a um modelo externo não-espacial, desenvolvido utilizando-se o programa de simulação não espacial Vensim® (Ventana Systems, 2008). O Vensim fez os cálculos das taxas de transição dinâmicas e transferiu ao modelo espacial essas taxas de transição para cada classe determinada e a cada iteração, a partir do *link* DINAMICA-EGO/Vensim. Para esses cálculos o modelo espacial disponibilizou valores quantitativos que caracterizaram a cena na iteração imediatamente anterior, como as superfícies de desmatamento, de regeneração, de floresta acessível, de superfície fundiária e de extensão de estradas que ainda não tenha produzido desmatamento. No caso, a taxa de transição Floresta/Desmatamento derivada dos mapas iniciais de uso da terra foi utilizada apenas para a primeira iteração do modelo. As taxas calculadas pelo Vensim foram as de *desflorestamento*, *clearing* (corte da vegetação secundária) e *regeneração* da vegetação secundária.

### *Construtor de estradas*

O módulo construtor de estradas utiliza os conceitos de atratividade e fricção para seu funcionamento e tem como objetivo ampliar a malha rodoviária a partir de estradas existentes. Para isso foi levado em consideração parâmetros como o grau de atratividade de uma região ao desmatamento, o custo do traçado, a densidade de estradas por área e o comprimento médio de segmentos de estrada por passo. O construtor de estradas aumenta sua atividade de construção quando a maioria das estradas construídas já tenha produzido desmatamento nas suas proximidades. Desse modo a atividade de construção irá variar na relação entre a saturação de estradas e a quantidade de área desmatada produzida. Esse mecanismo é regulado através do conceito de ciclos de atividade, onde um ciclo de atividade considerado “baixo” é determinado com a localização de destinos a 2 km e estará ligado à construção de estradas de consolidação; um ciclo “médio” tem destinos de 4 km, e um ciclo de atividade alto utiliza a localização de destinos a 6 km e se configura como estradas de penetração.

Em todos os cenários o módulo construtor de estradas foi programado para reproduzir 50 destinos de estradas “endógenas” por quadrante a cada iteração. Essa configuração baseou-se no aumento médio da malha viária em nossa área de estudo no período entre 1998 e 2007.

### *Calendário de estradas*

Neste trabalho e para todos os cenários, as estradas principais planejadas para o futuro obedeceram ao cronograma oficial do governo de Roraima para a pavimentação de estradas. As estradas secundárias de maior comprimento foram mapeadas usando o método MCE (*Multiple Criteria Evaluation*), implementado no *software* DINAMICA-EGO. As datas prováveis de construção das estradas secundárias foram estimadas baseando-se nas entrevistas de campo e na consulta à literatura (Tabela 2).

O asfaltamento do trecho da BR-210, que se estende de São João da Baliza ao rio Jatapú, em Caroebe, está programado para iniciar em 2009. As obras de terraplanagem estavam prontas desde o final de 2007. A recuperação asfáltica da BR-174 e BR-210 estão sendo realizadas pelo governo estadual, mas não modelamos o seu efeito. Elas entram na modelagem na primeira iteração (2008). O asfaltamento da rodovia Estadual RR-170, ligando Novo Paraíso, situado no município de Caracará, a Boa Vista, cortando a parte leste do município no sentido norte/sul, foi programada para acontecer em 2012 (Fig. 7). Esta data foi estimada considerando que obras de terraplanagem estavam sendo executadas no local quando

realizamos nossa visita de campo, não constando no calendário oficial de obras do governo de Roraima.

Tabela 2. Calendário de asfaltamento e construção de estradas projetadas para o futuro aplicado ao modelo AGROECO para todos os cenários (exceto alguns destinos nos cenários de conservação)

Ano	Nome	Comprimento		Localidade (municípios)
		km	*Área (ha)	
2008	BR-174 e BR-210	526	-	Todos
2009	Trecho BR-210	63	75600	São João/Caroebe
2011	Estradas Vicinais	140	168000	Rorainópolis
2012	RR-170 e BR-422	136	163200	Caracarái/Rorainópolis
2013	Estradas rio Engano	264	316800	Caracarái
2014	Estradas Lago Jatapú	73	87600	Caroebe
2015	Continuação da vicinal 07	65	78000	Caroebe
2018	Estrada para Sta. Ma. do Boiuçu	126	151200	Rorainópolis
<b>Total</b>	-	<b>867</b>	<b>1.040.400</b>	-

\*Área disponibilizada pela estrada para o desmatamento

O mesmo procedimento foi aplicado para o caso da BR-422, programando seu asfaltamento, do Jundiá, situado às margens da BR-174, ao rio Jauaperí, em 2012. Esta rodovia foi construída para dar acesso à localidade de Santa Maria do Boiuçú, situada na margem esquerda do rio Branco. Devido a dificuldades ligadas a engenharia de construção, a obra parou na margem esquerda do rio Jauaperí, a 45 quilômetros do Jundiá. Atravessando o rio Jauaperí até Santa Maria do Boiuçú, o terreno é pantanoso, formado por grandes áreas sujeitas a constantes alagamentos. A construção desse segundo trecho, correspondendo a 126 km, foi programada para 2018.

Em 2011 foi programado para ser construída uma série de pequenos trechos de alongamento de algumas estradas vicinais. No final dessas estradas vicinais foram constatadas em campo atividades de grilagens e demarcações de terras públicas, inclusive com a construção de carregadores de acesso às áreas feita por madeireiros. Assim, no cenário BAU1 (sem a BR-319) e no BAU2 (com a BR-319), presumimos que estradas serão construídas futuramente para facilitar o acesso a essas áreas, induzindo os desmatamentos futuros.

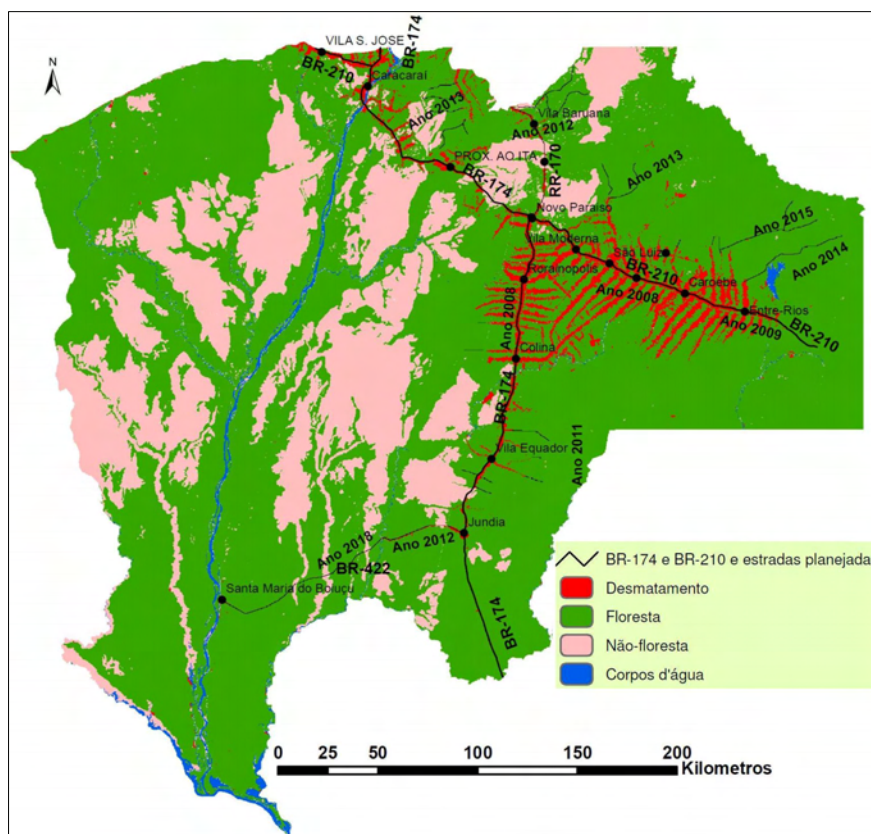


Fig. 7. Mapa de estradas planejadas para o futuro com as suas datas de implementação no modelo.

Em 2013, também uma série de estradas foram programadas para serem construídas no modelo dando acesso a um bloco de florestas situadas além do rio Engano, final da vicinal 21 que parte do lado norte de São Luiz do Anauá. Este bloco de floresta está compreendido entre a Rodovia RR-170 e a Terra Indígena Wai Wai.

No mesmo mapa de estradas de 2013 estão programadas também estradas penetrando o bloco de florestas ao norte de Caracaraí, entre o rio Branco e a rodovia RR-170. Estas estradas foram construídas presumindo o avanço das vicinais do PA Caxias, a nordeste e os PAs Cujubim e Itã ao sul da área em questão. Nessa área foram constatadas em campo invasão de terras públicas e atividades ilegais de extração de madeira.

Para o ano de 2014 foram programadas estradas que deram acesso ao bloco de florestas situadas ao norte do lago da hidrelétrica de Jatapú, partindo da vicinal 011 do PA Jatapú em Caroebe. Este local pode ser vulnerável ao desmatamento por possuir terras relativamente férteis, aptas à atividade agrícola. Está inserido entre a Terra Indígena Wai Wai ao norte e a Terra Indígena Trombetas Mapuera ao sul, fato que poderá canalizar as pressões antrópicas na direção leste, penetrando o bloco de floresta.

Foi programada em 2015 a construção de mais uma estrada penetrando o bloco de florestas descrito acima. É presumido aqui que será dada continuação a estrada iniciada no ano 2011 partindo do final da vicinal 07 do PA Jatapú, em Caroebe. Essa estrada segue em paralelo com os limites da Terra Indígena Wai Wai, penetrando profundamente o bloco de florestas.

#### *Relação entre estradas e taxa de desmatamento dinâmico*

A construção de estradas incorpora uma superfície de floresta, atualizada a cada iteração ao sistema da simulação, definida por uma faixa de 6 km (*buffer*) a ambos os lados das estradas. A superfície assim definida é denominada de floresta acessível. Deste modo a superfície de floresta acessível pode aumentar no máximo de 12 km<sup>2</sup> para cada quilômetro de estrada construída, nos casos de estradas de penetração. Já nos casos de estradas vicinais ou ramais, o aumento da superfície disponível poderá ser até nula. A incorporação de superfície de floresta disponível é minimizada quando existirem áreas de proteção integral ou terras indígenas vizinhas ao traçado. Estas áreas não se incorporarão à floresta disponível e a construção de estradas endógenas (internas no Dinamica-EGO) é inibida. O incremento da superfície de floresta disponível é zero quando a construção de estradas acontece nas proximidades ou dentro de UC's, embora as estradas possam ser de penetração.

O conceito de acessibilidade implica que a atividade de construção de estradas aumentará positivamente o desmatamento. Esse efeito é conseguido aplicando-se taxas internas de desmatamento segundo a equação seguinte:

$$Sup.desmatada = Taxa.interna \times Sup.floresta.acessível \quad (12)$$

Onde, Sup.desmatada representa a área total desmatada em uma dada iteração; Taxa.interna refere-se às taxas de desmatamento calculadas a partir da disponibilidade de áreas acessíveis ao desmatamento; Sup.floresta.acessível representa a superfície total de floresta capaz de ser utilizada para o desmatamento. A partir da equação se observa que, embora a taxa interna de desmatamento possa não variar, a superfície desmatada em cada iteração varia com as variações da superfície de floresta acessível.

Para todos os cenários, nas iterações onde foi programada a construção de estradas a TBA foi multiplicada por uma Taxa de Estrada Planejada (TEP). O cálculo da TEP é dado pela razão:

$$TEP = (AFDE_t / AFD_{(t-1)}) + 1 \quad (13)$$

Onde:  $AFDE_t$  é a Área de Floresta Disponibilizada pela Estrada no tempo  $t$  e  $AFD_{(t-1)}$  é a Área de Floresta Disponível no tempo  $t-1$ .

A TEP representa um aumento na probabilidade de haver desmatamento na área disponibilizada pela estrada nas iterações seguintes. Isso é devido à presunção de aumento da pressão humana sobre essa área acessível, possibilitada pela estrada construída.

Para os cenários BAU2 e CONSERV2, ambos presumindo a reconstrução e asfaltamento da BR-319 em 2011, além das taxas descritas acima, foi utilizado um Fator de Migração (FM). Esse fator simulou o aumento do desmatamento em função do fluxo migratório esperado para a região após a reconstrução e asfaltamento da BR-319 em 2011:

$$FM = TDPA_{(95/97)} / TBA \quad (14)$$

Onde:  $TDPA_{(95/97)}$  é a Taxa de Desmatamento observado nos PAs criados entre 1995 e 1997 na região Sul do Estado de Roraima e derivada para o período de 1996 a 2001 (Figs. 8 e 9).

Nesse período houve um grande fluxo migratório para a região estimulado pelo governo local através da doação de terras e a criação de PAs (Mourão, 2003). Foi pressuposto neste trabalho que a construção de estradas regionais serviu de infra-estrutura de acesso a PAs e por isso foram causas de aumento nas taxas de desmatamento (Alves et al., 1992; Brandão Jr. & Souza Jr., 2006).

Embora o FM fosse aplicado no período de 2012 a 2018, acompanhando o calendário de estradas planejadas, o FM não relaciona seu efeito a uma estrada planejada específica construída, mas ao conjunto do desmatamento na região como um todo. Assim, presumimos que o fluxo migratório se espalhará nas diversas frentes de expansão do desmatamento no sul de Roraima, aumentando as taxas de forma homogênea.

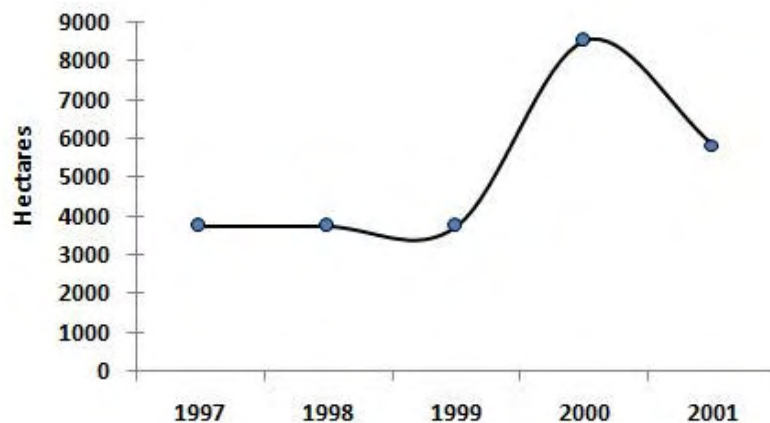


Fig. 8. Gráfico do desmatamento nos PAs criados entre 1995 e 1997 no Sul do Estado de Roraima. Obs. Os índices observados nos três primeiros anos são valores médios do desmatamento atribuído ao ano de 1997 segundo a metodologia do PRODES (Brasil, INPE, 2008).

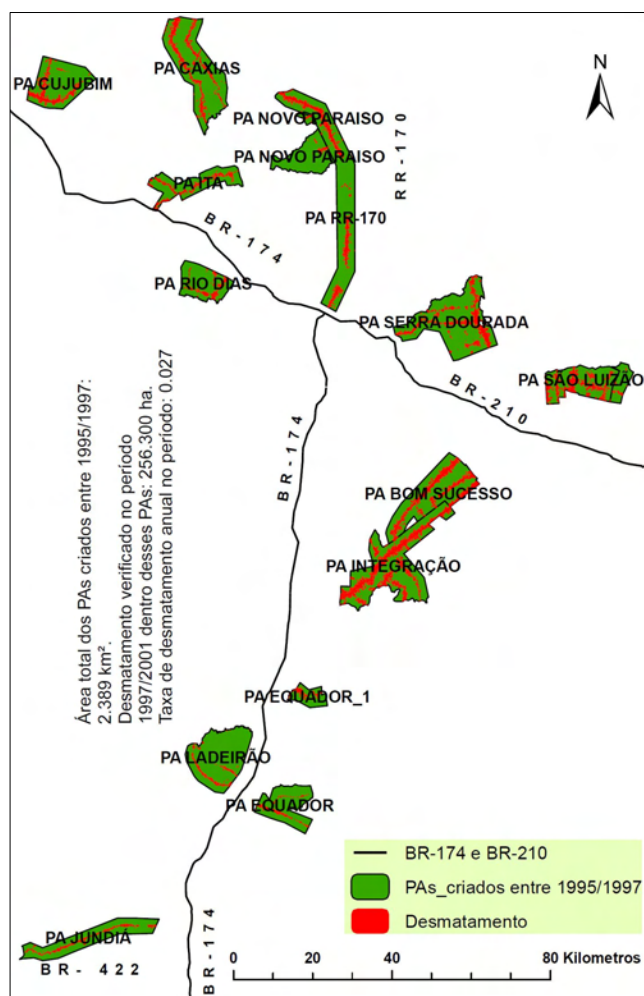


Fig. 9. Projetos de Assentamento criados entre os anos de 1995/1997 no Sul do Estado de Roraima. Fonte: Brasil, INCRA, (2007).



Os cálculos das taxas apresentadas acima foram realizados no modelo numérico não-espacial Vensim® (Ventana Systems, 2008) e disponibilizadas na iteração correspondente através de uma tabela *lookup* (Soares-Filho et al., 2004). As taxas foram calculadas no Vensim e repassadas ao modelo espacial AGROECO por um link de acoplamento DINAMICA-EGO/VENSIM a cada iteração para a obtenção de taxas flutuantes (Fearnside et al., 2009).

#### *Validação do modelo de simulação*

O modelo foi validado através de rodadas de simulação entre os anos de 2004 a 2007 usando o mapa de uso da terra de 2004 como mapa de entrada e parâmetros da calibração para o cenário BAU1 (sem a BR-319), do Sul do Estado de Roraima. O mapa gerado (Fig. 10a) foi comparado ao mapa de uso da terra de 2007 fornecido pelo PRODES (Fig. 10b). Para isso foi usada a técnica de comparação de *similaridade recíproca*, desenvolvida por Soares-Filho et al. (2008a) a partir de modificação do método da *similaridade fuzzy* (Hagen, 2003). É importante destacar que nesta abordagem se compararam mapas de diferenças, ou seja, mapas de desmatamento simulado, e não de desmatamento acumulado (Soares-Filho com. pess.).

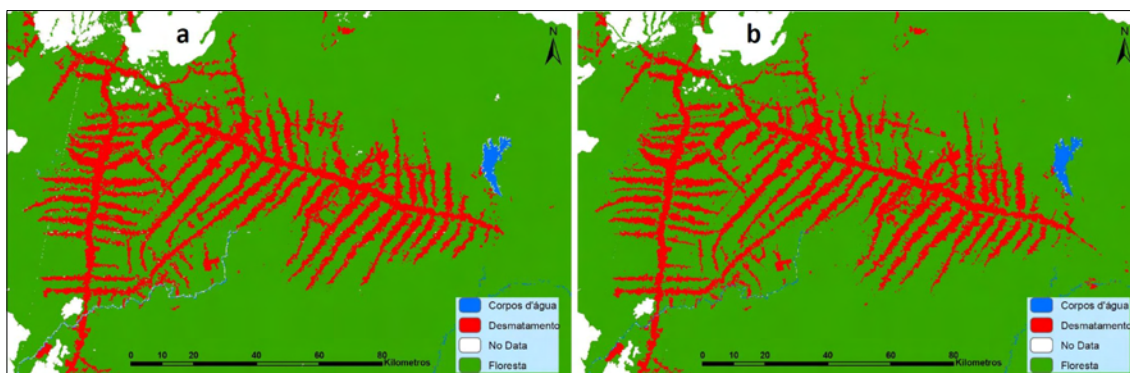


Fig. 10. Detalhe ampliado comparando o desmatamento simulado de 2007 (a) e o desmatamento observado no Sul do Estado de Roraima em 2007 (Brasil, INPE, 2008) (b), para a validação do modelo.

O método emprega múltiplas “janelas” de tamanhos crescentes de células sobre os mapas de uso da terra inicial e final e o mapa simulado em um sub-modelo do DINAMICA-EGO. As janelas variam a partir de uma matriz de 5x5 até 31x31 células e consideram a célula central de cada janela e os estados das células de sua vizinhança como parâmetros de comparação entre os mapas. Nessa abordagem valores acima de 50% de similaridade são considerados satisfatórios para a validação do modelo desde que os padrões de distribuição espacial do desmatamento entre os mapas comparados sejam similares. Desse modo, foi

obtido um índice de 54,7% de similaridade entre os mapas, comparados através de uma janela de 7x7 células.

### *Criação das UCs para os cenários de Conservação*

As UCs propostas para os cenários de Conservação somaram uma área de aproximadamente 695.000 ha (Fig. 11). A forma e localização foram planejadas para permitir a conectividade com outras UC já implantadas na região, formando um imenso corredor desde o sul, sudeste e chegando ao nordeste da região Sul de Roraima (Ferreira & Venticinque, 2007). As florestas que ocupam grande parte da região sul de Roraima são de dossel fechado (Barbosa et al., 2008), ou ombrófilas densas. Estas florestas se encontram hoje bastante vulneráveis pela extração ilegal de madeiras e até mesmo pelo corte raso uma vez que já há denúncias de invasão nessas áreas, inclusive confirmadas por observações em imagens de satélites. De acordo com Bruner et al. (2001), a criação de parques podem representar um componente central nas estratégias de conservação da biodiversidade nos trópicos.

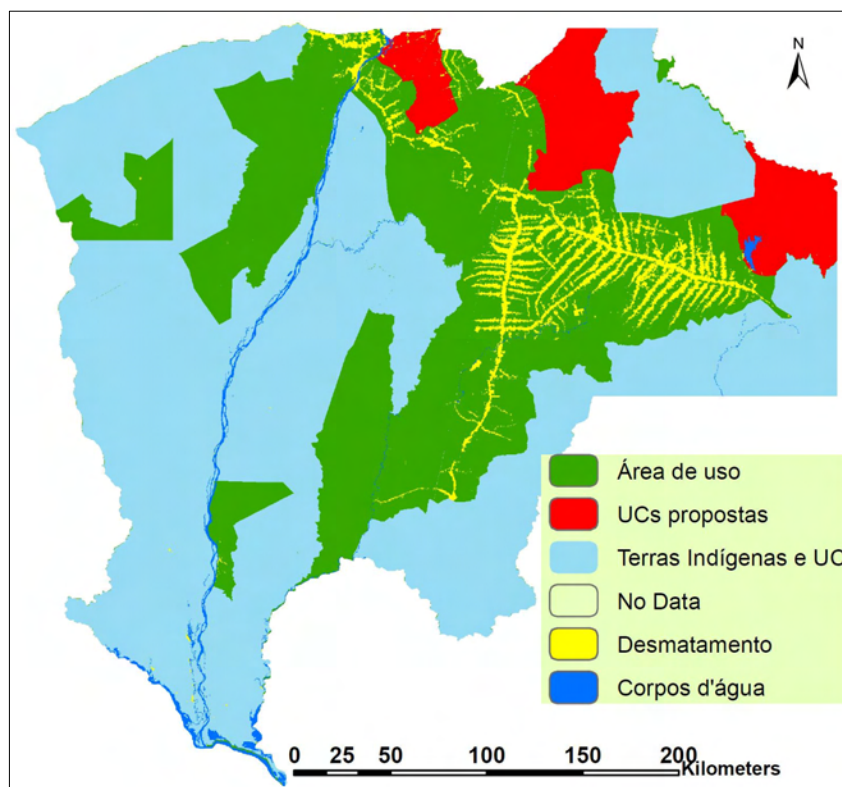


Fig. 11. UCs propostas para os cenários de conservação.

### Estimativa de biomassa florestal

Na estimativa de biomassa florestal abaixo e acima do solo (excluindo o carbono do solo) foi utilizado o mapa de densidade média de biomassa calculada para o Estado de Roraima (Fig. 12). Esse mapa foi derivado do mapa de biomassa para a Amazônia, desenvolvido por Nogueira et al. (2008). Para este trabalho considerou-se biomassa florestal somente aquela proveniente de formações florestais primárias, que não tiveram histórico de corte raso prévio (Fearnside, 2009).

Para os ecossistemas de “campina” e de savanna (localmente denominada de “lavrado”) sem representação nos inventários do RADAMBRASIL (Brasil, Projeto RADAMBRASIL, 1973-84), foram usados os estudos de Barbosa & Ferreira (2004) e de Barbosa & Fearnside (2005). Para estimar a biomassa de raízes desses ecossistemas foi usada a razão (*raíz/caule*) de 2.81 (Barbosa, comunicação pessoal, 2009).

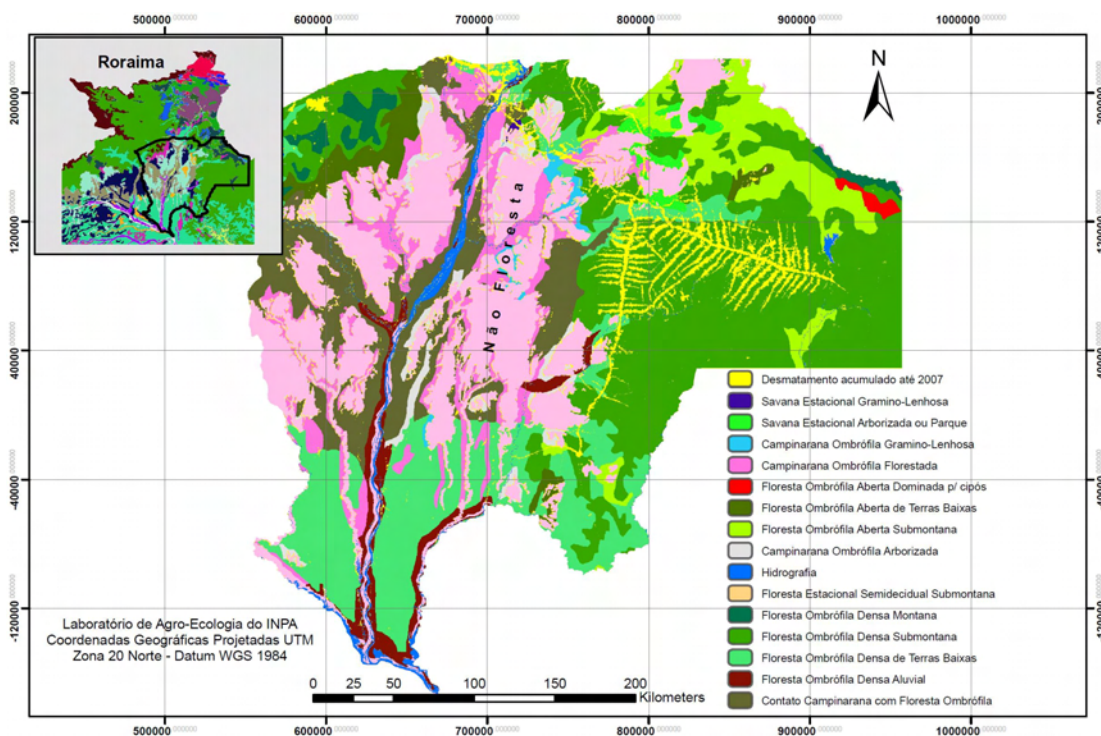


Fig. 12. Mapa de biomassa do Sul do Estado de Roraima para o de 2007 derivado do mapa de biomassa da Amazônia, calculado por Nogueira et al., (2008).

Os cálculos foram realizados através de operações de álgebra de mapas no *software* ArcGis 9.1, utilizando-se o mapa de classes de densidade média de biomassa para Amazônia e o mapa de uso da terra de 2007. Para se obter as áreas ocupadas por cada tipo florestal foi

realizada uma multiplicação entre o mapa binário da classe floresta (1) e o mapa de classes de biomassa (classes 1 a 15). A totalização destas áreas foi obtida através da soma da quantidade de *pixels* de cada classe resultante dessa operação, conhecendo-se a área de cada *pixel*.

O valor total da biomassa remanescente no sul de Roraima em 2007 foi obtido pela somatória da área (ha) ocupada por cada tipo florestal multiplicado por sua respectiva biomassa média (ton . ha<sup>1</sup>). Essa biomassa, acima e abaixo do solo (incluem a necromassa), calculada para o sul de Roraima até o ano de 2007, após a conversão, representou o estoque de carbono existente nas florestas remanescentes da região até aquele ano (Tabela 3).

Tabela 3. Biomassa presente e estoque de carbono nas florestas da região Sul do Estado de Roraima em 2007.

*Código	Tipo Florestal	Valor	**Pixels por tipo florestal	Biomassa Acima e abaixo do solo		Biomassa Média seca	Estoque Carbono Total
				Inventários	Inventários		
-	-	-	n	Ton/ha <sup>a</sup>	n	Toneladas	Toneladas
<b>LO</b>	Contato Campinarana com Floresta Ombrófila	<b>15</b>	149864	384,6310	274	360264645,5146	174728353,0746
<b>Fs</b>	Floresta Estacional Semidecidual Submontana	<b>10</b>	187	315,6799	33	368950,8934	178941,1833
<b>Ab</b>	Floresta Ombrófila aberta de Terras Baixas	<b>6</b>	36318	363,4307	265	82494236,1540	40009704,5347
<b>As</b>	Floresta Ombrófila aberta Submontana	<b>7</b>	87053	336,0238	618	182824258,4537	88669765,3500
<b>Da</b>	Floresta Ombrófila Densa Aluvial	<b>14</b>	38542	360,8265	144	86918603,7334	42155522,8107
<b>Db</b>	Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas	<b>13</b>	229923	384,5027	517	552537610,4613	267980741,0737
<b>Dm</b>	Floresta Ombrófila Densa Montana	<b>11</b>	20845	361,3022	27	47070899,0478	22829386,0382
<b>Ds</b>	Floresta Ombrófila Densa Submontana	<b>12</b>	415241	385,3348	533	1000042511,1369	485020617,9014
<b>La</b>	Campinarana Ombrófila Arborizada	<b>8</b>	28939	60,6171	<sup>a</sup>	10206025,3556	4949922,2975
<b>Ld</b>	Campinarana Ombrófila Florestada	<b>4</b>	100589	365,0000	<sup>d</sup>	229468656,2500	111292298,2813
<b>Lg</b>	Campinarana Ombrófila Gramino-lenhosa	<b>3</b>	7727	46,0000	<sup>c</sup>	2221512,5000	1077433,5625
<b>Sa</b>	Savana estacional arborizada	<b>2</b>	13506	44,6951	<sup>b</sup>	3772825,1288	1829820,1874
<b>Sg</b>	Savana estacional gramino-lenhosa	<b>1</b>	524	12,573	<sup>b</sup>	41176,5750	19970,6389
<b>Total</b>		-	<b>1127258</b>	-	-	<b>2558231911,20</b>	<b>1240742476,93</b>

<sup>a</sup> Brasil, IBGE, (1992).

<sup>\*\*</sup> Resolução do pixel → 250 m (6,25 hectares).

<sup>a</sup> A biomassa total acima do solo foi retirado de Barbosa & Ferreira, (2004) e somado à razão *root/shoot* de 2.81 para obtenção da fração raiz (Barbosa Com. Pessoal).

<sup>b</sup> A biomassa total acima do solo foi retirado de Barbosa & Fearnside, (2005) e somado à razão *root/shoot* de 2.81 para obtenção da fração raiz (Barbosa Com. Pessoal).

<sup>c</sup> A biomassa total acima e abaixo do solo foi estimada a partir de trabalhos de Kauffman et al., (1988) e de Klinge et al., (1975).

<sup>d</sup> Dados de Biomassa total estimado a partir de dados do Projeto RADAMBRASIL (1973-1984).

### *Estimativa de biomassa da vegetação secundária simulada e outros tipos de vegetação da paisagem em equilíbrio*

No modelo AGROECO, adaptado para este estudo, considerou-se que a vegetação secundária especializada na simulação, para cada iteração, foi originada de áreas desmatadas para fins de pecuária. As pastagens são ainda hoje o principal tipo de uso da terra na Amazônia, correspondendo de 75 a 81% das áreas desmatadas (Barreto et al., 2008b; Greenpeace, 2009).

Para estimar a biomassa de vegetação secundária simulada anualmente e as remanescentes nos cenários de 2030, mapas binários com pixels da classe de vegetação secundária gerados a cada iteração foram submetidos a operações de álgebra de mapas. Esse procedimento visou determinar a composição das paisagens geradas anualmente pelo modelo

de simulação relativo à idade da vegetação secundária proveniente de pastagens abandonadas em determinada paisagem. Ou seja, determinar quanto da vegetação secundária criada na paisagem no tempo  $t_0$  permanece em uma paisagem criada no tempo  $t_1$ . As operações consistiram de cruzamentos sistemáticos entre os mapas gerados ao longo das simulações e que foram recuperados a cada iteração pelo DINAMICA-EGO, de 2008 a 2030 (Fig. 13).

A composição da vegetação secundária simulada nas paisagens anuais foi determinada verificando-se sua abundância relativa na paisagem de 2030 e de forma auxiliar, em função do *tempo de permanência* das células de vegetação secundária na paisagem. Como tempo de permanência considerou-se os resultados dos cálculos realizados sobre os dados de vegetação secundária simulada no cenário BAU1 (sem a BR-319). Para isso foi utilizado o conceito de “meia-vida” da vegetação em regeneração, baseado na metodologia de Almeida (2008).

Este autor define como meia-vida da vegetação secundária o tempo necessário para que a metade das células da vegetação secundária, mapeados em um tempo  $t$ , desapareçam em um tempo  $t+1$ . Os cálculos do tempo de permanência foram realizados a partir do desenvolvimento da equação (15) de decaimento exponencial da linha de ajuste do gráfico obtido dos dados de vegetação secundária da paisagem gerada em 2008 evoluindo até 2030 (Fig. 14). Assim:

$$Y = 109,7e^{-0,21x} \quad (15)$$

Onde:  $Y$  é o percentual de vegetação secundária existente e  $x$  é o número de anos decorridos desde a formação da vegetação secundária na paisagem. Substituindo o  $Y$  por 50, ou seja, restando 50% da vegetação secundária criada em uma determinada paisagem podemos calcular o  $x$  expresso em anos e estimar a sua “meia-vida” (Almeida, 2008).

Em função dos resultados dos cálculos anteriores a vegetação secundária simulada compondo cada paisagem anual foi dividida em três estratos distintos, para todos os cenários simulados: vegetação secundária jovem (igual ou menor do que cinco anos, ou apenas,  $x \leq 5$  anos), vegetação secundária intermediária ( $5 < x \leq 10$  anos) e vegetação secundária antiga ( $x > 10$  anos). A partir dessa classificação o total de pixels da classe vegetação secundária de cada paisagem anual foi transformado em área (ha) e multiplicado pela biomassa média calculada para cada estrato ( $\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) da vegetação secundária. Para isso foi utilizado os cálculos de biomassa total média (acima e abaixo do solo + necromassa) realizados por Fearnside & Guimarães (1996) aplicando-se interpolação entre os dados tabelados para deduzir o valor médio de cada estrato.

Desse modo, para o estrato de vegetação secundária jovem (em fase inicial de regeneração) foi utilizado o índice de 33,8 tonelada de biomassa.ha<sup>-1</sup>, calculado para a vegetação secundária de três anos. Para o estrato de vegetação secundária intermediária utilizou-se o índice de 54,9 tonelada de biomassa.ha<sup>-1</sup>, calculado para a vegetação secundária de sete anos. E para o estrato vegetação secundária antiga foi utilizado o índice de 87,4 tonelada de biomassa.ha<sup>-1</sup>, calculado para a vegetação secundária de 17 anos. O cálculo da biomassa da vegetação secundária simulada foi realizado através da equação:

$$\text{Biomassa de vegetação secundária}_i = P_{x_i} * A * \text{Biomassa média}_i \quad (16)$$

(i = 1, 2, 3)

Onde:  $P_{x_i}$  é a quantidade de pixels da classe vegetação secundária do estrato  $i$ ,  $A$  é a área do píxel (6,25 ha) e  $\text{Biomassa média}_i$  é a biomassa média calculada para o estrato  $i$  da vegetação secundária.

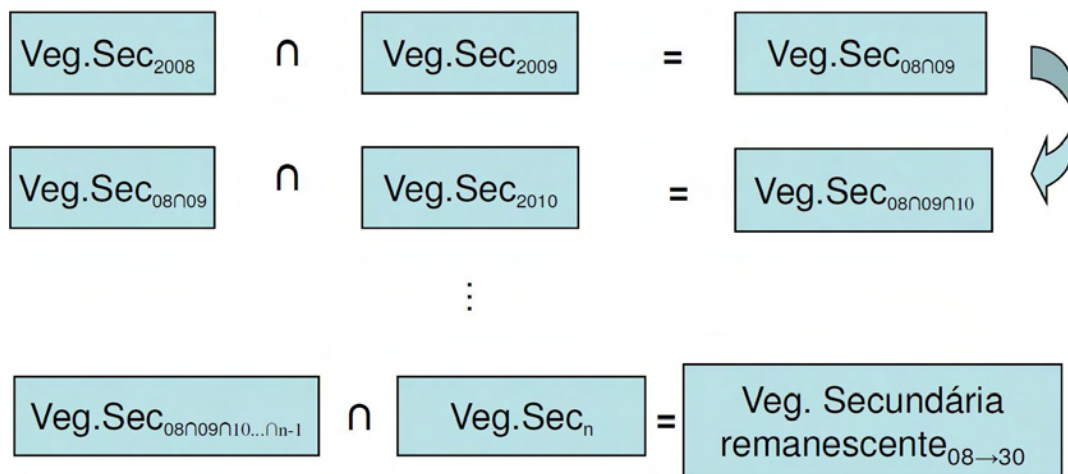


Fig. 13. Metodologia para se determinar o mosaico de idades da vegetação secundária (Veg.Sec) remanescente nas paisagens geradas a cada iteração nas rodadas de simulação para os cenários. Esse procedimento foi repetido para cada paisagem anual de cada cenário simulado até o ano de 2030.

Após esses cálculos preliminares a biomassa da vegetação secundária simulada proveniente de pastagens foi somada à biomassa calculada para as outras categorias de uso do solo consideradas por Fearnside (1996) como recobrando a paisagem em equilíbrio após o desmatamento. Essas classes são: pastagem produtiva, pastagem degradada, agricultura e vegetação secundária proveniente da agricultura (Tabela 4). A biomassa proporcional calculada para essas categorias foi de 10,62 t.ha<sup>-1</sup>. A área desmatada acumulada nos cenários simulados a cada iteração (ha) foi multiplicada por esse valor, representando a biomassa

contida em cada hectare e o resultado foi multiplicado por 0,45 para se extrair o carbono da biomassa, presumindo seu valor em 45% do valor da biomassa (Fearnside, 1996, 2000).

Para utilizar esta metodologia partiu-se do pressuposto que vegetação secundária simulada nos cenários foi composta por um mosaico de vegetação secundária de várias idades submetidas a um equilíbrio dinâmico, imposta por taxas de *clearing* e rebrotas constante. E que esse equilíbrio guardou proporções fixas entre as classes de idades, compostas por vegetação secundária jovem, intermediária e antiga, ao longo dos anos simulados.

A taxa de *clearing* (corte da vegetação secundária simulada) utilizada para os cenários foi de 22%. Para o *Regrowth* (regeneração da vegetação secundária simulada) foi utilizada a taxa de 4,5%. Para a aplicação dessas taxas nos baseamos em taxas semelhantes encontradas por Soares-Filho et al. (2004) na região norte de Mato Grosso, entre 1992 e 1996, para a calibração do modelo de simulação supondo o asfaltamento da BR-163.

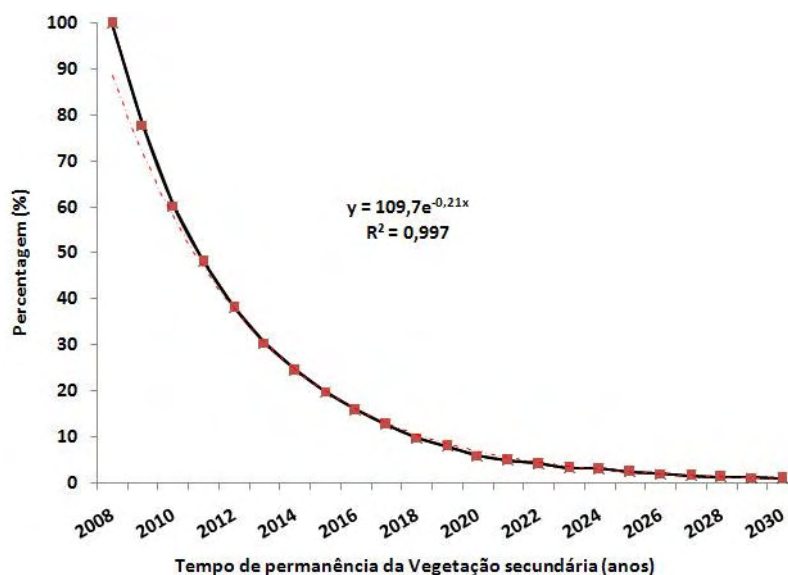


Fig. 14. Curva de decaimento exponencial mostrando a permanência percentual das células de vegetação secundária gerada na primeira iteração do cenário BAU1 (sem a BR-319), considerado o cenário de linha de base para as simulações dos outros cenários de desmatamento do sul do Estado de Roraima.

Tabela 4. Classes de uso da terra consideradas para o cálculo da biomassa da paisagem em equilíbrio recoberto a área previamente desmatada

Uso	Prop da paisagem desmatada	Prop da área agric+past	Biomassa t/ha	biomassa proporç t/ha	carbono (45%) tC/ha
Pastagem produtiva	0,438	0,80	10,7	8,52	
Pastagem degradada	0,052	0,09	8	0,76	
Agricultura	0,04	0,07	0,7	0,05	
veg.sec da agricult	0,02	0,04	35,6	1,29	
total	0,55	1,00		10,62	4,78

#### *Estimativa de emissões de Carbono para a atmosfera*

A biomassa florestal foi convertida em carbono utilizando o fator de conversão de 0,485 (Silva, 2007; Nogueira, 2008). Considerou-se o conteúdo de carbono da vegetação secundária simulada, de pastagens e de agricultura formando a paisagem em equilíbrio, sendo de 45% do peso estimado para a sua biomassa (Fearnside, 1996, 2000). Assim:

$$\text{ton } C_{(\text{forest})} = \text{ton biomassa florestal} * 0,485 \quad (17)$$

Onde  $\text{ton } C_{(\text{forest})}$  é a estimativa de carbono contido na biomassa, em toneladas;  $\text{ton biomassa florestal}$  é o total da biomassa encontrada na floresta, em toneladas, e

$$\text{ton } C_{(\text{veg. secundária})} = \text{ton biomassa veg. secundária} * 0,450 \quad (18)$$

Onde  $\text{ton } C_{(\text{veg. secundária})}$  é a estimativa de carbono contido na biomassa da vegetação secundária, em toneladas;  $\text{ton biomassa veg. secundária}$  é o total da biomassa encontrada na vegetação secundária, em toneladas.

As estimativas de emissões de cada cenário intermediário, simulado anualmente até 2030, foram calculadas a partir da perda do estoque de carbono existente nas florestas remanescentes em 2007 até aquele ano intermediário específico. A cada ano simulado descontou-se o carbono da paisagem em equilíbrio juntamente com o carbono da vegetação secundária simulada.

Foi presumido neste trabalho que a vegetação secundária simulada, nos diferentes estádios de regeneração, comporia a paisagem em equilíbrio juntamente com as outras



categorias de uso da terra, apresentadas na Tabela 4, após o corte raso da floresta. Isto para se calcular as emissões líquidas de carbono para a atmosfera a partir da biomassa florestal. Dessa forma, a cada ano da simulação descontou-se do carbono emitido proveniente do corte raso da floresta o carbono contido na paisagem em equilíbrio substituindo a floresta.

Assim (Houghton et al., 1997; Fearnside et al., 2009):

$$\Delta C_{(\text{Cenário simulado})} = A * (C_{\text{antes}} - C_{\text{depois}}) \quad (19)$$

Onde:  $\Delta C_{(\text{Scenario})}$  é o carbono líquido emitido (ton C) pelo desmatamento entre 2007 e 2030 para cada cenário, descontando o estoque médio de carbono na paisagem de equilíbrio que substitui a floresta (Fearnside, 1996); A é a área (ha) desmatada no período;  $C_{\text{antes}}$  e  $C_{\text{depois}}$  representam os estoques de carbono na paisagem antes e depois do desmatamento, em toneladas.

## Resultados

### *Pesos de Evidência das variáveis utilizadas no modelo*

A Fig. 15 relaciona algumas variáveis utilizadas no modelo durante as simulações para o cálculo dos pesos de evidência da transição Floresta/Desmatamento (3→1). Estas variáveis, pelo seu caráter contínuo, precisam ser “discretizadas” em faixas de distância para que se possa avaliar o seu relacionamento com o desmatamento dado uma determinada faixa de distância e calcular seus pesos de evidência. Todas as variáveis foram escolhidas após teste de correlação espacial em um sub-modelo do DINAMICA utilizando o índice de Crammer, que varia de zero (nenhuma correlação) a um (correlação perfeita entre as variáveis). Segundo este índice, variáveis consideradas correlacionadas são eliminadas do modelo.

- a) *Distâncias às estradas principais* – para essa variável foi utilizado um mapa com as BR-174 e 210 (Fig. 1). O peso relativamente baixo observado na figura na primeira faixa de distância (0 a 2000 metros), provavelmente, deve estar relacionado ao fato de ter havido pouca disponibilidade de floresta para desmate no período. Isto foi observado também no estudo do Capítulo I e talvez se relacione com uso da terra mais intensivo em anos anteriores pelos proprietários nessa faixa de distância. O índice torna-se negativo apenas na última faixa (30.750 a 32.750 metros);
- b) *Distância às estradas secundárias* – para a extração desta variável utilizou-se o mapa da malha viária do Sul do Estado de Roraima excluindo-se as BR-174 e 210. A resposta da variável ao desmatamento observado foi o esperado, refletindo altos índices nas primeiras faixas de distância. Tornando-se negativo à medida que vai se distanciando das estradas;
- c) *Distância aos rios* – o mapa com os rios Branco, Jauaperí e Anauá foi utilizado para derivar essa variável. Embora a maior parte do desmatamento no sul de Roraima seja favorecida pelas estradas há inúmeras comunidades ao longo do rio Branco que utilizam o transporte fluvial como único meio de escoamento da sua produção (Fig. 3b). Neste mapa foi incluído também represa da UHE de Jatapú, pela sua extensão e por apresentar ocorrência de desmatamento em suas proximidades. Os índices observados são relativamente baixos (próximos de zero) para todas as faixas se tornando negativo a partir da última faixa observada;

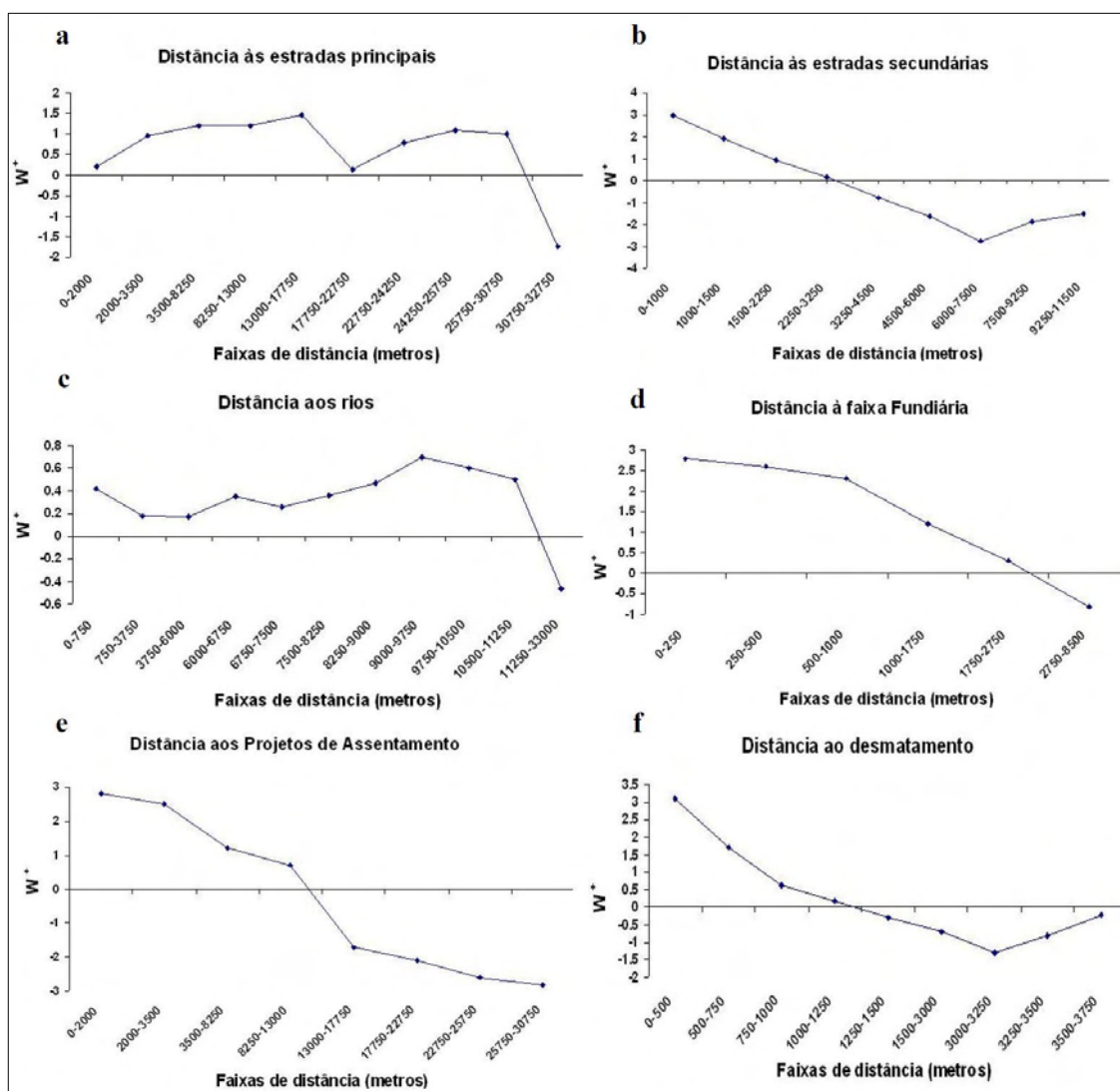


Fig. 15. Pesos de evidência em resposta ao desmatamento observado na área de estudo entre os anos de 2004 e 2007, confrontando-se as variáveis proximais utilizadas no modelo de simulação: a) distância às estradas principais, b) distância às estradas secundárias, c) distância aos rios, d) distância à faixa fundiária, e) distância aos projetos de assentamento e f) distância ao desmatamento.

- d) *Distância à faixa fundiária* – essa variável é própria do modelo AGROECO e é atualizada a cada iteração, juntamente com as outras variáveis dinâmicas do modelo. Aqui também o desmatamento é favorecido quanto mais próximo da faixa fundiária;
- e) *Distância aos projetos de assentamento* – devido ao grande número de projetos de assentamento na área de estudo essa variável foi importante para se avaliar sua influência no desmatamento em suas proximidades (ou circunvizinhanças). Seu gráfico mostra um relacionamento positivo, ou seja, sua proximidade favorece

positivamente o desmatamento até uma distância de aproximadamente 10.000 metros, a partir desse limite a tendência se inverte, passando a repelir o desmatamento;

- f) *Distância ao desmatamento* – essa variável se caracteriza por sua atualização a cada iteração do modelo. Como é observado em inúmeros estudos, aqui também o desmatamento foi altamente favorecido próximo a locais previamente desmatados. Mostrando-se negativo a partir de uma faixa de 1.250 a 1.500 metros de distância do desmatamento prévio.

A Fig. 16 relaciona as variáveis consideradas categóricas. Ao contrário do primeiro grupo de variáveis apresentadas, os pesos de evidência são calculados a partir das classes de cada variável e sua influência na probabilidade de haver desmatamento em função de sua propriedade física (e.g. solos, vegetação) ou político-administrativa (T.I. e U.C.):

- a) *Altitude* – essa variável mostra, através do seu gráfico, que o desmatamento é favorecido nas faixas de altitude que varia entre 100-110 metros até 120-250 metros. A partir dessa faixa de altitude o peso de evidência começa a ser negativo e inibe o desmatamento;
- b) *Solos* – o mapa de solos contém as seguintes classes, de acordo com Prado (2001): 1 – Nitossolos; 2 – Cambissolos; 3 – Neossolos; 4 – Latossolos; 5 – Planossolos; 6 – Plintossolos e; 7 - Alissolo. Dentre essas classes de solo aqueles que mais favoreceram o desmatamento na área de estudo, de acordo com o gráfico, são os solos do tipo Cambissolos e Neossolos. Os demais tipos de solo apresentam pesos de evidência negativos, ou seja, o modelo detectou pouco ou nenhum desmatamento ocorrendo na superfície desses solos;
- c) *Relevo* – esta variável foi derivada de imagens de radar do SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), e representa classes de declividade. Como observado na Fig. 14c ocorrência de desmatamento está concentrada entre dois e quatro graus de inclinação do terreno. Sendo que o restante das classes apresentam associação negativa com o desmatamento;

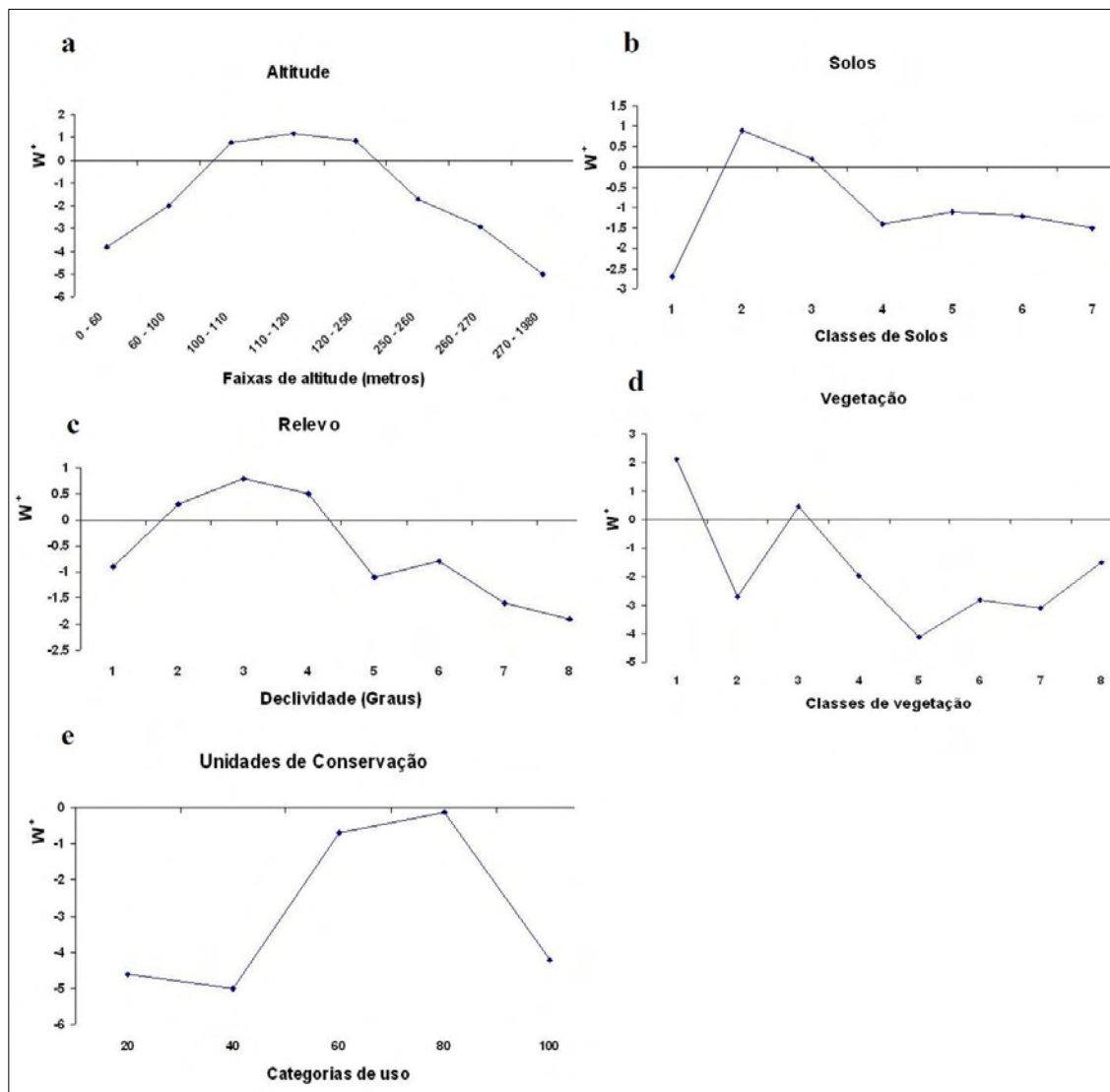


Fig. 16. Pesos de evidência em resposta ao desmatamento observado na área de estudo entre os anos de 2004 e 2007, confrontando-se as variáveis categóricas utilizadas no modelo de simulação: a) altitude, b) solos, c) relevo, d) vegetação e, e) unidades de conservação.

- d) *Vegetação* – o mapa de vegetação apresenta as seguintes classes, segundo a classificação de Brasil, IBGE (1992): 1 – Floresta Ombrófila Densa Submontana; 2 – Savana Estacional Arborizada; 3 – Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas; 4 – Campinarana Ombrófila Florestada; 5 – Contato Campinarana Ombrófila Florestada com Floresta Ombrófila Aberta; 6 – Floresta Ombrófila Aberta de Terras Baixas; 7 – Floresta Ombrófila Aberta submontana e; 8 – Campinarana Ombrófila Arborizada. A classe com o maior peso de evidência foi a classe 1. Esse tipo florestal abrange grande parte das florestas ao longo das BR-174 e 210, sendo também a mais abundante na

área de estudo. A classe 3 aparece intercalada com a classe 1 ao longo da BR-174, porém com menor expressão. As demais classes apresentam pesos negativos;

- e) *Unidades de Conservação* – as Unidades de Conservação da área de estudo estão representadas em cinco categorias de uso: 20 – Áreas de Proteção Ambiental – APA; 40 – Reserva Extrativista – ResEx; 60 – Floresta Nacional – FLONA; 80 – Terras Indígenas – TI e; 100 – Estação Ecológica – EsEc. A categoria terras indígenas (-0,15) e FLONA apresentaram o peso de evidência menos negativo. Isso, pela proximidade das áreas onde estariam ocorrendo grande parte do desmatamento na área de estudo e por abrigarem algum desmatamento em seu interior (FLONA Jauaperí e TI Wai Wai). Portanto, estas categorias estariam mais expostas a pressões antrópicas e sujeitas a receber desmatamento. No entanto, apesar de serem menos negativos, estes pesos de evidência ainda atuam como inibidores do desmatamento.

#### *Cenários futuros de desmatamento do sul do Estado de Roraima simulados de 2007 a 2030*

No primeiro sub-item são apresentados os resultados gerais dos cenários, relativo a taxas de desmatamento, área desmatada acumulada e perda acumulada de área de floresta. Nesta seção foi apresentado também o resultado das estimativas de biomassa florestal, da vegetação secundária simulada e das outras categorias da paisagem em equilíbrio, bem como as estimativas de emissões de carbono. Em seguida, nos sub-itens posteriores, são apresentados os resultados individuais de cada cenário referente a área desmatada acumulada até 2030, perda de biomassa e emissões de carbono para a atmosfera.

#### *Resultados quantitativos globais dos cenários simulados*

A Fig. 17 mostra a evolução das taxas de desmatamento sob os quatro cenários simulados ao longo dos anos entre 2007 e 2030. As curvas representando os cenários BAU1 e CONSERV1 (ambos sem a BR-319) sofreram oscilações com a aplicação da TEP e com a incorporação de área de florestas disponibilizadas pelas estradas planejadas. Também pela incorporação de estradas automatizadas pelo modelo simulando a abertura de estradas endógenas. Sendo que no cenário CONSERV1 a TEP foi aplicada apenas nas estradas planejadas que permaneceram no modelo.

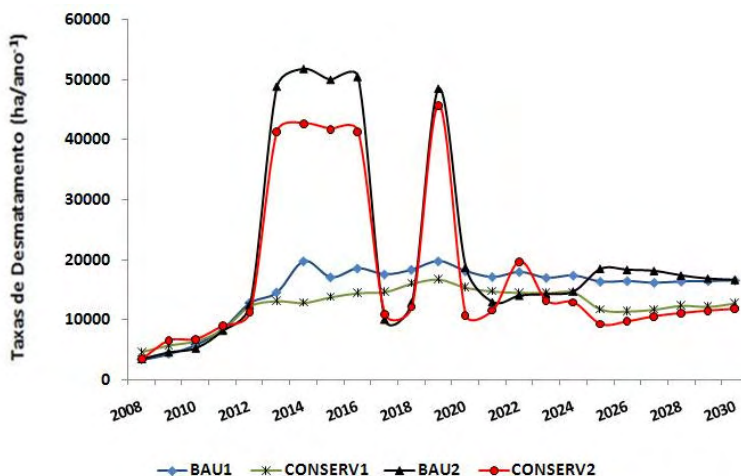


Fig. 17. Gráfico representando as taxas de desmatamento anuais verificadas nas simulações dos quatro cenários de desmatamento da região Sul do Estado de Roraima entre 2007 e 2030.

Os cenários BAU2 e CONSERV2 apresentaram uma elevação acentuada nas curvas de desmatamento em 2013, isso como reflexo da reconstrução e asfaltamento da BR-319. Este pico da taxa de desmatamento representou o aumento das taxas em função da aplicação do Fator de Migração (FM) pelo modelo a partir de 2013, simulando um grande fluxo migratório se dirigindo para Roraima através da BR-319 reconstruída em 2011. A maior elevação observada na linha atribuída ao cenário BAU2 refletiu também a aplicação da Taxa de Estradas Planejadas (TEP) além do FM, sendo que no cenário CONSERV2 (também no CONSERV1) a TEP incidiu apenas naquelas estradas que permaneceram no modelo sob este cenário. Além disso, em função das áreas das UCs propostas, tanto o cenário CONSERV1 (sem a BR-319) como o CONSERV2 (com a BR-319) as taxas de desmatamento são restringidas pela menor área de floresta disponível para desmatar a cada iteração.

As quedas acentuadas nos picos, tanto do cenário BAU2 como no CONSERV2 em 2017 e 2018 são explicadas por não haver estradas planejadas nessas datas. Foi presumido no modelo que as taxas, tanto a TEP quanto o FM (nos cenários com a BR-319), seriam aplicadas nas datas em que teriam estradas planejadas.

A Fig. 18 apresenta a evolução do aumento da área do desmatamento acumulado ao longo dos anos sob os quatro cenários simulados. As curvas representando o aumento das áreas desmatadas sob os cenários BAU1 e CONSERV1, tem uma evolução constante e linear ao longo do tempo, semelhante ao que é observado em Roraima atualmente (Barbosa et al., 2008). Na figura se observa forte inclinação exponencial nas curvas de desmatamento dos cenários BAU2 e CONSERV2 em função da aplicação do FM pelo modelo de simulação a partir de 2013, se estabilizando a taxa de incremento a partir de 2020.

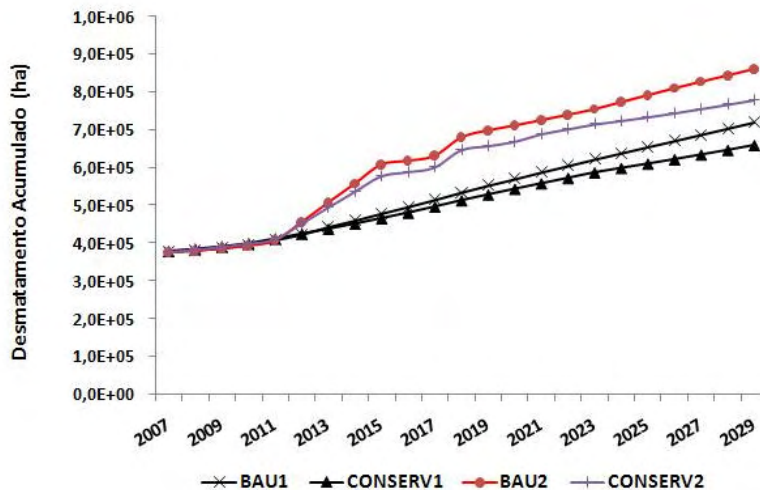


Fig. 18. Desmatamento acumulado sob os quatro cenários simulados de 2007 a 2030 para o sul do Estado de Roraima.

A Fig. 19 representa o nível de floresta remanescente ao longo dos anos da simulação sob os quatro cenários. Aqui também as maiores perdas de áreas de florestas são atribuídas aos cenários BAU2 e CONSERV2, ambos simulados presumindo a reconstrução e asfaltamento da BR-319 em 2011. A menor perda de área de floresta é atribuída ao cenário CONSERV1, presumindo a não reconstrução e asfaltamento da BR-319.

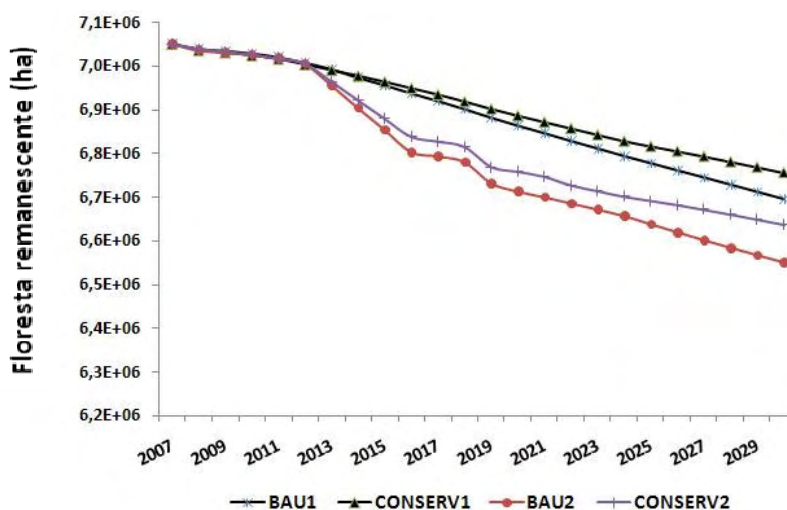


Fig. 19. Gráfico representando a área de floresta remanescente sob os quatro cenários simulados entre 2007 e 2030.



*Estimativa de Biomassa Florestal, da vegetação secundária simulada e da paisagem em equilíbrio e Emissões de Carbono para a atmosfera*

A Tabela 5 apresenta os resultados da estimativa de biomassa calculados para a vegetação secundária simulada. O carbono da vegetação secundária simulada representou, em média, 41,6% do carbono total seqüestrado nos cenários em 2030.

Tabela 5. Estimativa de biomassa e seqüestro de carbono pela vegetação secundária (Veg.sec) simulada em 2030

Cenários	Desmatamento acumulado (2030)	Área Veg.sec (2030)	Veg.sec/ Desmata mento	Biomassa Veg.sec (2030)	Carbono sequestrado
	hectares	hectares	%	toneladas	toneladas
<b>BAU1</b>	715.250	112.388	15,7	$4,9 \times 10^5$	$2,2 \times 10^5$
<b>CONSERV1</b>	654.513	93.713	14,3	$4,0 \times 10^5$	$1,8 \times 10^5$
<b>BAU2</b>	858.639	133.056	15,5	$5,7 \times 10^5$	$2,6 \times 10^5$
<b>CONSERV2</b>	775.888	115.369	14,9	$5,0 \times 10^5$	$2,2 \times 10^5$

A Tabela 6 apresenta os resultados dos cálculos da biomassa e sequestro de carbono pela paisagem em equilíbrio, excluindo o carbono sequestrado pela vegetação secundária simulada. Estes valores representaram, em média, 58,4% do carbono total sequestrado nos cenários em 2030.

Tabela 6. Biomassa da paisagem em equilíbrio e conteúdo de carbono excluindo-se o carbono da vegetação secundária simulada

Cenários	Desmatamento acumulado (2030)	Biom. paisag. Equil. (2030)	Carbono sequestrado
	hectares	toneladas	toneladas
<b>BAU1</b>	715.250	$6,4 \times 10^5$	$2,9 \times 10^5$
<b>CONSERV1</b>	654.513	$5,9 \times 10^5$	$2,7 \times 10^5$
<b>BAU2</b>	858.639	$7,7 \times 10^5$	$3,5 \times 10^5$
<b>CONSERV2</b>	775.888	$7,0 \times 10^5$	$3,2 \times 10^5$

Os resultados das estimativas de biomassa florestal para os cenários em 2030 estão resumidos na Tabela 7. Estes resultados também são apresentados no texto na descrição de cada cenário simulado. O carbono sequestrado pela vegetação secundária simulada é somado

ao carbono da paisagem em equilíbrio (7ª coluna da Tabela 7) e é subtraído do carbono da biomassa da floresta (6ª coluna) para se obter o carbono líquido emitido (8ª coluna).

Tabela 7. Estimativa de biomassa florestal e emissões de carbono nos cenários em 2030

Cenários	Desmatamento			Biomassa Florestal	Carbono florestal	Carbono sequestrado	
	acumulado (2030)	Crescimento 2007/2030	%			(Veg.sec + paisag. Equil.)	Carbono líquido emitido
	hectares	hectares					
BAU1	715.250	342.612	91,9	126,7 x 10 <sup>6</sup>	61,5 x 10 <sup>6</sup>	5,1 x 10 <sup>6</sup>	56,4 x 10 <sup>6</sup>
CONSERV1	654.513	281.876	75,6	104,1 x 10 <sup>6</sup>	50,5 x 10 <sup>6</sup>	4,5 x 10 <sup>6</sup>	46,0 x 10 <sup>6</sup>
BAU2	858.639	486.001	130,4	178,2 x 10 <sup>6</sup>	86,4 x 10 <sup>6</sup>	6,1 x 10 <sup>6</sup>	80,3 x 10 <sup>6</sup>
CONSERV2	775.888	403.250	108,2	149,7 x 10 <sup>6</sup>	72,6 x 10 <sup>6</sup>	5,4 x 10 <sup>6</sup>	67,2 x 10 <sup>6</sup>

A Tabela 8 apresenta o resultado das diferenças entre os cenários em 2030, em termos de área desmatada, biomassa e emissões, com as respectivas percentagens, sempre em relação aos menores valores. O cenário CONSERV2 e BAU2 (ambos com a BR-319) desmataram 43 e 72% a mais do que o cenário CONSERV1 (sem a BR-319), respectivamente. Em relação ao cenário de linha de base, BAU1 (sem a BR-319), o desmatamento adicional dos cenários pressupondo a BR-319 foi de 18 e 42%, para o cenário CONSERV2 e BAU2, respectivamente (Tabela 8).

Tabela 8. Diferença de desmatamento acumulado, biomassa e carbono em 2030 entre os cenários simulados

Cenário A - Cenário B	Δ Área		Δ Biomassa (tonelada)	Δ Carbono (tonelada)	Emissões adicionais (%)
	acumulada (ha)	%			
BAU1 - CONSERV1	60.736	22	22,1 x 10 <sup>6</sup>	10,4 x 10 <sup>6</sup>	23
BAU1 - BAU2	143.398	42	50,2 x 10 <sup>6</sup>	23,9 x 10 <sup>6</sup>	42
BAU1 - CONSERV2	60.638	18	28,7 x 10 <sup>6</sup>	10,8 x 10 <sup>6</sup>	19
BAU2 - CONSERV1	204.125	72	72,3 x 10 <sup>6</sup>	34,3 x 10 <sup>6</sup>	75
BAU2 - CONSERV2	82.751	21	21,5 x 10 <sup>6</sup>	13,1 x 10 <sup>6</sup>	20
CONSERV1 - CONSERV2	121.374	43	50,8 x 10 <sup>6</sup>	21,2 x 10 <sup>6</sup>	46

A Fig. 20 representa o resultado das estimativas de idades da vegetação secundária compondo cada paisagem anual simulada a cada iteração no modelo para o cenário BAU1 (sem a BR-319) e aplicada em todos os cenários simulados. Esta composição foi apoiada na estimativa da “meia-vida” da vegetação secundária (Almeida, 2008) gerada por este cenário e

foi estimada em 3,7 anos (Fig. 14). Para os cenários presumindo a reconstrução da BR-319 a meia-vida da vegetação secundária simulada foi estimada em 3,1 anos.



Fig. 20. Gráfico representando a composição do mosaico de idades vegetação secundária:  $0 < x \leq 5$  (vegetação secundária jovem);  $5 < x \leq 10$  (vegetação secundária intermediária) e;  $x > 10$  anos (vegetação secundária antiga).

### *Estimativa do Desmatamento acumulado em 2030, Perda de Biomassa, Emissões de carbono nos Cenários Propostos*

#### *– Cenário BAU1 (sem a BR 319)*

O cenário BAU1 (Fig. 21) seguiu taxas históricas de desmatamento da região Sul do Estado de Roraima. Este cenário representou a linha de base ou cenário de referência. O cenário BAU1 não é influenciado pela reconstrução da BR 319 nem pela implementação de UCs. As taxas de desmatamento foram motivadas apenas pela tendência histórica e pela abertura de estradas endógenas geradas automaticamente pelo modelo e por estradas regionais planejadas. O estabelecimento dessas premissas neste cenário resultou em um desmatamento acumulado de 342.612 hectares até 2030 (Tabela 7). Essa área correspondeu a um aumento de 91,9% na área desmatada da paisagem inicial (mapa de uso da terra de 2007) que foi de 372.250 ha. Sob esse cenário, ao final da simulação em 2030, foram emitidos  $56,4 \times 10^6$  toneladas de carbono, descontando-se a o carbono contido na biomassa da paisagem em equilíbrio representada pela vegetação secundária simulada somada a outras categorias de uso da terra (Fig. 22).

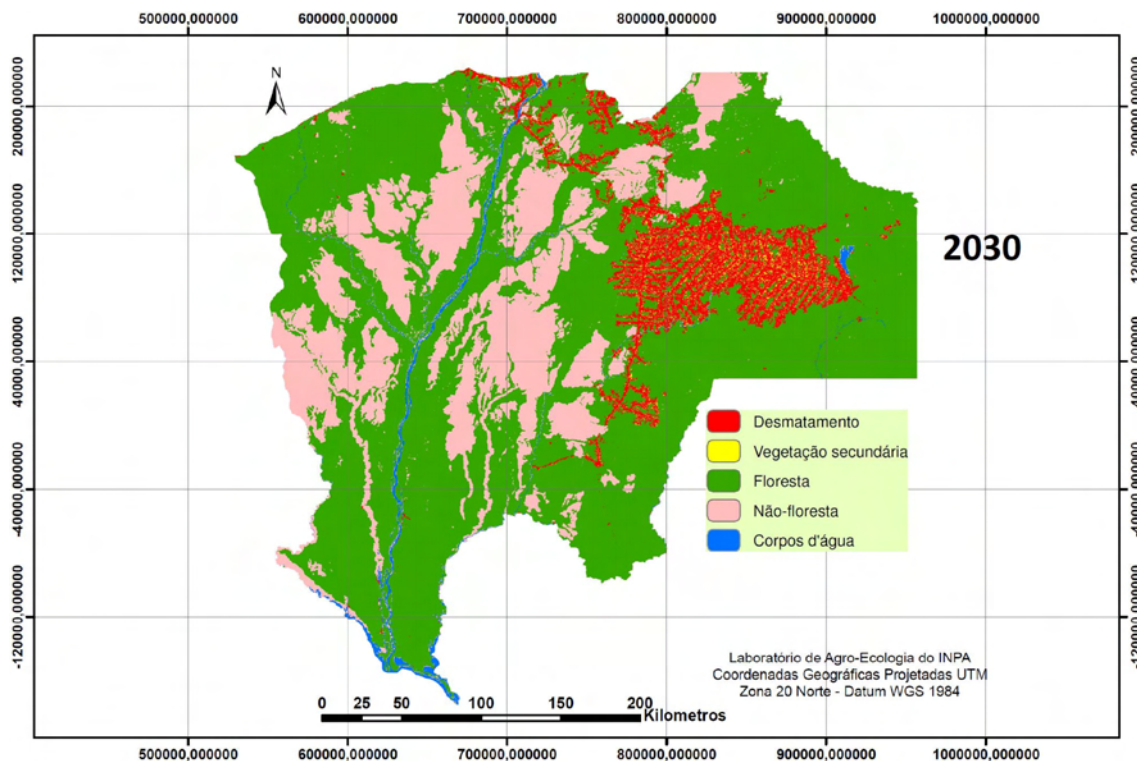


Fig. 21. Cenário BAU1 (sem a BR-319) do Sul do Estado de Roraima simulado para o ano de 2030.

A biomassa seca contida acima e abaixo do solo da floresta remanescente em 2030 (Fig. 17) foi estimada em  $2,47 \times 10^9$  de toneladas (2,47 Gigatoneladas ou Pg), incluindo também a biomassa da paisagem em equilíbrio.

A diferença entre a área desmatada neste cenário e aquela desmatada no cenário BAU2 (com a BR-319) foi de 143.389 ha. A diferença entre estes cenários considerando carbono emitido foi de  $23,9 \times 10^6$  toneladas de C (Tabela 8). Ou seja, considerando o cenário de referência BAU1, o cenário BAU2 teve uma emissão de carbono adicional de 42% sobre as emissões deste cenário. Esta diferença nas emissões de carbono pode ser atribuída à BR-319.

Em relação às emissões de carbono do cenário CONSERV1 o cenário BAU1 emitiu  $10,4 \times 10^6$  toneladas de carbono a mais que este para a atmosfera. Esta emissão adicional do cenário BAU1 representou um acréscimo de 23% sobre as emissões do cenário CONSERV1.

Comparando-se as emissões do cenário BAU1 com as emissões do cenário CONSERV2, este emitiu  $10,8 \times 10^6$  toneladas de carbono a mais que o cenário BAU1. Esta diferença significou um aumento adicional de 19% creditado a BR-319 sobre o cenário BAU1 (Tabela 8).

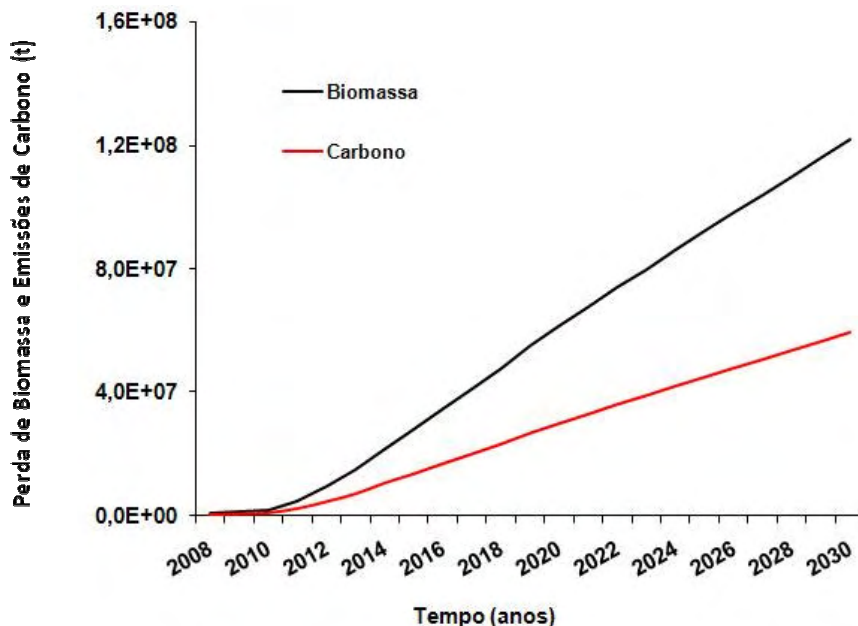


Fig. 22. Perda de biomassa e emissões de carbono (toneladas) no sul de Roraima sob o Cenário BAU1(sem a BR-319).

– *Cenário CONSERV1 (sem a BR-319)*

Sob o cenário CONSERV1 (Fig. 23) a área inicialmente desmatada em 2007 obteve um acréscimo de 75,6% (281.876 ha) de desmatamento acumulado ao final da simulação. As emissões geradas por esse cenário corresponderam a  $46,0 \times 10^6$  toneladas de carbono para a atmosfera (Fig. 24). A biomassa remanescente da floresta, somada à biomassa da paisagem em equilíbrio, foram estimadas em  $2,49 \times 10^9$  toneladas. A área coberta pela vegetação secundária simulada no cenário CONSERV1 chegou a 14,3% em relação à área desmatada em 2030 (Tabela 5).

O cenário CONSERV1 foi o menos desmatado de todos em 2030. Esse cenário demonstrou que seria possível evitar a derrubada de 60.736 ha de florestas em relação ao cenário BAU1, caso as UCs propostas fossem criadas. O cenário CONSERV1 desmatou 121.374 ha a menos que o cenário CONSERV2 (com a BR-319). Esta área representou a emissão de  $21,2 \times 10^6$  t de carbono a mais por aquele cenário em função da BR-319. Representando 46,1% de emissões adicionais creditadas à BR-319 entre os dois cenários.

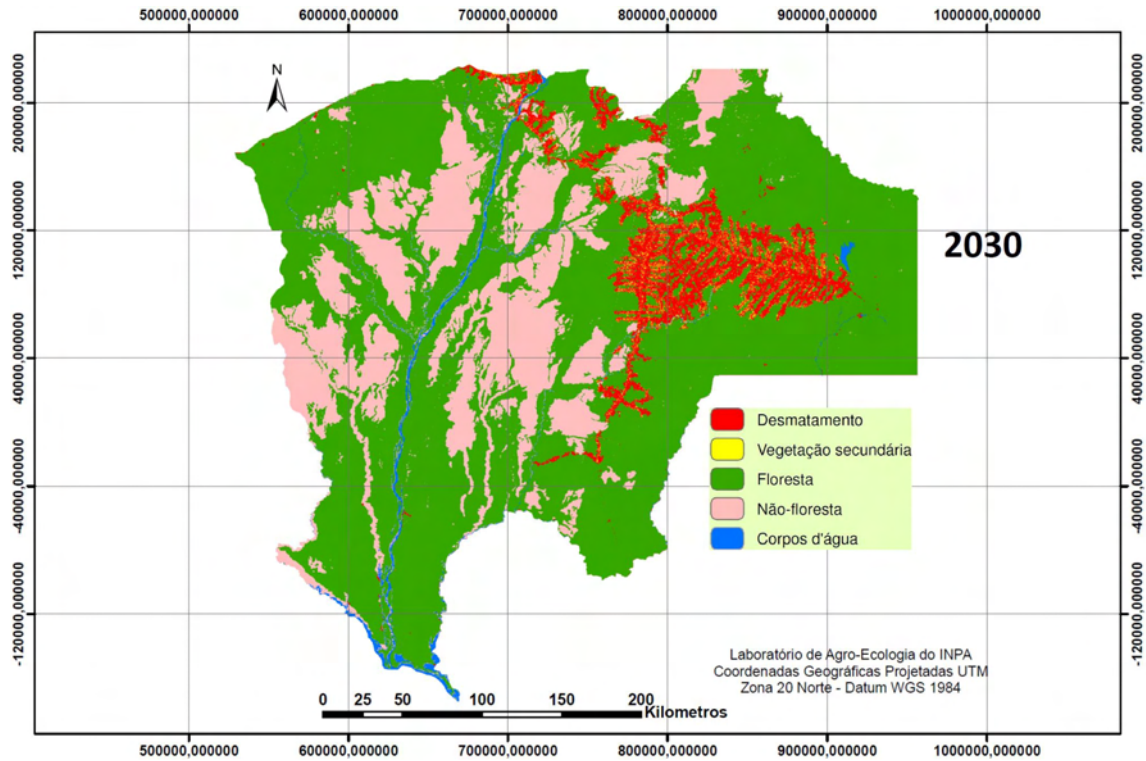


Fig. 23. Cenário CONSERV1 (sem a BR-319) do sul do Estado de Roraima simulado para o ano de 2030.

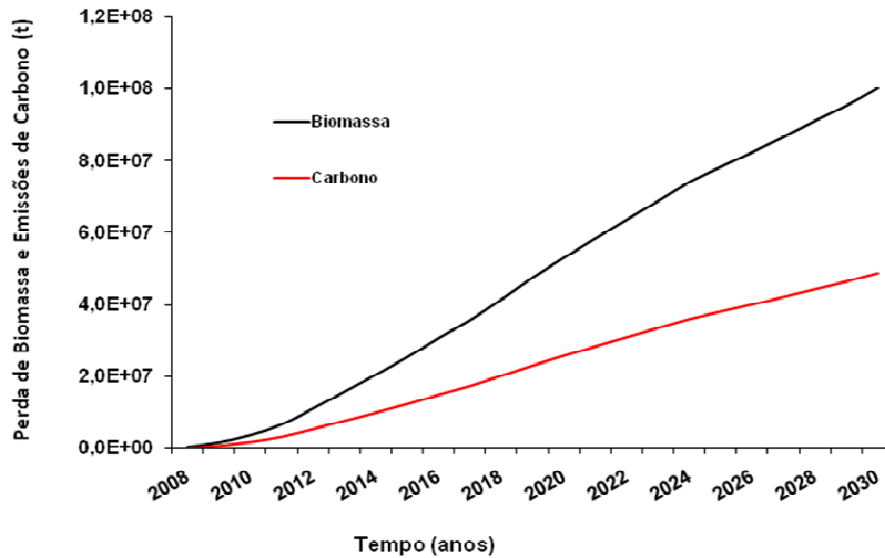


Fig. 24. Perda de biomassa e emissões de carbono (toneladas) sob o cenário CONSERV1 (sem a BR-319).

Comparando-se as emissões de carbono do cenário CONSERV1 com as emissões do cenário BAU2 encontramos a maior diferença:  $34,3 \times 10^6$  toneladas de carbono (Tabela 8). Esta diferença representou acréscimo de 74,6% sobre as emissões do cenário CONSERV1 até 2030.

– *Cenário Business As Usual – BAU2 (com a BR-319)*

O cenário BAU2 (Fig. 25), considerado o mais pessimista em termo de conservação ambiental, foi o que mais proporcionou perda de biomassa e emissões de carbono para a atmosfera no período. As emissões de carbono para a atmosfera sob este cenário foram estimadas em  $80,3 \times 10^6$  toneladas até 2030 (Fig. 26). Sendo a perda de biomassa estimada em  $170,5 \times 10^6$  toneladas descontando-se a biomassa presente na paisagem em equilíbrio. A superfície desmatada sob o cenário BAU2 alcançou 486.000 ha em 2030, representando um aumento de 130,4% em relação à área desmatada inicialmente em 2007. A biomassa da floresta remanescente em 2030 foi estimada em  $2,42 \times 10^9$  de toneladas, alcançando o nível mais baixo em relação aos outros cenários (Fig. 17). A vegetação secundária simulada cobriu 15,5% da paisagem gerada no cenário de 2030 (Tabela 5).

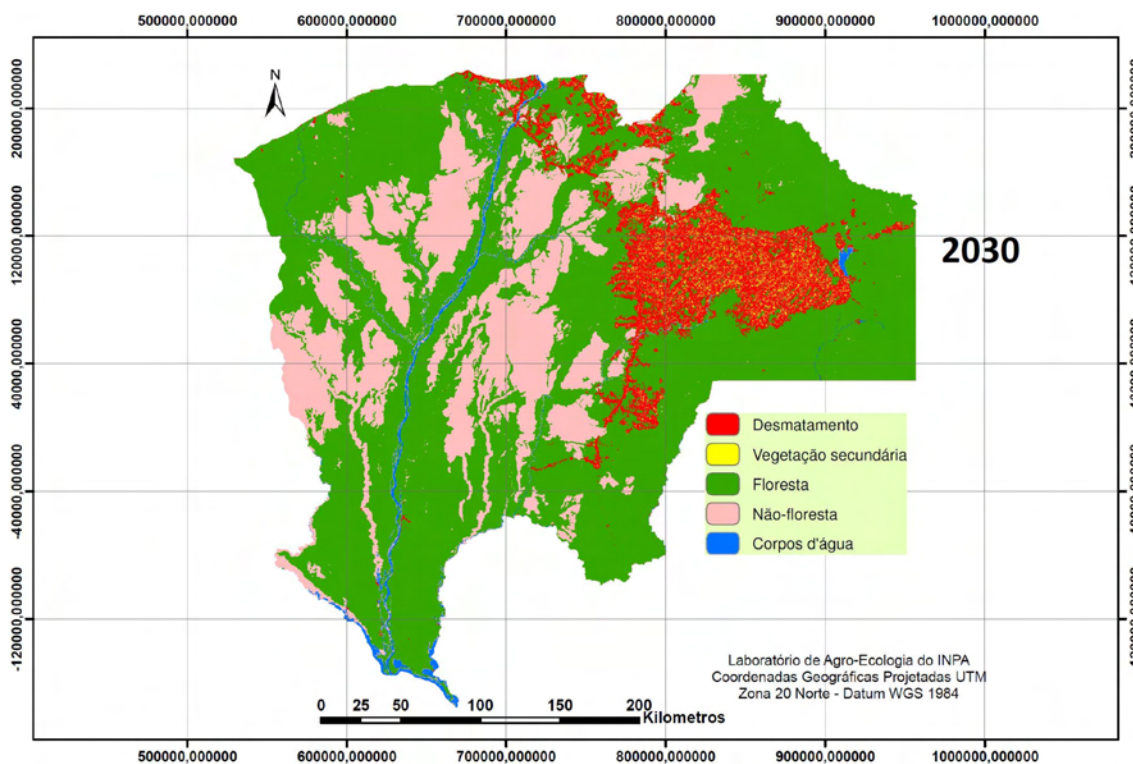


Fig. 25. Cenário BAU2 (com a BR-319) do sul do Estado de Roraima simulado para o ano de 2030.

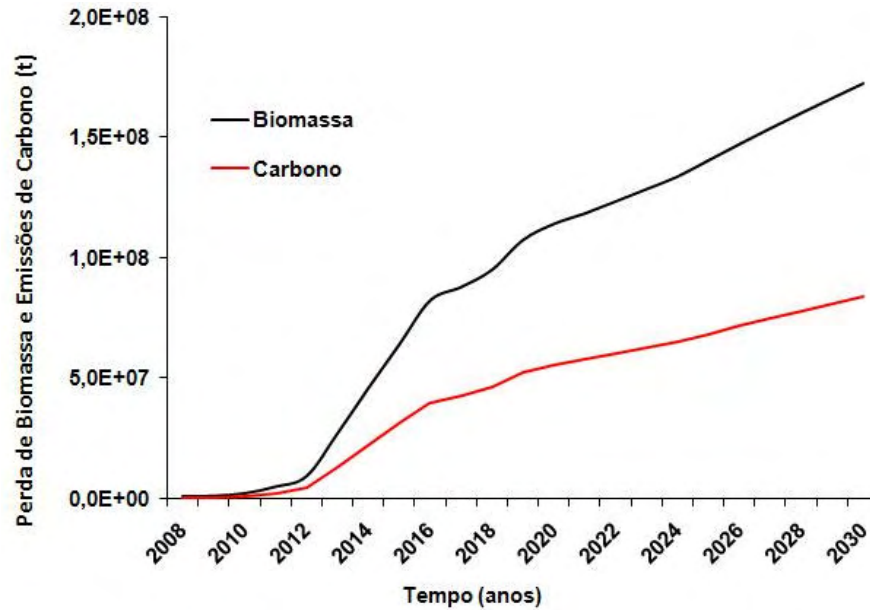


Fig. 26. Perda de biomassa e emissões de carbono (toneladas) sob o cenário BAU2 (com a BR-319).

– *Cenário CONSERV2 (com a BR-319)*

Sob este cenário (Fig. 27) o desmatamento aumentou em 403.250 ha a área desmatada de 2007 (Fig. 16). Essa área desmatada no período correspondeu a 108,2% considerando-se a paisagem do ano inicial da simulação. As emissões foram de  $67,2 \times 10^6$  toneladas de carbono para a atmosfera (Fig. 28). A biomassa remanescente da floresta, somada à biomassa da paisagem em equilíbrio, foram estimadas em  $2,45 \times 10^9$  toneladas (Tabela 5). A área coberta pela vegetação secundária simulada no cenário CONSERV2 chegou a 14,9% em relação à área desmatada em 2030 (Tabela 5). O cenário CONSERV2 desmatou 82.751 ha a menos que o cenário BAU2 em 2030 (Tabela 8). Dessa diferença em área representou  $13,1 \times 10^6$  t de carbono emitido adicionalmente pelo cenário BAU2.



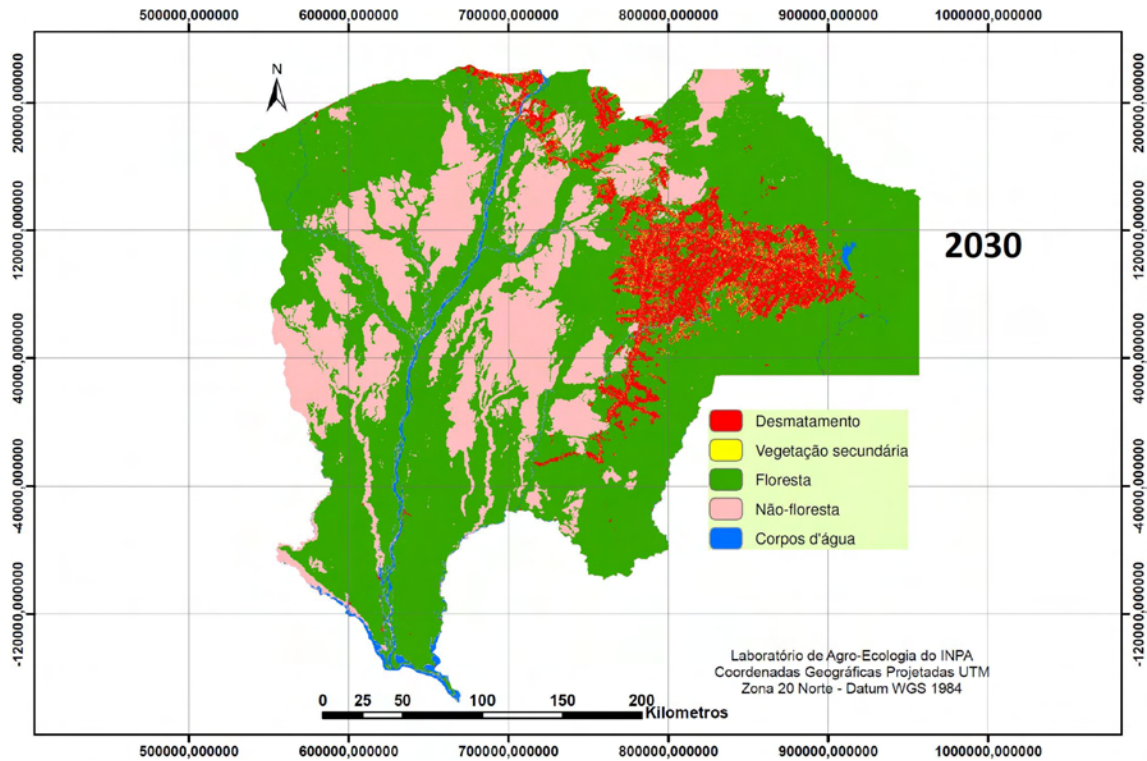


Fig. 27. Cenário CONSERV2 (com a BR-319) do sul do Estado de Roraima simulado para o ano de 2030.

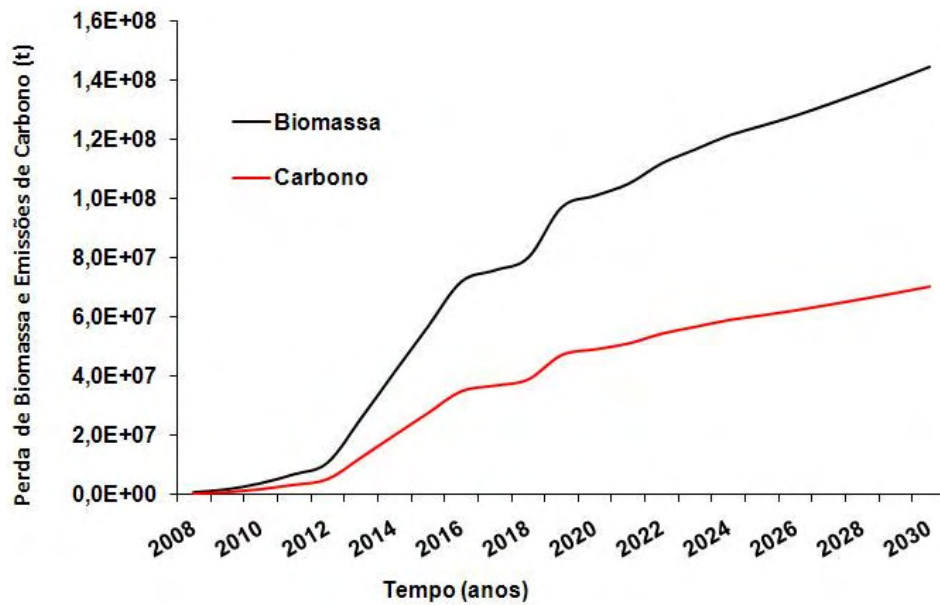


Fig. 28. Perda de biomassa e emissões de carbono (toneladas) sob o cenário Conservação2 (com a BR-319).

*Análise do desmatamento por municípios do Sul de Roraima para cada cenário em 2030*

O município com o maior desmatamento relativo à sua área, tanto em 2007 como nos quatro cenários simulados em 2030, foi o município de São Luiz do Anauá, localizado às margens da BR-210 (Fig. 29). Este município apresentou 71% de sua área desmatada no cenário CONSERV2 em 2030 (Tabela 9). Este resultado está relacionado, provavelmente, à sua área que é bastante reduzida, comparando-se aos demais municípios da região sul de Roraima.

Rorainópolis foi o município com o maior desmatamento absoluto em 2007 e manteve também essa posição ao final da simulação nos cenários BAU1, CONSERV1 e CONSERV2 e foi ligeiramente inferior ao município de Caracará sob o cenário BAU2 (Fig. 30).

São Luiz e São João seguiram um padrão semelhante nas curvas de desmatamento sob os quatro cenários simulados. Estes municípios apresentaram um crescimento praticamente linear do desmatamento em função de cada cenário.

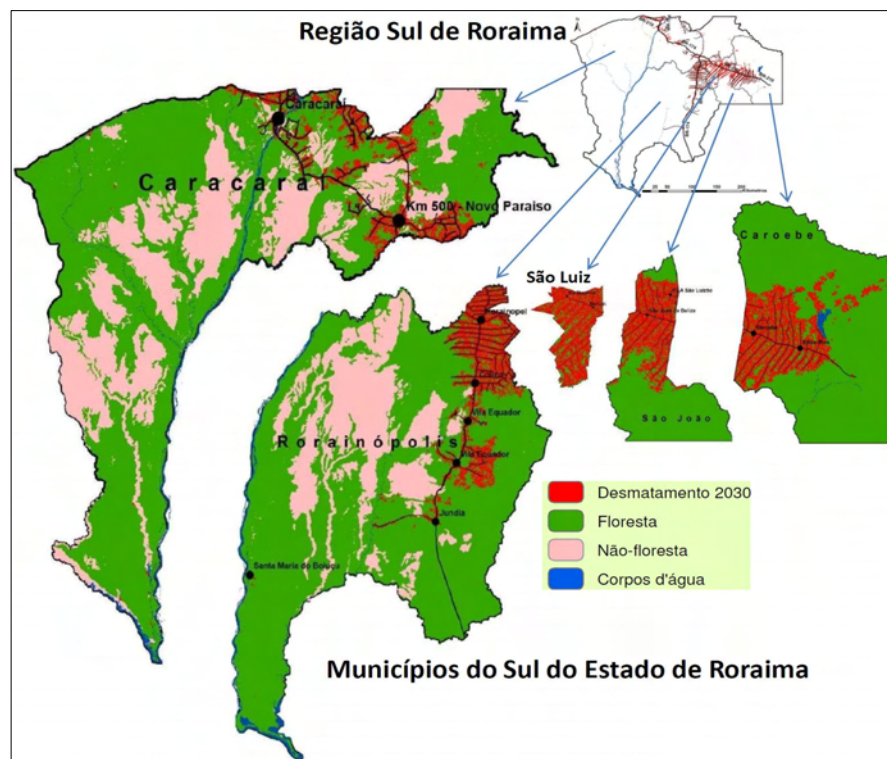


Fig. 29. Municípios do sul do estado de Roraima: Caracará, Caroebe, Rorainópolis, São Luiz do Anauá e São João da Baliza.

Caroebe e Caracaraí apresentaram as maiores variações na área desmatada comparando-se os quatro cenários simulados. Este resultado está ligado ao fato de que as áreas de preservação propostas estarem situadas nesses municípios e a presença ou ausência delas nos cenários causaram essas oscilações.

Tabela 9. Desmatamento em 2030 em cada município da Região Sul de Roraima sob os quatros cenários simulados

Municípios	Área km <sup>2</sup>	2007		BAU1		CONSERV1		BAU2		CONSERV2	
		hectares	%	hectares	%	hectares	%	hectares	%	hectares	%
Caracaraí	47.820	89.220	2	168.176	4	158.583	3	221.419	5	178.794	4
Caroebe	12.122	82.670	7	168.669	14	139.315	11	199.569	16	165.756	14
Rorainópolis	33.850	101.050	3	180.687	5	182.353	5	217.988	6	223.356	7
São Luiz	1.537	52.210	34	99.510	65	93.859	61	108.294	70	108.713	71
São João	4.305	47.100	11	98.208	23	80.403	19	111.369	26	99.269	23
<b>Região Sul</b>	<b>99.634</b>	<b>372.250</b>	<b>3,7</b>	<b>715.250</b>	<b>7,2</b>	<b>654.513</b>	<b>7</b>	<b>858.639</b>	<b>8,6</b>	<b>775.888</b>	<b>7,8</b>

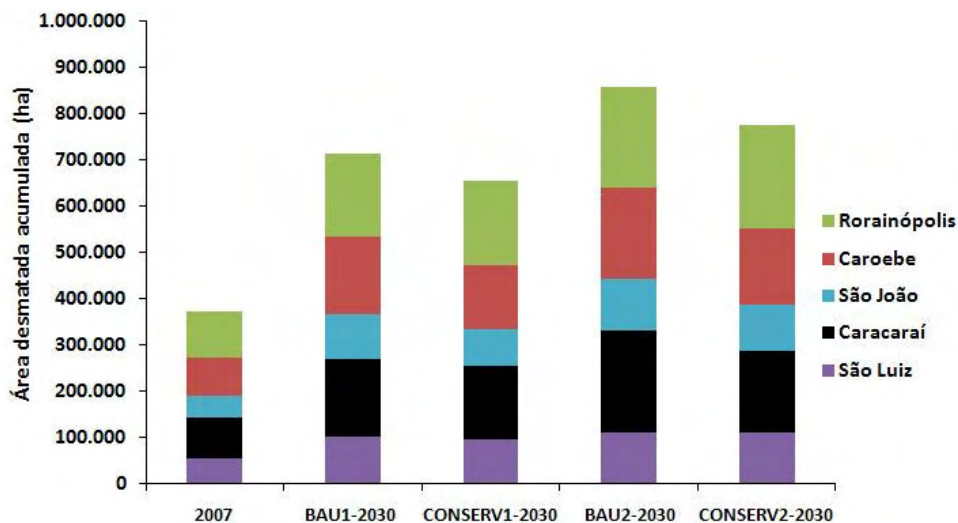


Fig. 30. Desmatamento nos municípios do sul do Estado de Roraima sob os quatros cenários simulados entre 2007 e 2030.

## Discussão

### *Cenários futuros de desmatamento no sul do Estado de Roraima*

O cenário BAU1 (sem a BR-319) projeta a evolução histórica da região. O efeito das políticas de incentivos à migração aplicada anteriormente em Roraima pelo governo estadual fez com que a área desmatada acumulada em 2007 quase duplicasse em extensão em 2030 (372.250 ha contra 715.250 ha). Isso devido, também, pela construção de estradas regionais planejadas e pelas estradas endógenas, automáticas no modelo.

A hipótese de o desmatamento evoluir continuamente no sul de Roraima em taxas semelhantes às observadas hoje, sem a BR-319, é fortalecida pela grande disponibilidade de áreas de floresta para se desmatar. As invasões de terras públicas, a exploração ilegal de madeira, a grande rotatividade de proprietários observada dentro dos PAs e o avanço das pastagens sobre outras formas de uso da terra estão presentes no sul de Roraima (Capítulo I).

Esses são os principais ingredientes para o desmatamento sem controle e a degradação ambiental observados na Amazônia (Fearnside, 2008; Soares-Filho et al., 2004). Estes fatos por si só justificariam a criação de áreas de proteção ambiental nessa região que dessem condições de proteção às áreas ameaçadas (Bruner et al., 2001; Ferreira & Venticinque, 2007; Soares-Filho & Dietzsch, 2008), mesmo sem considerar a hipótese da abertura da BR-319, suposição simulada no cenário CONSERV1 (sem a BR-319).

O cenário BAU2 (com a BR-319) mostrou uma possível trajetória, no tempo e no espaço, dessas pré-condições favoráveis ao desmatamento observadas em campo na área de estudo. Isto aliada à hipótese de que um grande fluxo migratório se dirigirá para Roraima proporcionado pela reconstrução e asfaltamento da BR-319, em 2011. Rodovia que possibilitará a ligação do atual arco do desmatamento, situado na borda sul da Amazônia, às áreas de florestas intactas da Amazônia central e norte, caso a obra se concretize.

Foi considerada na concepção do cenário BAU2 a aplicação de taxas de desmatamento semelhantes às observadas dentro de PAs no passado recente em Roraima. Isto em apenas um curto espaço de tempo (2013/2018) e sobre um calendário de estradas planejadas para o futuro, simulando o avanço do desmatamento em áreas vulneráveis de florestas. Baseado nas premissas fornecidas ao cenário, este proporcionou uma elevada perda de biomassa, ao final de 23 anos simulados, de  $178,2 \times 10^6$  t, levando, conseqüentemente, a emissão comprometida (Fearnside, 2009) de  $80,3 \times 10^6$  toneladas de carbono para a atmosfera em uma área desmatada de 486.000 hectares.

A diferença entre o cenário BAU2 e o BAU1, que indica o impacto da BR-319, totaliza  $23,9 \times 10^6$  toneladas de carbono no final de 23 anos. Isto é igual a, aproximadamente, cinco anos de emissões de carbono do município de São Paulo em 2003 (COPPE, 2005) e, aproximadamente, a três anos de emissões de carbono da grande São Paulo hoje.

De acordo com Brasil, Ministério do Meio Ambiente - MMA (2008), a comercialização de certificados de carbono gerados por desmatamento evitado ainda seria praticamente inexistente (ver também Wunder, 2008). Na hipótese da regularização desse mercado no futuro as perdas pela emissão de carbono do desmatamento no sul de Roraima poderiam representar um prejuízo de US\$ 343,0 milhões de dólares, considerando o valor de US\$ 10,00 por tonelada de carbono. Esses cálculos apenas considerando a diferença de emissão entre os cenários CONSERV1 e BAU2.

Essas previsões fornecidas pelo cenário BAU2 podem ser consideradas conservadoras. Acreditamos que o desmatamento possa ocorrer de forma ainda muito mais danosa às florestas do sul do Estado de Roraima caso haja a reconstrução e o asfaltamento da BR-319. Isto pela origem dos atores que possam chegar através da estrada e a sua capacidade de destruição da floresta (Soares-Filho et al., 2004; Fearnside, 2005, 2008), muito mais forte do que a maioria dos migrantes atraídos para Roraima pelo governo do Estado entre os anos de 1996 e 2000 (Mourão, 2003).

#### *Efeito das estradas planejadas sobre o padrão de desmatamento nos cenários simulados*

A construção de estradas na Amazônia implica sempre em mais desmatamento (Fearnside, 1989; Nepstad et al., 2001; Escada & Alves 2001; Geist & Lambin, 2002; Soares-Filho et al., 2004, 2006). Apesar de esses autores estarem se referindo a estradas de grande porte ligando regiões extensas, distantes umas das outras na Amazônia, em certa medida, podemos atribuir esse efeito também para estradas intra-regionais ou de alcance local.

Embora os dois cenários BAU (BAU1 e BAU2) utilizassem o mesmo calendário de estradas planejadas pro futuro, no cenário BAU2 (com a BR-319) foi utilizado um fator de migração (FM) para simular o aumento mais vigoroso do desmatamento após 2012 (Fig. 17). Assim, a forma e a distribuição espacial do desmatamento nos dois cenários foi semelhante, diferenciando-se na intensidade do desmatamento.

Em geral, as estradas planejadas tiveram um efeito positivo no desmatamento para os cenários BAU simulados. As estradas planejadas dirigidas aos blocos de floresta na região acima da represa da UHE de Jatapú (2014 e 2015) e no bloco de floresta próximo ao rio

Branco (2012 e 2015), no município de Caracará, tiveram um efeito positivo sobre a ocorrência de desmatamento nessas regiões (Fig. 31). O mesmo efeito foi verificado também à direita da BR-174 (2011), na altura do PA Equador.

O efeito contrário, ou seja, o não acompanhamento proporcional do desmatamento com a construção de estradas planejadas, foi verificado em algumas estradas. Esse fato ocorreu sob o cenário BAU1 na estrada planejada para penetrar o bloco de florestas no lado oeste da TI Wai Wai (2013), em Caracará; à esquerda do PAD Anauá (2013) e na estrada ligando o rio Jauperi a Santa Maria do Boiuçú (2018), em Rorainópolis (Fig. 31).

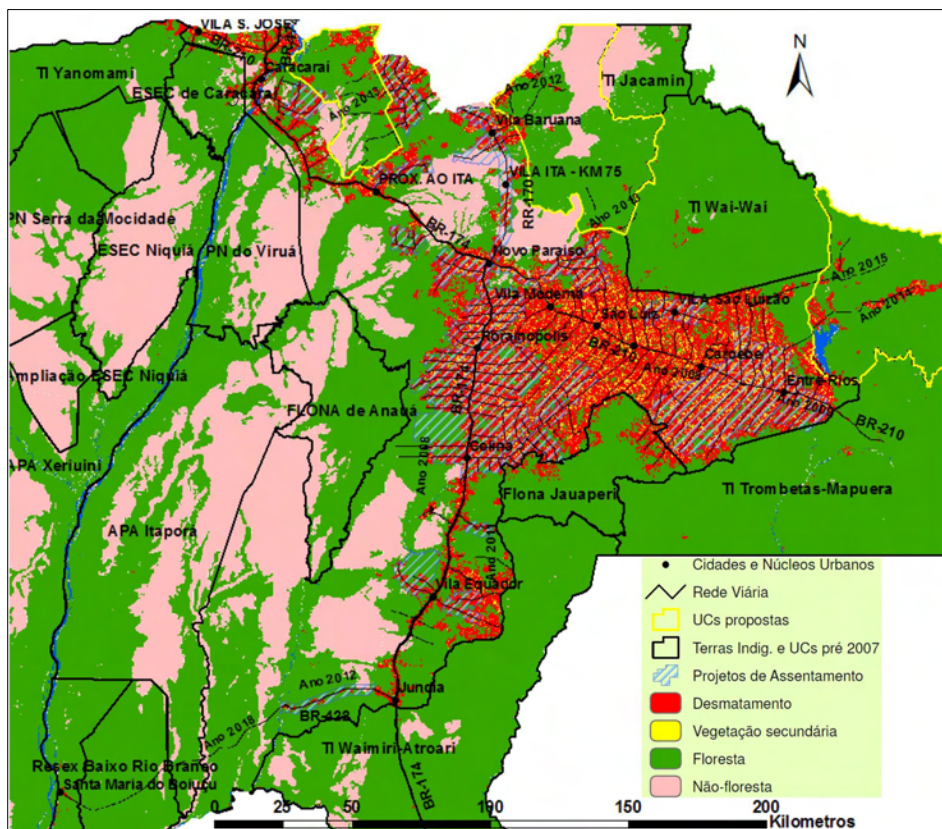


Fig. 31. Cenário BAU2 exemplificando o efeito das estradas sobre o desmatamento simulado em 2030.

No caso das duas primeiras estradas esse fato pode estar relacionado com a proximidade de UCs associado à baixa qualidade do solo verificada nesses locais e pouco desmatamento prévio, diminuindo a probabilidade de haver desmatamento. No caso da estrada permitindo acesso a Santa Maria do Boiuçú, atravessando o rio Jauperí, este fenômeno pode ser explicado pelas condições do terreno em que a estrada atravessa e pela inexistência de rede viária prévia na proximidade, indicando baixa pressão humana. Além disso, esta área se situa em uma planície de inundação do interflúvio rio Branco/Jauperí,

abrangendo a Reserva Extrativista – Resex Baixo Rio Branco e por isso apresentou baixa probabilidade de ser desmatada (Soares-Filho et al., 2006).

A presença das UCs propostas nos cenários de conservação formou, em geral, um padrão de desmatamento mais homogêneo e “compacto”, com a paisagem menos fragmentada pelo desmatamento. Em ambos os cenários de conservação pode-se observar uma maior “saturação” pelo desmatamento nas proximidades da BR-174, dentro do Projeto de Assentamento Dirigido – PAD Anauá na altura da sede municipal de Rorainópolis e ao longo da BR-210.

Os cenários CONSERV1 e CONSERV2 foram efetivos na diminuição das taxas brutas de desmatamento comparando-se com os outros dois cenários e dentro dos respectivos contextos (sem e com a presença da BR-319). Nestes cenários houve aumento no desmatamento ao longo da rede viária pré-existente onde estão localizados os PAs. Isto sugere que houve uma intensificação no uso da terra nesses locais em resposta a restrição da disponibilidade de florestas, impostas pelas UCs propostas. Em ambos os cenários de conservação também foram observados aumento na área de invasão da FLONA Jauaperí (Fig. 29). Isto de forma mais intensa no cenário CONSERV2, indicando uma área de alta pressão de desmatamento naquele local e que resultou como “válvula de escape” para o desmatamento nestes cenários.

O grande desmatamento verificado, sob os quatro cenários, no interior da FLONA Jauaperí (Fig. 29) pode ser explicado pelo fato de que os pesos de evidência calculados para a variável de Unidades de Conservação (Fig. 14e) mostraram que as categorias de uso FLONA e TI foram aquelas com menor probabilidade de repelir o desmatamento (pesos menos negativos). Isso porque eram as duas categorias de uso com desmatamento significativo em seu interior e, portanto, estavam sujeitas a sofrer mais desmatamento. No entanto, não se verificou aumento de desmatamento dentro das terras indígenas e UCs propostas. Isso por imposições ao modelo, conforme as premissas estabelecidas previamente. Enquanto que no caso da FLONA Jauaperí e também de outras UCs já existentes antes de 2007, não houve essa restrição e o desmatamento ocorreu de forma a aumentar a área já desmatada previamente em seu interior.

Outro fato a se considerar pode ser a sua localização “encravada” entre duas áreas de alta pressão antrópica, representada pelas áreas de influência das BR-174 e BR-210. Pode-se dizer que há ali uma confluência de fatores a aumentar as probabilidades de haver desmatamento: proximidade a rodovias pavimentadas, acesso por estradas vicinais, topografia, vegetação e solos. O fator principal é a proximidade ao desmatamento prévio.

A FLONA Anauá, nesse particular, tem um *Status* que não desfruta a outra de sua congênera. Apesar de estar próxima à sede municipal de Rorainópolis, principal pólo madeireiro da região sul, e à BR-174, esta FLONA não sofreu desmatamento em seu interior nas simulações. Isto foi devido ao fato de a FLONA Anauá não possuir histórico de desmatamento prévio.

*Estimativas de biomassa florestal, da vegetação secundária simulada, da paisagem em equilíbrio e emissões de carbono para a atmosfera nos cenários simulados*

Na estimativa de biomassa florestal para este estudo considerou-se apenas formações florestais primárias, que não tiveram histórico de corte raso prévio ou outras perturbações antrópicas (Fearnside, 2009). Estimativas baseadas no levantamento do RADAMBRASIL (Brasil, Projeto RADAMBRASIL, 1973-1984) consideram apenas a floresta sem exploração. Em razão disto pode ter havido alguma superestimativa dos valores calculados. Isto pelo fato de haver intensa exploração florestal na área de estudo e que não foram consideradas cálculos. Apenas em 2007, foram explorados 53.000 m<sup>3</sup> de madeira em tora na região sul de Roraima (Brasil, IBGE, 2008).

A floresta ombrófila densa de terras baixas e a floresta ombrófila densa submontana foram as classes de maior representação no mapa de biomassa do sul de Roraima. Essas classes possuem também os maiores pesos de biomassa por ha para a região: 384,5 e 385,3 toneladas de biomassa seca, acima e abaixo do solo (inclui a necromassa), por hectare, respectivamente (Tabela 3). Esses valores foram expressivos e são comparáveis com os cálculos de biomassa realizados para a Amazônia central por Nogueira et al. (2008).

A estimativa de biomassa feita por Saatchi et al. (2007), avaliando a distribuição da biomassa viva acima do solo na bacia Amazônica, relativo à nossa área de estudo, mostra alguma correlação com nossa estimativa. Porém apresenta números menores de biomassa por ha. O que pode ser explicado pelo fato destes autores terem utilizado dados apenas da biomassa (Mg.ha<sup>-1</sup>) viva acima do solo para as estimativas. Para estimar a biomassa dessa região esses autores utilizaram dados de Santos et al. (2003), coletados em Mucajaí, município a cerca de 200 km de distância ao norte de nossa área de estudos. Nesse município se apresentam mais florestas com menor biomassa, como florestas de contato, do que aquelas encontradas em nossa área de estudo, o que também pode ter influenciado nesses resultados.

Os cálculos para as estimativas de biomassa florestal para os cenários simulados apresentaram algumas dificuldades operacionais. Isto devido a ter havido algumas



incoerências existentes nos números de células válidas entre os mapas de uso da terra final e o mapa de biomassa cortada pelo desmatamento, ambos recuperados a cada iteração pelo DINAMICA-EGO. Porém, essas diferenças não passaram de 1% do número total de células calculadas nos mapas e não foram consideradas significativas.

As estimativas realizadas nesse estudo para o cálculo de biomassa e carbono para vegetação secundária simulada trazem um grande avanço metodológico para aplicação em modelos espaciais de desmatamento. Estimativas anteriores de emissões de carbono utilizando modelos de desmatamento explícitos como de Fearnside et al. (2009) e Soares-Filho et al. (2006) não consideraram a biomassa da vegetação secundária diretamente nos cálculos, apenas de forma indireta, ou seja, sem espacializá-la na modelagem.

A propósito dessa metodologia, embora os estudos de Fearnside (1996), na qual se apóiam os nossos cálculos, apontavam a composição da vegetação secundária provenientes de pastagens como fazendo parte em 45% da paisagem em equilíbrio, em nosso estudo essa proporção foi de 15,1%, em média, nos cenários em 2030. Este resultado é reflexão das taxas aplicadas de *clearing* e *regrowth* (22 e 4,5%, respectivamente). Um percentual semelhante (13%) foi encontrado por Barros Ferraz et al. (2005) avaliando a dinâmica de paisagem em cenários futuros em uma bacia hidrográfica em Ariquemes, Rondônia.

Para determinar essas proporções, Fearnside (1996) baseou-se em estudos anteriores, da década de 1980. Alguns estudos recentes, aplicando técnicas de sensoriamento remoto, estimaram entre 28 e 19% a presença da vegetação secundária em relação ao total desmatado na Amazônia entre 2000 e 2006 (Carreiras et al., 2006; Neef et al., 2006; Almeida, 2008). Os dois primeiros trabalhos citados consideraram, também, formações tipo “Não-floresta”, assim como savanas e campinaranas, nas estimativas. Esses trabalhos não especificaram a procedência original da vegetação secundária.

Em termos de sequestro de carbono, o componente de vegetação secundária simulada representou 41,6%, em média, do carbono seqüestrado pela paisagem em equilíbrio como um todo nos cenários (Tabelas 5 e 6). No estudo de Fearnside (1996), essa fração representou 21,2% do carbono sendo sequestrado pela vegetação secundária proveniente de pastagens, em relação à paisagem em equilíbrio.

A estratificação da biomassa da vegetação secundária simulada na paisagem em três estratos distintos, considerando a sua idade, mostrou-se útil e prática para os cálculos. A meia-vida da capoeira calculada para o cenário BAU1 (3,7 anos) foi semelhante àquela encontrada por Almeida (2008), de 3,8 anos no estrato, variando entre 30 e 55% de desmatamento por cena TM-Landsat. O estudo de Almeida (2008) sugere que graus mais severos de

desmatamento “encurtam” a meia-vida da vegetação secundária. Os cenários presumindo a reconstrução e asfaltamento da BR-319, submetidos a altas taxas de desmatamento, tiveram sua meia-vida calculada em 3,1 anos.

#### *Desmatamento nos municípios da região sul do Estado de Roraima*

Pelo fato de Caracaraí e Caroebe receberem a maior parte das estradas planejadas no futuro, estes municípios sofreram os maiores índices de desmatamento sob o cenário BAU2 (com a BR-319). Em Caracaraí, o índice de aumento chegou a 148,2% e em Caroebe a 141,4% de aumento sobre a área desmatada acumulada em 2007 nesses municípios. Isto demonstra a eficiência do modelo em alocar desmatamento em função das estradas planejadas e expõe com “realismo” a situação de vulnerabilidade das áreas dentro desses municípios às ações antrópicas. Outro fato que pode explicar esses resultados em Caracaraí é o registro de maior presença de PAs naquele município em relação aos demais municípios da região e a maior rede viária oficial.

Os municípios que registraram os menores aumentos nas áreas desmatadas previamente em 2007 sob o cenário BAU2 foram São Luiz e Rorainópolis. Estes municípios sofreram um aumento de 107,4 e 115,7% em suas áreas desmatadas de 2007 até 2030, respectivamente. Embora o município de Rorainópolis recebesse também estradas planejadas, essas foram de pequenas proporções, não causando aumentos significativos no desmatamento com a sua implementação no modelo. Apesar de no município de São Luiz do Anauá o desmatamento relativo ser o maior da região estudada, em termos de desmatamento absoluto, esse parece ter sido restringido por falta de mais floresta disponível para se desmatar no período simulado.

Sob o cenário CONSERV1 (sem a BR-319), o cenário menos desmatado em 2030, o menor aumento registrado no desmatamento no período foi em Caroebe. Nesse município foi registrado índice de 68,5% de aumento no desmatamento sobre a paisagem inicial de 2007. O mais desmatado foi Rorainópolis com aumento de 80,4% no desmatamento referente à paisagem inicial de 2007. Este resultado encontrado para Caroebe, sob o cenário CONSERV1, reflete a restrição ao desmatamento imposta pela inclusão da UC proposta, localizada naquele município, e a exclusão das estradas planejadas tomando aquele destino. Por outro lado, Rorainópolis absorveu parte do impacto desviado das UCs propostas e implementadas em Caracaraí e em Caroebe. Isso por que as estradas planejadas naquele município permaneceriam no modelo, recebendo parte desse desmatamento, e também não haveria UCs propostas para restringi-lo.

## **Conclusão**

A reconstrução e asfaltamento da BR-319 farão o desmatamento aumentar entre 18 e 42% no sul do Estado de Roraima em 2030, e também as emissões de carbono para a atmosfera, em percentuais semelhantes (entre 19 e 42%).

Em condições de “negócios como sempre” (BAU), a abertura da BR-319 implica em um aumento de emissão, ao longo dos 23 anos de simulação, que totaliza 23,9 milhões de toneladas de carbono, representando três anos de emissão da grande São Paulo hoje.

Isto indica que a reconstrução e asfaltamento da BR-319 causarão sérios impactos à região sul do Estado de Roraima, aumentando de forma significativa o desmatamento e as emissões de carbono para a atmosfera até o ano de 2030.

O estudo demonstrou que a reconstrução e asfaltamento da BR 319, ligando Manaus a Porto Velho, podem ter impactos ao ambiente muito além da sua área de influência oficial no interflúvio dos rios Madeira-Purus. Seus efeitos podem se irradiar até Roraima, proporcionado pela atual malha viária. Medidas mitigadoras para redução desses impactos deveriam incluir, também, a criação de UCs em Roraima em áreas mais vulneráveis à pressão antrópica, caso a reconstrução da BR-319 venha se concretizar.

## CONCLUSÃO GERAL

O Capítulo I conclui que as duas regiões estudadas apresentam diferenças substanciais nos processos e padrões de distribuição do desmatamento, sendo os Projetos de Assentamento e estradas vicinais os principais vetores de desmatamento na região Sul de Roraima como um todo. O desmatamento na região de influência da BR-174 foi causado predominantemente por pequenos proprietários enquanto que na região de influência da BR-210 o desmatamento foi causado predominantemente por grandes proprietários de terras. A forte presença de madeireiros vindos do “Arco do desmatamento” para a exploração florestal e conseqüente pressão por madeiras licenciadas podem ter influenciado, de maneira indireta, na formação de polígonos de pequenas áreas na região de Rorainópolis. O espalhamento de estradas endógenas pela exploração madeireira e novas ocupações de terras, tanto por pequenos e grandes atores, estão acontecendo de forma rápida e desordenada. O quadro indica um grande potencial de perda de floresta em Roraima se o fluxo de migração para esta área aumentar, como seria esperado se Roraima for conectada ao Arco do Desmatamento com a abertura da Rodovia BR-319 (Manaus – Porto Velho).

O Capítulo II demonstra que a reconstrução e asfaltamento da BR-319 farão o desmatamento aumentar entre 18 e 42% no sul do Estado de Roraima até 2030, e também as emissões de carbono para a atmosfera, em percentuais semelhantes (entre 19 e 42%). Isto sugere que a reconstrução e asfaltamento da BR-319 causarão sérios impactos à região sul do Estado de Roraima, aumentando de forma significativa o desmatamento e as emissões de carbono para a atmosfera até o ano de 2030.

Finalmente este estudo demonstra que a reconstrução e asfaltamento da BR 319, ligando Manaus a Porto Velho, podem ter impactos ao ambiente muito além da sua área de influência no interflúvio dos rios Madeira-Purus. Seus efeitos podem se irradiar até Roraima, proporcionado pela atual malha viária. Medidas mitigadoras para redução desses impactos deveriam incluir também a criação de UCs em Roraima em áreas mais vulneráveis à pressão antrópica, caso a reconstrução da BR-319 venha se concretizar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A Crítica. 2009. “Eu serei o candidato do presidente Lula em 2010”. A Crítica [Manaus], 22 de fevereiro de 2009, p. A-6.
- Albert, B. 1997. *Terra, ecologia e saúde indígena: o caso Yanomami*. In: Barbosa, R.I. (ed.); Ferreira, E.J.G.; Castellón, E.G. *Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. p. 65-83.
- Albuquerque, F. J. B. de; Coelho, J. A. de M. & Vasconcelos, T. C. 2004. As políticas públicas e os projetos de assentamento. *Estudos de Psicologia* 9 (1): 81-88.
- Alley, R.B. 2007. “C”ing Artic Climate with Black Ice. *Science*, 317(5843): 1333-1334.
- Almeida, C.A. de. 2008. *Estimativa da área e tempo de permanência da vegetação secundária na Amazônia Legal Brasileira por meio de imagens LANDSAT/TM*. São José dos Campos: Master’s Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. 129 p.
- Alves, D.S.; Meira Filho, L.G.; D’Alge, J.C.L.; Mello, E.K.; Moreira, J.C. & Medeiros, J.S. 1992. The Amazonia information system. *ISPRS Archives, Commission VI*, 28, 259-266. Disponível em <[www.dpi.inpe.br/~julio/arquivos/Isprs92-2.pdf](http://www.dpi.inpe.br/~julio/arquivos/Isprs92-2.pdf)>. Acesso em 07 de Julho de 2009.
- AMBITEC. 1994. O Brasil do hemisfério norte: diagnóstico científico e tecnológico para o desenvolvimento. Ambtec. Boa Vista, Roraima. 512pp il.
- Aquino, R. & Arini, J. 2008. *A terra cinzenta que tenta ser verde: o principal desafio para China no futuro é desfazer a imagem de maior poluidor do planeta*. Revista Época. Editora Globo, edição 532, 86-90.
- Aquino, Y. 2009. *Lula transfere seis milhões de hectares de terras da União para o estado de Roraima*. Disponível em: <<http://noticias.ambientebrasil.com.br/noticia/>>. Acesso em: 17 de Fev. de 2009.
- Araújo, A.C. 2008. “Blindagem ecológica” da BR-319 custará acima de R\$ 400 milhões. Manaus: Jornal Amazonas Em Tempo, caderno 7, Meio ambiente.
- Baker, W. L. 1989. A review of models of landscape change. *Landscape Ecology*. 2: 111-133.
- Barbosa, R.I. 1990. Análise do setor madeireiro do Estado de Roraima. *Acta Amazônica*, 20 (único): 193-209.
- Barbosa, R.I. 1993. Ocupação Humana em Roraima I: do histórico colonial ao início do assentamento dirigido. *Bol. do Museu Paraense Emílio Goeldi*. 9(1): 123 – 144.
- Barbosa, R.I. 1993a. Ocupação Humana em Roraima II: uma revisão do equívoco da recente política de desenvolvimento e o crescimento desordenado. *Bol. do Museu Paraense Emílio Goeldi*, 9(2): 177 – 197.

- Barbosa, R.I.; Pinto, F.S. & Souza, C.C. 2008. Desmatamento em Roraima: Dados históricos e distribuição espaço-temporal. Relatório Técnico. Ministério da Ciência e Tecnologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia -INPA, Núcleo de Pesquisas de Roraima. 10 pp
- Barreto, P.; Pinto, A.; Brito, B. & Hayashi, S. 2008a. Quem é o dono da Amazônia?: uma análise do cadastramento de imóveis rurais. Belém, PA: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, IMAZON, 72 p. il.
- Barreto, P.; Pereira, R. & Arima, E. 2008b. A Pecuária e o Desmatamento na Amazônia na Era das Mudanças Climáticas. Belém, PA: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, IMAZON, 40 p. il.
- Barros Ferraz, S.F.; Vettorazzi, C.A.; Theobald, D.M. & Ballester. 2005. Landscape dynamics of amazonian deforestation between 1984 and 2002 in central Rondônia, Brazil: assessment and future scenarios. *Forest Ecology and Management* 204, 67-83. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/foreco](http://www.elsevier.com/locate/foreco)>. Acesso em 20 de Abril de 2009.
- Bonanome, F. 2009. "Enquanto o Estado brasileiro não colocar presença maciça na Amazônia, haverá corrupção". Disponível em <<http://www.amazonia.org.br/noticias>>. Acesso em: 12 de Fev. de 2009.
- Brandão Jr. A.; Souza Jr. C. 2006. Desmatamento nos assentamentos de reforma agrária na Amazônia. O estado da Amazônia. Belém: Imazon. 4 p. Disponível em: <<http://www.imazon.org.br>>. Acesso em: 05 de Mar. de 2009.
- Brasil, IBGE. 1992. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira (Manuais Técnicos em Geociências nº 1)*. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, Brasil. 92 p.
- Brasil, IBGE. 2007. Disponível em: <[www.sidra.ibge.gov.br/.](http://www.sidra.ibge.gov.br/)>. Acesso em 28 de Jul. de 2007.
- Brasil, IBGE. 2009. Disponível em: <[www.sidra.ibge.gov.br/.](http://www.sidra.ibge.gov.br/)>. Acesso em 10 de Fev. de 2009.
- Brasil, INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. 2007. Diretoria de Obtenção de Terras e Implantação de Projetos de Assentamento – DT. Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA. Brasília, DF.
- Brasil, Ministério do Meio Ambiente – MMA. 2008. Pagamentos por serviços ambientais perspectivas para a Amazônia legal. Brasília – DF. Série Estudos, 10. 136 pp. Il. Color.
- Brasil, Projeto RADAMBASIL. 1973-1984. Levantamento dos Recursos Naturais (Parte das Folhas SA.20 Manaus; SA.21 Santarém; SB.19 Juruá; SB.20 Purus; SC.19 Rio Branco; SC.20 Porto Velho). Ministério das Minas e Energia, Rio de Janeiro, Brasil.

- Brasil, Projeto RADAMBRASIL. 1975. *Projeto RADAMBRASIL: Programa de Integração Nacional*. Ministério das Minas e Energia – Departamento Nacional da Produção Mineral, Rio de Janeiro, RJ. Vol. 8, Folha NA.20 Boa Vista.
- Brasil, Projeto RADAMBRASIL. 1975. *Projeto RADAMBRASIL: Programa de Integração Nacional*. Ministério das Minas e Energia – Departamento Nacional da Produção Mineral, Rio de Janeiro, RJ. Vol. 9, Folha NA.21 Tumucumaque.
- Brasil, SIVAM/SIPAM 2004. Banco de Dados IBGE - versão 6 (derivado da recuperação dos dados originais do Projeto RADAMBRASIL). Serviço de Vigilância da Amazônia / Serviço de Proteção da Amazônia, Manaus, Amazonas, Brasil (4 CDs).
- Brito, B. & Barreto, P. 2009. *Os riscos e os princípios para a regularização fundiária na Amazônia*. O Estado da Amazônia. Belém, PA: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, IMAZON, 4 p. il.
- Brito, G. & Nader, V. 2009. [MP 458 é prêmio ao crime de apropriação ilegal da Amazônia](http://www.correiocidadania.com.br/). Disponível em: <<http://www.correiocidadania.com.br/>>. Acesso em 05/03/2009.
- Brondizio, E.S. & Moran, E.F. 2007. The Vulnerability of Small Farmers to Climate Change in the Amazon: Adaptive Challenges of Inter-linked Environments. Disponível em: <<http://www.eci.ox.ac.uk/news/events/amazon/brondizio.pdf>>. Acesso em: 21/02/09.
- Brown, S., Gillespie, A.J.R., Lugo, A.E., 1989. Biomass estimation methods for tropical forest with applications to forest inventory data. *Forest Sci.* 35, 881–902.
- Brown, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests. *FAO Forestry Paper 134*, FAO - Food and Agriculture Organization of United Nations, Roma, Itália. 54 pp.
- Brown, S.; Lugo, A. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forest of the Brazilian Amazon. *Interciencia* 17(1): 8-18.
- Bruner, A.G.; Gullison, R.E.; Rice, R.E. & Fonseca, G.A.B. 2001. Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. *Science*, 291. 5501. 125. <[www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org)>. Acesso em 19 de Dezembro de 2008.
- Castro, F.V.F.; Soares-Filho, B. & Mendoza, E. 2005. Modelagem de cenários de mudanças na região de brasiléia aplicada ao zoneamento ecológico-econômico do Estado do Acre. *Revista Brasileira de Cartografia*, 20(0): 17 pp.
- Chave, J., Muller-Landau, H.C., Baker, T.R., Easdale, T.A., ter Steege, H., Webb, C.O., 2006. Regional and phylogenetic variation of wood density across 2,456 neotropical tree species. *Ecol. Appl.* 16, 56–2367.
- COPPE – Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas dos Programas de Pós-graduação de Engenharia. 2005. Inventário de emissões de gases de efeito estufa do município de São Paulo: Síntese. Prefeitura de São Paulo. Disponível em: <[www2.prefeitura.sp.gov.br/arquivos/secretarias/meio\\_ambiente/](http://www2.prefeitura.sp.gov.br/arquivos/secretarias/meio_ambiente/)>. Acesso em 14 de Julho de 2009.

- Costa, G. 2009. *Trabalhadores e ambientalistas criticam MP da regularização fundiária na Amazônia*. Disponível em: <<http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/>>. Acesso em: 17 de Fev. de 2009.
- Cox, P.M.; Betts, R.A.; Collins, M.; Harris, P.; Huntingford, C. and Jones, C.D. 2004. Amazon Dieback under Climate-Carbon Cycle Projections for the 21st Century. Hadley Centre technical note 42. 29pp.
- Dinamica Project. 2008. Dinamica-EGO. Disponível em: <[www.csr.ufmg.br/dinamica](http://www.csr.ufmg.br/dinamica)>. Acesso em: 21 de Fev. de 2008.
- Efeito estufa natural. Disponível em: <<http://www.rudzerhost.com/ambiente/estufa>>. Acesso em 08 de Fev. de 2008
- Engelen, G.; White, R. and Uljee, I. 2000. *Cellular automata as the integrator of land Use and land cover models*. In: Engelen, G.; van der Meulen, M.; Hahn, B. & Uljee, I. (eds.). *Modulus: A spatial modeling tool for integrated environmental decision-making*. Vol. II. Relatório Final apresentado à Comissão do Clima e Meio Ambiente da União Européia. Bruxelas, Bélgica. p.275-290.
- Escada, M.I.S. & Alves, D.S. 2001. *Mudanças de uso e cobertura do solo na Amazônia: Impactos sócio-ambientais na ocupação de regiões de fronteira agrícola*. Relatório Técnico Parcial, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: Programa de Ciência e Tecnologia para Gestão de Ecossistemas. São Paulo, SP. 45 pp. il.
- Ewers, R. & Laurance, W.F. 2006. Scale-dependent patterns of deforestation in the Brazilian Amazon. *Environmental Conservation*, 33: 203-211.
- Fearnside, P.M. 1984. Brazil's Amazon settlement schemes: conflicting, objectives and human carrying capacity. *Habitat International*, 8(1): 45-61.
- Fearnside, P.M. 1989. A ocupação humana de Rondônia: impactos, limites e planejamento. Relatórios de Pesquisa No. 5, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasília – DF, Brasil. 76 pp.
- Fearnside, P.M. 1992. Avaliação e identificação das causas e dos agentes de desmatamento. In: Brasil, Governo do Estado do Pará, Secretaria de Ciência Tecnologia e Meio ambiente. Seminário Internacional sobre Meio Ambiente, Pobreza e Desenvolvimento da Amazônia – SIMDAMAZÔNIA: Anais. Processamento de Dados do Estado do Pará (PRODEPA), Belém. 567 pp.
- Fearnside, P. M. 1993. Deforestation in Brazilian Amazonia: The effect of population and land tenure. *Ambio*: 22, (8): 537-545.
- Fearnside, P.M. 1996. Amazonian deforestation and global warming: Carbon stocks in vegetation replacing Brazil's Amazon forest. *Forest Ecology and Management*, 80(1-3): 21-34.
- Fearnside, P.M. 1997a. *Roraima e o aquecimento global: balanço anual das emissões de gases de efeito estufa provenientes da mudança do uso da terra*. In: Barbosa, R.I.;



- Ferreira, E.J.G.; Castellón, E.G. (eds.). *Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. p. 337-359.
- Fearnside, P.M., 1997b. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 90, 59–87.
- Fearnside, P.M. 1999. Como o efeito estufa pode render dinheiro ao Brasil. *Ciência Hoje*, 26(155): 41-43.
- Fearnside, P.M. 2000a. *O avanço da soja como ameaça a Biodiversidade na Amazônia*. In: Anais do V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros: *Conservação*, Vol I: *Conservação e Duna*. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. p.74-82.
- Fearnside, P.M. 2000b. *O potencial florestal brasileiro para a mitigação do efeito estufa sob o “Mecanismo de Desenvolvimento Limpo” do Protocolo de Kioto*. In: Moreira, A.G. & Schwartzman, S. (eds.). *As mudanças Climáticas e os Ecossistemas Brasileiros*. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, Woods Hole Research Center and Environmental Defense, Brasília, DF. 165 pp.
- Fearnside, P.M. 2001. Emissões de Gases de Efeito Estufa Oriundas da Mudança do Uso da Terra na Amazônia Brasileira. In: 7<sup>a</sup> Reunião Especial da SBPC: Amazônia no Brasil e no Mundo. Manaus, Amazonas. 25-27 de Abril.
- Fearnside, P. M. 2003. *A Floresta Amazônica nas mudanças globais*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, Amazonas. 134 pp.
- Fearnside, P.M. 2004. Quanto vale a floresta? *Superinteressante*. 202(): 80-.
- Fearnside, P.M. 2005. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e conseqüências. *Megadiversidade*. Volume 1, Nº 1, 14pp.
- Fearnside, P.M. 2005. *Carga Pesada: O custo ambiental de se asfaltar um corredor de soja na Amazônia*. In: Torres, M. (org.). *Amazônia Revelada: Os descaminhos ao longo da BR-163*. Conselho Nacional de Apoio a Pesquisa, Brasília, DF. p.397-423.
- Fearnside, P. M. 2008. The roles and movements of actors in the deforestation of Brazilian Amazonia. *Ecology Society*, 13(1): 23.
- Fearnside, P.M. 2009. Estoques e fluxos de carbono na Amazônia como recursos naturais para geração de serviços ambientais. In: S.M.F. Buenafuente (ed.) *Amazônia: Dinâmica do carbono e impactos sócioeconômicos e ambientais*. Editora da Universidade Federal de Roraima (EdUFRR), Boa Vista, Roraima, Brazil. (in press).
- Fearnside, P.M. & Graça, P.M.L.A. 2005. *BR-319: A rodovia Manaus-Porto Velho e o impacto potencial de conectar o arco de desmatamento à Amazônia Central*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. p. 1-23.

- Fearnside, P.M. & Graça, P.M.L.A. 2006. *BR-319: O custo ambiental de ligar o arco do desmatamento ao coração da Amazônia*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. p. 1-11.
- Fearnside, P.M., P.M.L.A. Graça, E.W.H. Keizer, F.D. Maldonado, R.I. Barbosa & E.M. Nogueira. 2009. Modelagem de desmatamento e emissões de gases de efeito estufa na região sob influência da Rodovia Manaus-Porto Velho (BR-319). *Revista Brasileira de Meteorologia* 24 (in press).
- Fearnside, P.M. & Guimarães, W.M. 1996. Carbon uptake by secondary forests in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 80: p. 35-46.
- Fearnside, P.M.; Tardin, A.T. & Meira Filho, L.G. 1990. *Deforestation rate in Brazilian Amazonia*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, São Paulo, 8 pp.
- Fernandes, I.; Brito, B. & Barreto, P. 2008. Lições para divulgação da lista de infratores ambientais no Brasil. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia – *IMAZON*, Belém, PA. 25 pp.
- Ferreira, D.A.C. 2006. *Modelagem do desmatamento no noroeste Mato-Grossense*. Master's Thesis, Instituto Nacional da Amazonia/Fundação Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas. 109 pp.
- FBMC – Forum Brasileiro de Mudanças Climáticas. 2002. *Mudanças climáticas: Guia de informação*. Forum Brasileiro de Mudanças Climáticas, Brasília, DF. 116 pp.
- Folha de Boa Vista. 2007. *Secretário anuncia para semana que vem início de construção de laticínio*. Jornal Folha de Boa Vista. Boa Vista – RR. Caderno Cidade, 24/08/07.
- Folha de Boa Vista. 2007a. *Senador destaca Carta de RR e faz crítica a ameaça da ONU*. Jornal Folha de Boa Vista. Boa Vista – RR. Caderno de Política, 24/08/07.
- Folha de Boa Vista. 2007b. *Messias critica centralização política*. Jornal Folha de Boa Vista. Boa Vista – RR. Caderno de Política, 01 e 02/12/07.
- Folha de São Paulo. 2009. SP, 24/1, Brasil, p. A6.
- Folha de São Paulo. 2009. *Marina Silva: Ainda tem pés de barro*. São Paulo-SP. 16-02-2009
- Forrester, J.W. 1971. *World dynamics*. Wright-Allen Press, Inc. 238 Main Street Cambridge, Massachusetts, USA. 142 p. il.
- Forrester, J.W. 1973. *Principles of systems*. Massachusetts Institute of Technology. Second Preliminary Edition. Wright-Allen Press, Inc. 238 Main Street Cambridge, Massachusetts, EUA.
- FUNASA. 1991. Projeto saúde Yanomami/Yanomami health project. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde – Coordenação de Saúde do Índio. Brasília, DF, Brasil. 72 pp.

- Geist, H.J. & Lambin, E.F. 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience*, 52(2): 143-150.
- Greenpeace - Brasil. 2009. *O rastro da pecuária na Amazônia Mato Grosso: O estado da destruição*. Relatório Técnico. Manaus - AM – Brasil.
- Heder, F. 2008. Roraima poderá ter seis novos municípios. Disponível em: <[www.roraimaemfoco.com/](http://www.roraimaemfoco.com/)>. Acesso em: 16 de Fev. de 2009.
- Higuchi, N.; Santos, J.; Ribeiro, R.J; Minette, L. & Biot, Y. 1998. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. *Acta Amazônica*, 28(2): 153-166.
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Projeto PRODES. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes>>. Acesso em 27 de Jul. 2007.
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Projeto PRODES. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes>>. Acesso em 11 de Out. 2008.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate change. Fourth Assessment Report. Disponível: <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-syr>> Acesso em 08 Fev.2008.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2003. *Good practice guidance for land use, land-use changes and forestry*. Kanagawa, Japan, Institute for Global Environmental Strategies.
- Istoé, 2008. Os 100 brasileiros mais influentes: ESTRELAS. Revista ISTOÉ Especial: Edição dupla de fim de ano. Editora Três, São Paulo – SP. 2043, 31/12/2008.
- Kaimowitz, D. and Angelsen, A. 1998. *Economic Models of Tropical Deforestation a Review*. Center For International Forestry Research, CIFOR, Indonesia. 153 pp.
- Kaimowitz, D.; Mertens, B.; Wunder, S. & Pacheco, P. 2004. Hamburger connection fuels Amazon destruction. Disponível em: <[www.cifor.cgiar.org/publications/pdf](http://www.cifor.cgiar.org/publications/pdf)>. Acesso em 22 de junho de 2009.
- Lambin, E. F. 1997. Modelling and monitoring land cover change process in tropical regions. *Progress in Physical Geography*. 21:375-393.
- Lambin, E. F.; Rounsevell, M. D. A.; Geist, H. J. 2000. Are agricultural land-use models able to predict changes in land-use intensity? *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 82:321-331.
- Lambin, E.F.; Geist, H.J. & Lepers, E. 2003. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Environment Resources*. 28: 205–241.
- Laurance, W.F., A.K.M. Albernaz, G. Schroth, P.M. Fearnside, S. Bergen, E.M. Ventincinque & C. da Costa. 2002. Predictors of Deforestation in the Brazilian Amazon. *Journal of Biogeography* 29: 737-748.

- Lentini, M.; Pereira, D.; Celentano, D. & Pereira, R. 2005. *Fatos florestais da Amazônia 2005*. Instituto do Homem e do Meio Ambiente - IMAZON. Belém, 142 pp. il.
- Lucas, R. M.; Honzak, M.; Curran, P. J.; Foody, G. M.; Milne, R.; Brown, T.; Amaral, S. 2006. Mapping the regional extent of tropical forest regeneration stages in the Brazilian Legal Amazon using NOAA AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, v.21, n. 15, p. 2855-2881. Disponível em: <[www.informaworld.com/smpp/content](http://www.informaworld.com/smpp/content)>. Acesso em: 10 Abril 2009.
- Macmillan, G.J. 1997. *Os impactos ambientais e sociais da mineração informal na Amazônia*. In: Barbosa, R.I. (ed.); Ferreira, E.J.G.; Castellón, E.G. *Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. p. 181-191.
- Mcintosh, B.S.; Mazzoleni, S. & Coppola, A. 2000. *Selection and evaluation of models*. In: Engelen, G.; van der Meulen, M.; Hahn, B. & Uljee, I. (eds.). *Modulus: A spatial modeling tool for integrated environmental decision-making*. Vol. I. Relatório Final apresentado à Comissão do Clima e Meio Ambiente da União Européia. Bruxelas, Bélgica. p.101-134.
- Meadows, D.L.; Behrens, W.W.; Meadows, D.H.; Nail, R.F.; Randers, J. & Zahn, E.K.O. 1974. *Dynamics of growth in a finite world*. Wright-Allen Press, Inc. 238 Main Street Cambridge, Massachusetts 02142 637 p. il.
- Meadows, H.; Randers, J. & Meadows, D. 2007. *Limites do crescimento: A atualização de 30 anos*. Título original: *Limits to growth: The 30-year update*. Rio de Janeiro: Qualitymark. 364 pp.
- Mertens, B.; Kaimowitz, D.; Puntodewo, A.; Vanclay, J. & Mendez, P. 2004. Modeling deforestation at distinct geographics scales and time periods in Santa Cruz, Bolívia. *Science Review* 27(3): 271-296.
- Meyer, C. 2008. O luxo descobre o Brasil. *Revista Exame*. Edição 933, ano 24 – 17/12/2008. Editora Abril, São Paulo, pp. 26-33.
- Ministério da Ciência & Tecnologia. Disponível em: <[www.mct.gov.br/clima/comunic](http://www.mct.gov.br/clima/comunic)>. Acesso em 08 de Fev. de 2008.
- Mourão, G.M.N. 2003. *Colonización Reciente Y Asentamientos Rurales En El Sureste De Roraima, Amazonia Brasileña: Entre La Política Y La Naturaleza*. Tesis Doctoral, Universidad De Valladolid, Espanha. 480 pp.
- Muller, M.R. & Middleton, J. 1994. A Markov model of land use change dynamics in the Niagara Region, Ontario, Canada. *Landscape Ecology* 9(2): p. 151-157.
- Neeff, T.; Lucas, R. M.; Dos Santos, J. R.; Brondízio, E. S.; Freitas, C. 2006. Area and age of secondary forests in Brazilian Amazonia 1978-2002: An empirical estimate. *Ecosystems*, v. 9, n. 4, p. 609-623. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/18473j520u66508k/>. Acesso em: 10 Abril 2009.

- Nepstad, D.; Carvalho, G.; Barros, A.C.; Alencar, A.; Capobianco, J.P.; Bishop, J.; Moutinho, P.; Lefebvre, B.; Silva Jr., U.L. & Prins, E. 2001. Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests. *Forest Ecology and Management*. 154: 395-407.
- Nepstad, D.; Stickler, C. & Almeida, O. T. 2006. The economic “teleconnections” of the Amazon beef and soy industries: opportunities for conservation. *Conservation Biology*, Vol. \*\*, No. \*. Disponível em: <[www.whrc.org/policy/COP/Brazil/Nepstad\\_et\\_al\\_2006\\_Cons%20Biol.pdf](http://www.whrc.org/policy/COP/Brazil/Nepstad_et_al_2006_Cons%20Biol.pdf)>. Acesso em 22 de Junho de 2009.
- Nogueira, E.M.; Nelson, B.W.; Fearnside, P.M. 2005. Wood density in dense Forest in Central Amazonia, Brazil. *Forest Ecology and Management* 208: 261-286.
- Nogueira, E.M.; Fearnside, P.M.; Nelson, B.W. & França, M.B. 2007. Wood density in forests of Brazil’s ‘arc of deforestation’: Implications for biomass and flux of carbon from land-use change in Amazonia. *Forest Ecology and Management* 248: 119–135.
- Nogueira, E.M. 2008. *Wood density and tree allometry in forests of Brazil’s ‘arc of deforestation’: implications for biomass and emission of carbon from land-use change in Brazilian Amazonia*. Doctoral Thesis, National Institute for Research in the Amazon. Manaus, Amazonas. 148 pp.
- Nogueira, S.P. 2006. *Modelagem da dinâmica do desmatamento a diferentes escalas espaciais na região nordeste do estado de Mato Grosso*. Master’s Thesis, Instituto Nacional da Amazonia/Fundação Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas. 124 pp.
- Oliveira, A. 2005. *BR – 163 Cuiabá-Santarém: Geopolítica, grilagem, violência e mundialização*. In: Torres, M. (org.). *Amazônia Revelada: Os descaminhos ao longo da BR-163*. Conselho Nacional de Apoio a Pesquisa, Brasília, DF. p. 67-183.
- Paciornik, N. & Machado Filho, H. 2000. *Política e instrumentos legais internacionais da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima*. In: Moreira, A.G. & Schwartzman, S. (eds.) *As mudanças Climáticas e os Ecossistemas Brasileiros*. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, Woods Hole Research Center and Environmental Defense, Brasília, DF. 165 pp.
- Pedrosa, B. M.; Câmara, G. 2002. *Modelagem dinâmica e geoprocessamento*. INPE, São José dos Campos, São Paulo, 39 pp.
- Pinto, A.; Amaral, P. & Nava, F. 2007. *Diagnóstico das condições locais para o manejo de andiroba e castanha-do-brasil em três localidades rurais do Estado de Roraima*. Relatório de Consultoria. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia – IMAZON, Belém, Pará, 53 pp.il.
- Portela, M. 2008. Software simula futuros para a Amazônia. Disponível em: <<http://www.amazonia.org.br>>. Acesso em: 11 Jan. de 2008.
- Rodrigues, A.S.L.; Ewers, R.M.; Parry, L.; Souza Jr., C.; Veríssimo, A. & Balmford, A. 2009. Boom-and-Bust Development Patterns Across the Amazon Deforestation Frontier. *Science* 324; 1435-1437. Disponível em <[www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org)> on June 11, 2009.

- Rodrigues, E.P. 2009. *Incra retoma posse de três fazendas no Sul de Roraima*. Jornal A Folha de Boa Vista. Disponível em: < [http://www.folhabv.com.br/fbv/Noticia\\_Impressa](http://www.folhabv.com.br/fbv/Noticia_Impressa)>. Acesso em: 21 de Fev. de 2009.
- Rodrigues, H.O.; Soares-Filho, B.S. & Costa, W.L.S. 2007. *Dinâmica EGO, uma plataforma para modelagem de sistemas ambientais*. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril. INPE, São José dos Campos, São Paulo, p. 3089-3096.
- Saatchi, S.S.; Houghton, R.A.; Dos Santos Alvalá, R.C.; Soares, J.V. & Yu, Y. 2007. Distribution of aboveground live biomass in the Amazon basin. *Global Change Biology*, 13, 816–837.
- Sachs, I. 2002. Desenvolvimento humano, trabalho decente e o futuro dos empreendedores de pequeno porte no Brasil. Sebrae. 200pp.
- Santos, J.R.; Freitas, C.C.; Araujo, L.S. 2003. Airborne P-band SAR applied to the above ground biomass studies in the Brazilian tropical rainforest. *Remote Sensing of Environment*, 87, 482–493.
- Schimel, D. & 75 outros. 1996. Radiative forcing of climate change. p. 65-131. In: J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg & K. Maskell (eds.). *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Silva, E.L.S. 1997. *A vegetação de Roraima*. In: In: Barbosa, R.I.; Ferreira, E.J.G.; Castellón, E.G. (eds.). *Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. p. 401-415.
- Silva, R.P. 2007. *Alometria, estoque e dinâmica da biomassa de florestas primárias e secundárias na região de Manaus (AM)*. Master's Thesis, Instituto Nacional da Amazonia/Fundação Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas. 152 pp.
- Soares-Filho, B.; Assunção, R.M. & Pantuzzo, A.E. 2001. Modeling the spatial transition probabilities of landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. *BioScience*, 51(12): 1059-1068.
- Soares-Filho, B. S.; Cerqueira, G. C.; Araújo, W. L.; Voll, E. 2003. *Modelagem de Dinâmica de Paisagem: Conceção e Potencial de Aplicação de Modelos de Simulação baseado em Autômato Celular*. In: Albernaz, A.; Silva, J.M.C.D. & Valeriano, D. (eds). *Ferramentas para modelagem da distribuição de espécies em ambientes tropicais*. Belém, Pará: Museu Paraense Emílio Goeldi. p. 1-16.
- Soares-Filho, B.; Alencar, A.; Nepstad, D.; Cerqueira, G.; Diaz, M. del C.V.D.; Rivero, S.; Solorzanos, L. & Voll, E. 2004. Simulating the response of land-cover changes to road paving and governance along a major Amazon highway: the Santarém–Cuiabá corridor. *Global Change Biology*, 10 (único): 745-764.

- Soares-Filho, B.S.; Nepstad, D.C.; Curran, L.; Cerqueira, G.C.; Garcia, R.A.; Ramos, C.A.; Voll, E.; McDonald, A.; Lefebvre, P.; Schlesinger, P. & Mcgrath, D. 2005. Cenários de desmatamentos para a Amazônia. *Estudos Avançados*, 19 (54): 137-152.
- Soares-Filho, B.S.; Nepstad, D.C.; Curran, L.; Cerqueira, G.C.; Garcia, R.A.; Ramos, C.A.; Voll, E.; McDonald, A.; Lefebvre, P. & Schlesinger, P. 2006. Modelling conservation in the Amazon basin. *Nature*, 440(23): p. 520-523.
- Soares-Filho, B.S.; Rodrigues, H.O.; Falieri, A. & Costa, W.L. 2008a. *DINAMICA EGO tutorial*. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, MG. Disponível em: <<http://www.csr.ufmg.br/dinamica/>>. Acesso em 20 Abril de 2008.
- Soares-Filho, B.S.; Dietzsch, L. 2008. Reduction of carbon emissions associated with deforestation in Brazil: The role of Amazon region Protected Areas Program (ARPA). World wide Fundation, Brasília, Brazil, 32pp.
- Souza Jr., C.; Brandão Jr., A.; Anderson, A. & Veríssimo, A. 2004. Avanço das estradas endógenas na Amazônia. *Imazon: Amazônia em Foco*. Nº 01. p. 1-2.
- Souza, J. 2009. *Desvendando o bicho-papão*. Jornal A Folha de Boa Vista. Disponível em: <[http://www.folhabv.com.br/fbv/Noticia\\_Impressa](http://www.folhabv.com.br/fbv/Noticia_Impressa)>. Acesso em: 21 de Fev. de 2009.
- Théry, H. 2005. Situações da Amazônia no Brasil e no Continente. *Estudos Avançados*. 19(53): 37-49.
- Torres, M. 2005. *Fronteira, um eco sem fim: Considerações sobre a ausência do Estado e a exclusão social nos municípios paraenses do eixo da BR-163*. In: Torres, M. (org.). *Amazônia Revelada: Os descaminhos ao longo da BR-163*. Conselho Nacional de Apoio a Pesquisa, Brasília, DF. p. 271-319.
- Veldkamp, A.; Lambin, E. F. 2001. Predicting land-use change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 85:1-6.
- Verburg, P.H.; Schot, P.P.; Dijst, M.J. & Veldkamp, A. 2004. Land use change modelling: current practice and research priorities. *Geo Journal* 61: 309-324.
- Verdejo, M. E. 2006. *Diagnóstico rural participativo: guia prático DRP*. MDA/Secretaria da Agricultura Familiar, Brasília, DF. 62 pp.
- Veríssimo, A.; Lima, E. & Lentini, M. 2002. Pólos madeireiros do Estado do Pará. Belém: IMAZON, 74 p.
- Wang, G.; Innes, J.L.; Lei, J.; Dai, S. & Wu, S.W. 2007. China's Forestry Reforms. *Science*, 318(5856): 1556-1557.
- Watson, R.T.; Noble, I.R.; Bolin, B.; Ravindranath, N.H.; Verardo, D.J. & Dokken, D.J. (eds.). 2000. *Land use, land-use change, and forestry*. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. WMO/UNEP, University Press, Cambridge, Reino Unido. 377 pp.

- Wolfram, S. 1984. Cellular automata as models of complexity. *Nature*, 311: p. 419-424.
- Wunder, S. 2008. *Necessary conditions for Ecosystem Service Payments*. In: Economics and conservation in the tropics: a strategic dialogue. Conference Paper. January 31-February 1. Disponível em: <[www.cifor.cgiar.org/pes/publications/pdf\\_files/](http://www.cifor.cgiar.org/pes/publications/pdf_files/)>. Acesso em Junho de 2009.
- Zalasiewicz, J. and Williams, M. 2008. *Man-made changes bring about new epoch in Earth's history*. Disponível em: <<http://www.physorg.com/news.>>. Acesso em 7 de Fev. de 2008.
- Zweibel, K.; Mason, J. & Fthenakis, V. 2008. By 2050 solar power could U.S. dependence on foreign oil and slash greenhouse gas emissions. *Scientific American*, 298(1): 48-57.



## ANEXOS

### Anexo A. Lista das entrevistas de campo.

<b>Cidade</b>	<b>Órgão Público/Outros</b>	<b>Nome Entrevistado</b>	<b>Cargo ou Função</b>
Manaus	ENCONTRO DE SECRETARIOS DE MEIO-AMBIENTE	Helena Fiuretti	Diretora do Museu Histórico de Roraima (Estava representando)
Presidente Figueiredo	REATA	Egydio Schwade	Presidente
Boa Vista	IBAMA	Nilva C. Barauna	Superintendente Regional
Boa Vista	INCRA	Antonio B. Marques	Superintendente Regional
Boa Vista	FUNAI	Gonçalo T. dos Santos	Administrador Regional
Boa Vista	MINISTERIO DA AGRICULTURA	Gelb Platão	Superintendente Regional
Boa Vista	FEMACT	Daniel Gianluppi	Presidente
Boa Vista	FEMACT	Shirlany Mello	Divisão de Fiscalização
Boa Vista	FEMACT	Alda	Divisão de Licenciamento
Boa Vista	SETRAB	Álvaro Luiz Gallegari	Secretario
Boa Vista	ITERAIMA	Washington P. de Lima	Presidente
Boa Vista	SEPLAN	Jaime de Agostinho	Secretario Adjunto
Boa Vista	CIR	Dionito J. de Souza	Coordenador
Boa Vista	CPT	Antonio	Secretario
Boa Vista	INPA	Reinaldo Barbosa	Diretor
Boa Vista	UNIR	Gersa Mourão	Professora
Boa Vista	EMBRAPA	Roberto Dantas de Medeiros	Chefe de Pesquisas
Boa Vista	GRÃO NORTE	Afrânio Vebber	Associado Dirceu)
Boa Vista	ASSOCIAÇÃO DOS ARROZEIROS	Paulo César Quartiero	Presidente
Boa Vista	ASSOCIAÇÃO DOS CRIADORES DE GADO	José Luiz Zago	Presidente
Boa Vista	COOPERCARNE	Jose Lopes	Presidente
Boa Vista	OURO VERDE – AGROSSILVIPASTORIL	Joel Carlos	Engenheiro Florestal
Boa Vista	RORAIMA AMBIENTAL	Cabral	Diretor
Caracarai	IBAMA	Benjamim B. da Luz	Analista Ambiental
Caracarai	Secretaria Municipal de Agricultura	_____	Secretario
Caracarai	CASA DO AGRICULTOR RURAL	Alexander	Técnico Agrícola
Caracarai	INCRA	Jucelino	Executor
Caracarai	Associação de Produtores da Vila São Jose (Km 27)	Edson da Conceição Moreira	Vice-presidente
Caracarai	COPAC - Cooperativa de Agricultores e Agricultoras do PA Cujubim	Jose Josomias Alves de Souza	Presidente
Caracarai	APRUC - Associação dos produtores Rurais do PA Cujubim	João Inácio de Oliveira	Presidente
Rorainópolis	Madeireira Paganote & Santos	_____	Gerente

**Anexo A. (Continuação)**

Rorainópolis	Serraria Reginatto	Vilson Reginatto	Proprietário
Rorainópolis	Madeira JV. Soares	_____	Gerente de Produção
Rorainópolis	Serraria JI Michel	_____	Gerente
Rorainópolis	Madeira MadeNorte Ltada	_____	Gerente
Rorainópolis	Madeira Pirâmide Ltada	Jalmar	Proprietário
Rorainópolis	Madeira Green Wood	Estela	Gerente
Rorainópolis	Madeireiro	Rogério Sergio de Souza	Extrator
Rorainópolis	Madeireiro	Antonio Marcos da Silva	Extrator
Rorainópolis	Comprador/Exportador de madeiras	Contato no Hotel	Exportador
Rorainópolis	INCRA	Brandão	Executor
Rorainópolis	IBAMA	Junior	Fiscal
Rorainópolis	Sindicato dos Trab. e Trab. Rurais de Rorainópolis	José dos Santos	Secretario
Rorainópolis	SEFAZ	D <sup>a</sup> Palmira	Diretora da Receita de RR em Rorainópolis
Rorainópolis	Assoc. dos Prod. Rurais e Apicultores da V. Equador	Raimundo Macedo Costa	Presidente
São Luis	Diocese de São Luis	Nilvo	Padre (Sacerdote)
São Luis	IBAMA	Sebastião	Fiscal
São Luis	Serraria MM do Brasil Ltada	Renne	Gerente
São João	Casa do Produtor Rural	Quintino Guedin	Secretario
São João	Madeira Paraná	_____	Proprietário
São João	Sindicato dos Trab. e Trabalhadoras Rurais	Santos	Presidente
Caroebe	Casa do Produtor Rural	Vicente	Secretario
Caroebe	Pecuarista	João Batista Schimoller	Ex-Executor do INCRA em Caroebe
Caroebe	Hotel Boa Vista	Edir	Proprietário
Caroebe	COOPARFAC	Luiz Almeida dos Reis	Presidente
Caroebe	COOPARFAC – (Ex vereador)	Jose Ovídio	Vice-presidente
Caroebe	Madeira Dois Irmãos	José Luiz	Gerente (filho)

## Anexo B. Estimativa de biomassa florestal para o Cenário BAU1 (sem a BR-319) em 2030

*Código	Tipo Florestal	VALOR	**Pixels por tipo florestal	Pixels por tipo florestal	Biomassa Acima e abaixo do solo	Inventários	Biomassa Média seca	Carbono Emitido
			2030	2007	Ton/ha <sup>1</sup>		n	Toneladas
LO	Contato Campinarana com Floresta Ombrófila	15	1347	1347	384,6310	274	0,000	0,000
Fs	Floresta Estacional Semidecidual Submontana	10	164	130	315,6799	33	67081,981	32534,761
Ab	Floresta Ombrófila aberta de Terras Baixas	6	208	208	363,4307	265	0,000	0,000
As	Floresta Ombrófila aberta Submontana	7	2585	596	336,0238	618	4177196,077	2025940,097
Da	Floresta Ombrófila Densa Aluvial	14	272	272	360,8265	144	0,000	0,000
Db	Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas	13	13025	7327	384,5027	517	13693102,928	6641154,920
Dm	Floresta Ombrófila Densa Montana	11	0	0	361,3022	27	0,000	0,000
Ds	Floresta Ombrófila Densa Submontana	12	90648	46002	385,3348	533	107522855,287	52148584,814
La	Campinarana Ombrófila Arborizada	8	1039	831	60,6171	a	78802,230	38219,082
Ld	Campinarana Ombrófila Florestada	4	1772	1485	365,0000	d	654718,750	317538,594
Lg	Campinarana Ombrófila Gramino-lenhosa	3	697	423	46,0000	c	78775,000	38205,875
Sa	Savana estacional arborizada	2	2530	885	44,6951	b	459521,497	222867,926
Sg	Savana estacional gramino-lenhosa	1	153	116	12,573	b	2907,506	1410,141
<b>Total</b>		-	<b>114440</b>	<b>59622</b>	-	-	<b>126734961,25</b>	<b>61466456,21</b>

<sup>1</sup> Brasil, IBGE, (1992).

<sup>\*\*</sup> Resolução do pixel → 250 metros (6,25 ha).

<sup>a</sup> Biomassa total acima do solo Barbosa & Ferreira, (2004) e somado à razão *root/shoot* de 2.81 para obtenção da fração raiz (Barbosa Com. Pessoal, 2009).

<sup>b</sup> Biomassa total acima do solo Barbosa & Fearnside, (2005) e somado à razão *root/shoot* de 2.81 para obtenção da fração raiz (Barbosa Com. Pessoal, 2009).

<sup>c</sup> Biomassa total acima e abaixo do solo estimada a partir de trabalhos de Kauffman (1988) e de Klinge (1975).

<sup>d</sup> Dados de Biomassa total retirado de Graça (1997) a partir do Projeto RadamBrasil, (1973-1983).

## Anexo C. Estimativa de biomassa florestal para o cenário CONSERV1 (sem a BR-319) em 2030

*Código	Tipo Florestal	VALOR	**Pixels por tipo florestal	Pixels por tipo florestal	Biomassa Acima e abaixo do solo	Inventários	Biomassa Média seca	Carbono Emitido
			2030	2007	Ton/ha <sup>1</sup>		n	Toneladas
LO	Contato Campinarana com Floresta Ombrófila	15	1618	1347	384,6310	274	651468,7913	315962,3638
Fs	Floresta Estacional Semidecidual Submontana	10	154	130	315,6799	33	47351,9863	22965,7134
Ab	Floresta Ombrófila aberta de Terras Baixas	6	208	208	363,4307	265	0,0000	0,0000
As	Floresta Ombrófila aberta Submontana	7	1479	596	336,0238	618	1854431,4408	899399,2488
Da	Floresta Ombrófila Densa Aluvial	14	272	272	360,8265	144	0,0000	0,0000
Db	Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas	13	12131	7327	384,5027	517	11544694,0091	5599176,5944
Dm	Floresta Ombrófila Densa Montana	11	0	0	361,3022	27	0,0000	0,0000
Ds	Floresta Ombrófila Densa Submontana	12	82772	46002	385,3348	533	88554750,4570	42949053,9716
La	Campinarana Ombrófila Arborizada	8	1038	831	60,6171	a	78423,3731	38035,3360
Ld	Campinarana Ombrófila Florestada	4	1877	1485	365,0000	d	894250,0000	433711,2500
Lg	Campinarana Ombrófila Gramino-lenhosa	3	858	423	46,0000	c	125062,5000	60655,3125
Sa	Savana estacional arborizada	2	2125	885	44,6951	b	346387,0250	167997,7071
Sg	Savana estacional gramino-lenhosa	1	190	116	12,573	b	5815,0125	2820,2811
<b>Total</b>		-	<b>104722</b>	<b>59622</b>	-	-	<b>104102634,60</b>	<b>50489777,78</b>

<sup>1</sup> Brasil, IBGE, (1992).

<sup>\*\*</sup> Resolução do pixel → 250 metros (6,25 ha).

<sup>a</sup> Biomassa total acima do solo Barbosa & Ferreira, (2004) e somado à razão *root/shoot* de 2.81 para obtenção da fração raiz (Barbosa Com. Pessoal, 2009).

<sup>b</sup> Biomassa total acima do solo Barbosa & Fearnside, (2005) e somado à razão *root/shoot* de 2.81 para obtenção da fração raiz (Barbosa Com. Pessoal, 2009).

<sup>c</sup> Biomassa total acima e abaixo do solo estimada a partir de trabalhos de Kauffman (1988) e de Klinge (1975).

<sup>d</sup> Dados de Biomassa total retirado de Graça (1997) a partir do Projeto RadamBrasil, (1973-1983).

## Anexo D. Estimativa de biomassa florestal para o cenário BAU2 (com a BR-319) em 2030

*Código	Tipo Florestal	VALOR	**Pixels por tipo florestal	Pixels por tipo florestal	Biomass a Acima e abaixo do solo	Inventários	Biomassa Média seca	Carbono Emitido
			2030	2007	Ton/ha <sup>a</sup>			
LO	Contato Campinarana com Floresta Ombrófila	15	1703	1347	384,6310	274	855804,0210	415064,9502
Fs	Floresta Estacional Semidecidual Submontana	10	160	130	315,6799	33	59189,9829	28707,1417
Ab	Floresta Ombrófila aberta de Terras Baixas	6	208	208	363,4307	265	0,0000	0,0000
As	Floresta Ombrófila aberta Submontana	7	5382	596	336,0238	618	10051312,4299	4874886,5285
Da	Floresta Ombrófila Densa Aluvial	14	295	272	360,8265	144	51868,8155	25156,3755
Db	Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas	13	15535	7327	384,5027	517	19724989,2645	9566619,7933
Dm	Floresta Ombrófila Densa Montana	11	0	0	361,3022	27	0,0000	0,0000
Ds	Floresta Ombrófila Densa Submontana	12	106066	46002	385,3348	533	144654678,5817	70157519,1121
La	Campinarana Ombrófila Arborizada	8	1296	831	60,6171	a	176168,4469	85441,6967
Ld	Campinarana Ombrófila Florestada	4	2272	1485	365,0000	d	1795343,7500	870741,7188
Lg	Campinarana Ombrófila Gramino-lenhosa	3	916	423	46,0000	c	141737,5000	68742,6875
Sa	Savana estacional arborizada	2	3380	885	44,6951	b	696964,2156	338027,6446
Sg	Savana estacional gramino-lenhosa	1	169	116	12,573	b	4164,8063	2019,9310
<b>Total</b>		-	<b>137382</b>	<b>59622</b>	-	-	<b>178212221,81</b>	<b>86432927,58</b>

<sup>a</sup> Brasil, IBGE, (1992).

<sup>\*\*</sup> Resolução do pixel → 250 metros (6,25 ha).

<sup>a</sup> Biomassa total acima do solo Barbosa & Ferreira, (2004) e somado à razão *root/shoot* de 2.81 para obtenção da fração raiz (Barbosa Com. Pessoal, 2009).

<sup>b</sup> Biomassa total acima do solo Barbosa & Fearnside, (2005) e somado à razão *root/shoot* de 2.81 para obtenção da fração raiz (Barbosa Com. Pessoal, 2009).

<sup>c</sup> Biomassa total acima e abaixo do solo estimada a partir de trabalhos de Kauffman (1988) e de Klinge (1975).

<sup>d</sup> Dados de Biomassa total retirado de Graça (1997) a partir do Projeto RadamBrasil, (1973-1983).

## Anexo E. Estimativa de biomassa florestal para o cenário CONSERV2 (com a BR-319) em 2030

*Código	Tipo Florestal	VALOR	**Pixels por tipo florestal	Pixels por tipo florestal	Biomass a Acima e abaixo do solo	Inventários	Biomassa Média seca	Carbono Emitido
			2030	2007	Ton/ha <sup>a</sup>			
LO	Contato Campinarana com Floresta Ombrófila	15	1796	1347	384,6310	274	1079370,8018	523494,8389
Fs	Floresta Estacional Semidecidual Submontana	10	138	130	315,6799	33	15783,9954	7655,2378
Ab	Floresta Ombrófila aberta de Terras Baixas	6	208	208	363,4307	265	0,0000	0,0000
As	Floresta Ombrófila aberta Submontana	7	1766	596	336,0238	618	2457174,1628	1191729,4689
Da	Floresta Ombrófila Densa Aluvial	14	272	272	360,8265	144	0,0000	0,0000
Db	Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas	13	13762	7327	384,5027	517	15464218,5572	7500146,0002
Dm	Floresta Ombrófila Densa Montana	11	0	0	361,3022	27	0,0000	0,0000
Ds	Floresta Ombrófila Densa Submontana	12	99160	46002	385,3348	533	128022665,8904	62090992,9569
La	Campinarana Ombrófila Arborizada	8	1017	831	60,6171	a	70467,3788	34176,6787
Ld	Campinarana Ombrófila Florestada	4	2357	1485	365,0000	d	1989250,0000	964786,2500
Lg	Campinarana Ombrófila Gramino-lenhosa	3	888	423	46,0000	c	133687,5000	64838,4375
Sa	Savana estacional arborizada	2	2566	885	44,6951	b	469577,8944	227745,2788
Sg	Savana estacional gramino-lenhosa	1	212	116	12,573	b	7543,8000	3658,7430
<b>Total</b>		-	<b>124142</b>	<b>59622</b>	-	-	<b>149709739,98</b>	<b>72609223,89</b>

<sup>a</sup> Brasil, IBGE, (1992).

<sup>\*\*</sup> Resolução do pixel → 250 metros (6,25 ha).

<sup>a</sup> Biomassa total acima do solo Barbosa & Ferreira, (2004) e somado à razão *root/shoot* de 2.81 para obtenção da fração raiz (Barbosa Com. Pessoal, 2009).

<sup>b</sup> Biomassa total acima do solo Barbosa & Fearnside, (2005) e somado à razão *root/shoot* de 2.81 para obtenção da fração raiz (Barbosa Com. Pessoal, 2009).

<sup>c</sup> Biomassa total acima e abaixo do solo estimada a partir de trabalhos de Kauffman (1988) e de Klinge (1975).

<sup>d</sup> Dados de Biomassa total retirado de Graça (1997) a partir do Projeto RadamBrasil, (1973-1983).

**Anexo F.** Estimativa de biomassa da vegetação secundária simulada e sequestro de carbono do cenário BAU1 (sem a BR-319)

Ano	Pixels	Hectares	68% da área	Biomassa1	24% da área	Biomassa2	8% da área	Biomassa3	Bio1+Bio2+Bio3	Carbono Ttl
2008	1785	11156	7586	256415,3	2678	146994,8	893	78004,5	481414,5	216636,5
2009	4159	25994	17676	597440,4	6239	342493,7	2080	181748,3	1121682,3	504757,0
2010	5969	37306	25368	857446,9	8954	491547,2	2985	260845,3	1609839,3	724427,7
2011	7209	45056	30638	1035572,9	10814	593661,2	3605	315033,3	1944267,3	874920,3
2012	8243	51519	35033	1184107,0	12365	678811,1	4122	360219,1	2223137,1	1000411,7
2013	9135	57094	38824	1312242,8	13703	752267,3	4568	399199,5	2463709,5	1108669,3
2014	9574	59838	40690	1375305,1	14361	788418,9	4787	418383,8	2582107,8	1161948,5
2015	10058	62863	42747	1444831,7	15087	828276,3	5029	439534,6	2712642,6	1220689,2
2016	10534	65838	44770	1513209,1	15801	867474,9	5267	460335,8	2841019,8	1278458,9
2017	11013	68831	46805	1582017,5	16520	906920,6	5507	481268,1	2970206,1	1336592,7
2018	11474	71713	48765	1648240,1	17211	944883,9	5737	501413,8	3094537,8	1392542,0
2019	11953	74706	50800	1717048,5	17930	984329,6	5977	522346,1	3223724,1	1450675,8
2020	12433	77706	52840	1786000,5	18650	1023857,6	6217	543322,1	3353180,1	1508931,0
2021	12997	81231	55237	1867019,1	19496	1070303,0	6499	567968,9	3505290,9	1577380,9
2022	13452	84075	57171	1932379,8	20178	1107772,2	6726	587852,4	3628004,4	1632602,0
2023	14012	87575	59551	2012823,8	21018	1153888,2	7006	612324,4	3779036,4	1700566,4
2024	14465	90406	61476	2077897,3	21698	1191192,8	7233	632120,5	3901210,5	1755544,7
2025	15136	94600	64328	2174286,4	22704	1246449,6	7568	661443,2	4082179,2	1836980,6
2026	15740	98375	66895	2261051,0	23610	1296189,0	7870	687838,0	4245078,0	1910285,1
2027	16352	102200	69496	2348964,8	24528	1346587,2	8176	714582,4	4410134,4	1984560,5
2028	16917	105731	71897	2430127,1	25376	1393115,0	8459	739272,9	4562514,9	2053131,7
2029	17465	109156	74226	2508847,3	26198	1438242,8	8733	763220,5	4710310,5	2119639,7
2030	17982	112388	76424	2583114,3	26973	1480817,7	8991	785813,4	4849745,4	2182385,4

**Anexo G.** Estimativa de biomassa da vegetação secundária simulada e sequestro de carbono do cenário CONSERV1 (sem a BR-319)

Ano	Píxels	Hectares	68% da área	Biomassa1	24% da área	Biomassa2	8% da área	Biomassa3	Bio1+Bio2+Bio3	Carbono Ttl
2008	1964	12275	8347	282128,6	2946	161735,4	982	85826,8	529690,8	238360,9
2009	3455	21594	14684	496310,8	5183	284519,3	1728	150983,5	931813,5	419316,1
2010	4599	28744	19546	660646,4	6899	378727,7	2300	200976,3	1240350,3	558157,6
2011	5547	34669	23575	796826,6	8321	456795,5	2774	242403,9	1496025,9	673211,7
2012	6292	39325	26741	903845,8	9438	518146,2	3146	274960,4	1696952,4	763628,6
2013	6956	43475	29563	999229,4	10434	572826,6	3478	303977,2	1876033,2	844214,9
2014	7427	46419	31565	1066888,6	11141	611613,5	3714	324559,9	2003061,9	901377,9
2015	7816	48850	33218	1122768,4	11724	643647,6	3908	341559,2	2107975,2	948588,8
2016	8207	51294	34880	1178935,6	12311	675846,5	4104	358645,9	2213427,9	996042,6
2017	8578	53613	36457	1232229,7	12867	706398,3	4289	374858,6	2313486,6	1041069,0
2018	8814	55088	37460	1266131,1	13221	725832,9	4407	385171,8	2377135,8	1069711,1
2019	9170	57313	38973	1317270,5	13755	755149,5	4585	400729,0	2473149,0	1112917,1
2020	9485	59281	40311	1362520,3	14228	781089,8	4743	414494,5	2558104,5	1151147,0
2021	9824	61400	41752	1411217,6	14736	809006,4	4912	429308,8	2649532,8	1192289,8
2022	10221	63881	43439	1468246,7	15332	841699,4	5111	446657,7	2756603,7	1240471,7
2023	10602	66263	45059	1522977,3	15903	873074,7	5301	463307,4	2859359,4	1286711,7
2024	10943	68394	46508	1571962,0	16415	901156,1	5472	478209,1	2951327,1	1328097,2
2025	11732	73325	49861	1685301,8	17598	966130,2	5866	512688,4	3164120,4	1423854,2
2026	12524	78275	53227	1799072,6	18786	1031351,4	6262	547298,8	3377722,8	1519975,3
2027	13263	82894	56368	1905230,0	19895	1092208,1	6632	579593,1	3577031,1	1609664,0
2028	13878	86738	58982	1993574,7	20817	1142853,3	6939	606468,6	3742896,6	1684303,5
2029	14488	90550	61574	2081201,2	21732	1193086,8	7244	633125,6	3907413,6	1758336,1
2030	14994	93713	63725	2153888,1	22491	1234755,9	7497	655237,8	4043881,8	1819746,8

**Anexo H.** Estimativa de biomassa da vegetação secundária simulada e sequestro de carbono do cenário BAU2 (com a BR-319)

Ano	Píxels	Hectares	68% da área	Biomassa1	24% da área	Biomassa2	8% da área	Biomassa3	Bio1+Bio2+Bio3	Carbono Ttl
2008	1536	9600	6528	220646,4	2304	126542,6	768	67140,9	414329,9	186448,4
2009	4025	25156	17106	578191,3	6038	331597,6	2013	175938,8	1085727,7	488577,4
2010	5752	35950	24446	826274,8	8628	473875,6	2876	251428,5	1551579,0	698210,5
2011	6973	43581	29635	1001671,5	10460	574467,1	3487	304800,3	1880938,9	846422,5
2012	7975	49844	33894	1145608,8	11963	657016,4	3988	348599,2	2151224,4	968051,0
2013	8844	55275	37587	1270440,6	13266	728608,5	4422	386584,5	2385633,6	1073535,1
2014	9853	61581	41875	1415383,5	14780	811734,5	4927	430689,4	2657807,3	1196013,3
2015	11054	69088	46980	1587907,1	16581	910678,3	5527	483186,9	2981772,3	1341797,5
2016	12366	77288	52556	1776375,9	18549	1018766,7	6183	540536,4	3335679,0	1501055,6
2017	13771	86069	58527	1978204,2	20657	1134516,9	6886	601951,1	3714672,2	1671602,5
2018	14930	93313	63453	2144694,5	22395	1230000,6	7465	652612,7	4027307,8	1812288,5
2019	15912	99450	67626	2285758,8	23868	1310902,2	7956	695537,4	4292198,4	1931489,3
2020	17074	106713	72565	2452680,1	25611	1406633,0	8537	746330,2	4605643,2	2072539,4
2021	18107	113169	76955	2601070,6	27161	1491736,1	9054	791484,1	4884290,8	2197930,9
2022	18927	118294	80440	2718863,6	28391	1559291,4	9464	827327,6	5105482,5	2297467,1
2023	19705	123156	83746	2830623,3	29558	1623386,6	9853	861335,1	5315344,9	2391905,2
2024	20372	127325	86581	2926437,8	30558	1678337,0	10186	890490,7	5495265,5	2472869,5
2025	20431	127694	86832	2934913,2	30647	1683197,7	10216	893069,7	5511180,5	2480031,2
2026	20495	128094	87104	2944106,8	30743	1688470,3	10248	895867,2	5528444,3	2487799,9
2027	20573	128581	87435	2955311,5	30860	1694896,3	10287	899276,7	5549484,5	2497268,0
2028	20772	129825	88281	2983897,8	31158	1711290,8	10386	907975,3	5603163,9	2521423,8
2029	21016	131350	89318	3018948,4	31524	1731392,7	10508	918640,9	5668981,9	2551041,9
2030	21289	133056	90478	3058164,9	31934	1753883,6	10645	930574,1	5742622,6	2584180,2

**Anexo I.** Estimativa de biomassa da vegetação secundária simulada e sequestro de carbono do cenário CONSERV2 (com a BR-319)

Ano	Pixels	Hectares	68% da área	Biomassa1	24% da área	Biomassa2	8% da área	Biomassa3	Bio1+Bio2+Bio3	Carbono Ttl
2008	1936	12100	8228	278106,4	2904	159429,6	968	84603,2	522139,2	234962,6
2009	3444	21525	14637	494730,6	5166	283613,4	1722	150502,8	928846,8	417981,1
2010	4633	28956	19690	665530,5	6950	381527,6	2317	202462,1	1249520,1	562284,0
2011	5544	34650	23562	796395,6	8316	456548,4	2772	242272,8	1495216,8	672847,6
2012	6345	39656	26966	911459,3	9518	522510,8	3173	277276,5	1711246,5	770060,9
2013	7052	44075	29971	1013019,8	10578	580732,2	3526	308172,4	1901924,4	855866,0
2014	7631	47694	32432	1096193,2	11447	628412,9	3816	333474,7	2058080,7	926136,3
2015	8323	52019	35373	1195599,0	12485	685399,1	4162	363715,1	2244713,1	1010120,9
2016	9100	56875	38675	1307215,0	13650	749385,0	4550	397670,0	2454270,0	1104421,5
2017	9893	61831	42045	1421129,5	14840	814688,6	4947	432324,1	2668142,1	1200663,9
2018	10577	66106	44952	1519386,1	15866	871016,0	5289	462214,9	2852616,9	1283677,6
2019	11155	69719	47409	1602415,8	16733	918614,3	5578	487473,5	3008503,5	1353826,6
2020	11961	74756	50834	1718197,7	17942	984988,4	5981	522695,7	3225881,7	1451646,8
2021	12580	78625	53465	1807117,0	18870	1035963,0	6290	549746,0	3392826,0	1526771,7
2022	13130	82063	55803	1886124,5	19695	1081255,5	6565	573781,0	3541161,0	1593522,5
2023	13554	84713	57605	1947032,1	20331	1116171,9	6777	592309,8	3655513,8	1644981,2
2024	14029	87681	59623	2015265,9	21044	1155288,2	7015	613067,3	3783621,3	1702629,6
2025	15038	93988	63912	2160208,7	22557	1238379,3	7519	657160,6	4055748,6	1825086,9
2026	15958	99738	67822	2292366,7	23937	1314141,3	7979	697364,6	4303872,6	1936742,7
2027	16721	104506	71064	2401971,7	25082	1376974,4	8361	730707,7	4509653,7	2029344,2
2028	17356	108475	73763	2493189,4	26034	1429266,6	8678	758457,2	4680913,2	2106410,9
2029	17930	112063	76203	2575644,5	26895	1476535,5	8965	783541,0	4835721,0	2176074,5
2030	18459	115369	78451	2651635,4	27689	1520098,7	9230	806658,3	4978392,3	2240276,5



