

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**A contribuição relativa das forças primárias do  
desmatamento na Amazônia**

Jefferson Lorencini Gazoni

Orientador: José Aroudo Mota

Tese de Doutorado

Brasília - DF, março/2011.

Gazoni, Jefferson Lorencini.

**A contribuição relativa das forças primárias do desmatamento na Amazônia.** / Jefferson Lorencini Gazoni.

Brasília, 2011.

228 p.: il.

Tese de Doutorado. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília, Brasília.

1. Sustentabilidade Ambiental. 2. Agronegócio. 3. Uso do solo. I. Universidade de Brasília. CDS.

II. Título.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Jefferson Lorencini Gazoni

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**A contribuição relativa das forças primárias do  
desmatamento na Amazônia**

Tese de Doutorado submetida ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Doutor em Desenvolvimento Sustentável, área de concentração em Política e Gestão Ambiental.

Aprovado por:

---

José Aroudo Mota, Doutor (Centro de Desenvolvimento Sustentável/UnB)  
(Orientador)

---

Donald Rolfe Sawyer, PhD. (Centro de Desenvolvimento Sustentável/UnB)  
(Examinador Interno)

---

Iara Lúcia Gomes Brasileiro, Doutora (Centro de Desenvolvimento Sustentável/UnB)  
(Examinador Interno)

---

Alexandre Xavier Iwata de Carvalho, PhD. (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada/IPEA)  
(Examinador Externo)

---

Geraldo Sandoval Góes, Doutor (Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão/MPOG)  
(Examinador Externo)

Brasília-DF, 10 de março de 2011.

À  
Aline

## **AGRADECIMENTOS**

Inicialmente gostaria de realizar um agradecimento especial ao meu orientador, José Aroudo Mota, que com habilidade e sabedoria incomuns, além do seu amplo conhecimento em métodos quantitativos, conduziu com destreza o processo de evolução dos conhecimentos fundamentais à abordagem do problema, necessários ao cumprimento dos objetivos estabelecidos.

Amplio meus agradecimentos aos demais membros de minha banca de defesa, os professores Donald Rolfe Sawyer e Lara Lúcia Gomes Brasileiro, do Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS/UnB), a Alexandre Xavier Iwata de Carvalho, técnico em planejamento e pesquisa do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e a Geraldo Sandoval Góes, gestor público do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG), que muito subsidiaram o desenvolvimento desta tese.

Agradeço ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (CDS/UnB) e em extensão, a todos os seus professores, alunos e funcionários, que proporcionaram um ambiente extremamente favorável à evolução dos conhecimentos sobre o tema e assuntos correlatos. Entre outros, gostaria de agradecer aos professores Elimar Pinheiro Nascimento, José Augusto Drummond, Marcel Bursztyn, Laura Duarte, Frédéric Mertens, José Luis Dantas, e Fernando Paiva Scardua, que muito colaboraram, cada um a seu modo, para a evolução dos trabalhos.

Um agradecimento especial ao Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), que viabilizou o desenvolvimento desta tese por intermédio de concessão de bolsa de pesquisa no âmbito Subprograma de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) do Programa de Mobilização da Competência Nacional para Estudos sobre o Desenvolvimento (PROMOB).

Agradeço aos técnicos do IPEA, Marcelo Piancastelli e Rodrigo Medeiros pelas valiosas contribuições na elaboração desta tese. Além disso, agradeço a Marcelo Teixeira da Silveira e a José Maria Reganhan pela paciência e companheirismo durante a permanência na instituição. E, a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram na realização deste trabalho e que não foram aqui mencionados.

Por fim, àqueles que, assim como eu, apesar das múltiplas limitações, acreditaram que era possível.

## RESUMO

Apesar de já se reconhecer a grande importância da manutenção dos serviços ecossistêmicos da floresta amazônica, a cada ano são perdidas vastas porções de cobertura florestal. Além disso, escassos são os estudos aprofundados acerca da importância de cada aspecto explicativo do desmatamento regional. Neste sentido, esta pesquisa teve como objetivo analisar a evolução da contribuição relativa das forças primárias do desmatamento no bioma Amazônia entre 2003 e 2008. Para isto, utilizou a Medida de Importância Relativa de Pratt (1987) aplicada sobre os estimadores de um modelo de regressão múltipla com dados de séries transversais sequenciais. Os resultados evidenciaram que apesar de correlacionado a uma grande diversidade de aspectos sociais, políticos, culturais, econômicos, e ambientais, organizados em níveis hierárquicos distintos, o desmatamento é decorrência significativa direta da distribuição das pressões de seis forças primárias, também correlacionadas em primeiro nível: a pecuária bovina, a agricultura, a extração de madeira, os assentamentos rurais, as áreas protegidas e a fiscalização ambiental. A decomposição das covariâncias destes vetores explicativos permitiu destacar a evolução das contribuições relativas dessas pressões para a promoção do desmatamento regional.

Palavras-chave: sustentabilidade ambiental, desenvolvimento regional, uso do solo, agronegócio.

## **ABSTRACT**

Although already recognize the great importance of maintaining ecosystem services of the Amazon forest are lost each year vast tracts of forest cover. Moreover, lacking are detailed studies about the importance of each aspect explaining the regional deforestation. Therefore, this study aimed to analyze the evolution of the relative contribution of the primary forces of deforestation in the Amazon between 2003 and 2008. For this, we used the Pratt's Measure of Relative Importance (1987) applied to the estimators of a multiple regression model with cross-sequential data sets. The results suggests that although correlated with a wide range of social, political, cultural, economic, and environmental issues, organized in different hierarchical levels, deforestation is a significant direct result of the distribution of the pressures of six primary forces also correlated in the first level: cattle ranching, agriculture, logging, rural settlements, protected areas and environmental monitoring. The decomposition of the covariance of these vectors allowed explanatory highlight the evolution of the relative contributions of these pressures for the promotion of regional deforestation.

Key-words: environmental sustainability, regional development, land use, agribusiness.

## RÉSUMÉ

Bien que déjà reconnaître la grande importance du maintien des services écosystémiques de la forêt amazonienne sont perdus chaque année tracts vaste couverture forestière. En outre, manque d'études détaillées sur l'importance de chaque aspect expliquant la déforestation régionale. Par conséquent, cette étude visait à analyser l'évolution de la contribution relative des forces primaires de la déforestation en Amazonie entre 2003 et 2008. Pour cela, nous avons utilisé la mesure de la relative importance de Pratt (1987) appliquée aux estimateurs d'un modèle de régression multiple avec des ensembles de données inter-séquentiel. Les résultats ont montré que, bien corrélée avec un large éventail de questions sociales, politiques, culturels, économiques et environnementaux, organisée en différents niveaux hiérarchiques, la déforestation est le résultat direct de la distribution des pressions de six forces primaires également corrélée au premier niveau : l'élevage de bétail, agriculture, exploitation forestière, les établissements ruraux, les zones protégées et la surveillance environnementale. La décomposition de la matrice de covariance de ces vecteurs a permis mettre en évidence des motifs de l'évolution de la contribution relative de ces pressions en faveur de la promotion de la déforestation régionale.

Mots-clés: durabilité de l'environnement, le développement régional, l'utilisation des terres, de l'agro-business.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A importância relativa como a razão das covariâncias com os vetores explicativos	23
Figura 2 - Síntese do processo da organização biológica	28
Figura 3 - Os quatro comportamentos fundamentais na dinâmica dos sistemas ecológicos	30
Figura 4 - Alternativas ao atual modelo de desenvolvimento e respectivos níveis de sustentabilidade	36
Figura 5 - Causas fundamentais de alto nível das modificações do uso e da cobertura do solo	42
Figura 6 - Diagrama das interações no processo decisório das mudanças do uso e da cobertura do solo	49
Figura 7 - O bioma Amazônia no espaço nacional.	59
Figura 8 - A hidrografia e a altimetria do Bioma Amazônia	60
Figura 9 - Distribuição espacial das médias de precipitação na Amazônia	63
Figura 10 - A cobertura vegetal do bioma Amazônia	65
Figura 11 - A divisão político-administrativa do território que envolve o bioma Amazônia no Brasil	74
Figura 12 - Macrorregiões do bioma Amazônia	75
Figura 13 - Densidade demográfica por municípios do bioma Amazônia	80
Figura 14 - Situação da malha rodoviária oficial no bioma Amazônia	84
Figura 15 - O PIB <i>per capita</i> dos municípios do bioma Amazônia, 2007	87
Figura 16 - A distribuição das áreas protegidas no bioma Amazônia	108
Figura 17 - Síntese da dinâmica do desmatamento na Amazônia	128
Figura 18 - Ciclos retroativos positivos entre a agropecuária e aspectos climáticos na Amazônia	132
Figura 19 - Ciclo retroativo positivo entre a extração de madeira e a infra-estrutura rodoviária na Amazônia	135
Figura 20 - Ciclos retroativos positivos no subsistema dos assentamentos rurais	136
Figura 21 - Ciclos retroativos negativos entre o desmatamento e as forças protetoras da cobertura vegetal	140

## LISTA DE TABELAS

Tabela I - A evolução recente da população regional, 2003-2008	79
Tabela II - Distribuição das rodovias por situação nas macrorregiões do bioma Amazônia em 2007	85
Tabela III - A evolução recente da área plantada no bioma Amazônia e nas suas macrorregiões	89
Tabela IV - A evolução do rebanho bovino no bioma Amazônia, 2003-2008	90
Tabela V - Novas áreas autorizadas para extração de recursos minerais na Amazônia	93
Tabela VI - A evolução do valor da produção de madeira em tora no bioma Amazônia	94
Tabela VII - A evolução do valor da produção do extrativismo vegetal não-madeireiro	97
Tabela VIII - O Valor da produção do extrativismo vegetal não-madeireiro por tipologia do produto	97
Tabela IX - Concessões e titulações em assentamentos rurais por macrorregião do bioma Amazônia	104
Tabela X - Síntese dos resultados das regressões por MQO para os períodos 2003/4 a 2007/8	150
Tabela XI - As Medidas de Importância Relativa ( $\delta_j$ ) das forças político-econômicas primárias do desmatamento no bioma Amazônia	157
Tabela XII - A contribuição relativa das forças político-econômicas primárias do desmatamento no bioma Amazônia	161
Tabela XIII - A contribuição relativa das forças primárias do desmatamento por macrorregião do bioma Amazônia	169

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - A evolução da área desmatada no bioma Amazônia por período	16
Gráfico 2 - A evolução da população das macrorregiões do bioma Amazônia e no todo	79
Gráfico 3 - A evolução do Produto Interno Bruto do bioma Amazônia	86
Gráfico 4 - A evolução do número de áreas embargadas no bioma Amazônia	111
Gráfico 5 - A evolução da área desmatada anualmente no bioma Amazônia e em suas macrorregiões	114
Gráfico 6 - Evolução da contribuição das forças primárias para o desmatamento regional	162

## LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula (1) - Modelo básico referencial para a Regressão Linear Múltipla	20
Fórmula (2) - A Medida de Importância Relativa de $x_j$ em relação à $x_k$	23
Fórmula (3) - A variância dos estimadores de importância relativa	144
Fórmula (4) - O desmatamento em função de suas forças primárias	148
Fórmula (5) - A contribuição relativa	159
Fórmula (6) - O desmatamento promovido ou evitado por $x_j$	168

## SUMÁRIO

**LISTA DE FIGURAS**  
**LISTA DE TABELAS**  
**LISTA DE GRÁFICOS**  
**LISTA DE FÓRMULAS**

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
1.1	O PROBLEMA E A JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	14
1.2	OS OBJETIVOS E AS HIPÓTESES	17
1.3	OS MATERIAIS E O MÉTODO DA PESQUISA	18
1.3.1	As fontes e as bases de dados	19
1.3.2	A contribuição relativa das variáveis explicativas em regressão múltipla	20
1.4	AS PECULIARIDADES DO ESTUDO	25
<b>2</b>	<b>A SUSTENTABILIDADE DO USO DO SOLO E DA SUA COBERTURA: CONCEITOS E REFLEXÕES</b>	<b>27</b>
2.1	A SUSTENTABILIDADE DOS SISTEMAS SOCIOAMBIENTAIS	27
2.2	O USO E A COBERTURA DO SOLO: UMA ABORGAGEM INTEGRADA	39
2.2.1	As forças motrizes das mudanças do uso e da cobertura do solo	40
2.2.2	Efeitos das mudanças do uso do solo sobre os ecossistemas e suas retroações	43
2.2.3	Interações no processo decisório das mudanças do uso e da cobertura do solo	46
2.3	O USO SUSTENTÁVEL DO SOLO E DA SUA COBERTURA: PROCESSOS, AVALIAÇÃO E PERSPECTIVAS	49
2.3.1	A sustentabilidade e o uso do solo	50
2.3.2	O uso sustentável do solo e da sua cobertura: considerações e direcionamentos	53
<b>3</b>	<b>O BIOMA AMAZÔNIA: EVOLUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO</b>	<b>58</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL	58
3.1.1	Aspectos físicos do bioma Amazônia	60
3.1.2	A flora, a fauna e a biodiversidade na Amazônia	64
3.2	O PROCESSO DE OCUPAÇÃO DO ESPAÇO AMAZÔNICO E SUAS MACRORREGIÕES	67
3.2.1	A evolução da ocupação do espaço regional	68
3.2.2	Macrorregiões do bioma Amazônia	73
3.3	ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS REGIONAIS	78
3.3.1	A população da Amazônia: sua evolução e distribuição espacial	78
3.3.2	A infra-estrutura suporte ao desenvolvimento regional	82
3.3.3	A atividade econômica na Amazônia	86
3.4	POLÍTICAS PÚBLICAS, AMBIENTE E TERRITÓRIO NA AMAZÔNIA	98
3.4.1	Políticas públicas e a Amazônia no contexto internacional	99
3.4.2	Políticas de integração e de desenvolvimento regional	100
3.4.3	Políticas públicas e aspectos legais relacionados à proteção ambiental	105
<b>4</b>	<b>O DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA: CAUSAS, EFEITOS E DINÂMICA</b>	<b>113</b>
4.1	A EVOLUÇÃO E A DISTRIBUIÇÃO DO DESMATAMENTO REGIONAL	113
4.2	OS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DO DESMATAMENTO	115
4.3	AS CAUSAS DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA	117
4.4	A DINÂMICA DO DESMATAMENTO REGIONAL	127

<b>5</b>	<b>A CONTRIBUIÇÃO DAS FORÇAS PRIMÁRIAS DO DESMATAMENTO NO BIOMA AMAZÔNIA</b>	141
5.1	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	141
5.2	O DESMATAMENTO NO BIOMA AMAZÔNIA EM FUNÇÃO DE SEUS FATORES PRIMÁRIOS	145
5.2.1	Uma síntese das interações das forças subjacentes ao desmatamento	145
5.2.2	O desmatamento em função de suas forças primárias	148
5.3	A CONTRIBUIÇÃO DAS FORÇAS POLÍTICO-ECONÔMICAS PRIMÁRIAS PARA O DESMATAMENTO REGIONAL	155
5.3.1	O desmatamento e a evolução da contribuição relativa de suas forças primárias	156
5.3.2	A pecuária bovina	168
5.3.3	A agricultura	172
5.3.4	A extração de madeira	176
5.3.5	Os assentamentos rurais	177
5.3.6	As áreas protegidas	179
5.3.7	A fiscalização ambiental	181
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	183
6.1	RESULTADOS E EVIDÊNCIAS	183
6.2	RECOMENDAÇÕES PARA POLÍTICAS PÚBLICAS	191
	<b>REFERÊNCIAS</b>	194
	<b>APÊNDICE I - A EVOLUÇÃO DAS TAXAS DE DESMATAMENTO DOS MUNICÍPIOS DO BIOMA AMAZÔNIA</b>	213
	<b>APÊNDICE II - RESULTADOS DA REGRESSÃO POR MQO PARA 2003/2004</b>	214
	<b>APÊNDICE III - RESULTADOS DA REGRESSÃO POR MQO PARA 2004/2005</b>	215
	<b>APÊNDICE IV - RESULTADOS DA REGRESSÃO POR MQO PARA 2005/2006</b>	216
	<b>APÊNDICE V - RESULTADOS DA REGRESSÃO POR MQO PARA 2006/2007</b>	217
	<b>APÊNDICE VI - RESULTADOS DA REGRESSÃO POR MQO PARA 2007/2008</b>	218
	<b>APÊNDICE VII - A DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS DA REGRESSÃO</b>	219
	<b>APÊNDICE VIII - RESULTADOS DOS TESTES DE NORMALIDADE (KS)</b>	220
	<b>APÊNDICE IX - RESULTADOS DOS TESTES DE HOMOCEDASTICIDADE (KB)</b>	222
	<b>APÊNDICE X - A EVOLUÇÃO DAS TAXAS DE DESMATAMENTO PROMOVIDO PELA PECUÁRIA BOVINA</b>	223
	<b>APÊNDICE XI - A EVOLUÇÃO DAS TAXAS DE DESMATAMENTO PROMOVIDO PELA AGRICULTURA</b>	224
	<b>APÊNDICE XII - A EVOLUÇÃO DAS TAXAS DE DESMATAMENTO PROMOVIDO PELA EXTRAÇÃO DE MADEIRA</b>	225
	<b>APÊNDICE XIII - A EVOLUÇÃO DAS TAXAS DE DESMATAMENTO PROMOVIDO POR ASSENTAMENTOS RURAIS</b>	226
	<b>APÊNDICE XIV - A EVOLUÇÃO DAS TAXAS DE DESMATAMENTO EVITADO PELAS ÁREAS PROTEGIDAS</b>	227
	<b>APÊNDICE XV - A EVOLUÇÃO DAS TAXAS DE DESMATAMENTO EVITADO PELA FISCALIZAÇÃO AMBIENTAL</b>	228

## 1 INTRODUÇÃO

O acelerado crescimento econômico ocorrido a partir de meados do século XX promoveu, em grande parte dos países, uma significativa melhoria na qualidade de vida. Com isso, ocorreu um crescimento geométrico da população e do consumo, gerando pressões sobre os recursos naturais de intensidades jamais presenciadas (MEA, 2005). Além disso, o recente crescimento econômico de países altamente populosos, como a China, a Índia, a Rússia e o Brasil, muito ampliaram essas demandas, com tendências preocupantes (Araújo Jr. & Costa, 2010).

No Brasil, país historicamente produtor de bens primários, a crescente demanda internacional e interna tem gerado oportunidades excepcionais, principalmente para a mineração, para a siderurgia e para o agronegócio (Bacha, 2004). Ao mesmo tempo, o avanço das atividades econômicas, principalmente aquelas que utilizam recursos do solo, do subsolo ou da sua cobertura vegetal, sobre o espaço que abriga o bioma Amazônia, tem promovido diversos impactos indesejáveis sobre as populações que ali vivem e seu ambiente natural, dentre eles, o desmatamento progressivo de sua superfície apresenta-se como o mais contundente. Isto ocorre devido ao processo da globalização, que com um conteúdo ideológico racionalizador, impõe aos lugares objetos e normas que servem a interesses externos (Santos, 1997). As redes viabilizam este processo, vinculando no território, princípios de ordem a serviço dos atores hegemônicos. Sobre esse aspecto, Becker (1996) sugeriu que a endogenização do processo de desenvolvimento regional pode ser considerada a única estratégia possível, capaz de resistir (até certo ponto) aos efeitos da globalização sobre o espaço. Para a autora, é preciso trazer à discussão modelos futuros de desenvolvimento enquanto subversão desse modelo contemporâneo de submissão.

### 1.1 O PROBLEMA E A JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

O bioma Amazônia é uma das seis tipologias de domínios da natureza no Brasil, abrangendo uma área de 4,2 milhões de km<sup>2</sup>, 49,3% do território nacional (IBGE, 2005). A população regional atingiu 18,4 milhões de habitantes em 2009, 9,6% da população do Brasil (IBGE, 2009). Para efeito desta pesquisa a área de estudo foi definida como aquela contida nos 554 municípios que envolvem o bioma, que totalizam uma área de 4,6 milhões km<sup>2</sup>. O excedente em relação aos limites do bioma refere-se, principalmente, a áreas de transição ao cerrado. Os municípios do bioma Amazônia, como serão aqui denominados, estendem-se pelos estados do Acre, Amazonas, Pará e parte dos estados do Mato Grosso, do Tocantins e do Maranhão. Estima-se que esta região contenha cerca de 30% das florestas tropicais restantes no planeta (FAO, 2007), um conjunto de ecossistemas

heterogêneos, que incluem áreas de terra firme, rios e áreas alagadas, e que protege cerca de um terço das espécies conhecidas (Albagli, 2001).

Reconhece-se atualmente que a cobertura vegetal da Amazônia tem um papel fundamental no clima planetário. Estima-se que o bioma Amazônia no Brasil contenha de 10% a 15% de toda a biomassa do planeta, aproximadamente 70 Pg. C. (Houghton *et al.*, 2001), que vem sendo liberado à atmosfera pelo desmatamento, principalmente aquele promovido por meio de queimadas e incêndios florestais (Steininger, 2004). Isso pode levar a uma reestruturação das dinâmicas da atmosfera na superfície, tanto na própria região como no planeta como um todo (Andreae *et al.*, 2002), pois as interações entre o clima e a cobertura florestal da Amazônia são intensas.

Em nível regional ou local, o desmatamento promove alterações ecossistêmicas, como a redução das chuvas, redução da evapotranspiração com conseqüente diminuição da umidade do solo e da superfície (Eltahir & Bras, 1994), contaminação dos recursos hídricos com graves danos à saúde das populações ribeirinhas (Roulet *et al.*, 2000) e a significativa perda de biodiversidade (Portela & Rademacher, 2001), que é agravado pelos modos utilizados na Amazônia que são excepcionalmente agressivos (Machado & Aguiar, 2001), levando a graves prejuízos a fauna e a flora regionais, além da perda de produtividade dos solos (Davidson *et al.*, 2000; Smith *et al.* 1995). Registram-se do mesmo modo diversos problemas socioambientais, como conflitos sociais, seguidos muitas vezes de grande violência (Simmons *et al.*, 2007; Alston, Libecap e Mueller, 2000), e a migração e o crescimento desorganizado das cidades (Godfrey & Browder 1996). Deve-se atentar que a Amazônia constitui-se numa barreira natural para a imigração, o contrabando e o narcotráfico, entre os principais centros populacionais do Brasil e outros países da porção ocidental da América do Sul. Neste sentido, pode-se sugerir que a sua ocupação, principalmente a provisão de infra-estruturas de acesso e transportes, pode ampliar esses efeitos indesejados.

Sobre o seu território, incluindo seus aspectos geofísicos, biológicos, socioculturais e econômicos, incide estratégias de políticas públicas diversas, voltadas tanto para seu desenvolvimento econômico como para a proteção dos ecossistemas regionais. Neste ambiente, atuam duas forças internacionais relevantes (Becker, 2004): uma em nível do sistema financeiro e do domínio das grandes potências, um projeto internacional, com objetivo de abastecimento com bens primários; e outra, um projeto de integração da Amazônia Sul-Americana, com objetivo de ampliação do comércio exterior tanto entre os países diretamente envolvidos, como destes com outras nações. O somatório das intensidades e direções dessas pressões resulta em uma dinâmica regional heterogênea e complexa.

Apesar desta importância, já foram perdidos 651,6 mil km<sup>2</sup> de cobertura florestal até 2009 (INPE, 2009), 15,6% de sua superfície territorial. O comportamento das taxas anuais de desmatamento na Amazônia seguiu, nos últimos 25 anos, um padrão cíclico, com máximas em 1988, 1995 e 2004, e mínimas em 1990, 1997 e 2009 (INPE, 2010). Nos últimos anos, seu comportamento é destacado pelo Gráfico 1. De 2003 a 2008, foram perdidos 84,5 mil km<sup>2</sup> de cobertura florestal no bioma Amazônia. Ainda, nos últimos anos as taxas anuais de desmatamento apresentam grande diferenciação, com taxas relativamente menores que as do início da década. Apesar das altas taxas de desmatamento ocorridas até o período 2003/2004, quando o desmatamento anual total no bioma alcançou 26.610 km<sup>2</sup>, uma forte retração ocorreu em 2005/2006, levando o ritmo do desmatamento a diminuir para 10.710 km<sup>2</sup>/ano. A partir de então, o ritmo do desmatamento voltou a aumentar, entretanto, com muito menor intensidade. Foram 11.554 km<sup>2</sup> em 2006/2007 e 12.716 km<sup>2</sup> em 2007/2008.

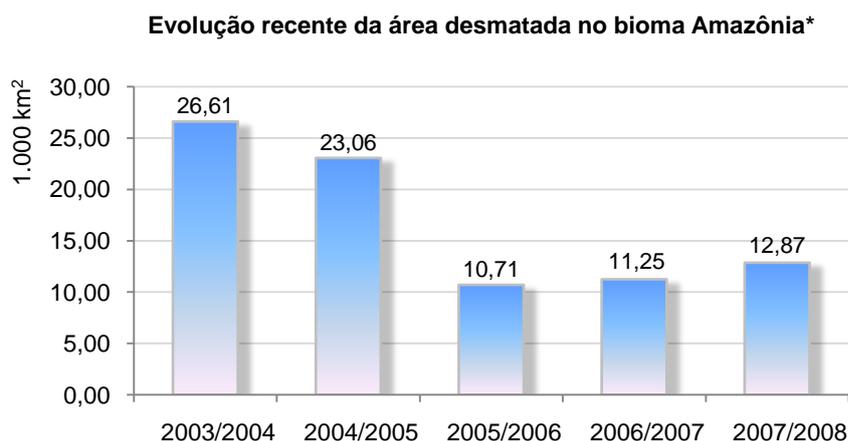


Gráfico 1 – Evolução da área desmatada no bioma Amazônia por período  
 Fonte: INPE/PRODES  
 \* Valores em km<sup>2</sup>

Os principais fatores político-econômicos apontados como causas do desmatamento da Amazônia são: a pecuária bovina (Reis & Margulis, 1991, Margulis, 2003); a agricultura de grãos (Cattaneo, 2005), principalmente a soja (Brown *et al.*, 2005); a extração de madeira (Asner *et al.*, 2006); e a presença (Laurance *et al.*, 2002), a implantação (Pfaff *et al.*, 2007) e a distância à rodovias (Walker *et al.*, 2002). Por outro lado, sugere-se que o extrativismo vegetal não-madeireiro (Gazoni & Mota, 2010a), e as unidades de conservação e as terras indígenas (Nepstad *et al.*, 2006; Ferreira, Venticinqu e Almeida, 2005) são apontados como forças protetoras da cobertura florestal regional. Sugere-se ainda (Brasil, 2009), que a contínua queda nas taxas de desmatamento nos últimos anos foi gerada, principalmente, pelas políticas públicas voltadas a este fim, especificamente, o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia Legal (PPCDAm).

Apesar da atenção dispensada, a grande maioria dos estudos concentra-se no território da Amazônia Legal, inserindo grande número de casos localizados no cerrado, divergindo dos resultados para o bioma em si. Outros estudos abordam porções específicas da Amazônia ou somente um ou poucos aspectos explicativos. Constata-se ainda, que uma grande parte dos trabalhos buscou o desenvolvimento de modelos econométricos capazes de simular o desmatamento futuro, entretanto, a grande instabilidade econômica e das políticas públicas relacionadas torna rapidamente esses modelos defasados. Além disso, não são capazes de distinguir com clareza os efeitos de cada variável sobre o desmatamento, pois os modelos explicam somente suas influências conjuntas.

Por esses aspectos, esta pesquisa questiona

### **Qual foi a contribuição relativa das forças primárias do desmatamento no bioma Amazônia entre 2003 e 2008?**

As forças motrizes primárias das mudanças no uso e na cobertura do solo são entendidas neste estudo como aquelas atividades político-econômicas que utilizam diretamente os recursos do solo, do subsolo ou da sua cobertura, ou que, atuam no controle desses usos. Entender esta questão é imprescindível para uma melhor compreensão do desmatamento regional e para a geração de subsídios para as políticas correlatas, possibilitando uma maior eficácia no combate ao desmatamento no bioma em geral.

## **1.2 OS OBJETIVOS E AS HIPÓTESES**

Para isso, esta pesquisa tem como objetivo geral analisar as relações entre os aspectos político-econômicos, considerados forças motrizes primárias, e o desmatamento anual nos municípios contidos no Bioma Amazônia no período de agosto de 2003 a julho de 2008. Além disso, busca de forma específica: estimar as influências individualizadas das atividades econômicas e das políticas públicas sobre as taxas anuais de desmatamento regional de 2003 a 2008; estudar as inter-relações entre as forças protetoras e as forças supressoras das florestas na Amazônia nesse período; avaliar a evolução recente das influências relativas dos aspectos político-econômicos relacionadas em primeiro nível ao desmatamento no bioma Amazônia; e analisar a dinâmica espacial das influências sobre o desmatamento regional.

Esta tese partiu da hipótese que a pecuária bovina foi o fator mais importante para o desmatamento regional no período. Com influência significativa, a agricultura mostrou-se um importante fator de desmatamento no bioma Amazônia, entretanto, com grandes variações. Houve uma redução da importância relativa da pecuária bovina e da agricultura em relação à produção de madeira, que muito cresceu nos últimos anos. Com significativas

importâncias para a contenção do desmatamento na região, as áreas protegidas e a fiscalização, que se tornou o fator de proteção florestal mais importante no final do período estudado, mostraram-se decisivas para a redução das taxas de desmatamento no período estudado.

### 1.3 OS MATERIAIS E O MÉTODO DE PESQUISA

Esta pesquisa foi desenvolvida em cinco etapas lógicas, sucessivas e inter-relacionadas. Inicialmente, a revisão da bibliografia sobre as dinâmicas de uso do solo e da sua cobertura em conjunto com o conhecimento sobre aspectos históricos, ambientais e político-econômicos da região do bioma Amazônia permitiram uma análise das causas e da dinâmica do desmatamento regional. Assim, foram identificadas as possíveis forças motrizes político-econômicas relacionadas em primeiro nível ao desmatamento anual. A segunda etapa se consistiu na busca, seleção e correção das informações básicas e complementares e na construção de uma base de dados por município do bioma Amazônia. A terceira etapa envolveu o estudo sistemático das variáveis e dos seus inter-relacionamentos, a seleção das variáveis com correlações estatisticamente mais significativas com o desmatamento, e a definição do modelo econométrico para as taxas anuais de desmatamento em razão das forças político-econômicas primárias. Nesta etapa, os testes dos pressupostos do modelo de regressão múltipla, assim como os testes referentes à presença de variáveis supressoras, foram realizados. A quarta etapa envolveu a estimativa da importância relativa das forças primárias do desmatamento e de seus intervalos de confiança. Com isso foi possível simular a influência relativa das forças motrizes para cada um dos municípios do bioma no período estudado, o que permitiu a análise de sua dinâmica espacial recente. Foram destacadas nesta etapa a variável supressora identificada (indireta) e as não-supressoras (diretas). A quinta etapa se consistiu na discussão dos resultados à luz da revisão bibliográfica e documental e dos resultados de entrevistas semi-estruturadas com informantes-chaves de organizações envolvidas com o desmatamento e/ou seu combate.

#### 1.3.1 As fontes e as bases de dados

As informações sobre os desmatamentos na Amazônia são obtidos pelo Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia (PRODES) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A partir de 2003, o INPE adotou o processo de interpretação assistida pelo computador denominado Programa PRODES Digital para distingui-lo do processo anterior, com evidentes melhorias na qualidade dos dados a partir de então (Câmara, Valeriano e Soares, 2006).

O cálculo do desmatamento anual é realizado por intermédio da equação  $T_{anual} = Td_2 \cdot nd_1 + Td_2 \cdot nd_{2r} + Td_1 \cdot nd_{1r}$ . Onde,  $Td_1$  é taxa de desmatamento entre a imagem do ano anterior e a imagem do ano precedente;  $Td_2$  representa a taxa de desmatamento entre a imagem do ano analisado e a imagem do ano anterior;  $nd_1$  refere-se ao número de dias de estação seca entre a imagem do ano anterior e o final da estação seca;  $nd_2$  indica o número de dias de estação seca entre o início da estação seca e a imagem do ano;  $nd_{1r}$  representa o número de dias da estação seca entre a data de referência e a imagem do ano anterior e  $nd_{2r}$  é o número de dias de estação seca entre o início da estação seca e a data de referência. Além dos desmatamentos por município de 2003 a 2008, foi acessado da base de dados do INPE, o desmatamento acumulado até 2008, a área florestada em 2008 e a área dos corpos d'água em 2008.

As bases de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) abastecem uma grande parte das variáveis utilizadas nesta pesquisa. A Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) forneceu dados da evolução do rebanho, incluindo bovinos. Da Pesquisa da Produção Agrícola (PPA), foram utilizadas as áreas plantadas, as quantidades produzidas e o valor da produção das lavouras temporária e permanente. Da Pesquisa do Extrativismo Vegetal e da Silvicultura obteve-se o valor da produção dos produtos do extrativismo madeireiro e não-madeireiro. O Censo Agropecuário de 2006 a muniu com informações acerca das propriedades agropecuárias, incluindo áreas de pastagens plantadas e naturais, permitindo a estimativa da rentabilidade das pastagens e da concentração fundiária municipal. Da pesquisa de Informações sobre Recursos Naturais, se destacou as malhas digitais dos solos, da cobertura vegetal, da potencialidade agrícola, da hidrografia, do clima e da altimetria.

Da base de dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA) foram obtidas as malhas digitais das Unidades de Conservação: de proteção integral e de uso sustentável (federais e estaduais), da biodiversidade, das Terras Indígenas e da malha rodoviária. As áreas protegidas por município foram mensuradas com o auxílio da ferramenta ArcGis 9.3 sob a projeção geométrica *South America Albers Equal Area Conic*. As áreas foram medidas individualmente e aferidas aos municípios por meio do produto do percentual de participação dos municípios beneficiados estimado e suas áreas territoriais oficiais. Os conflitos foram resolvidos pela preferência a categorias de conservação mais restritivas. O Cadastro Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (MMA) permitiu a atualização dos dados das unidades para cada município em cada período estudado.

Utilizaram-se as informações acerca dos licenciamentos, concessões e autorizações de novas áreas para extração mineral provenientes do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) do Ministério de Minas e Energia (MME). Do Ministério do Desenvolvimento

Agrário (MDA) obteve-se o número de famílias residentes em assentamentos por município em 2007. Do Tribunal de Contas da União (TCU) obteve-se o número de concessões e titulações ocorridas em Assentamentos Rurais de agosto de 2003 a julho de 2008 por município. Assim, pode-se estimar o número de unidades familiares ativas nos assentamentos por período. As informações acerca da fiscalização ambiental foram extraídas do Relatório de Áreas Embargadas do IBAMA (2009). Entretanto, devido a ausência de uma grande parcela dos dados sobre a extensão das áreas embargadas (em processamento), adotou-se como Proxy desta o número de embargos realizados por município por período, o que demonstrou posteriormente ser uma medida eficaz.

Além dessas, a base de dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (IPEADATA) forneceu as informações sobre: a precipitação anual média dos municípios, à distância à capital estadual e o custo de transporte à cidade de São Paulo (índice). Aspectos fundamentais para a compreensão da distribuição espacial das taxas de desmatamento regional.

### 1.3.2 A contribuição relativa das variáveis explicativas em regressão múltipla

Os principais métodos utilizados para a análise dos dados foram a Regressão Linear Múltipla por Mínimos Quadrados Ordinários pela origem e a Medida de Influência Relativa de Pratt com as devidas correções. A regressão múltipla é uma técnica de análise multivariada de dados que permite descrever por intermédio de um modelo matemático as relações entre duas ou mais variáveis explicativas e determinado fenômeno (Woodridge, 2010). O termo regressão foi introduzido na literatura específica por Francis Galton (1886) que em um estudo sobre a relação da altura dos filhos à altura dos pais, identificou que a altura de filhos de pais mais altos tendia a regredir à altura média da população. Para o autor, uma “regressão à mediocridade”. Seu principal objetivo é encontrar essas relações para possibilitar a estimação dos valores da variável dependente em função do comportamento daquelas explicativas.

O modelo genérico de uma regressão múltipla para  $p$  variáveis explicativas é representado pela equação (1). Onde,  $y$  é a variável dependente;  $x_j$  são as variáveis explicativas ou independentes;  $\beta$  são os parâmetros da regressão, sendo  $\beta_0$  o coeficiente linear e  $\beta_j$  os coeficientes angulares; e  $\mu_i$  o resíduo da regressão, ou seja, a diferença entre as observações reais e os valores estimados pelo modelo para cada observação da amostra.

$$y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^p \beta_j x_{ij} + \mu_i \quad j = 1, \dots, p. \quad (1)$$

Como as estimativas representam uma tendência central, a estimativa mais adequada será aquela em que o resíduo ponderado entre todos seja o menor (Maddala, 2001). Para isto, são utilizadas técnicas diversas, como: o Método dos Momentos, o Método da Máxima Verossimilhança (MMV), e o Método dos Mínimos Quadrados Ordinários – MQO. Nesta pesquisa, foi adotado o MQO, pois, além de seus estimadores serem os mesmo que os utilizados no MMV, mesmo em grandes amostras, ser um método de fácil aplicação e domínio geral. O MQO, cuja proposição é atribuída a Carl F. Gauss, impõe que dadas  $n$  observações de  $y$  e  $x_j$ , as estimativas dos parâmetros  $\hat{\beta}_0$  e  $\hat{\beta}_j$  são escolhidas da forma que a soma dos quadrados dos resíduos,  $SQR = \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{y}_i]^2$ , adquira o menor valor possível.

As relações estabelecidas pelo MQO são estatísticas e não determinísticas, ou seja, sua aplicação não fornece um valor exato de  $y_i$  para um valor exato de  $x_i$ , mas que pode ser explicada com precisão em termos probabilísticos. Todavia, para cumprir com maior eficácia seu propósito de tecer inferências sobre a realidade, é importante que seus parâmetros sejam similares aos valores reais, ou seja, que  $\hat{y}_i \rightarrow E(y|x_i)$ . Para que isto seja garantido, o marco de referência do Modelo de Regressão Linear Clássico (MRLC) oferece as dez premissas para os modelos de regressão múltipla de acordo com Gujarati (2006): 1) o modelo é linear nos parâmetros; 2) os valores de  $x_i$  são fixos em amostras repetidas; 3) o termo de erro  $\mu_i$  tem valor médio zero; 4) a variância dos resíduos é constante, ou seja, homocedásticos; 5) não existe autocorrelação entre os resíduos; 6) não há covariância entre os resíduos e as variáveis explicativas; 7) o número de observações é maior que o número de parâmetros; 8) há variabilidade nos valores das variáveis explicativas; 9) O modelo está especificado na forma correta; e 10) não há colinearidade perfeita entre as variáveis explicativas. Segundo o Teorema de Gauss-Markov, atendidas essas premissas, os estimadores de mínimos quadrados têm variância mínima, ou seja, são os melhores estimadores lineares não-tendenciosos. Apesar dessas imposições do modelo básico, o autor chama a atenção que este é apenas um construto teórico, uma abstração, apoiada em premissas pouco realistas.

Quase sempre se deseja conhecer como a influência de uma variável em particular se compara ao efeito de outra sobre um fenômeno qualquer. O desejo dos pesquisadores em individualizar e de comparar o efeito de cada variável, independente das outras é latente no ambiente de pesquisa e em todos os campos do conhecimento. Entretanto, A regressão múltipla impõe certas restrições quanto à imediata interpretação de seus coeficientes. Diferente da regressão simples, na regressão com múltiplas variáveis explicativas, com freqüência, não se pode medir imediatamente o efeito individual de cada uma destas variáveis sobre o comportamento da variável explicada, mas apenas abordar seu efeito

conjunto. Este problema é comumente relacionado à presença de multicolinearidade (Gujarati, 2006). Além disso, apesar de não interferirem na medida do  $\bar{R}^2$ , as diferentes dimensões dos dados utilizados impõem vieses às estimativas dos parâmetros da regressão.

Em relação às diferentes escalas de medida utilizadas nas variáveis, uma alternativa é a utilização dos seus coeficientes padronizados  $\beta^*$  obtidos por meio da regressão com a variável dependente e as explicativas padronizadas pela média e pelo desvio-padrão. Assim, poder-se-á interpretar o que acontece com o desvio-padrão da variável dependente quando há uma mudança no desvio-padrão da variável explicativa. Por ser mais convincente, o coeficiente  $\beta^*$  tem sido muito utilizado para evidenciar quais são, entre as variáveis explicativas, as mais influentes sobre o comportamento da dependente. Mas isso só é possível quando todas as variáveis explicativas são independentes (Berk, 1990), ou seja, quando não houver correlação alguma entre essas variáveis, o que é muito improvável de ocorrer com os fenômenos socioambientais. Com isso, os coeficientes parciais da regressão deverão ser calculados de forma a isolar a contribuição individual de cada variável em particular, excluindo-se os efeitos das outras variáveis. Pois, mesmo baixa, a presença de colinearidade entre as variáveis explicativas pode causar significativas alterações nos parâmetros estimados (Graham, 2003).

Apesar da grande demanda por estudar a importância relativa das variáveis explicativas em regressão múltipla para o comportamento da variável dependente, seu conceito ainda varia bastante na literatura científica (Kruskal & Majors, 1989). De maneira geral, diversas medidas têm sido comumente utilizadas para sua mensuração (Green, Carroll, DeSarbo, 1978; Kruskal, 1987), entre elas: o valor do teste t, a contribuição incremental para  $R^2$ , o quadrado do coeficiente de correlação parcial de cada variável ( $r_j^2$ ); o quadrado dos coeficientes padronizados ( $\beta_j^{*2}$ ) e a medida de contribuição independente ( $\beta_j^* r_j$ ). Mas, essas medidas apresentam deficiências na representação das influências diferenciais de cada variável explicativa. A comparação dos testes t não implica na importância relativa, pois mensura a contribuição da variável com e sem o efeito das outras variáveis, e a contribuição incremental para  $R^2$  é de difícil interpretação. A utilização dos coeficientes de correlação parcial ignora o fato de cada variável ter colaborações correlacionadas a outras variáveis. A medida de contribuição independente não representa a importância relativa (Green, Carroll e DeSarbo, 1978). E, finalmente, o uso dos coeficientes padronizados ou seus quadrados é viesado devido à presença do efeito da multicolinearidade. Outra medida de importância relativa há muito tempo utilizada, é entendida como  $\beta_j^* \rho_j$ , onde  $\rho_j$  é o coeficiente de correlação simples entre  $x_j$  e  $y$  (Figura 1). Esta medida foi duramente criticada (Ward, 1969), o que inibiu sua aplicação mais extensiva

até a segunda metade da década de 1980. Isto ocorreu, pois consideraram a medida inconsistente.

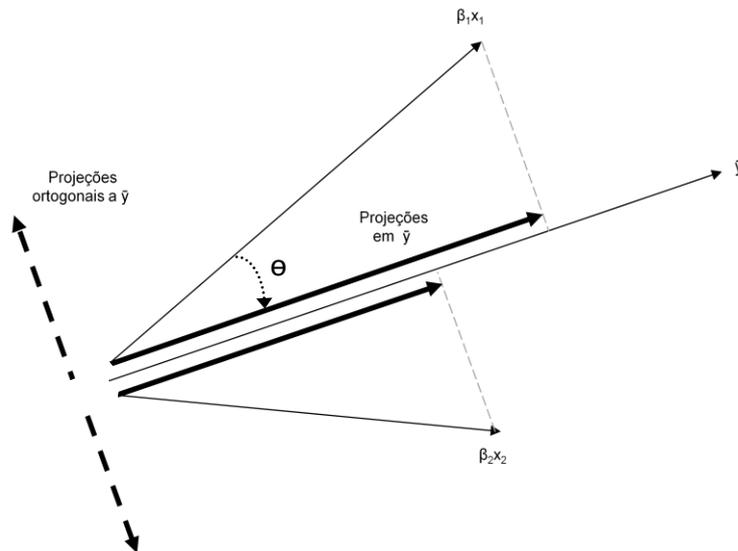


Figura 1 – A importância relativa como a razão das covariâncias com o vetor explicado  
 Fonte: adaptado a partir de Thomas, Zhu e Decady (2007)  
 Organização do autor.

Apesar dessas críticas, Pratt (1987) promoveu uma mudança nessa percepção, quando apresentou sua derivação teórica baseada em um conjunto de axiomas que deveriam ser satisfeitos por uma medida de importância das variáveis explicativas em regressão múltipla na presença de multicolinearidade: 1) a importância relativa depende exclusivamente das médias, variâncias e correlações de  $y$ ,  $x_1$ ,  $x_2, \dots$ , e  $x_p$ ; 2) a importância relativa entre  $x_1$  e  $x_2$  é  $\beta_1^* \rho_1 / \beta_2^* \rho_2$ ; 3) a importância relativa não é afetada por transformações lineares de qualquer natureza nas variáveis; e 4) a adição de uma variável explicativa, independente de  $y$  e  $x_j$ , não afeta a importância relativa das outras variáveis. Devido ao reconhecimento por sua contribuição, esta medida é conhecida como a Medida de Importância Relativa de Pratt ( $\hat{\delta}$ ), destacada pela equação (2).

$$\hat{\delta}_{x_j, x_k} = \frac{\hat{\beta}_j^* \rho_j}{\hat{\beta}_k^* \rho_k} \quad j \text{ e } k = 1, \dots, p. \quad (2)$$

Onde  $\hat{\delta}_{x_j, x_k}$  é a importância de  $x_j$  em relação à  $x_k$ ;  $\hat{\beta}_j^*$  e  $\hat{\beta}_k^*$  são as estimativas dos coeficientes padronizados de  $x_j$  e  $x_k$ ; e  $\rho_j$  e  $\rho_k$  são as respectivas correlações de  $x_j$  e  $x_k$  com a variável explicada, ou seja, o  $\cos(\theta)$ . Entretanto, críticas consistentes ao método foram feitas (Bring, 1996; Darlington, 1990; Genizi, 1993), devido a este poder gerar, em certas

situações, resultados viesados (*counterintuitive results*) e por falhar em garantir que a importância adquira sempre valores positivos.

O primeiro pesquisador a utilizar explicitamente o termo contribuição relativa (*relative contribution*) foi Bring (1996), que destacou, utilizando uma interpretação geométrica da Medida de Pratt, uma situação na qual uma variável está totalmente não-correlacionada à variável dependente (ortogonal à  $\bar{y}$ ), mas por suas correlações com uma ou mais variáveis explicativas, é aceita no modelo, promovendo distorções em seus parâmetros, ou seja, sua supressão (*suppression situations*). Para ele, na presença de variáveis supressoras, é adequado que suas contribuições (supressoras e não-supressoras) sejam apresentadas separadamente em termos de suas colaborações para  $R^2$ . Atenção é necessária, segundo Shieh (2006), pois as situações nas quais a supressão pode ocorrer, não são totalmente compatíveis com a significância do teste F. Ou seja, as técnicas tradicionais de seleção podem falhar na detecção da presença de supressores.

As críticas à Medida de Pratt foram estudadas por Thomas, Hughes e Zumbo (1998) que as avaliaram e propuseram soluções para os efeitos dos supressores e para o problema da influência negativa, pois identificaram que elas só podem surgir sob condições restritas, e em grandes magnitudes quando na presença multicolinearidade que pode promover a inversão do sinal do parâmetro. Mas isto só se apresenta como um problema além de determinado limite, para o qual desenvolveram uma medida de estimação (*lower bound*). Recentemente, Thomas, Zhu e Decady (2007) afirmaram que a fórmula de Pratt é a única que satisfaz a demanda natural para a medida, incluindo sua invariância a transformações lineares. Os autores descreveram e exemplificaram soluções para o cálculo dos intervalos de confiança das medidas, permitindo a estimação para cada ponto do universo.

Com a resolução de suas principais fraquezas, a Medida de Influência Relativa de Pratt tem sido cada vez mais utilizada em distintos campos do conhecimento (Smith-Adock *et al.*, 2006; Theodosiou *et al.*, 2010) até mesmo associada a técnicas além da regressão múltipla (Walsh *et al.*, 2010). Como ocorreu no estudo de Loizou, Michailidis e Tzimitra-Kalogianni (2009), que analisaram as principais forças motrizes da adoção de alimentos mais saudáveis em Thessaloniki, Grécia. Os autores utilizaram uma análise de *clusters* por variáveis categóricas, com informações provenientes de quinhentos questionários aplicados na área urbana da cidade. Os resultados evidenciaram que os principais fatores que promoveram uma mudança alimentar, em graus distintos, foi: o perfil pessoal (17%), a renda anual (14%), o conhecimento das marcas (12%), a idade (11%), o conhecimento sobre produtos orgânicos (10%) e o nível educacional (10%). Os autores sugeriram que os consumidores tendem a inovar na alimentação à medida que acreditam que esses podem ajudar na saúde, na economia e no ambiente.

Utilizando a Medida de Pratt aplicada à regressão múltipla, Chao *et al.* (2006) compararam as contribuições relativas da exposição dérmica e aérea (inalação) ao combustível nº 8 para foguetes JP-8 (principal comburente empregado mundialmente para este fim) para a concentração corpórea total de naftalina nos trabalhadores de manutenção de células-combustível na Força Aérea Americana. Os resultados mostraram que, considerando o uso de respiradores artificiais em muitas das instalações em uso, a exposição dérmica destacou-se como a principal via de contaminação.

A Medida de Pratt vem ganhando cada vez mais espaço entre os pesquisadores. Apesar de sua aplicação estar atualmente concentrada nas áreas de educação, psicologia e medicina, verifica-se que esta tem se estendido com relativa facilidade, considerando sua apresentação recente, a outras áreas do conhecimento, entre elas as ciências sociais. Isto confere uma grande alternativa de aplicação aos modelos econométricos tradicionais, pois se sabe que, nesse campo, os modelos de previsão tendem a apresentar menor eficiência, pois as políticas são muito instáveis, e apresentam constantemente mudanças nas estruturas de suas dinâmicas.

#### 1.4 AS PECULIARIDADES DO ESTUDO

Esta pesquisa apresenta diversas peculiaridades que merecem destaque. A primeira se deve ao fato deste estudo ter abordado o desmatamento na área do bioma Amazônia e não na Amazônia Legal, como é comumente realizado em estudos sobre o tema. Esta delimitação foi contemplada por não incluir em seus casos individuais, municípios totalmente contidos no bioma cerrado, com características ambientais (clima, solo, vegetação, etc.) diferentes da Amazônia em si. Além disso, a extensão territorial dos municípios do bioma Amazônia são, em média, maiores do que os contidos no cerrado, o que gera ainda mais influência sobre os resultados. Todavia, deve-se atentar que, mesmo com esta delimitação, cerca de 8% de sua área territorial é ocupada por fragmentos de cerrado.

Outro aspecto importante é que este trabalho avalia as taxas anuais de desmatamento dos municípios nos períodos contidos entre 2003 a 2008, e não o desmatamento acumulado até então. Ou seja, se avalia a importância de cada fator primário para o ritmo do desmatamento regional. Por esses e outros aspectos, deve-se ter cautela ao comparar os resultados desta pesquisa com os de outros estudos presentes na literatura.

A grande maioria dos trabalhos localizados sobre as relações entre aspectos político-econômicos e o desmatamento na Amazônia utilizou modelos desenvolvidos sob a suposição de serem bons modelos de previsão. Neste sentido, esses incorporaram, em muitos casos, variáveis de níveis hierárquicos diferentes na dinâmica do desmatamento. Fato que, aliado aos divergentes espaços territoriais abordados, dificulta um melhor

diagnóstico do processo. Isto ocorre, pois as variáveis de níveis hierárquicos inferiores encontram-se, geralmente, correlacionadas a outras variáveis explicativas, que se relacionam com a variável dependente em níveis mais próximos. Excepcionalmente, esta pesquisa investiga a contribuição relativa de cada aspecto explicativo, e não o comportamento conjunto, assim, seu instrumento pode ser considerado um modelo de diagnóstico das influências primárias não um modelo de previsão das taxas de desmatamento.

Outro aspecto distintivo advém da especificação do modelo matemático. Não foram localizados outros estudos que utilizaram a especificação geométrica por raízes quadradas, apesar de parecer óbvio o comportamento quadrático das taxas espaciais. Nota-se que a aplicação das taxas geográficas ( $x_i / \text{área}$ ) resolve o problema das diferentes dimensões dos territórios, entretanto, o comportamento continuará quadrático, pois, apesar de não possuírem mais a influência do tamanho dos territórios, as unidades adquirem a dimensão unitária, mas as relações permanecem quadráticas. Por esses aspectos, apesar de os estudos localizados terem privilegiado o uso da logaritmização dupla, mesmo frente ao grande custo da perda dos casos com valores iguais a zero, neste estudo, utilizou-se a raiz quadrada das taxas, devido a estas apresentarem assim um comportamento linear, sem, entretanto, influenciar os resultados da Medida de Pratt. Deste modo, os estimadores serão lineares, mas as relações não. Esta especificação mostrou-se muito eficiente para a análise das taxas espaciais do desmatamento, conforme demonstrado pelos testes estatísticos (Apêndices II a IX).

O ajustamento do modelo para as séries transversais insistiu em apresentar valores muito baixos para a constante (intercepto), cerca de 5% do valor da variável independente, assim como, um erro expressivo na significância. Isto ocorreu, de acordo com o suporte teórico, pois não existem outras variáveis capazes de explicar com significância o desmatamento, ou seja, seu intercepto é na origem (0,0), pois a esperança de desmatamento quando todos os valores dos fatores explicativos forem iguais a zero, será também zero. Deve-se atentar que isto não significa que não existam outras forças que promovam desmatamento, mas que, se estes efeitos ocorrem, estes são pontuais e não apresentam influência significativa sobre a média das taxas de desmatamento. Deste modo, devem ser tratados à parte, como no caso de grandes inundações na implantação de grandes reservatórios para hidrelétricas ou a abertura de uma nova rodovia.

Finalmente, para facilitar a compreensão e a replicação da metodologia, buscou-se, neste trabalho, uma constante aproximação com a simplicidade, sem negligenciar, entretanto, os pressupostos do Modelo Normal de Regressão Linear Clássico. Assim, disponibiliza um modelo consistente, eficiente e de fácil utilização para a monitoria dos efeitos das forças político-econômicas primárias para o desmatamento regional.

## 2 A SUSTENTABILIDADE DO USO DO SOLO E DA SUA COBERTURA: CONCEITOS E REFLEXÕES

O aumento previsto para o consumo das populações humanas nas próximas décadas permite supor que as mudanças do uso e da cobertura do solo ampliarão ainda mais a velocidade de transformação das superfícies naturais remanescentes do planeta. Compreender essas dinâmicas tem sido considerado um objetivo fundamental nos estudos socioambientais. Neste sentido, este capítulo propõe-se a realizar uma revisão crítica da literatura sobre as dinâmicas do uso do solo e da sua cobertura e suas relações com a sustentabilidade, incluindo: suas principais causas, efeitos e retroações; as tomadas de decisão e as aplicações relevantes para este estudo.

### 2.1 A SUSTENTABILIDADE DOS SISTEMAS SOCIOAMBIENTAIS

Quando o consumo cresce, uma porção cada vez maior do sistema terrestre é transformada. Entender quais são os aspectos inerentes ao sistema econômico que o tornam conflituoso com o equilíbrio dos sistemas ecológicos é, portanto, essencial. Assim, esta seção foi estruturada em duas partes. Inicialmente, se discute a dinâmica dos sistemas ecológicos, suas escalas, ciclos e retroações. É abordada a questão dos limites e da auto-organização desses sistemas onde a sustentabilidade ecológica é conceituada. Finalmente, estudam-se as relações do homem com o ambiente natural. É realizada uma breve retrospectiva sobre a evolução do conceito e dos critérios de sustentabilidade relacionados ao desenvolvimento. O modelo econômico dominante é abordado, assim como, as grandes alternativas ao crescimento econômico perpétuo e irrestrito.

O conceito de ecossistema deve incluir não apenas o conjunto dos organismos, mas também todo o complexo de fatores físicos, formando o que chamamos o ambiente do bioma – os fatores do habitat em sentido amplo. Ou seja, um ecossistema não é formado apenas pelos organismos, mas também pelos minerais, componentes químicos, temperatura, luz, vento, entre outros, e suas inter-relações, em uma determinada extensão. Esta definição não destaca o homem como elemento biótico, mas, é evidente que, em escalas espaciais ou temporais, onde esses se encontram em significativa interação, os estudos devem incluir este elemento (Grimm *et al.*, 2000; Pickett & Cadenasso, 2002).

Não há nenhuma imposição no conceito de ecossistema a aspectos como equilíbrio ou estabilidade, já que, os ecossistemas tendem a estar em constante transformação (Holling, 1973), modificando-se continuamente em composição e processamento de nutrientes e energia (Figura 2). Esta variabilidade dos ecossistemas é gerada por um processo

estocástico no qual o sistema é submetido a alguma perturbação em sua organização ampliando a desordem.

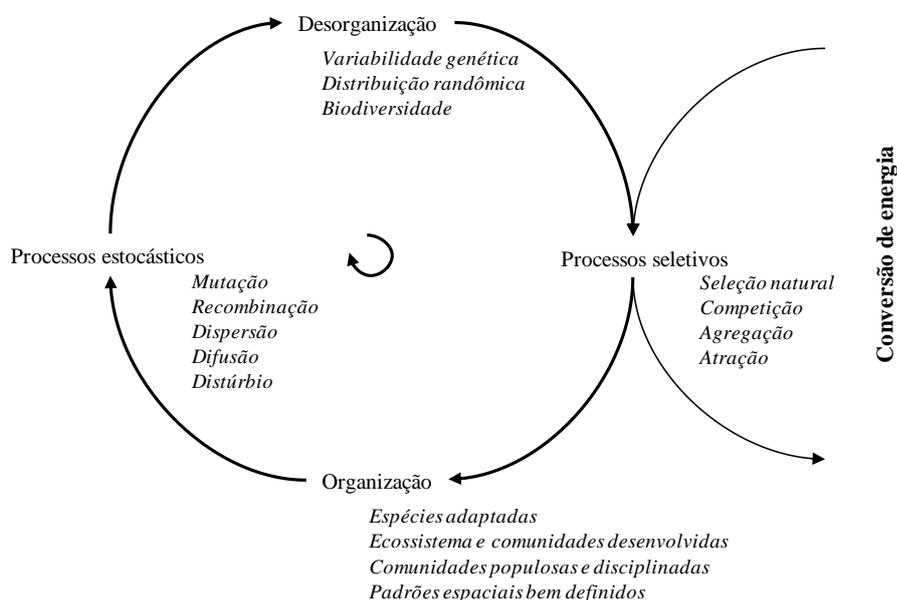


Figura 2 – Síntese do processo da organização biológica  
 Fonte: adaptado a partir de Norberg (1999).  
 Organização do autor.

A organização biológica ocorre ao longo do tempo em um processo seletivo de consumo de energia que age sobre essa variabilidade (Norberg, 1999). Neste sentido, é necessário observar que sustentar determinado grau de variabilidade no ecossistema é fundamental para o adequado funcionamento do processo de organização biológica. Podem ser encontrados ecossistemas simples, formados por poucos micróbios e minerais, que podem existir por somente poucas horas (Odum, 1971), ou complexos, com grande diversidade de organismos organizados em níveis hierárquicos internos, cuja existência pode perdurar por longos períodos de tempo.

Em um estudo com trabalhos que utilizaram longas séries temporais, Brown *et al.* (2001) evidenciaram que alterações nas complexas interações entre as espécies afetaram as estruturas e as dinâmicas de diversos ecossistemas. Sugeriram os autores que: 1) as complexas interações entre as espécies refletem as interações com outros organismos e com alterações microclimáticas; 2) as relações entre o ambiente e os genótipos afetam a resposta dessas espécies às alterações ambientais; 3) As espécies herbívoras alteram a dominância das espécies vegetais, entre elas, espécies-chave, retroagindo e afetando tanto os organismos como os processos ecossistêmicos em geral; e 4) algumas perturbações ambientais podem causar auto-reorganizações dos ecossistemas se houver superação da tolerância ecológica. Além disso, as respostas das espécies a essas mudanças e os efeitos

em outras espécies e em seus ecossistemas são altamente complexas, não-lineares e de difícil previsão. Pequenas alterações podem se amplificar e promover grandes impactos na composição de espécies, redes de interações e nos padrões de fluxos de matéria e energia.

A teoria geral dos sistemas foi concebida com base nos princípios da dinâmica para entender como o estado dos sistemas se altera no tempo (Bertalanffy, 1975; DeRosnay, 1975). Com base nos conceitos básicos das retroações positivas e negativas (*negative and positive feedbacks*), se podem identificar as regras que governam as mudanças nesses sistemas, e que, se aplicam a qualquer sistema dinâmico, como físicos, químicos, sociais, econômicos e biológicos (Berryman, 1989). O desempenho dos sistemas ecológicos tende a ser não-linear, pois os efeitos das interações entre os elementos não provoca variações constantes no sistema, cujo funcionamento está relacionado com a combinação de suas retroações. Ou seja, os sistemas ecológicos são auto-regulados, uma parte da saída (*output*) é reenviada à entrada do sistema (*input*). A intensidade, direção e combinação das retroações repercutem sobre os ecossistemas de formas diversas. Apesar dessa evidente complexidade, alguns padrões de comportamento dos ecossistemas podem ser identificados.

A teoria da dinâmica dos sistemas (Forrester, 1961) permite identificar os padrões de comportamento que podem ser considerados fundamentais para a compreensão das dinâmicas ecológicas. Além da não-alteração (constância) e das alterações randômicas, comuns em muitos sistemas dinâmicos, mas não nos sistemas ecológicos, são quatro os padrões qualitativamente diferentes que podem ocorrer em qualquer sistema dinâmico, em especial nos ecossistemas (Figura 3): a) convergência; b) divergência; c) oscilação; e d) divergência com acomodação. Se a variação no sistema é menor que a variação anterior, a retroação é considerada negativa (*negative feedback*), e tende a conduzir o sistema a um estado de equilíbrio (Figura 3-a). Ou seja, um estado de convergência, uma tendência a se mover para uma condição anterior, reduzindo as mudanças. Neste sentido, pode-se entender que estados de equilíbrio emergem das influências das retroações negativas. Um dos exemplos clássicos de estados de equilíbrio dinâmico nos ecossistemas é a dinâmica da presa e do predador. Um incremento na densidade populacional de uma das espécies – a presa – estimula a reprodução da outra espécie – a predadora, e assim, ocorre uma retroação que promove uma redução do número de presas, que induz a uma redução no número de predadores, conduzindo o sistema a uma maior estabilidade (equilíbrio dinâmico). É importante lembrar que as influências de uma retroação negativa sobre o ecossistema são usualmente, mas não necessariamente, estáveis. Podem ocorrer oscilações em torno do ponto de equilíbrio, com desvios cada vez menores, durante a estabilização, como de costume nas dinâmicas das populações de espécies. Por outro lado, se a variação do sistema é maior que a variação anterior, a retroação é considerada positiva

(*positive feedback*), e promove a divergência, a amplificação e a instabilidade no ecossistema. Há a tendência do sistema se afastar cada vez mais do estado de equilíbrio anterior, ou seja, os efeitos são cumulativos (Figura 3-b). Retroações positivas podem também promover uma ampliação dos erros de estimação realizados nas condições iniciais.

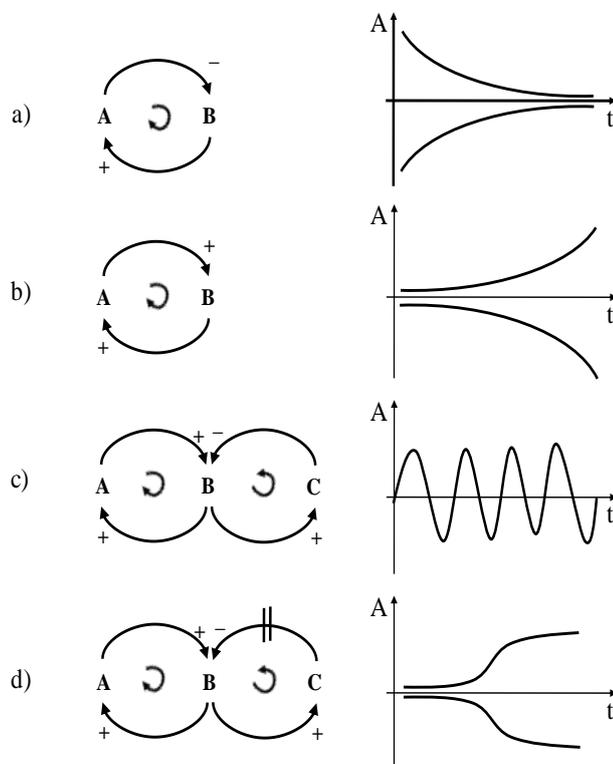


Figura 3 – Os quatro comportamentos fundamentais na dinâmica dos sistemas ecológicos  
Organização do autor.

Berryman & Millstein (1989) sugeriram que é por esses aspectos que é tão difícil realizar previsões para sistemas que contêm retroações positivas. Um exemplo genérico de divergência é o fenômeno dos incêndios naturais florestais e o aquecimento global. Um aumento das emissões por incêndios florestais aumenta a concentração de gases de efeito estufa, aumentando a temperatura. Com isso, há aumento da suscetibilidade das florestas a incêndios, o que, destarte, gera maiores emissões, que retroagem re-amplificando a temperatura.

Os outros dois comportamentos fundamentais são combinações específicas das retroações positiva e negativa. A Figura 3-c mostra o comportamento oscilatório da variável A. Este comportamento é comum nos ecossistemas que está muitas vezes em estados de equilíbrio dinâmico. Por exemplo, nas populações, quando não ocorrem grandes distúrbios, o aumento de uma das espécies (presas) em um período do ano, devido a uma maior fartura de alimentos, pode promover o aumento de outra espécie (predador) em um período diferente, mantendo-se, apesar de não constante, o sistema dentro de uma variação

previsível. Aliás, as grandes oscilações ambientais, como os ciclos climáticos anuais, são responsáveis por grande parte das oscilações nos ecossistemas. O comportamento de divergência com acomodação das mudanças é destacado finalmente pela Figura 3-d. É comumente gerada por um atraso (*delay*) em reação à influência de uma variável, como ocorre com freqüência nas relações com estoques de recursos, principalmente aqueles não-renováveis ou com baixas taxas de recuperação. Apesar de aparentemente melhor que a divergência, este comportamento pode levar os recursos à exaustão.

Por esses aspectos, pode-se entender que os ecossistemas serão mais estáveis, ou seja, tendem a retornar a um estado de equilíbrio anterior após uma perturbação (McCann, 2000), na medida em que o seu comportamento adotar os padrões de convergência ou oscilação. Por outro lado, a divergência tende a levar o ecossistema a grandes transformações, muitas vezes, prejudiciais aos recursos e serviços ambientais. Já o comportamento de crescimento com acomodação pode seguir para novo crescimento ou para o decréscimo e deve-se atentar para estas possibilidades. No caso de adoção de contínuo crescimento com acomodação seguido por novo crescimento e acomodação pode-se considerar que o ecossistema está em risco.

Apesar de serem, em grande parte, auto-sustentáveis, ou seja, possuem a habilidade de manter sua estrutura (organização) e função (vigor), com o passar do tempo, em face de stress externo (resiliência) (Costanza, 1992), pesquisas têm demonstrado que as mudanças graduais dos estados dos ecossistemas tem sido interrompida por céleres e drásticas mudanças para novos e contrastantes estados (Levin, 1998; Scheffer *et al.*, 2001), promovendo sua auto-reorganização em um novo estado (alternativo) de equilíbrio dinâmico.

Doak *et al.* (2008) ao discutir esses aspectos, adotaram a seguinte definição para o que denominaram surpresa ecológica (*ecological surprise*): uma mudança substancial em abundância de uma ou mais espécies resultando em um processo sem precedentes de qualquer tipo. Os autores classificaram essas surpresas ecológicas em três categorias: 1) surpresas dinâmicas, que consistem em alterações significativas em número ou composição de populações de espécies imprevistas ou com expectativas opostas por observações, experimentos ou teorias; 2) surpresas de padrão, quando há mudanças nos padrões espaciais das populações em abundância ou estrutura comunitária, gerando padrões inconsistentes pouco compreendido por modelos formais ou informais de como a natureza funciona; e 3) surpresas de intervenção, que ocorrem quando dinâmicas inesperadas emergem de intervenções planejadas ou outras perturbações humanas.

Estudos sugerem que mudanças drásticas de estado têm ocorrido com maior freqüência, devido à redução da resiliência de muitos ecossistemas causada por pressões humanas que afetam aspectos fundamentais para a manutenção desses sistemas (Folke *et*

*al.*, 2004). A combinação dessas múltiplas pressões tende a tornar os ecossistemas mais vulneráveis. Além disso, a própria “memória evolutiva” (Lindborg & Eriksson, 2004) do ecossistema, tende a não conter um histórico de perturbações semelhantes (humanas), aumentando o risco de colapso e auto-reorganização. Esses fenômenos já foram identificados em ambientes de diversos tipos, tais como: mares costeiros (Worm, Lotze & Boström, 1999); lagoas tropicais (Scheffer & Carpenter, 2003), áreas alagadas (Gunderson, 2001); florestas tropicais (Cochrane *et al.*, 1999) e temperadas (Danell *et al.*, 2003); savanas (Anderies, Janssen & Walker, 2002); e recifes de coral (Abram *et al.* 2001). Causando, na maioria das vezes, grandes perdas para os ecossistemas e populações que deles dependem.

Em uma investigação sobre a inesperada e catastrófica morte do ecossistema do recife das Ilhas Mentawai, localizadas a sudoeste de Sumatra, Indonésia, no leste equatorial do Oceano Índico, no final de 1997, Abram *et al.* (2003) identificaram que alterações comuns no Oceano Índico (*upwellings*) elevaram nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo do fundo para a superfície. Ao mesmo tempo, chuvas na Indonésia haviam se reduzido dramaticamente e incêndios, geralmente provocados por queimadas, produziram uma concentração de fumaça sobre o sudeste da Ásia, que, com a chuva, aumentaram as concentrações de ferro e fósforo na superfície da água. Esses fatores colaboraram para a formação de uma grande maré vermelha constituída de fitoplânctons se estendeu ao longo das ilhas, com isso, o grande crescimento da maré vermelha foi sustentado pelos altos níveis de nutrientes presentes. Com a liberação de toxinas pelos fitoplânctons, os peixes e outros seres que habitavam o coral morreram e, com sua oxidação, o coral de cerca de 500 km foi levado rapidamente à morte por asfixia. No caso do coral das Ilhas Mentawai, a retroação positiva do sistema levou-o a romper com seu comportamento habitual (objetivo) e saltar a um novo estado (catástrofe).

Ao estudar a consequência dos incêndios em duas áreas de alta floresta na Amazônia, Cochrane *et al.* (1999) identificaram que nas décadas anteriores, incêndios acidentais afetaram cerca de 50% das áreas estudadas, causando maiores prejuízos que as destruições provocadas intencionalmente pelo homem. Os autores concluíram que incêndios florestais produzem retroações positivas tornando as florestas cada vez mais suscetíveis a novos incêndios. Verificou-se que o uso da terra e práticas anteriores mudou e que o fogo na alta floresta amazônica tem a capacidade de transformar grandes áreas de floresta tropical em capoeira ou savana. Os efeitos destas transformações no clima regional, biodiversidade e economia tendem a ser extremas. Essas transformações sugerem os autores, levarão alguns anos para ocorrer, mas tendem a ser irreversíveis sob as condições climáticas atuais.

As mudanças drásticas de estado ocorrem devido à superação dos limites de estabilidade dos ecossistemas em relação a intensidades dos distúrbios promovidos. A capacidade dos ecossistemas em absorver essas pressões é denominada resiliência, definida como a magnitude de distúrbios que o sistema pode suportar antes que mude para um estado diferente, com diferentes controles, em estrutura e função (Holling, 1973). Ou, a capacidade de um sistema em absorver distúrbios e se reorganizar enquanto se modifica apenas para manter essencialmente sua função, estrutura, identidade, e retroações (Walker *et al.*, 2004). Deve-se atentar que as mudanças de estado podem causar perdas de recursos naturais e econômicos. Retornar ao estado original, quando possível, pode requerer grandes intervenções. A não observação das possibilidades de auto-reorganização dos ecossistemas pode provocar grandes danos às sociedades e, ainda, sobre e a humanidade no caso do sistema global, pois, a vida só pode existir sob uma limitada variação nas condições ambientais.

Neste contexto, um ecossistema sustentável pode ser entendido como aquele que, em um ciclo normal de distúrbios, mantém suas características de diversidade de populações de grupos funcionais, produtividade, fertilidade do solo e ciclos biogeoquímicos. A sustentabilidade ecológica vai estar sujeita à complexa interação entre aspectos fundamentais, como o clima, o solo e a água, o regime de distúrbios, os grupos funcionais e o conjunto de retroações positivas e negativas. A manutenção dos padrões do ecossistema depende, principalmente, de quatro “controles interativos” Goodland (1995): o clima, o suprimento de recursos do solo, os grupos de organismos funcionais e os distúrbios. Para ele, o ecossistema não poderá ser sustentável a menos que estes controles interativos oscilem dentro de limites específicos de cada ecossistema, pois esses controles determinam sua estrutura e produtividade. Assim, para manter os ecossistemas naturais em seus estados atuais ou promover uma intervenção sustentável torna-se imprescindível que se mantenham os padrões desses controles.

A sustentabilidade ecológica enfrenta dificuldades diversas, apesar de discutida a décadas (Lélé, 1998). Primeiro, os ecossistemas são formados por elementos inter-relacionados que não se alteram a taxas fixas, mudanças em número, composição ou distribuição de uma única espécie pode promover retroações inesperadas com resultados distantes do padrão, colocando em risco a estabilidade do ecossistema em questão, especialmente porque estão associadas às condições extrínsecas, que costumam, cada vez mais, apresentar significativas alterações. Segundo, muitos se atentam para a questão da estabilidade dos níveis de produção dos ecossistemas (baixa variabilidade), mesmo frente a essas constantes alterações no ambiente do sistema. Finalmente, podem ocorrer situações na qual as condições ambientais externas ao ecossistema ao invés de se alterar de maneira

contínua transforma-se significativamente e sistematicamente. Neste sentido, sustentar esses sistemas requer não somente esses aspectos, mas também, adaptabilidade.

Pode-se concluir que as mudanças abruptas de estado nos ecossistemas possuem duas significativas implicações para o manejo dos recursos naturais: primeiro, implica que grande parte das estratégias de intervenção estabelecidas em um processo de planejamento, em algum momento, não apresentará os resultados como suposto. Neste sentido, sugere-se (Gunderson & Light, 2006) que algumas formas de adaptação são necessárias para responder a essas mudanças inesperadas, além de, promover a aprendizagem. Sobre essa questão, Chapin, Torn & Taten (1996) sugeriram atenção ao que chamaram os três princípios de sustentabilidade dos ecossistemas relevantes para seu manejo. Primeiro, a sustentabilidade da produtividade e outras características dos ecossistemas requerem que os aspectos fundamentais sejam conservados. Segundo, as retroações negativas (*negative feedbacks*) sobre esses aspectos aumentam a sustentabilidade dos ecossistemas. Terceiro, as interações entre diferentes ecossistemas serão mais sustentáveis na medida em que houver retroações negativas significativas entre esses ecossistemas.

Apesar dessa evidente complexidade, tem-se buscado formar indicadores que possam ser úteis no estabelecimento dos limites de pressões sobre os ecossistemas. Um dos conceitos mais utilizados e discutidos para este fim é o de capacidade suporte ou capacidade de carga, que pode ser compreendida como o limite de crescimento ou desenvolvimento de cada um e de todos os níveis hierárquicos de integração biológica, iniciado pela população, e estruturado pelos processos e relações independentes entre os recursos finitos e os consumidores desses recursos (Monte-Luna *et al.*, 2004). Esses limites têm sido individualmente estabelecidos, na prática, para a biomassa e o número de espécies, entre outros. No início da década de 1990, o aprimoramento desta ferramenta já era considerado prioridade para ecologia moderna (Oesterheid, Sala & McNaughton, 1992). Seus fatores condicionantes já se encontram parcialmente identificados, como: a competição, os parasitas, as doenças, o suprimento de alimentos, o espaço (área), o volume, a produtividade, a variabilidade ambiental, a energia e as interações entre estes e outros fatores.

Apesar desses esforços, estimar com maior precisão a capacidade dos sistemas em absorver distúrbios ainda é um desafio de concretização relativamente distante. São muitas as causas desta dificuldade, entre elas, pode-se citar que: a matriz ambiental, que é altamente heterogênea; em nível de comunidades, espécies substituem uma as outras, aproveitando-se das oportunidades ambientais, que continuam a se alterar de acordo com as grandes mudanças no ambiente externo; e se a capacidade de uma espécie-chave muda, então as capacidades em todos os níveis hierárquicos também mudam.

Neste ambiente, apesar de as taxas de consumo e produção terem, na última década, se apresentado estáveis, enquanto a população cresce, apesar de desaceleradamente, muitos recursos naturais estão sendo consumidos à exaustão. Mudanças drásticas de estado têm ocorrido com maior frequência, devido à redução da resiliência de muitos ecossistemas causada por pressões humanas que afetam aspectos fundamentais para a manutenção desses sistemas. A combinação dessas múltiplas pressões tende a tornar os ecossistemas mais vulneráveis. Além disso, a própria “memória evolutiva” (Antrop, 2005; Lindborg & Eriksson, 2004) do ecossistema, tende a não conter um histórico de perturbações semelhantes (humanas), aumentando o risco de colapso e auto-reorganização.

Em síntese, desde a metade do século XX, com a ampliação dos conhecimentos sobre aspectos socioeconômicos e ecológicos e suas inter-relações, formaram-se pensamentos distintos sobre a questão da sustentabilidade socioambiental. Apesar de não ter utilizado o termo exato, Norton (1992) propôs o que a sustentabilidade socioambiental seria uma relação entre sistemas dinâmicos, os econômicos menores e os ecológicos maiores, sendo que os econômicos modificam-se mais lentamente, de forma que os efeitos das atividades humanas não ultrapassem os limites dos sistemas ambientais.

Para efeitos desta pesquisa, a sustentabilidade socioambiental é entendida como a característica de um modelo de desenvolvimento das sociedades humanas no qual o consumo dos recursos naturais não supera as taxas de regeneração ou recuperação desses recursos, não afetando assim, seus estoques e seus serviços essenciais à vida humana, e que, apesar disso, é capaz de promover, tanto de forma intra-geracional, como inter-geracional, a equidade na distribuição dos custos e dos benefícios deste processo.

De modo geral, podem-se distinguir dois grupos de opinião distintos: aqueles que acreditam que o próprio mercado, por meio do crescimento econômico e do desenvolvimento tecnológico, será capaz de superar os problemas que possam advir deste processo; e aqueles que vêem no crescimento econômico uma ameaça ao equilíbrio ambiental e aos estoques de recursos naturais. Sachs (2002) caracterizou os extremos desses dois grupos, como os que previam abundância (*cornucopians*) e os que previam a catástrofe (*doomsayers*). Contudo, existem outras diferenças.

A discussão sobre a sustentabilidade ambiental revelou a existência de um problema fundamental para aqueles que propõem a proteção dos recursos naturais: qual deveria ser o grau de proteção dado ao meio ambiente e aos recursos naturais? De fato, nunca houve consenso a esse respeito. Historicamente, evidencia-se uma evolução para um consenso, baseado em um equilíbrio de interesses, pelo desenvolvimento sustentável, todavia, é preciso compreender que ainda não se possui conhecimento suficiente para determinar a proximidade dos limites ecossistêmicos maiores.

Como o crescimento irrestrito do consumo humano é, evidentemente, insustentável, as principais sugestões sobre um modelo de desenvolvimento adequado à sustentabilidade (Daly & Cobb, 1989; Faucheux & Noël, 1995) são sintetizadas na Figura 4. Dependendo da intensidade das trocas realizadas entre o ambiente geoecológico e o meio socioeconômico, podem-se relacionar estas alternativas em três níveis de sustentabilidade ambiental: muito forte; forte ou fraca. A primeira alternativa encontra-se em um nível de sustentabilidade muito forte (*super-strong sustainability*), que diz respeito à adoção de uma postura extremamente preservacionista, onde não se permite a substituição de um tipo de capital por outro. Neste nível, o homem deve transformar o ambiente natural somente para o suprimento de suas necessidades básicas. Para os recursos renováveis, somente seria permitido taxas de uso/consumo iguais as taxas de recuperação/regeneração desses recursos (Romeiro, 2003). Não é permitida, assim, a redução dos estoques. É a alternativa defendida pela corrente da Ecologia Profunda (*Deep Ecology*). Esta corrente articula-se em torno de uma ética aplicada a natureza, cuja importância está além a dos homens (Naess, 2005). Neste contexto, entende como o desenvolvimento adequado à sustentabilidade como aquele que não promova dano irreparável algum para as outras formas de vida (Hatem, 1990). Uma visão reducionista, já que, a economia não está isenta das leis que governam os sistemas ecológicos.

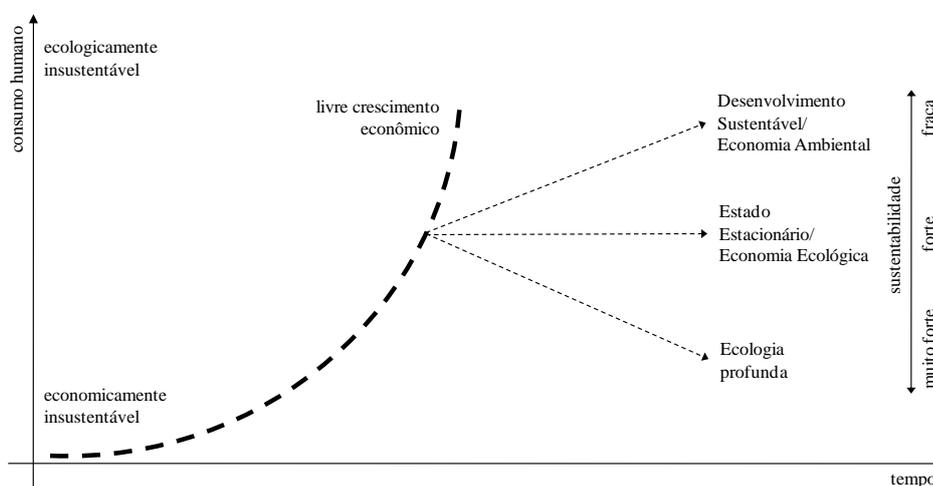


Figura 4 – Alternativas ao atual modelo de desenvolvimento e respectivos níveis de sustentabilidade  
Organização do autor.

Alternativa, se encontra em um nível de sustentabilidade ambiental forte (*strong environmental sustainability*), que considera o capital (construído) e o capital natural absolutamente complementar. Composta pelas propostas daqueles que adotam uma postura conservacionista sob um ponto de vista antropocêntrico (Mishan, 1967; Opschoor, 1992; Odum, 1969), diferente da sustentabilidade muito forte, preservacionista e biocêntrica.

Entretanto, as considerações éticas inter-geracionais prevalecem sobre a intra-geracional. Neste nível, duas correntes de pensamento concentram grande parte dos pesquisadores e suas propostas: a economia ecológica e o estado estacionário.

A economia ecológica vê o sistema econômico como parte de um sistema maior (ambiental), ou seja, seu crescimento é restrito a esse ambiente (Costanza, 1991). Para esta corrente, as receitas provenientes do consumo de recursos não-renováveis (capital natural) deveriam ser investidas para garantir os mesmos benefícios às futuras gerações. Neste sentido, o desenvolvimento tecnológico é fundamental para aumentar a eficiência no uso dos recursos naturais, associado à instituição de incentivos econômicos capazes de aumentar essa eficiência.

Em longo prazo, contudo, permaneceria a necessidade de estabilização dos níveis de consumo humano. Sobre esse aspecto, Daly (1996) afirmou que o termo crescimento sustentável, quando aplicado à economia, é um mau oxímoro, impossível. Como, à medida que o sistema econômico cresce, ele incorpora uma proporção cada vez maior do ecossistema total, cada vez com maior contundência, afirma-se que seu crescimento não é sustentável. Esta corrente (Ehrlich & Ehrlich, 1969; Daly, 1972, 1973; Boulding, 1973; King & Schneider, 1991; Harrison, 1992) propõe que a economia deveria evoluir em um estado estacionário, com pequena oscilação em torno de um ponto de equilíbrio ou, podendo, até mesmo, incluir certo grau de decrescimento econômico (Latouche, 2003), caso as taxas de recuperação dos recursos não sejam suficientes para a manutenção do nível de consumo.

A última alternativa ao crescimento econômico irrestrito consiste na adoção de um modelo de desenvolvimento em um nível de sustentabilidade ambiental fraca (*weak environmental sustainability*). Este nível de sustentabilidade exige a manutenção integral do capital total, não importando sua distribuição entre as diferentes formas de capital: trabalho, capital ou recursos naturais. Neste ponto de vista, portanto, não se reconhecem as características diferenciais de determinados recursos naturais, apesar de muitos não serem reproduzíveis, tornando a perda dos estoques irreversível.

Embora ainda não se tenha atingido o consenso sobre o tema, Sachs (2004), o conceituou como sendo um modelo de desenvolvimento distinto do crescimento econômico, porém, que cumpre esse requisito, apesar do seu objetivo estar além da multiplicação da riqueza. Assim, ele assume que o crescimento é uma condição necessária, mas não suficiente. Para isto, é preciso que a economia supere alguns percalços (Faucheux & Noël, 1995) frente à necessidade da adoção de um desenvolvimento sustentável, tais como: a multidimensionalidade dos problemas socioambientais, a irreversibilidade dos danos ao ambiente natural, a inexistência de equidade, tanto intra como intergeracional na distribuição dos custos e dos benefícios, e a presença constante e inabalável da incerteza no domínio dos recursos naturais.

Os adeptos do desenvolvimento sustentável e da economia ambiental (Schmidheiny, 1992; Sachs, 2004; Ostrom, 2008) encontram amparo neste nível de sustentabilidade. Na proposta de desenvolvimento sustentável, a distribuição dos benefícios e dos custos ambientais das atividades econômicas são consideradas, tanto sobre o ponto de vista intra-geracional, como inter-geracional. Porém, não pretende conter o desenvolvimento ou alterar seu modelo significativamente, mas apenas, adequá-lo às novas necessidades, para que esse possa perdurar.

Pode-se perceber que, apesar da posição ainda adotada por muitos (principalmente economistas) de que, somente o mercado, por meio do desenvolvimento tecnológico e do crescimento econômico robusto, poderá dar conta dos desafios de escassez de recursos e serviços ambientais no futuro, é inequívoco que, cada vez mais, toma-se consciência da emergência do problema ambiental global. Apesar dessa crescente importância, não há consenso acerca da melhor estratégia para se atingir a sustentabilidade.

Aqueles alinhados às propostas incluídas na sustentabilidade muito forte propõem um modelo de desenvolvimento que imporá sacrifícios enormes à humanidade, uma precaução que pode ser considerada inadequada, já que, este nível de proteção está além das exigências para a sustentabilidade. Do mesmo modo, os defensores da adoção de um nível de sustentabilidade fraca enfrentam muitas críticas (Beckerman, 1994; Daly & Cobb, 1989), pois, apesar de bem aceito, há o problema da ineficiência no uso dos recursos, pois se sabe que não é possível a conversão de capital natural em outras formas de capital, por ser esta, irreversível. Neste sentido, esta corrente enfrenta a crítica de seu modelo ser necessário, mas não implicar em condição suficiente para a sustentabilidade socioambiental. Assim, conclui-se que, em algum momento, antes de um ponto de irreversibilidade, a taxa de consumo humano de recursos naturais não poderá mais superar as taxas de regeneração desses recursos, para se atingir, enfim, a sustentabilidade.

Por esses aspectos, atingir e manter uma sustentabilidade legítima, sem dúvida, não será economicamente fácil ou socialmente indolor, mas imperativo. Para o melhor aproveitamento sustentável desses recursos, será necessário determinar a capacidade dos ecossistemas (em contínua transformação), de suportar as atividades humanas sem que seus estoques de recursos ou seus serviços ambientais sejam debelados.

Em nível global, um dos principais fatores antrópicos relacionados à perda de recursos e serviços ambientais são as mudanças do uso e da cobertura do solo (Naveh, 2001). Neste sentido, o estudo das dinâmicas do uso e da cobertura do solo tem sido considerado (Turner, Lambin & Reenberg, 2007) parte fundamental nas pesquisas sobre as mudanças ambientais globais e a sustentabilidade socioambiental.

## 2.2 O USO E A COBERTURA DO SOLO: UMA ABORGAGEM INTEGRADA

O domínio do fogo, a fixação do homem ao território, a domesticação de plantas e animais e, conseqüentemente, o aumento de sua população, ampliaram significativamente a capacidade de influência da humanidade sobre a cobertura do solo. Essas alterações promoveram mudanças nos atributos da superfície da Terra e de seu subsolo imediato, incluindo, entre outros: a composição, a topografia, os corpos d'água superficiais e subterrâneos, as estruturas humanas pré-existentes, a fauna e a flora. Em muitos casos, deram origem a conseqüências inesperadas, como as alterações climáticas (Houghton *et al.*, 1999), o comprometimento do solo e dos recursos hídricos (Backhaus, Bock e Weiers, 2002), disseminação de pragas e doenças (Lindblade *et al.*, 2000) e significativa redução da biodiversidade (Oehl *et al.*, 2003; Sala *et al.*, 2000; Vitousek *et al.*, 1997). Apesar disso, cerca de 130 mil km<sup>2</sup> de áreas florestadas continuam sendo destruídas pelo homem a cada ano (FAO, 2005).

As florestas cobriam 54 milhões km<sup>2</sup> das áreas não inundadas ou congeladas do planeta a oitocentos mil anos, cerca de 50% deste território. Atualmente são cerca de 40 milhões km<sup>2</sup>, 30% da mesma (Ball, 2001). De 2000 a 2005 a taxa de perda da cobertura florestal global diminuiu significativamente atingindo 73 mil km<sup>2</sup> ao ano. Segundo a FAO (2005), neste período, 83 países reportaram redução de suas coberturas florestais, sobretudo no hemisfério sul, enquanto 57 países, localizados principalmente no hemisfério norte, apresentaram o oposto, um incremento das áreas florestadas. Por esses e outros aspectos, o estudo das dinâmicas do uso e da cobertura do solo tem sido considerado como parte fundamental nas pesquisas sobre mudanças ambientais globais e sustentabilidade socioambiental (Naveh, 2007; Turner & Robins, 2008).

A utilização de medidas de existência ou quantidade de áreas florestadas possui as vantagens da clareza e da concisão, todavia, é nítida a concentração dos estudos na conversão da cobertura do solo em vez da modificação gradual na cobertura (Turner, 2005). A conversão da cobertura do solo diz respeito a uma brusca alteração de uma tipologia de cobertura por outra, como no caso da expansão de áreas agrícolas, alterações das áreas urbanas e desmatamento. De outra forma, a modificação da cobertura do solo se refere às alterações mais sutis dos atributos da cobertura do solo sem que sua tipologia seja alterada, como por exemplo, alterações da densidade de árvores ou de animais.

Em estudos utilizando series temporais (Cochrane, 2001; Siegert *et al.*, 2001), verificaram-se que, na maioria dos casos, as alterações na cobertura do solo não ocorreram em uma trajetória gradual ou progressiva, mas sim, com um período inicial de mudança rápida e às vezes, abrupta, seguido por uma ruptura com o estado de equilíbrio anterior ou por uma breve recuperação do ecossistema.

### 2.2.1 As forças motrizes das mudanças do uso e da cobertura do solo

Três fases do desenvolvimento econômico podem ser associadas ao processo de mudanças no uso e cobertura do solo (Huston, 2005): 1) a fase agrícola, na qual a produção, tanto primária como secundária, contribui para o aumento populacional e promove um aumento das atividades agrícolas, que se tornam então dominantes; 2) a fase de transição, que é caracterizada pelo desenvolvimento do sistema de transportes, que marca o início da mudança da fase agrícola para a fase industrial e pelo deslocamento dos centros populacionais, que tendem a se desenvolver cada vez mais distantes dos centros de produção agrícola; e 3) a fase industrial, diferenciada pela independência entre os centros de produção agrícolas e industriais, resultado da evolução do sistema de comunicação e da maior eficiência do sistema de transportes. Segundo o autor, é geralmente na fase agrícola que ocorrem as maiores transformações no uso e na cobertura do solo. Inicialmente, o padrão do uso do solo tende a ser definido pelos mesmos fatores que afetam o crescimento populacional de outras espécies: a taxa da produção de biomassa e suas características, que determinam a densidade máxima de animais, incluindo humanos, a serem suportados em determinada área. Nesta fase as preferências dos humanos e outros grandes mamíferos são pelas porções do território que oferecem as maiores taxas de produção de biomassa. Em nível local, no processo de seleção pelas melhores áreas para cultivo, produtores utilizam esta característica para determinar os solos mais produtivos tipicamente, mas não exclusivamente, encontrados nos vales.

É necessário entender que as maiores taxas de biodiversidade tendem a ocorrer em áreas de relativa baixa produtividade, pois a alta produtividade é resultado da exclusão por competição, na qual as espécies com maiores taxas de crescimento tendem a eliminar as de menores taxas (Berendse, 1994; Walker, Kinzig & Langridge, 1999). Assim, a ocupação preferencial das áreas mais produtivas propicia uma forma de fragmentação florestal que permite ser poupada, até determinados limites, grande parte das espécies existentes.

Historicamente, a atenção dos pesquisadores permaneceu concentrada nas causas da conversão de florestas para uso agrícola (desmatamento) e da destruição de vegetações nativas devido à perda significativa de nutrientes (desertificação). Com frequência, esses estudos assumiram esses fenômenos como irreversíveis, espacialmente homogêneos e de comportamento linear. Além disso, grande parte desses trabalhos relaciona esses aspectos a somente um fator, como a população local ou, em estudos um pouco menos simplistas, às taxas de consumo. Atualmente, a compreensão das causas das transformações evoluiu dessas visões simplistas para uma visão muito mais profunda, que incorpora as interações dinâmicas de um grande número de fatores em diferentes níveis espaciais e temporais, as forças motrizes (*driving forces*) das alterações na paisagem.

As forças motrizes das mudanças do uso e da cobertura do solo são as forças que interferem nas transformações observáveis na paisagem. Elas formam um sistema complexo de dependências, interações e retroações cíclicas que afetam o uso e a cobertura do solo em diversos níveis temporais e espaciais. Estes aspectos dificultam particularmente a identificação dessas forças. Muitas vezes, o que é identificado como força motriz em uma escala temporal ou espacial é influenciado pela escala utilizada no sistema em estudo. Dentre as diversas causas dessas mudanças, podem ser diferenciadas forças motrizes primárias (diretas) e secundárias (indiretas) dessas transformações (Brandt, Primdahl & Reenberg, 1999; Bürgi, Hersperger & Schneeberger, 2004). As causas diretas são as que possuem maior proximidade com o fenômeno, geralmente, representadas por atividades ou ações humanas físicas originadas a partir da decisão de alterar o uso e a cobertura do solo. As forças motrizes indiretas (secundárias) são forças que alteram pelo menos uma força motriz direta, mas pode afetar ao mesmo tempo outras forças motrizes indiretas em diversos níveis.

Para a compreensão das causalidades dessas mudanças, os estudos devem ser realizados a partir da escala de análise mais próxima e serem diferenciadas as forças intrínsecas e extrínsecas à determinada área (Lee, Huang & Chan, 2008). Por exemplo, se a unidade territorial é o município, a produção agrícola e a topografia podem ser aspectos intrínsecos, enquanto a oferta de crédito agrícola ou uma política ambiental estadual ou federal, aspectos extrínsecos.

O relacionamento com as mudanças do uso e da cobertura do solo pode ser diretamente proporcional, ou seja, promovendo a mudança ou então, inversamente proporcional, quando esta força inibe ou impede a transformação, reduzindo o efeito da pressão dos aspectos causais diretamente proporcionais. O conjunto dessas forças varia, em tempo e espaço, de acordo com as condições socioambientais específicas de determinada área e representam-se por variáveis de lento ou rápido efeito, fruto de uma combinação de forças que atuam continuamente e outros que ocorrem intermitentemente (Lambin *et al.*, 2001), como as derivadas de secas, furacões, guerras ou crises econômicas. Outro aspecto relevante a ser observado é que em qualquer área caracterizada por usos múltiplos e coberturas heterogêneas, conjuntos de fatores tendem a atuar em reações em cadeia ou em paralelo e suas características intrínsecas e suas interações resultam em diferentes influências sobre o uso e a cobertura do solo. Por exemplo, uma mesma regulamentação sobre o comércio internacional que afeta a todas as instituições em nível nacional, regional e local, mas mesmo estas áreas apresentando características biofísicas locais similares, os mesmos tendem a promover mudanças do uso e da cobertura do solo distintas entre si.

Apesar dessa evidente complexidade na relação entre as diversas forças motrizes das mudanças da paisagem, Lambin, Geist & Lepers (2003) sugerem que estas podem ser discriminados alguns comportamentos e relacionamentos comuns nesses processos, ou seja, há um limitado número de padrões nas formas de interação das forças dessas mudanças resultantes de recorrentes interações entre forças motrizes que seguem uma seqüência de eventos padrão (Figura 5). Os autores sugeriram, a partir da análise de um grande número de trabalhos, que pode-se considerar que este número reduzido de conjunto de processos e variáveis, torna o problema acessível em qualquer escala de análise e que as mudanças do uso e da cobertura do solo são geralmente promovidas pela combinação do que denominaram *high-level fundamental causes*: 1) a vulnerabilidade do recurso, definida por sua exposição às perturbações externas, a sua capacidade de reprodução e a sua suscetibilidade às perturbações; 2) a organização social, fruto do acesso aos recursos, da distribuição de renda e da interação rural-urbano; 3) as oportunidades, decorrentes dos preços de mercado, dos custos de produção e de transportes e da tecnologia disponível; 4) das diferentes pressões, geradas pela quantidade do estoque do recurso, pelo número de usuários do mesmo, pela sensibilidade dos recursos e pelas características intrínsecas das unidades produtivas; e 5) das políticas, representadas por taxas, subsídios, direitos de propriedade, governança e infra-estrutura.

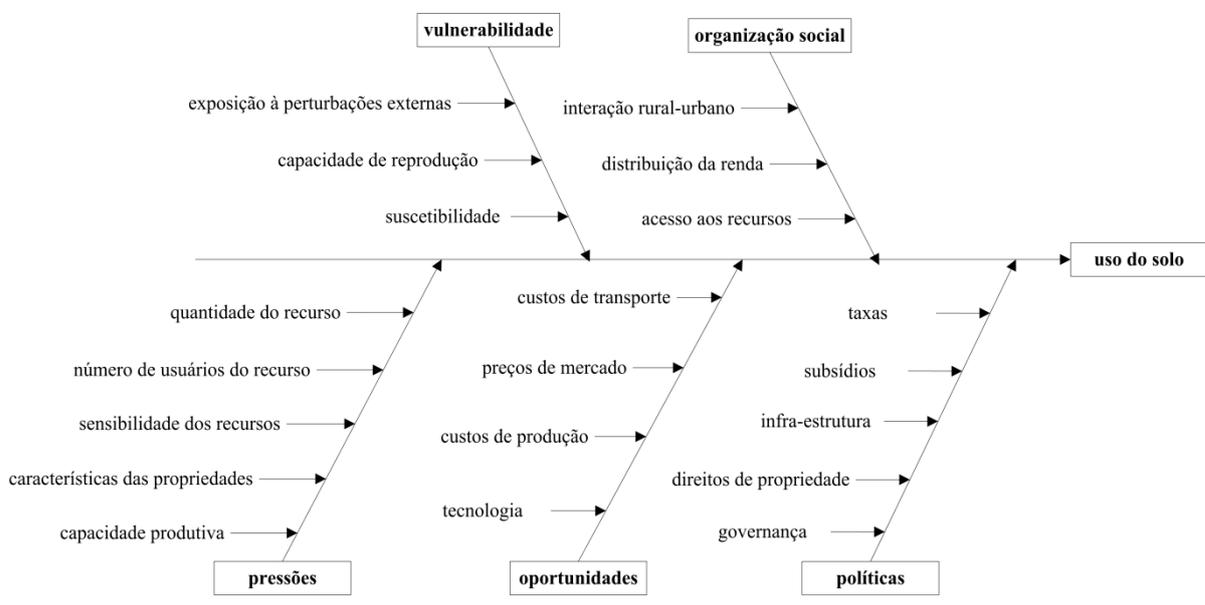


Figura 5 – Causas fundamentais de alto nível das modificações do uso e da cobertura do solo  
 Fonte: elaborado a partir de Lambin, Geist & Lepers (2003).  
 Organização do autor.

Em regiões de florestas tropicais, Lambin *et. al.* (2001) identificaram que as mudanças no uso do solo eram promovidas por uma combinação de fatores que envolvem a escassez

dos recursos aliada a um aumento de pressão por esses recursos; a criação de novas oportunidades de mercado; a intervenções por políticas públicas extrínsecas; a perda da capacidade adaptativa, e a mudanças na organização e nas atitudes sociais. Deve-se observar que algumas destas causas fundamentais da mudança do uso do solo e da sua cobertura são intrínsecas, como a quantidade do recurso e as mudanças na estrutura social da população. Outras, como as alterações nas oportunidades no mercado e intervenções por políticas públicas são, comumente, extrínsecas, mesmo que intensamente mediadas por fatores intrínsecos. Por exemplo, em grande parte dos casos, o consumo interno é menos determinante para as mudanças no uso do solo do que a demanda externa.

As forças motrizes tecnológicas envolvem aquelas forças que podem ser relacionados à tecnologia em grande domínio, incluindo, aspectos materiais, organizacionais e sociais da tecnologia (Hasselmann *et al.*, 2010). Como por exemplo: métodos de produção agrícola, materiais de construção e sistemas infra-estruturais. Neste sentido, não é fácil afirmar se a tecnologia é um aspecto intrínseco ou extrínseco (Briassoulis, 2008) às mudanças do uso e da cobertura do solo. Isso dependerá de diversos aspectos do estudo, como a escala utilizada ou a características da tecnologia específica em análise.

Apesar de apresentado um modelo de causa-efeito, como visto, os sistemas socioambientais são complexos e envolvem múltiplas relações de causa efeito e retroações em ciclos que podem auto-atenuar ou auto-amplificar as mudanças. Portanto, os efeitos das transformações na paisagem tendem a repercutir sobre as próprias causas primárias, secundárias e terciárias das mudanças do uso do solo, alterando assim, o comportamento do próprio sistema.

### 2.2.2 Efeitos das mudanças do uso do solo sobre os ecossistemas e suas retroações

Entender as trocas (*trade-offs*) associadas a o uso do solo requer atenção especial para a escala de análise, já que, as respostas dos ecossistemas a essas alterações apresentam grandes variações no tempo e no espaço. A tendência de aumento de alagamentos e enxurradas em resposta à urbanização, por exemplo, ocorre em escalas de tempo de horas ou dias em áreas relativamente pequenas, enquanto as respostas climáticas às emissões de gases de efeito estufa ocorrem em séculos ou décadas em escalas regional ou global.

As alterações no uso e na cobertura do solo podem inabilitar determinados sistemas biológicos a suprir algumas necessidades imediatas dos seres humanos. Em nível global, quando agregados, esses efeitos podem alterar significativamente o próprio funcionamento do Sistema Terrestre (IPCC, 2001). Esses impactos alteram importantes funções ecossistêmicas, tais como: a provisão de água potável; a regulação climática; o controle de

vetores de doenças; a fertilidade do solo e a diversidade biológica. E seguem, geralmente, diferentes etapas do desenvolvimento econômico regional.

A agropecuária abrange as atividades humanas que demandam a maior porção territorial e as maiores conversões florestais. As áreas de plantio e pastagens ocupam cerca de 40% da superfície do solo livre de gelo do planeta (Asner *et al.*, 2004). O incremento de cerca de 70% na área irrigada e o conseqüente aumento na incidência de salinização dos solos que tem causado a perda de aproximadamente 15 mil km<sup>2</sup> de áreas agricultáveis a cada ano (Gleick, 2003); e de 700% no uso de fertilizantes nas últimas quatro décadas (Carpenter *et al.*, 1998), com degradação da qualidade da água em diversas partes do planeta (Pimm & Raven, 2000), ilustram o que isso representa para os ecossistemas. A agropecuária é apenas um dos muitos fatores promotores das transformações na paisagem. Do mesmo modo que as forças motrizes, os efeitos sobre o meio natural podem ser diretos ou indiretos. Para estruturar essa abordagem, os efeitos das mudanças no uso e na cobertura do solo sobre o meio natural foram agrupados nos seguintes aspectos: recursos hídricos; fauna, flora e biodiversidade; pragas e doenças; e clima. Deve-se observar que, há, geralmente, uma grande variedade de pressões que exercem efeito em diferentes níveis temporais e espaciais e retroagem sobre eles mesmos e/ou outros aspectos do ambiente. Por exemplo, o contínuo despejo de nutrientes na biosfera por intermédio de fertilizantes e poluentes atmosféricos tem impactado significativamente a qualidade da água tanto dos corpos d'água continentais (rios, lagos) como oceânicos (áreas costeiras, estuários) (Carpenter *et al.*, 1998). Como resultado, pode ocorrer perda da disponibilidade hídrica, com redução de oxigênio na água e conseqüente morte de peixes e outras espécies que, promovem aumento de micro-organismos (incluindo tóxicos) que contribuem para o aumento de doenças relacionadas na população humana (Townsend *et al.*, 2003).

Os recursos hídricos são afetados de várias outras formas. As alterações na cobertura do solo afetam a evapotranspiração e, conseqüentemente, a pluviosidade (ciclo hidrológico) em escalas local, regional e global (Zhang, Henderson-Sellers & McGuffie, 2001; Postel, Daily & Ehrlich, 1996). Pode ocorrer uma redução na vazão de rios e alteração dos regimes hidrológicos nas bacias hidrográficas devido à alteração da cobertura natural e à utilização insustentável das águas subterrâneas, com contínua redução desses estoques (Costa, Botta & Cardille, 2003). Além disso, o crescimento populacional aliado à urbanização pode promover degradação da qualidade da água quando não houver adequado saneamento e tratamento de resíduos. A fauna e a flora e, em decorrência, a biodiversidade são afetados pelas mudanças no uso do solo e retroagem sobre os aspectos socioeconômicos de muitas formas. Muitas das práticas humanas de uso do solo e sua cobertura (extração de madeira e produção de carvão e lenha, implantação de novas rodovias, ampliação das áreas urbanas)

podem degradar os ecossistemas florestais em aspectos relacionados à biomassa, produtividade, estrutura, composição e distribuição de espécies, entre outros.

A retirada da cobertura vegetal promove o aumento dos processos erosivos no solo e gera redução significativa de nutrientes e da fertilidade (Trimble & Crosson, 2000); o aumento da ocorrência de bio-invasão (Mooney & Hobbs, 2000), e mudanças nas práticas agrícolas alteram as dinâmicas de nutrientes e, conseqüentemente, da regeneração florestal (Moran & Ostrom, 2005). Promove, igualmente, uma grande e diversificada fragmentação dos habitats, um processo no qual a alteração de um habitat contínuo resulta em porções territoriais mais ou menos isolados. A redução de área resultante é desfavorável a determinadas espécies, levando a uma redução das taxas de sobrevivência e reprodução.

São muitas as causas apontadas para a fragmentação de ecossistemas que variam de acordo com o tempo e com a situação geográfica (Cerqueira *et al.*, 2003). Os efeitos da fragmentação sobre a dinâmica dos fragmentos florestais dependem do tamanho, da forma, do grau de isolamento, do tipo de vizinhança e do histórico de perturbações entre outros. O processo de fragmentação introduz novos aspectos na história evolutiva das populações (fauna e flora) que repercutem de forma diferenciada nas taxas de mortalidade e natalidade de distintas espécies alterando significativamente as dinâmicas dos ecossistemas afetados (Harris, 1984; Laurance & Bierregard, 1997). Novos conhecimentos quanto à dinâmica de ecossistemas fragmentados ainda não supriram a carência de estudos sobre seu uso na formulação de estratégias para a conservação da biodiversidade. Esses fragmentos são sistemas abertos, geralmente, em grande interação com as áreas do entorno. As repercussões sobre o ecossistema envolvem ainda impactos sobre as espécies-chave (Curran *et al.*, 2003; Higgins, Lavorel & Revilla, 2003), com profundas conseqüências para as populações e, portanto, para o equilibrado funcionamento dos ecossistemas. O declínio da biodiversidade pode decorrer também pela intensa exploração (a caça, a pesca, e a extração vegetal) de espécies nativas (Pimm & Raven, 2000).

As mudanças no uso do solo podem afetar os ecossistemas diretamente ou indiretamente, incluindo as ocorridas por meio de retroações. Por exemplo, a perda de habitats pode causar a redução ou eliminação de agentes polinizadores (efeito direto), especialmente, abelhas (Kremen & Williams, 2002), o que pode afetar a produção agrícola (efeito indireto) e, por conseguinte, o abandono do uso (efeito indireto), o que pode promover a transição florestal (efeito indireto) (Rudel *et al.*, 2005). A transição florestal ocorre quando há mudança do decréscimo da área florestada para o crescimento da mesma, ou seja, quando há recuperação das áreas florestadas anteriormente suprimidas, seja pela regeneração ou pela recuperação (Gunderson, 2000). Com o crescimento da floresta secundária, pode haver aumento dos agentes polinizadores, incluindo, abelhas (retroação). Outros efeitos indiretos podem ocorrer (Nepstad *et al.*, 1999), tais como: o

aumento na incidência de pragas; aumentando a incidência de incêndios e a suscetibilidade da vegetação aos mesmos; e alterando as condições meteorológicas locais. Em relação ao homem, o equilíbrio ambiental provê o adequado controle dos vetores de pragas e doenças, porém, o desmatamento e conseqüente fragmentação dos ecossistemas têm facilitado o aumento das mesmas (Rose *et al.*, 2001), pois aumentam o contato entre homem, culturas agrícolas, animais de criação e outras espécies endêmicas da fauna e da flora.

Um importante fator ambiental influenciado pelas alterações na paisagem, com grande capacidade de ação como força motriz de outras mudanças no uso do solo e da sua cobertura, é o clima. O desmatamento causa emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera e reduz a capacidade ambiental de seqüestro do mesmo, contribuindo para o aquecimento global (Houghton *et al.*, 2000). Em nível regional, a modificação da cobertura do solo altera as trocas de energia entre a superfície e a atmosfera com efeitos sobre o microclima (Pielke *et al.*, 2002). Em nível local, a urbanização de extensas áreas tende a produzir ilhas de calor, entre outros. Em sistemas dinâmicos complexos, como na paisagem, a resposta linear ao uso do solo é incomum, por isso, pequenas alterações no uso do solo podem ter grandes conseqüências para os ecossistemas ou vice-versa, dependendo do grau de uso do solo (DeFries, Foley & Asner, 2004). Mais complexas são as interações não-lineares que ocorrem simultaneamente em escalas temporal e espacial diferentes, ou ainda, que sofrem uma ruptura com a sua história passada, saltando para um novo estado de equilíbrio dinâmico diferente do anterior.

São diversos os estudos sobre retroações do meio biofísico no uso do solo. Exemplos incluem: alterações na precipitação, temperatura e na capacidade de respiração dos solos com conseqüente perda de produtividade (Becker & Grünewald, 2003); efeitos das ilhas de calor sobre a saúde humana (Kalnay & Cai, 2003) e as mudanças climáticas globais, que interagem com a cobertura florestal (Walther *et al.*, 2002), afetando ecossistemas em distintas áreas do planeta.

### 2.2.3 Interações no processo decisório das mudanças do uso e da cobertura do solo

O estudo das causas das transformações na paisagem exige a compreensão de como as decisões sobre o uso do solo são tomadas e como os diversos aspectos sistêmicos interagem em contextos específicos afetando essas decisões. Para isso, precisam levar em consideração as diferentes trocas (*trade-offs*) envolvidas na satisfação imediata dos desejos e das necessidades humanas frente às conseqüências socioambientais indesejadas, baseando-se em valores sociais e no conhecimento ecológico (DeFries, Foley & Asner, 2004). Apesar disso, os tomadores de decisão somente utilizarão as informações das conseqüências indesejadas se estas forem identificadas e quantificadas, mas além da

carência do conhecimento ecológico, pressuposto para avaliar essas trocas, a própria ciência ainda carece de evolução para compreender profundamente essas conseqüências no tempo e no espaço (Figura 6).

A Figura 6 apresenta um diagrama estruturado em três níveis de escala. À direita, evidenciam-se as forças básicas do uso do solo representadas pela população e pelas aspirações humanas. Estas forças motrizes são adaptadas pelos sistemas de decisão, na coluna central. Na parte direita representam-se alguns elementos do sistema natural e o processo de mudanças causadas pelos sistemas de decisão. As aspirações individuais e coletivas são influenciadas pela cultura, pelo clima local e pelos aspectos geográficos. A cultura é, normalmente, altamente influenciada à desigualdade política e econômica, por exemplo, como o posicionamento da mulher na sociedade ou de minorias étnicas (Page *et al.*, 2002), que afeta o acesso aos recursos e o uso do solo. As condições ambientais locais como aspectos climáticos (temperatura, regime de chuvas) e geográficos (localização, altitude) e o contexto social afetam a percepção individual sobre a importância relativa de seus desejos e necessidades. Os desejos e necessidades, por sua vez, são influenciados externamente por retroações, principalmente do sistema de micro-decisões que por sua vez, são influenciados por aspectos atmosféricos e por mudanças nos ciclos globais.

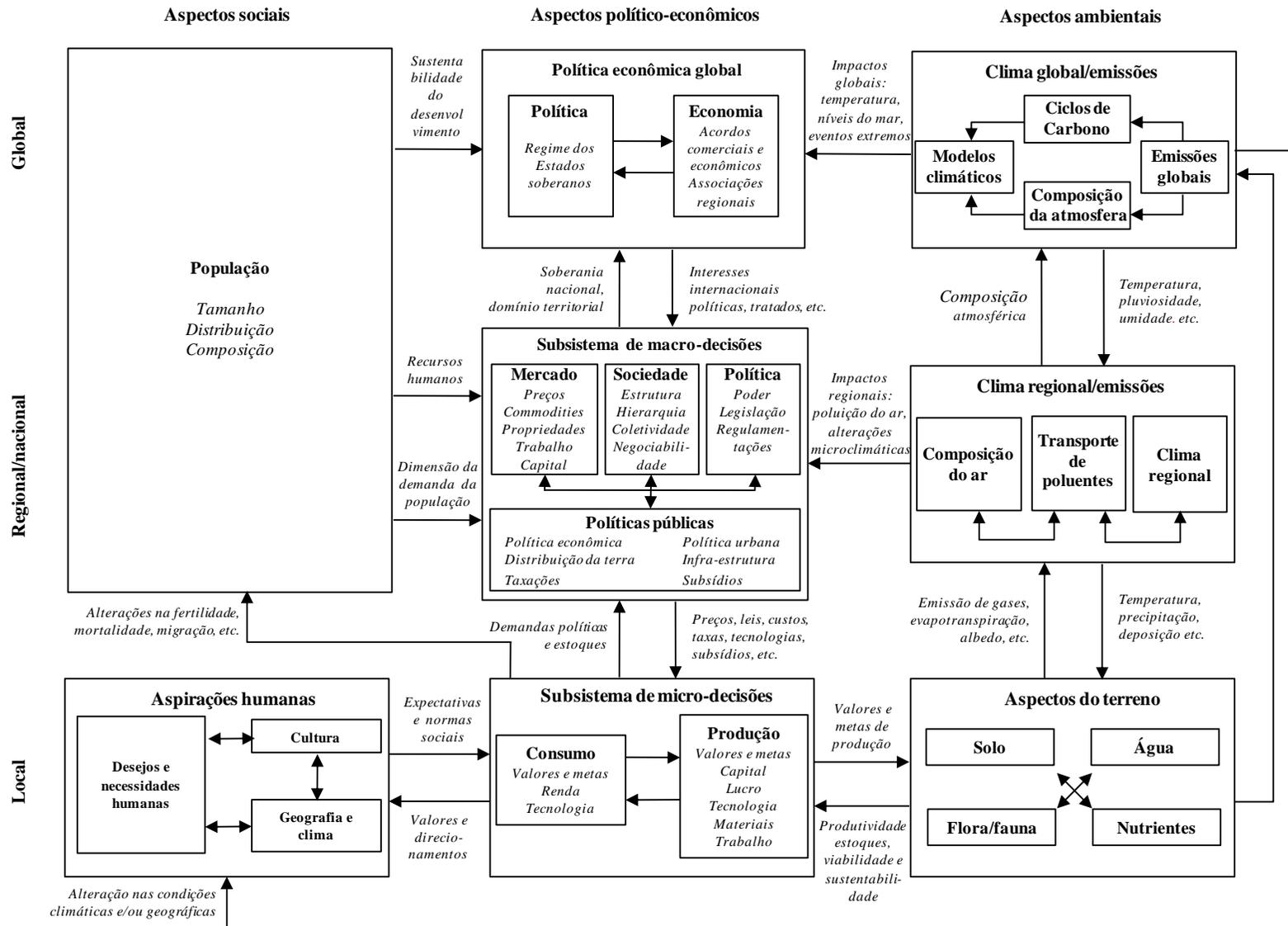


Figura 6: Diagrama das interações no processo decisório das mudanças do uso e da cobertura do solo

Fonte: ampliado a partir de Rayner *et al.* (1994)

\* Organização do autor

O subsistema de micro-decisões representa as menores unidades de tomadas de decisão cujas ações afetam diretamente ou indiretamente o uso e a cobertura do solo. Essas decisões são apenas uma parte do conjunto de decisões. As causas das mudanças no uso do solo podem não ser exclusivamente decisões do subsistema de micro-decisão, pois podem ser produto do subsistema de macro-decisão (Walker *et al.*, 2002). Por exemplo, uma política regional ou nacional pode ocasionar migração e substituição das formas tradicionais de uso e ocupação na região de destino.

Entretanto, estudos sugerem (Angelsen & Kaimowitz, 1999; Agrawal & Yadama, 1997) que em períodos curtos, de até duas décadas, as maiores transformações resultam de ações individuais frente a novas condições econômicas, geralmente mediadas por fatores institucionais. Essas oportunidades são geradas pelo mercado ou por políticas públicas e são significativamente influenciadas por aspectos globais. Por exemplo, o acesso aos mercados é altamente influenciado pelos investimentos públicos em infra-estrutura, que são, muitas vezes, viabilizados pela oferta de financiamento internacional.

O subsistema de macro-decisões descreve duas funções básicas: coordenação das ações das unidades de decisão em nível inferior e comunicação com os demais tomadores de decisão no mesmo nível por meio dos mecanismos institucionais da economia política global. As interações entre a arena econômica (mercados), a arena política (instituições políticas) e a arena social (estruturas sociais e culturais), cada uma representando um mecanismo diferente para a agregação das aspirações humanas em nível local e as políticas públicas vigentes, resultam em alterações das existentes e/ou novas políticas públicas.

Os aspectos que suprem o subsistema de macro-decisões são diversos (Rayner *et al.*, 1994). Preços, interesses, tratados e políticas provenientes do subsistema político-econômico global suprem o subsistema de macro-decisões. Os aspectos atmosférico-climáticos regionais fornecem informações acerca da temperatura, pluviosidade, poluição do ar, entre outras. O subsistema de micro-decisões provê informações sobre a demanda e os estoques e o subsistema de população é a fonte de informações sobre tamanho, distribuição e composição da mão-de-obra efetiva e potencial para a unidade de mercado. O subsistema de macro-decisões fornece informações para o subsistema político-econômico global e informações sobre orientações de políticas públicas para o subsistema de micro-decisões.

A população envolve fatores imprescindíveis para a compreensão dos impactos cumulativos sociais e ambientais provenientes das decisões em níveis inferiores. As principais entradas da unidade população são provenientes do subsistema de micro-decisões que, em muitas sociedades, equivale-se à unidade familiar. Informações sobre o tamanho e outras características da população subsidiam outros subsistemas. Para Lambin

*et al.* (2001), nem a população ou a renda são as principais causas indiretas das mudanças do uso do solo. A confusão advém, devido às correlações existentes em séries temporais, pois esses aspectos estão associados ao desenvolvimento dos ciclos de vida das propriedades, incluindo migração e urbanização.

A migração, em suas várias formas, compreende um dos mais importantes aspectos demográficos causais das mudanças no uso do solo no mundo (Lambin, Geist & Lepers, 2003). Opera como uma importante força motriz sobre outras (diretas ou indiretas), tais como: políticas públicas, mudanças nos padrões de consumo e integração econômica. Além disso, o crescimento das áreas e populações urbanas gera mudanças nas oportunidades de mercado (Geist & Lambin, 2001), promovendo principalmente aumento da demanda por água, produtos agrícolas e de construção, entre outros.

A política econômica global influencia ambos os subsistemas de decisões, ou seja, em nível local e regional (nacional). O clima e a composição atmosférica regional é uma unidade formada por três subgrupos que executam duas funções principais: transferir informações dos modelos gerais de circulação atmosférica, associada com os aspectos do solo e sua cobertura, para a compreensão do micro-clima regional; e descrever a composição e o transporte dos poluentes no ar, que decorrem das alterações no uso e na cobertura do solo.

Os aspectos do solo e da sua cobertura referem-se aos campos de conhecimentos suficientes para avaliar a viabilidade e a sustentabilidade das alterações de uso e cobertura do solo. As principais influências externas à unidade são provenientes dos subsistemas de micro-decisões e clima regional e emissões. Informações sobre sistema de transportes, moradia, agricultura, incluindo práticas de produção como o uso de inseticidas e fertilizantes, entre outras, são fornecidas pelo subsistema de micro-decisões.

### 2.3 O USO SUSTENTÁVEL DO SOLO E DA SUA COBERTURA: PROCESSOS, AVALIAÇÃO E PERSPECTIVAS

A sustentabilidade do uso e ocupação do espaço pelas populações humanas tornou-se um dos principais aspectos capazes de alterar o grande e contínuo consumo e desperdício de recursos naturais. Mas, pensar a sustentabilidade das mudanças do uso do solo e sua cobertura exige atenção para um dilema fundamental. Por um lado, uma grande parte das práticas de uso do solo é essencial para as populações humanas, pois provêm os recursos e serviços ambientais cruciais, como abrigo, água potável, fibras e alimentos. Por outro, diversas formas de uso do solo estão degradando intensamente esses ecossistemas e serviços dos quais dependemos. A degradação dos solos, a erosão, a perda da capacidade do solo de retenção de água, a perda de biomassa, a perda de biodiversidade, a perda de fertilidade e a contaminação dos solos, e a poluição dos recursos

hídricos são algumas repercussões desse padrão. Ou seja, estão sendo comprometidos a biota e os serviços ecossistêmicos, o bem-estar humano e sua sustentabilidade em longo prazo.

### 2.3.1 A sustentabilidade e o uso do solo

Pode-se entender que no uso sustentável do solo e da sua cobertura, o processo de utilização dos recursos e serviços ambientais de determinada paisagem mantém as taxas de consumo dos recursos naturais abaixo das taxas de regeneração ou recuperação dos mesmos, ou aquele que promove a efetivação de paisagens sustentáveis. Ou seja, paisagens nas quais as taxas de desflorestamento são baixas, ou que não há perdas dos seus estoques, ou que haja expansão da cobertura florestal, e nas quais ocorrem múltiplos processos institucionais que aumentam a propensão de preservação das estruturas, composição e processos dos ecossistemas (Bray *et al.*, 2004). Ou, de acordo com Potschin & Haines-Young (2006), uma paisagem em que a provisão dos bens e serviços é mantida, e a capacidade desses sistemas para disponibilizá-los às futuras gerações não é prejudicada, e os seus benefícios são acessíveis em termos monetários e não-monetários. Ou ainda, pode ser entendida como a proposta de Graymore, Sipe e Rickson (2008), para quem, a sustentabilidade de um espaço regional requer que a população abrangida pelos limites do sistema de suporte da região (social, econômico e ecossistêmico), assegure a distribuição equitativa dos recursos e oportunidades para esta e para as futuras gerações na região. Não é um objetivo fácil, mas a grande evolução das discussões sobre a sustentabilidade permite acreditar na possibilidade de sua concretização.

Atualmente, boas oportunidades se apresentam para a implantação de uma gestão mais ampla e intensiva sobre as áreas urbanas e rurais colonizadas pelo homem que seja capaz de minimizar o consumo de recursos e a perda de serviços ambientais (Haberl & Schandl, 1999). Mas, a sustentabilidade do uso do solo exige o desenvolvimento de uma estratégia coesiva e multidimensional (Giaoutzi & Nijkamp, 1993) que possa ser implantada e cujos resultados possam ser acompanhados. Além disso, é necessário observar que diferentes ambientes requerem diferentes soluções para que seus sistemas de uso do solo sejam socioambientalmente sustentáveis. Para cumprir essa função, é fundamental que o processo de uso do solo e de sua cobertura entre outros, se adéqüe às redes de populações, contenha de alguma forma, o crescimento contínuo das áreas urbanas e agropecuárias, promova uma exploração sustentável dos recursos renováveis com suporte do desenvolvimento tecnológico, gerando maior harmonia socioambiental, a manutenção da

biodiversidade, a melhoria da qualidade ambiental em geral e a garantia do suprimento das necessidades das futuras gerações.

De maneira geral, há consenso que, para se conquistar a sustentabilidade, o planejamento do uso do solo deve ser realizado a partir das características geomorfológicas e ecológicas da superfície em questão. Um planejamento do uso do solo baseado em princípios ecológicos (*ecological landscape design*) pode promover uma convergência entre o desenho urbano e regional e a ecologia, gerando grandes oportunidades para a proteção dos ecossistemas por intermédio de uma simbiose entre cultura e natureza (Forman, 2002). Um bom exemplo é a identificação das redes ecológicas para subsidiar o planejamento do uso do espaço.

Uma rede ecológica consiste na interação de três tipologias de espaços que possibilitam a migração ou o deslocamento provisório de determinadas espécies (Lier, 1998): os núcleos de convergência, as regiões de desenvolvimento da natureza e as zonas de conexão. Geralmente, definidas por aspectos como: as metapopulações, as espécies-chave e indicadoras, a conectividade, os corpos d'água, e os núcleos ecológicos, entre outros. Os núcleos (*core regions*) são espaços naturais onde existem determinados aspectos ecológicos de grande relevância internacional ou nacional. As regiões de desenvolvimento da natureza são áreas que oferecem boas oportunidades para a melhoria da qualidade de ecossistemas que podem vir a se tornar de grande relevância. Exemplos são: o desenvolvimento de áreas naturais entre áreas agropecuárias e entre estas e áreas urbanas; e o reflorestamento de áreas degradadas; entre outros. Por fim, as zonas de conexão (*connecting zones*) permitem o deslocamento de diversas espécies entre os núcleos e as regiões de desenvolvimento da natureza, ampliando a capacidade de provisão das necessidades de diversas espécies, repercutindo também positivamente sobre outras, inclusive da flora.

A conexão principal entre as áreas naturais prioritárias podem ser constituídas como corredores ecológicos com extensões suficientes e com diversidade de solos, altitudes coberturas, corpos d'água, e outros (Ewel, 1999). Esses espaços costumam ser mais eficazes quando desenvolvidos sobre cursos d'água pré-existentes, áreas alagadas, montanhas e outros elementos da paisagem. As conexões menores desenvolvem-se principalmente ao longo de pequenos cursos d'água e de pequenas estradas e trilhas rurais e criam uma interconexão com e entre outras áreas naturais menores, mas não menos importantes.

Apesar da evidente importância de uma abordagem ecológica, não se pode restringir o planejamento do uso do solo e da sua cobertura somente às características geológicas. As pesquisas mostram que, tanto o estudo das causas, como das soluções dos problemas,

exigem uma abordagem sistêmica integrada dessas duas dimensões. Assim, os aspectos relevantes para as demandas materiais e econômicas da população, como, a equidade, as necessidades espirituais dos indivíduos, e seus desejos e aspirações, devem ser observados (Rosenzweig, 2003). Para dar conta da desta complexidade, integrante de um sistema maior que envolve as relações entre a natureza e a sociedade moderna, a superação do abismo entre as ciências naturais e as ciências sociais e humanas, é imprescindível.

Para isso, será necessário dar um salto, do reducionismo disciplinar e do pensamento linear dominantes, para o pensamento e a ação sistêmicos, reunindo conhecimentos de diversas ciências e produzindo novos voltados para este fim. Um período de transição da era industrial para uma era da informação global, na qual, a severa crise socioeconômica, cultural e ecológica da civilização humana terá pouco tempo para decidir se transcende à sustentabilidade, ou não. Uma verdadeira revolução ecológica, socioeconômica, cultural e tecnológica que poderá conduzir a humanidade a um futuro distinto. Nesta grande revolução, será necessário o uso intensivo do potencial científico e tecnológico. De acordo com Naveh (2007), o salto que deverá ser dado é o da idade do combustível fóssil para a idade solar, com a consolidação de uma nova economia, baseada no ilimitado poder do sol como fonte de combustível não-poluente e totalmente renovável. Isto requereria um uso mais sábio e eficiente dos recursos por intermédio da reciclagem e da conseqüente redução dos fluxos de matéria e energia e seus efeitos nocivos à saúde do homem e do solo e sua cobertura. Além disso, como em um processo evolucionário (cultural), esses deveriam ser acompanhados da adoção de um estilo de vida mais sustentável.

Diversos aspectos estão relacionados a essas mudanças merecem ser observados para a gestão pública (Warner & Molotch, 2000): primeiro, o esforço local para o desenvolvimento de um uso do solo que conduza a sustentabilidade da paisagem podem ajudar na redução de problemas de regulação por intermédio da integração de diferentes interesses sobre a qualidade do ar e da água e a conservação dos recursos em geral; segundo, os processos de tomadas de decisão estão, cada vez mais, incorporando a noção de sustentabilidade; terceiro, a justiça ambiental se tornou uma questão mais evidente; e quarto, o conceito de sustentabilidade se integrou à política global, demandando dos outros níveis de gestão, uma adequação em suas práticas.

A questão fundamental é como minimizar os impactos ambientais negativos do uso do solo e da sua cobertura, restaurar outros espaços naturais relevantes e, ao mesmo tempo, manter uma grande parte dos benefícios socioeconômicos conquistados. É neste contexto que muitos consideram aceitável uma gestão adaptativa do uso do espaço (Röling, 1997), que envolva um contínuo monitoramento dos aspectos ambientais para subsidiar alterações

de curso nas estratégias territoriais. Em geral, há uma busca pelas denominadas soluções ganha-ganha (*win-win solutions*) (Turner *et al.*, 2003; Gunderson & Holling, 2002) que visam uma relação homem-ambiente que promova o bem-estar das populações e, ao mesmo tempo, seja capaz de minimizar as perdas para o funcionamento do sistema terrestre. Para o sistema do uso do solo, estas soluções precisam estar propostas já no desenho (Turner & Robbins, 2008), de forma a gerar uma configuração em magnitude e padrões de uso do solo e da sua cobertura que sustentem tanto a qualidade dos sistemas ecológicos como dos sistemas social e econômico em uma escala que permita seu estudo em níveis local a global. Especificamente, nas regiões rurais de exploração intensiva (agropecuária, mineração, extração madeireira, recreação e turismo), o desafio consiste em promover soluções que garantam os objetivos de proteção e de recuperação dos espaços naturais ao mesmo tempo em que mantém e/ou cria condições para que as atividades econômicas permaneçam viáveis.

São diversas as propostas para um adequado processo de desenho do uso sustentável do solo (Hoppe, Rickson & Burch, 2008; Opdam, Steingröver & Rooij, 2006; Godschalk, 2004). Recentemente, Lovell & Johnston (2009) propuseram um processo para o desenho de paisagens multifuncionais guiado por princípios ecológicos contendo as seguintes etapas básicas: 1) definição da área de atuação do projeto e do contexto da paisagem em questão; 2) análise das estruturas e funções da área; 3) desenvolvimento de um plano estratégico utilizando uma abordagem de ecossistemas; 4) desenvolvimento das funções ecológicas das áreas determinadas; e 5) monitoria das funções ecológicas. Para os autores, esta abordagem encorajaria a exploração de soluções multifuncionais para atender as necessidades das populações de porções territoriais em diferentes partes do mundo.

Entretanto, são escassos os casos apresentados na literatura que indiquem um resultado mais consistente. Em um estudo sobre o desmatamento na região de Quintana Roo, México, Bray *et al.* (2004) identificaram que um processo de reforma agrária sobre florestas públicas voltada a exploração de produtos florestais e inovações como a instituição do manejo florestal promoveram a redução significativa das taxas de desmatamento, aliados a outros processos que geraram um uso sustentável do solo. O que se evidencia atualmente é uma adaptação que não atende as reais necessidades da sustentabilidade em si. Todavia, é evidente o avanço em busca de estratégias mais adequadas.

### 2.3.2 O uso sustentável do solo e da sua cobertura: considerações e direcionamentos

Durante a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (*United Nations Conference on Environment and Development - UNCED*, 1992) ocorrida no

Rio de Janeiro em 1992, foi incluído na Agenda 21, a necessidade da adoção de indicadores de sustentabilidade para se avaliar o desenvolvimento nos países, o que promoveu, em pouco tempo, um significativo aumento no uso desses instrumentos (Moldan, Billharz & Matravers, 1997). Indicadores possuem três funções principais (Bossel, 1996): simplificação, quantificação e comunicação.

A busca por uma melhoria na eficiência das estratégias de desenvolvimento socioambientalmente sustentável pode ser necessário utilizar a modelagem das dinâmicas do espaço em questão em altas escalas espaciais, pois é nesta escala da paisagem que os ecossistemas funcionam e que as atividades humanas atingem um maior grau de interação (Coelho *et al.*, 2006; Forman, 1995). Cabe ressaltar, que para o desenvolvimento, a sustentabilidade regional é um fator-chave que deve ser avaliado por meio de indicadores estabelecidos por critérios científicos, geralmente, de capacidade suporte ou exploração sustentável (Röling, 1997). Apesar disso, os indicadores mais populares de sustentabilidade ambiental, quando aplicados ao uso do solo e da sua cobertura ainda apresentam distorções e lacunas que podem comprometer o entendimento dos processos ecossistêmicos e, desta forma, conduzir os gestores do espaço a equívocos. Como ocorre com a Pegada Ecológica (*Ecological Footprint*), a Avaliação do Bem-Estar (*Wellbeing Assessment*) e a Saúde do Ecossistema (*Ecosystem Health*).

A Pegada Ecológica é um indicador intimamente relacionado aos fluxos de matéria e energia para o uso do solo. Ele apresenta um indicador de sustentabilidade simples que busca representar a quantidade de área territorial necessária para suportar determinada sociedade em termos de suprimentos de alimentos, produtos florestais, moradia, infraestrutura e assimilar os poluentes derivados do consumo que são comparados com a área ecologicamente produtiva disponível (Wackernagel & Rees, 1997). Em geral, este indicador é utilizado para avaliar a sustentabilidade do consumo da região. Seu uso pode estimular o debate público, construir uma compreensão comum e tornar o desafio da sustentabilidade mais claro para os gestores públicos. Apesar disso, a Pegada Ecológica possui muitos críticos. São diversos os entraves apontados para uma efetiva funcionalidade deste indicador para o planejamento e gestão do espaço regional, especificamente quanto ao uso do solo e da sua cobertura (Palmer, 1999). Na pegada ecológica, grande parte dos aspectos primários relacionados à sustentabilidade não está presente, permitindo que este indique a sustentabilidade de somente uma parte do sistema total, subestimando a área necessária para dar suporte ao consumo população e seus dejetos, um problema comum dos indicadores simples.

A Avaliação do Bem-Estar foi desenvolvida pelo *World Conservation Union* para prover um índice agregado da qualidade dos sistemas humano e ecológico que pudesse ser

utilizado em diversas escalas espaciais (Haberl & Schandl, 1999). Utiliza-se de uma abordagem de sistemas com 115 indicadores distintos de aspectos relacionados a diversas dimensões da sustentabilidade a partir de um método de agregação por critério de desempenho. Para Graymore, Sipe & Rickson (2008) este é o mais efetivo método para se avaliar a sustentabilidade regional, principalmente por sua abordagem holística, envolvendo aspectos ambientais, econômicos e sociais, incluindo a equidade com relação à população do espaço definido, sendo assim, mais relevante para as populações locais do que em outros métodos. Por outro lado, pode-se afirmar que este método é apenas parcialmente efetivo para o estudo do uso do solo e da sua cobertura, já que, a carência de dados para uma grande quantidade de indicadores e a insuficiência de alguns indicadores de pressão sobre os ecossistemas. Todavia, a agregação de outro método complementar para este fim, pode vir a solucionar esta pendência.

A avaliação da Saúde dos Ecossistemas mensura as condições e as trocas nos ecossistemas para compor um indicador que expressa a saúde do ecossistema, composto por cinco elementos: solo, ar, águas (continentais, costeiras e marinhas) e serviços ambientais. Embora seus quase noventa indicadores, assim como nos outros métodos, este é parcialmente efetivo para a análise em escala regional, pois não se incorporam todos os critérios de sustentabilidade necessários, especialmente as pressões sobre os ecossistemas. Além disso, o método não possui um uso e uma comunicação eficientes (Bergh & Verbruggen, 1999).

A necessidade do desenvolvimento de um indicador (comparável) para a monitoria da sustentabilidade do desenvolvimento regional, especificamente, ao uso do solo e da sua cobertura não encontra respaldo satisfatório nos indicadores de sustentabilidade mais populares. Pode-se concluir que a sustentabilidade nessas escalas espaciais ainda não foi suficientemente discutida. Embora um método de abordagem sistêmica possa produzir resultados mais confiáveis, muitas vezes, incluindo as interações e as trocas entre as diferentes dimensões da sustentabilidade, este não é atrativo para os gestores regionais, pois há grande quantidade de variáveis envolvidas, demandando mais tempo e custos.

O desafio de uma melhor compreensão das conseqüências e das retroações ecossistêmicas das mudanças do uso e da cobertura do solo inclui a identificação das inter-relações entre os processos ecossistêmicos e a biodiversidade e dos limites além dos quais, há grande perda de serviços ecossistêmicos (Carpenter *et al.*, 2001). Esses desafios exigem um maior entendimento do dinâmico e complexo sistema integral da região.

Frente à tendência de aumento da população nas próximas décadas e das conseqüentes pressões pela provisão de bens e serviços para atendimento às suas necessidades e desejos, tem-se pouca dúvida que as mudanças do uso e da cobertura do

solo ainda continuarão, nesse período, a transformar as paisagens em todo o planeta. Neste sentido DeFries, Foley & Asner, (2004) sugeriram que a compreensão e a quantificação das trocas (trade-offs) envolvidas nesses processos são, atualmente, o maior desafio da comunidade científica.

Apesar do progresso recente dos modelos de simulação, pode-se sugerir que estes devem incorporar mais aspectos do uso e da cobertura do solo, de forma a desenvolver uma nova geração de modelos que incorporem as diversas escalas temporais e espaciais; utilizar técnicas que quantifiquem os efeitos de vizinhança relacionados em dinâmicas temporais; e aumentar os níveis de integração multidisciplinar. Além disso, Bürgi, Hersperger & Schneeberger (2004) apontaram que os estudos devem enfrentar: a análise dos processos, e não somente os padrões espaciais, incluindo a utilização de abordagens históricas para potencializar a análise; a extrapolação dos resultados no tempo e no espaço; a combinação de dados de diferentes qualidades; e a incorporação da cultura como uma força motriz das mudanças no uso do solo e da cobertura.

Muitas são as questões ainda sem resposta sobre as inter-relações econômico-ecológicas para uma efetiva compreensão dos fluxos socioambientais. Primeiro, é necessário uma melhor incorporação das interações dinâmicas entre o meio natural e o homem em modelos integradores dos aspectos relacionados à sustentabilidade. Precisa ainda ser determinada a resiliência dos sistemas socioambientais em distintos espaços, com diferentes tipos de ecossistemas e estilos de vida humana. Assim, poder-se-ia definir esses limites e fornecer um sistema efetivo de alarme das condições socioambientais críticas, além das quais, haveria significativo aumento dos níveis de risco de degradação grave (Mota & Gazoni, 2010b). Até que esses desafios sejam superados, as intervenções para o desenvolvimento regional poderão ser realizadas sob tomadas de decisão equivocadas.

Além desses aspectos, os estudos podem concentrar-se em esclarecer de que formas as interações entre a sociedade e a natureza de determinado espaço estão sendo alteradas com o tempo e como isto é significativo para a questão da sustentabilidade (Ostrom, 2008). As instituições igualmente devem ser projetadas para permitir a adaptação. Regras fixas são propensas a falhar, pois são estabelecidas sobre o atual estado do conhecimento. Sobre isto, Dietz, Ostrom & Stern (2003) apresentaram alguns princípios gerais para instituições de governança de recursos localizados: 1) a deliberação analítica, um diálogo bem-estruturado envolvendo cientistas, usuários dos recursos e interessados públicos; 2) a informação e a confiança, no qual é essencial o entrosamento, arranjos complexos; e 3) a variedade institucional. Neste sentido, os instrumentos de gestão, tanto de mercado como de comando e controle, deveriam ser analisados quanto a suas efetivas capacidades de promover o aumento desta capacidade da sociedade em dirigir o desenvolvimento à sustentabilidade.

Entretanto, estes desafios ainda estão longe de concretização na maioria dos países, visto a contínua perda de cobertura florestal em muitas partes do planeta, em especial, nos países em desenvolvimento e nos ainda subdesenvolvidos. Somente no Bioma Amazônia no Brasil, que detém a maior floresta tropical existente, onde foram perdidas vastas porções de florestas nativas (INPE/PRODES, 2003-2008), somente nos últimos seis anos. Mas a melhor compreensão deste processo passa obrigatoriamente pelo conhecimento das características ambientais e sociais e político-econômicas regionais.

### 3 O BIOMA AMAZÔNIA: EVOLUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

Para compreender o contexto na qual ocorre o desmatamento regional, é fundamental conhecer os principais aspectos determinantes desta situação. A evolução do espaço físico da Amazônia se deu por diversas alterações geológicas, hidrográficas, climatológicas e biológicas ocorridas durante milhões de anos. A porção territorial que hoje se entende como o continente da América do Sul, que havia se separado há dezenas de milhões de anos da porção do continente africano, se uniu fisicamente, há quatro milhões de anos, ao continente norte americano. Até esse encontro, a pressão exercida pela placa tectônica de Nazca, abaixo da placa continental da América do Sul, promoveu a constituição da Cordilheira dos Andes, gerando uma grande bacia sedimentar entre essa cordilheira e o escudo das Guianas. Além disso, a união dos dois blocos permitiu a invasão de espécies animais e vegetais de diversas ordens, gerando significativas modificações, principalmente na fauna, presente na superfície continental até então (PNUMA & OCTA, 2008). Esses processos evolutivos somados a não mais de 60 anos de uma exploração mais efetiva da sociedade humana moderna, definiram as atuais características ambientais regionais.

#### 3.2 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

A superfície amazônica é, em grande parte, coberta por florestas densas e abertas, mas, também abriga uma diversidade de outros ecossistemas, como florestas de igapó, várzeas, florestas estacionais, campos alagados, savanas e campinaranas (MMA, 2009). Sua delimitação espacial pode ser realizada por diversos critérios, como: ecológicos, hidrográficos e político-administrativos. A conjunção de informações georeferenciadas desses três critérios expõe uma Região Amazônica Continental com 8,19 milhões km<sup>2</sup>, que se estende por nove países da América do Sul: Brasil, Peru, Bolívia, Colômbia, Equador, Venezuela, Guiana, Suriname e Guiana Francesa, associada principalmente às bacias hidrográficas dos rios Amazonas/Solimões e Tocantins, e parte da bacia do rio Orenoco. Entretanto, por critérios político-administrativos, a área da Amazônia Sul-Americana é de 6,5 milhões km<sup>2</sup> (Albagli, 2001) e envolve sete países do continente.

Neste espaço, está incluída a Amazônia Legal, parte sob domínio do Brasil dessa porção territorial, cujo conceito originou-se na Lei nº 1.806, de 6 de janeiro de 1953. Com 5,1 milhões de km<sup>2</sup>, a Amazônia Legal incluiu em seus domínios, além dos seis estados da Região Norte, a porção do Mato Grosso ao norte do paralelo 16° sul, a área do atual estado do Tocantins e a parte do estado do Maranhão à oeste do meridiano 44° oeste. A definição deste recorte geográfico oficial, estabelecido pelas intenções de promoção do desenvolvimento econômico regional, principalmente nas áreas de fronteira agropecuária,

incluindo partes do cerrado, influenciou um grande número de processos de transformação. O próprio conhecimento foi influenciado por este recorte político-administrativo, já que, grande parte das pesquisas sobre o desenvolvimento e sobre o desenvolvimento sustentável regional utilizou esta abordagem espacial.

Entretanto, como delimitações espaciais realizadas por critérios político-administrativos, podem não ser as mais adequadas a determinados estudos socioambientais, gerando conclusões que, muitas vezes, podem conduzir os tomadores de decisão a erros, adotou-se como a área de estudo, a fim de atender aos objetivos desta tese, a porção da região amazônica definida por critérios ecológicos (biogeográficos) e que se encontra em território brasileiro. Uma das seis tipologias de domínios da natureza no Brasil (Figura 7), o bioma Amazônia abrange uma área de 4,2 milhões de km<sup>2</sup>, 49,3% do território nacional (IBGE, 2005).



Figura 7 – O bioma Amazônia no espaço nacional.  
Fonte: adaptado de IBGE (2005).  
Organização do autor.

As florestas cobrem 3,6 milhões de km<sup>2</sup>, mais de 85% da superfície deste bioma no Brasil, 69 % da área florestada nacional (IBGE, 2005), 30% das florestas tropicais restantes no planeta (FAO, 2007), é a parte mais extensa da maior floresta tropical do mundo, um conjunto de ecossistemas heterogêneos, que incluem áreas de terra firme, rios e áreas alagadas, este território, que protege ainda cerca de um terço das espécies conhecidas (Albagli, 2001). Em seu perímetro, destacam-se 11.248 km de fronteiras internacionais e 1.482 km de costa marítima.

### 3.1.1 Aspectos físicos do bioma Amazônia

Para compreender a realidade do bioma Amazônia no Brasil, incluindo as interferências antrópicas ocorridas nas últimas décadas, é essencial entender os principais aspectos físicos determinantes desta situação. A Amazônia está intimamente relacionada à bacia do rio Amazonas. Com 6,9 milhões de km<sup>2</sup>, a maior rede hidrográfica do mundo, com 15% das águas doces superficiais não congeladas do planeta, dos quais, 3,9 milhões de km<sup>2</sup>, localizados no Brasil (Brasil, 2009b). A Figura 8 destaca a hidrografia e a altimetria na área de estudo.

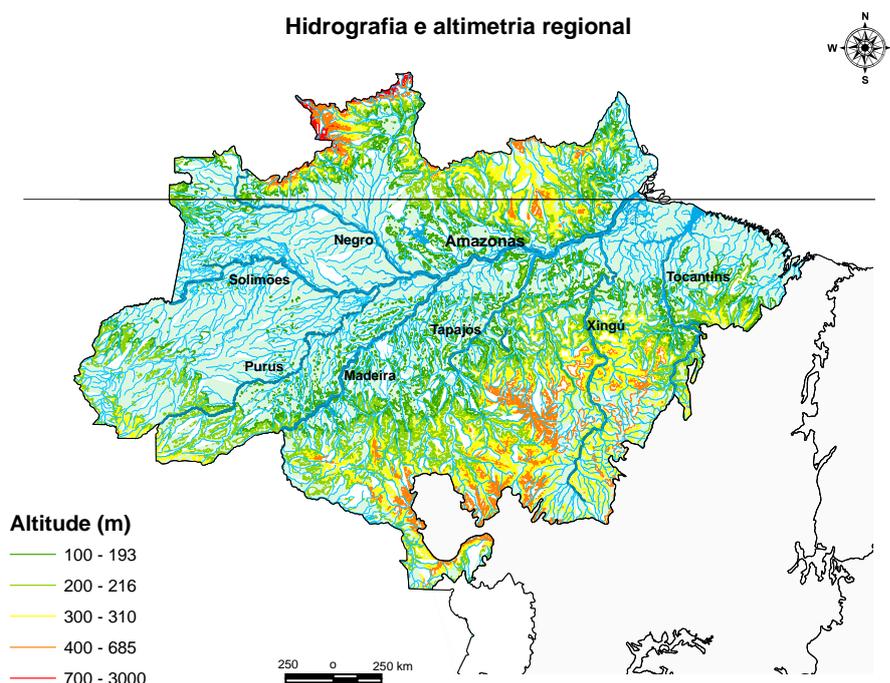


Figura 8 – A hidrografia e a altimetria do Bioma Amazônia  
Fontes: IBGE (2005); MMA & ANA (2003) e IBGE (2002a)  
Organização do autor.

No Brasil, o bioma se sobrepõe, em sua extensão oriental, a parte da bacia do Araguaia-Tocantins; uma pequena porção de rios que demandam o mar do Atlântico ao norte do rio Amazonas (atualmente estado do Amapá), como o Araguari e o Oiapoque; e pequenos rios que demandam o Atlântico ao sul do Amazonas (atuais estados do Pará e do Maranhão), como o Pindaré e o Turiaçu. O rio Amazonas é o eixo da grande bacia sedimentar. A ele se somam: rios andinos, como o Solimões, o Purus e o Madeira (principal contribuinte da vazão); rios do planalto das Guianas, como o Negro; e rios do planalto central, como o Tapajós e o Xingu. Os corpos d'água ocupam em média, 129 mil km<sup>2</sup>, 3,1% do território regional (INPE, 2009) com grandes variações no ano.

Uma característica singular da bacia é seu ciclo de vazante e cheia, marcado pela alternância das estações, nos dois hemisférios, já que, a bacia amazônica se estende por ambos, aspecto que influencia diversos processos bioquímicos regionais. O rio Amazonas descarrega no oceano Atlântico, em média, 220 mil m<sup>3</sup>/s. Na temporada das chuvas, sua vazão atinge 300 mil m<sup>3</sup>/s (Barthem *et al.*, 2004). Os períodos de cheia possibilitam a dispersão de elementos, melhorando as condições de alimentação, principalmente das espécies aquáticas. Nos períodos de seca, a situação se inverte. A redução da vazão dos rios favorece a concentração da ictiofauna, promovendo melhoria alimentar para diversas espécies não aquáticas (PNUMA & OCTA, 2008), incluindo, sociedades humanas.

A maior parte do território do bioma Amazônia encontra-se abaixo dos 100m de altitude, mas seu relevo não é plano (Ab'Sáber, 2005), mas semi-plano ou ondulado nesta parte que se concentra na extensão centro-ocidental da área de estudo e na que envolve às fozes dos rios Amazonas e Tapajós, incluindo a grande ilha do delta (atual Marajó). A média de altitude regional é de 115,3 m, com máxima de 2.993,8 m no Pico da Neblina, no extremo norte da região, no planalto das Guianas (IBGE, 2002a). As áreas mais altas se encontram principalmente na parte centro-sul, sudeste e norte da região. Pode-se identificar um estreitamento da bacia do rio Amazonas, que se estende, ao sul, desde a foz do rio Madeira até a foz do rio Xingu; e, ao norte, desde o rio Negro até as proximidades da foz (norte) do rio Amazonas. Uma área de transição entre o planalto central e o planalto das Guianas.

A evolução da topografia e a hidrografia explicam, em parte, a heterogeneidade e a distribuição espacial das tipologias de solos na região. O solo do bioma é classificado como argilossolo ou latossolo em 59,88% do bioma Amazônia<sup>1</sup> (Embrapa, 2001). São 1.285 km<sup>2</sup> de argilossolos (vermelho e vermelho-amarelo), 30,61% da superfície desse território. Essa classe de solo ocorre principalmente nas áreas altas (terra firme), localizadas no entorno da grande bacia interna, geralmente acima de 300 m, mas há uma significativa porção desse solo abaixo de 100 m no noroeste da bacia do alto Solimões. Os latossolos (amarelo, vermelho e vermelho-amarelo) ocupam 1.229 km<sup>2</sup>, 29,27% do total apresentam-se principalmente, até altitudes próximas a 300 m, uma faixa ao longo do eixo do rio Amazonas com uma largura de cerca de 400 km, mesclando-se a argilossolos nas áreas altas ao norte, no trecho esquerdo da bacia do rio Tocantins e, no extremo sul, no entorno das áreas mais altas do rio Xingu.

Os sedimentos do rio Amazonas formaram todo o seu delta e parte da costa ao norte da foz, formando uma grande cama de gleissolos com 318 mil km<sup>2</sup>, 7,6% da área regional. Alissolos ocupam principalmente a grande bacia sedimentar interna de baixa altitude, entre os rios Madeira e Negro, até o encontro destes com o Solimões-Amazonas, uma área de

---

<sup>1</sup> Estimado pelo autor por intermédio da malha digital na projeção *South America Albers Equal Area Conic*.

221 mil km<sup>2</sup>, 5,25% da superfície do bioma. Outros solos, mais ou menos dispersos, ocupam os outros 1.055 mil km<sup>2</sup> (25,1%) do território e se somam aos 91,7 mil km<sup>2</sup> (2,18%) de corpos d'água no total da superfície regional (Embrapa, 2001). Em geral, esses solos explicam-se também pela grande idade geológica, fator decisivo para suas baixas capacidades para produção de nova biomassa. Com maiores potenciais, os solos de proveniência andina ocupam pouca extensão territorial (IBGE, 2002b) e localizam-se em áreas baixas, sujeitas a grandes volumes de chuvas.

É necessário entender que as modificações geomorfológicas, pedológicas e ecológicas, para serem melhor compreendidas, devem ser analisadas por meio dos processos atmosféricos do presente e do passado. As dinâmicas da atmosfera influenciam as dinâmicas dos outros domínios ambientais, especialmente na litosfera, na hidrosfera e na biosfera, e estas retroagem sobre aquelas, formando um ciclo de transformações interdependentes, realizando trocas constantes de matéria e energia. Na camada mais próxima à superfície, o clima é influenciado pelos elementos do solo e da sua cobertura. A temperatura (na superfície em determinado tempo e lugar) é função (Ayoade, 2007): da quantidade de insolação que incide, da cobertura da superfície, da distância à corpos hídricos, do relevo, dos ventos predominantes e das correntes oceânicas.

De importância para a melhor compreensão da temperatura no ambiente amazônico é que a uniformidade térmica, predominante nas regiões continentais tropicais, é alterada principalmente, pela altitude<sup>2</sup>, pela proximidade à montanhas (barlavento ou sotavento) e pela alta humidade presente nas áreas mais baixas. A alta temperatura regional é revelada pela média histórica (1960-1990) de 26,5 °C, com máxima de 27,6 °C e mínima de 22,7 °C, com baixas variações ( $\sigma = 0,7$ ). A latitude, o relevo, com poucas variações de altitude, e a umidade muito alta, principalmente nas áreas próximas ao mar e nas áreas baixas da bacia amazônica, são os principais fatores explicativos desse padrão (Salati *et al.*, 1983).

As áreas com menores médias de temperatura concentram-se no extremo norte (áreas de maiores altitudes, junto ao planalto das Guianas), no trecho sul-sudeste (sobrepondo-se ao planalto central) e no extremo sudoeste (Alto Purus). Por outro lado, as áreas com as maiores temperaturas estão localizadas entre o planalto central e o litoral, e no trecho mais baixo da grande bacia interna, a partir da foz do rio Purus no rio Solimões até o encontro da bacia principal com o planalto central. Percebe-se ainda, que as intensidades das temperaturas nesses trechos aumentam com a proximidade da latitude a zero. A temperatura está também relacionada à temporalidade, intensidade e distribuição espacial da precipitação na região.

---

<sup>2</sup> Sabe-se, que a temperatura do ar geralmente diminui com a altitude crescente a uma taxa média de 0,6 °C a cada 100 m.

A precipitação pode ser entendida como qualquer deposição de matéria (líquida ou sólida) derivada da atmosfera. Neste trabalho, o termo precipitação será utilizado como sinônimo de precipitação pluvial (chuvas), pois não há presença de neve na região de estudo. Na Amazônia encontram-se os maiores índices de precipitação pluvial do continente americano, cerca de oito mil  $\text{cm}^2/\text{mm}^3$  a barlavento dos Andes, entre o Peru e o Equador. Mais de 80% das chuvas são geradas por sistemas de baixa convecção atmosférica, que são influenciados (Greco *et al.*, 1990): pelos controles diretos da circulação global, pelas influência indireta da cobertura da superfície e pela temperatura nas camadas mais baixas, logo, também devido à latitude, hidrografia, altitude, entre outros.

A sazonalidade do regime de chuvas anual na região é gerada por interações complexas derivadas da circulação atmosférica, a superfície e a incidência de radiação solar (Richey, Nobre e Dessler, 1989). A distribuição espacial das médias mensais de precipitação na Amazônia é apresentada pela Figura 9 (Brasil, 2005). A precipitação média mensal da região é de  $168 \text{ mm}^3/\text{cm}^2$ , com mínima de  $104 \text{ mm}^3/\text{cm}^2$  e máxima de  $272 \text{ mm}^3/\text{cm}^2$  ( $\sigma = 31,9$ ).

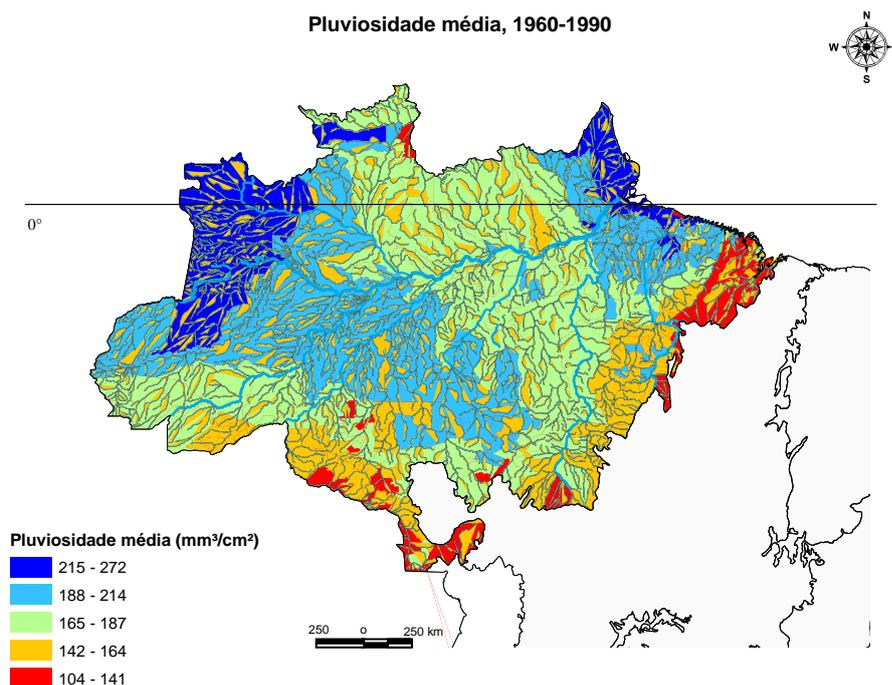


Figura 9 – Distribuição espacial das médias de precipitação na Amazônia ( $\text{mm}^3/\text{cm}^2$ )  
Fontes: IBGE (2005); MMA e ANA (2003); Brasil (2005)  
Organização do autor.

Os maiores volumes anuais de chuva atingem principalmente duas áreas: a área equatorial ocidental, ao norte do rio Solimões; e nas proximidades da foz do rio Amazonas. Estas duas áreas encontram-se próximas à latitude zero e possuem baixas altitudes. Já os

menores volumes, concentram-se no extremo leste, sudeste e sul, devido principalmente à maior altitude e menor umidade nesses espaços. Apesar dessas médias, deve-se observar sua grande sazonalidade. As médias anuais trimestrais de precipitação revelam, em parte, o período de maior precipitação. São 228 mm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup> mensais durante os meses de outubro, novembro e dezembro; 251 mm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup> no período de janeiro a março, 71 mm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup> de abril a junho, e 117 mm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup> em média, por mês, de julho a setembro. Sobre a variação anual da precipitação na bacia do rio Amazonas, Fu, Zhu e Dickinson (1999) identificaram que, na Amazônia equatorial ocidental, as altas temperaturas das áreas mais baixas associadas ao alto volume de evapotranspiração promove um aumento significativo na presença de núcleos de condensação de chuvas, que associados a mudanças na circulação atmosférica, comuns nas mudanças de estações, tornam o ambiente propício para um longo período de chuvas intensas. Apesar de a convecção ser mais freqüente durante o outono, neste trecho do bioma isto também ocorre durante a primavera. Diferentemente, na porção sul da bacia, a atmosfera é bastante estável durante a estação de seca, mas igualmente instável na estação das chuvas.

Os aspectos climáticos, hidrográficos e o relevo e o solo são fundamentais para a melhor compreensão da fauna, da flora e da biodiversidade regional. A existência de uma gama de ecossistemas complexos, com diferentes características e processos (Ferreira e Salati, 2005), permitiram que na região amazônica se desenvolvessem e se tornasse contemporânea, grande parte das espécies conhecidas no planeta. Apesar desta anunciada mega-biodiversidade, grande parte não se conhece, muito já se perdeu, e outra grande parte, encontra-se em risco.

### 3.1.2 A flora, a fauna e a biodiversidade na Amazônia

De um modo geral, os ecossistemas tropicais são mais biodiversos que os temperados e frios de latitudes. Na porção da Amazônia localizada no território brasileiro, são 311 espécies de mamíferos, 72,7% do total registrado no Brasil, aproximadamente 1,3 mil espécies de aves (80,1%), 232 espécies de anfíbios (28,5%) e mais de 1,8 mil espécies de peixes de água doce, e 30 mil espécies de plantas superiores, 54,5% do total já inventariado no Brasil (Lewinsohn, 2005; Brasil, 2004a). Apesar desta significativa biodiversidade, estudos projetam a perda contínua de grande parte das espécies nas próximas décadas (MEA, 2005), devido principalmente à perda da cobertura florestal. A estimativa das áreas de cada grupo de cobertura vegetal pode ser realizada por intermédio das respectivas malhas digitais (Brasil, 2005; IBGE, 2002c) na projeção *South America Albers Equal Area Conic*.

A Figura 10 mostra a cobertura vegetal do bioma Amazônia por tipo predominante. A maior parte da superfície regional encontra-se coberta por floresta ombrófila, densa ou aberta (71,2%). São 1.996 mil km<sup>2</sup> de florestas ombrófilas densas, 47,6% do território, e 990 mil km<sup>2</sup> de florestas ombrófilas abertas, 23,9% do bioma. Há ainda, participação importante de savanas, cerca de 350 mil km<sup>2</sup>, 8,3 % dessa região; campinaranas, 33 mil km<sup>2</sup> (1,8%); floresta estacional, 44 mil km<sup>2</sup> (1,0%); e vegetação com influência marinha, fluvial ou lacustre, com 70,7 mil km<sup>2</sup> (1,7%) na cobertura vegetal do bioma. Além disso, os dados evidenciam uma grande porção territorial já antropizada com 692 mil km<sup>2</sup>, 16,5% da área da Amazônia no Brasil.



Figura 10 – A cobertura vegetal do bioma Amazônia  
 Fonte: adaptado a partir de IBGE (2002c; 2005); MMA e ANA (2003)  
 Organização dos autores.

Em um ambiente heterogêneo, se verificam redutos do cerrado, no Pará e no Amapá, dutos de cerrado em Roraima e áreas de transição, tanto ao sul quanto ao norte do rio Amazonas. Estes são apenas os tipos predominantes no espaço, pois também ocorrem: florestas de igapó, campos alagados, várzeas, entre outros. A topografia, a hidrografia e a dinâmica das cheias são os principais fatores que explicam a distribuição espacial das comunidades vegetais. Onde vivem cerca de 10% do total das espécies de plantas (Tuomisto & Ruokolainen, 1997).

Apesar de não haver consenso sobre o número de indivíduos e espécies totais na Amazônia, alguns estudos permitem melhor entender a escala em questão. Em um estudo

sobre a biodiversidade da flora amazônica, Milliken (1998) inventariou em um hectare de floresta ombrófila densa, na sub-bacia do rio Negro, a 200 km do encontro deste rio com o rio Solimões, a vegetação com caule de pelo menos 10 cm de diâmetro presente. Ele registrou nesta amostra típica de florestas de terra firme da área central da região 645 indivíduos arbóreos, representando 201 espécies, 94 gêneros e 34 famílias; 17 cipós, com 13 gêneros, 8 famílias e um estrangulador.

Em outro trabalho relevante, Hubbell *et al.* (2008) aplicaram a série logarítmica de Fisher para estimar o número de árvores e suas espécies na porção brasileira da bacia amazônica. Os autores concluíram que este espaço continha 11,2 mil espécies de árvores, destas, 3,2 mil contavam com pelo menos um bilhão de indivíduos com pelo menos 10 cm de diâmetro cada. Utilizando os resultados de 100 simulações, os autores sugeriram que as taxas de extinção de espécies nas próximas décadas ficariam entre 20%, em um cenário otimista, e 33% em um cenário pessimista, excluídos os possíveis efeitos do aquecimento global. Assim como ocorre com relação à flora, ainda há muitas lacunas no conhecimento sobre a fauna amazônica (Paglia, Fonseca, & Cardoso da Silva, 2008). A Amazônia conta, com pelo menos 2.116 espécies da fauna, 61,1% das espécies registradas na fauna brasileira. São 311 mamíferos, 1.300 aves, 273 répteis e 232 anfíbios.

Os centros de endemismo na Amazônia foram relacionados por Bush (1994) aos refúgios florestais existentes em períodos mais secos no passado, e a biodiversidade com os resfriamentos periódicos do pleistoceno. Foi identificado um padrão semelhante na fauna, em níveis taxonômicos mais altos, arrojado tanto a fatores físicos, como a capacidade das espécies de ocupar e se adaptar as condições adversas do meio ambiente. De maneira geral, concorda-se que as elucidações sobre a biodiversidade e os padrões distributivos das espécies da fauna da Amazônia, baseiam-se em diferentes aspectos, como os climáticos e históricos, e nas diferenças geológicas e geomorfológicas para a heterogeneidade espacial, que causaram alta disparidade no que se refere a sistemas de drenagem e a qualidade do solo, responsáveis pelas diferenças na composição e estrutura dos ecossistemas. Já foram identificados mais de 104 sistemas e 224 subsistemas ecológicos na Amazônia (Ferreira e Salati, 2005), reforçando a importância de paisagens com características físicas abióticas relacionadas a condições hidrológicas excepcionais. Assim, é importante se observar as diferentes ecorregiões da Amazônia; por exemplo, a distribuição espacial das espécies da fauna na Amazônia é delimitada, na maior parte dos casos, pelos cursos dos rios; e utilizar critérios específicos quando estas apresentarem diferenças significativas entre si.

No Brasil, o Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção (Machado, Drummond & Paglia, 2008), executado sob a coordenação técnica da Fundação Biodiversitas, reuniu informações sobre as 627 espécies atualmente reconhecidas como

ameaçadas de extinção pelo governo brasileiro. Os níveis de ameaça utilizados para classificar o risco de extinção foram: extinta (EX), extinta na natureza (EW), criticamente em perigo (CR), em perigo (EN), vulnerável (VU) e não ameaçada (LC), além das deficientes em dados. Aquelas consideradas criticamente em perigo (CR) correm risco extremamente alto de extinção na natureza em futuro imediato; as em perigo (EN) correm risco muito alto de extinção na natureza em futuro próximo; e as vulneráveis (VU) correm risco alto de extinção na natureza em médio prazo.

Nesse estudo, Paglia, Fonseca & Cardoso da Silva (2008) identificaram que no bioma Amazônia, das pelo menos 2.116 espécies da fauna conhecidas, entre mamíferos, aves, répteis e anfíbios, 56 encontram-se ameaçadas de extinção, além de uma espécie já extinta. Nove espécies estão criticamente em perigo (CR), 14 se encontram em perigo (EN), e 33 espécies estão vulneráveis (VU), o que representa 9,1% do número de espécies ameaçadas no país. Apesar de esses dados referirem-se a somente uma parte conhecida da fauna amazônica, pode-se verificar que grande parte dessas espécies é imprescindível para o adequado equilíbrio na cadeia alimentar e, conseqüentemente, para a manutenção dos processos ecossistêmicos dentro de níveis de alteração seguros.

A extinção e a ameaça a extinção de espécies da flora e da fauna na Amazônia então intimamente relacionadas ao recente processo de antropização do território regional. As distintas temporalidades (biológica e cronológica) das dinâmicas desses dois ambientes (natural e antropizado) no bioma Amazônia têm produzido danos irreversíveis aos ecossistemas contidos nesse espaço. Atualmente, não é mais possível estudar o ambiente amazônico sem considerar o homem moderno e suas imposições ao ambiente regional.

### 3.2 O PROCESSO DE OCUPAÇÃO DO ESPAÇO AMAZÔNICO E SUAS MACRORREGIÕES

Sociedades humanas conviveram na Amazônia por milênios, mas o espaço regional começou a se transformar significativamente pelas ações antrópicas nas últimas cinco décadas. As características ambientais, incluindo, sua dimensão territorial, sua localização geográfica, sua hidrografia, sua flora e sua fauna, seu solo, seu clima, entre outros, foram decisivos para definição dos padrões dessas modificações. Neste contexto, entender o processo de ocupação do espaço amazônico e suas dinâmicas é fundamental para qualquer análise aprofundada acerca do desenvolvimento regional. Assim, realiza-se aqui uma síntese da evolução da ocupação do espaço regional, em especial, nas últimas décadas, que levaram a atual configuração do espaço regional. Aborda-se a formação dos principais centros urbanos regionais e suas áreas de influência e, ao final, discute-se a regionalização

do espaço amazônico, caracterizando-se as macrorregiões que são adotadas neste estudo para fins de análise.

### 3.2.1 A evolução da ocupação do espaço regional

O processo de ocupação da Amazônia no Brasil pode ser abordado pelas diferentes formas de apropriação dos recursos naturais disponíveis. Nestes aspectos, as formas de ocupação podem ser agrupadas em três distintos períodos: o primeiro compreende desde a chegada dos primeiros grupos humanos na Amazônia até a chegada dos colonizadores europeus; o segundo envolve desde a chegada dos europeus até o início do processo de modernização efetiva da economia nacional em meados do século XX; e o terceiro, desde então até o presente.

O primeiro período foi marcado por: certo crescimento populacional; ocupação humana por toda a floresta (baixa concentração); transporte e domesticação de espécies; alteração e supressão de florestas em níveis locais (baixa perda); e exploração manejada de diversas espécies da flora e da fauna. Ainda não se chegou a um consenso sobre a chegada do homem à Amazônia. Vestígios mais antigos da presença humana na região datam de 9.200 AC. Todavia, se sugere que esta tenha ocorrido, provavelmente, entre vinte e doze mil anos atrás, período em que os primeiros grupos humanos provenientes da Ásia chegaram de sua longa migração até a América do Sul (Benchimol, 1999). A partir de então, um longo processo de convivência com o meio se estabelece e se desenvolve, pelo menos, até a intervenção dos colonizadores europeus em meados do século XVI.

Portugal demorou a atentar para a importância da Amazônia. A primeira expedição europeia ao rio aconteceu em 1540, quando o espanhol Francisco de Orellana passou dois anos explorando-o e alguns de seus afluentes. Além dos espanhóis, os ingleses, os holandeses e os franceses também demonstraram interesse pela região. No final do século XVI, os franceses buscavam constituir a partir de onde hoje se encontra São Luis (Maranhão) a França Equinocial, o que chamou a atenção dos portugueses que os expulsaram em 1615 e ocuparam o forte (Lui & Molina, 2009). Além da tomada de São Luis, a fundação de Belém no ano seguinte (1616), junto à entrada do grande rio, garantiu-lhes as condições básicas para iniciar a conquista definitiva do território amazônico.

A dinâmica dominante de ocupação que estava centrada em atender uma demanda externa por determinados produtos foi marcada principalmente pela redução populacional, derivada da dizimação de comunidades indígenas, pela ocupação humana às margens dos rios, e pela exploração excessiva dos recursos naturais. Os principais recursos explorados pelos portugueses neste período inicial foram a fracassada mão-de-obra indígena e,

principalmente, as denominadas drogas do sertão, especiarias de alto valor no mercado europeu (Miranda, 2007). Nos anos que se seguiram, os portugueses fundaram a Companhia do Comércio do Maranhão em São Luiz (1682), cuja atuação se estendia a exportação (açúcar, cacau, canela, cravo e algodão), ao fornecimento de crédito e escravos aos produtores da região e introduziram a pecuária bovina (1622). Adicionada às missões jesuíticas, essas iniciativas promoveram a formação de diversas cidades às margens do rio Amazonas, entre elas: Gurupá, Santarém e São Gabriel da Cachoeira, no Pará; e Manaus e Tefé, no Amazonas. Ao mesmo tempo em que esta penetração foi possibilitada pela grande extensão plana da bacia, gerou grandes conflitos com as populações indígenas presentes no território. Para Ab'Sáber (2005), é provável que a colonização portuguesa seguiu pelo baixo Amazonas, médio Amazonas, Solimões, até o rio Branco, impedindo a penetração dos colonizadores espanhóis que vinham pelo norte e sudoeste.

A partir da segunda metade do século XVIII, a agricultura passou a ser vista como o melhor meio para o aproveitamento econômico da região. No Baixo Amazonas, pois poucos chegavam a subir o Amazonas, a falta da mão-de-obra foi amenizada com a vinda dos escravos africanos, que foram utilizados principalmente na construção civil e na agropecuária regional. Para isso, a coroa oferecia, entre outros, incentivos tributários, financiamento para importação de escravos, estímulo à migração e concessão de terras públicas (Lui & Molina, 2009). Esta organização da produção marcou o início do processo de transformação efetiva do solo e da sua cobertura, concentrado nas regiões próximas ao litoral e às áreas urbanas, nas quais se passou a substituir a cobertura florestal por monoculturas de espécies exóticas.

Com a chegada da vulcanização em 1841, ampliaram-se as possibilidades de utilização do látex. A demanda internacional pelo produto cresceu exponencialmente, chegando a ocupar o segundo lugar na lista de produtos de exportação brasileira, perdendo somente para o café (Santos, 1980). Isto incrementou a economia, principalmente, de Manaus e de Belém, mas também, gerando perspectivas de progresso para toda a região. Um período de fartura que durou sete décadas, até que as seringueiras brasileiras comesçassem a produzir na Ásia a partir do início do século XX. Sobre esses aspectos, Sayago, Tourrand & Bursztyn (2004) chamaram a atenção que tanto o ciclo das drogas do sertão como o ciclo da borracha não se encerraram, mas passaram a um plano mais secundário da economia regional e nacional.

No início do século XX, aproximadamente 80% da área da Amazônia brasileira ainda eram florestadas, as áreas restantes, cobertas, em sua maioria, por savanas e campinaranas (Kirby *et al.*, 2006). O início de uma abordagem específica no planejamento estatal de 1930 a 1960, durante o Estado Novo foi quase que exclusivamente discursiva,

não gerando mudanças significativas na região. Até a década de 1960 a região pouco se desenvolveu, a maior parte da população regional habitava as planícies aluviais devido à boa fertilidade dos solos (relacionada com o trânsito e deposição de sedimentos provenientes das regiões montantes), principalmente ao longo do Amazonas (Becker, 2001). A partir de então, políticas públicas decorrentes da necessidade de se unificar o mercado nacional associada à industrialização ampliaram a velocidade da ocupação regional.

As primeiras intervenções que geraram transformações mais efetivas na Amazônia se deram pela construção em 1958 da BR 020 (Belém-Brasília) e da BR 364 (Brasília-Porto Velho). A partir de então se acelerou o processo de ocupação nas áreas mais acessíveis. Esta colonização sucedeu por intermédio principalmente da migração de pessoas do centro-sul e do nordeste do país. Até então, o acesso à Amazônia era dificultado pela inexistência de estradas. Para se ter uma idéia do impacto dessas ações, a população regional cresceu cerca de 400% de 1950 a 1960 (IBGE, 1950; 1960). As dinâmicas de ocupação do espaço regional a partir de então, caracterizaram-se pelo crescimento populacional indiscriminado; pela ocupação humana determinada pela acessibilidade dos rios e das estradas; pela supressão e fragmentação de grande parte da cobertura do solo; pela introdução de novas espécies animais e vegetais, impedindo a recuperação do ambiente; e pela retirada de grandes quantidades de recursos naturais para consumo externo (nacional e internacional).

Mas, foi sem dúvida, a partir do golpe militar de 1964 que a Amazônia conquistou lugar definitivo nas estratégias de desenvolvimento nacional. Um novo ciclo de crescimento, organizado sob um projeto geopolítico estatal para todo o território nacional. A priorização da Amazônia como fronteira a ser definitivamente apossada foi promovida devido a três aspectos: primeiro, como uma forma de solução para os conflitos sociais internos, decorrentes da expulsão de pequenos agricultores do Nordeste e do Sudeste pela agricultura de larga escala; segundo, pela possibilidade de se desenvolverem ali núcleos revolucionários; e terceiro, para garantir a posse da Amazônia. Para este fim, o governo adotou a estratégia de implantação de grandes projetos amparados por investimentos em infra-estrutura suporte. Na segunda metade da década de 1960 o Banco de Crédito da Borracha foi transformado em Banco da Amazônia (BASA), com competência de distribuir incentivos fiscais e autorizar créditos para a indústria e para a agropecuária; foi criada a Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) e foi implantada a Zona Franca de Manaus. Além disso, políticas de colonização indutoras de migração interna e formação de mercado de mão-de-obra, foram implantadas a partir da criação em 1970 do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) que, segundo Ferreira & Salati (2005), enviou, somente até 1974, 400 mil colonos à Amazônia.

Em um contexto de aumento da consciência global sobre a questão ambiental (incluindo o aumento do número de organizações não-governamentais voltadas à proteção do meio ambiente), a evolução dos meios de comunicação e de um maior interesse da população em geral acerca dos aspectos político-institucionais do país, tornou os impactos das ações antrópicas na Amazônia cada vez mais evidentes. Diversas comunidades estabelecidas iniciaram um processo de organização e desenvolvimento de estratégias de resistência à sobreposição pelo novo padrão de ocupação (Ianni, 1978). Além disso, segmentos da Igreja Católica, cientistas, artistas, estudantes e trabalhadores por meio da organização da sociedade civil eclodiram em muitas localidades impactadas pelas políticas governamentais.

Na primeira metade da década de 1980 a estratégia passou a ser a reunião dos esforços em determinados projetos, como ocorreu com o Projeto Calha Norte, com o Programa Grande Carajás, e com a construção da BR 230 (Transamazônica). Foi um período de grandes transformações promovidas pelo Estado. Mas, em pouco tempo, o sistema regional deixaria de obedecer à lógica do planejamento estatal para se comportar, predominantemente, sob a lógica do mercado (Margulis, 2003). Na segunda metade da década de 1980 e na primeira metade da década de 1990, os investimentos na Amazônia foram reduzidos e os poderes da república concentraram-se na re-organização do Estado após o fim do governo militar, incluindo a promulgação da Constituição Federal de 1988 em meio ao desafio de conter a hiperinflação que assolou o país.

Ao estudar os processos de colonização ocorridos em dois municípios localizados no bioma Amazônia (Nova Mutum e São José do Rio Claro no Mato Grosso) de 1981 a 1989, Almeida & Santos (1990) identificaram que, neste período, os casos que apresentaram maiores taxas de fixação à terra e acumulações deram-se nos complexos agroindustriais sulistas em direção à Amazônia. Processo marcado por extensos desmatamentos pela introdução da monocultura da soja mecanizada sustentada por meio do uso intensivo de insumos e defensivos químicos. Por outro lado, os casos de maior êxodo e descapitalização ocorreram em núcleos de exploração de látex. Neste sentido, os autores afirmaram que o assentamento de populações na Amazônia era inadequado para a região.

Na década de 1990, a economia amazônica foi impulsionada por grandes intervenções: rodovias, ferrovias, indústrias, exploração de recursos minerais, abertura de áreas para a agricultura e para a pecuária, assim como, pelo rápido crescimento demográfico decorrente da imigração induzida pela construção de estradas, abertura de novas fronteiras agrícolas, surtos de mineração, crescimento da indústria e dos serviços (Gomes & Vergolino, 1997). Na segunda metade da década, o Programa Brasil em Ação (1996-1999) teve como principais propostas para a Amazônia a recuperação da BR 364

(Brasília - Porto Velho) e da BR 163 (Cuiabá – Santarém), e o asfaltamento da BR 174 (Manaus - Boa Vista).

A velocidade das transformações e os padrões de ocupação do território amazônico delinearão duas formas distintas de ocupação do espaço regional. Por um lado, o ciclo de desmatamento pela agropecuária e extração indiscriminada de madeira, associado a intensos conflitos socioambientais. Por outro, as concentrações concebidas pelos projetos de colonização, distinguidos pela instabilidade, alto grau de evasão e fraco desempenho econômico. Neste sentido, a ocupação do território adquiriu um padrão concentrado ao longo das rodovias, Assim, o adensamento das estradas na borda do bioma gerou um grande arco de desmatamento e focos de calor (Becker, 2005).

Já no Programa Avança Brasil (2000-2003), os investimentos concentraram-se em quatro grandes corredores de transporte, com mais da metade destes destinados ao corredor Araguaia-Tocantins, mas ainda, aos corredores Sudoeste, Oeste-Norte e Arco Norte. Ações que visavam à incorporação efetiva dos territórios de sua parte mais ocidental ao Sul-Sudeste do país (Börner, Mendoza & Vosti, 2007). Entre os investimentos, estavam, entre outros: a usina de Tucuruí, a extensão da rede interconectada do Mato Grosso a Rondônia e ao Acre, a BR 156, ligando Brasil à Guiana, e a BR 319, ligando respectivamente ao Acre e a Manaus, facilitando a penetração para o noroeste e a construção da UHE Belo Monte, no rio Xingu. As rodovias associadas às hidrovias e às redes de telecomunicações estão alterando a posição econômica da Amazônia. Théry (2004) acrescenta que com a formação de áreas de confluência das redes rodoviária e hidroviária, nem sempre na mesma lógica que a hidroviária anterior, cidades foram à decadência, outras à ascensão, uma redistribuição que, segundo ele, alterou profundamente as hierarquias urbanas da região.

Neste contexto, ocorreram significativos impactos negativos do crescimento econômico sobre os ambientes social e ecológico regionais. Apesar disso, Becker (2005) observou que houve também, importantes mudanças estruturais na fronteira, a qual classificou como espaço não plenamente estruturado. Para a autora, diferente da década de 1970, na última década do século XX as dinâmicas nesta porção territorial foram influenciadas pela ascensão do pensamento ambiental, gerando novas realidades no uso do solo e da sua cobertura. Por exemplo, na década de 1990 a migração dominante foi interna entre os estados e entre o meio rural e o urbano, com exceção do Mato Grosso; enquanto na década de 1970 era, sobretudo, uma imigração generalizada proveniente do sul, sudeste e nordeste do país, suportada por grandes volumes de incentivos fiscais. Na última década, a expansão da fronteira não mais se caracterizava como um processo subsidiado pelo governo, como foi na década de 1970, mas sim, promovida com recursos próprios por

madeireiras e grandes pecuaristas e agricultores já instalados na região. Além disso, as frentes hoje são localizadas próximas as estradas pré-existentes, já naquela década, elas se localizavam junto às duas grandes vias de acesso terrestre, a rodovia Belém-Brasília e a rodovia Brasília-Cuiabá.

Ao abordar a estratégia nacional e os grandes programas amazônicos, Mello (2002) discutiu os reflexos da Constituição Federal de 1988 na Amazônia. Para a autora, a negociação da descentralização encontra-se inacabada e necessita da cooperação entre União, estados e municípios, pois gera ineficiência em termos de planejamento e execução das políticas. O interesse do governo nos investimentos da iniciativa privada fica evidente, na medida em que, a provisão de infra-estruturas justifica-se no interesse do escoamento da produção privada. Por outro lado, ela sugeriu que a definição dos eixos de desenvolvimento e o advento de uma abordagem mais territorial do desenvolvimento representariam um avanço.

Apesar do Plano de Aceleração do Crescimento (PAC) apresentar a continuação das estratégias anteriores (Programa Brasil em Ação e Programa Avança Brasil), é importante entender que atualmente a Amazônia é mais que uma fronteira de expansão, é uma região do sistema nacional e, até mesmo, global, com estrutura produtiva independente e múltiplos projetos derivados de diferentes atores sociais, onde a sociedade passou a ser um agente fundamental, tanto no campo como nas cidades dos municípios que abrangem o bioma Amazônia.

### 3.2.2 Macrorregiões do bioma Amazônia

O bioma Amazônia está contido em 554 municípios que totalizam uma área de 4.634 mil km<sup>2</sup>, uma média de 8.992 km<sup>2</sup> por município. O excedente em relação aos limites do bioma refere-se, principalmente, a áreas de transição ao cerrado. Os municípios do bioma Amazônia, como serão aqui denominados, estendem-se pelos estados do Acre, Amazonas, Pará e parte dos estados do Mato Grosso, Tocantins e Maranhão. A divisão político-administrativa do território que envolve a região é destacada pela Figura 11. São 22 municípios com 152,5 mil km<sup>2</sup> no Acre, 3,3% da superfície em estudo; 62 municípios no estado do Amazonas, que ocupam 1.571 mil km<sup>2</sup>, 33,9% da área regional; 15 municípios em Roraima com 224 mil km<sup>2</sup>, 4,8% da área total; 16 estão no estado do Amapá, 143 mil km<sup>2</sup>, somente 3,1% do território; no Pará são 144 municípios em uma área de 1.248 mil km<sup>2</sup>, 26,89% do espaço amazônico; 110 no estado do Maranhão com 464 mil km<sup>2</sup>, 10% da superfície regional; 93 municípios com área total de 541 mil km<sup>2</sup> no Mato Grosso, 11,7% da região; 40 em Tocantins com 53 mil km<sup>2</sup>, 1,2 % do território; e 52 municípios localizados no

estado de Rondônia somando uma área de 238 mil km<sup>2</sup>, 5,1% da superfície regional (IBGE, 2005; Brasil, 2006). Contudo, esta pode não ser a abordagem de regionalização ideal para a compreensão do fenômeno em questão, no tempo-espaço de estudo. Abordagens regionalizadas sobre a Amazônia, tanto para fins de planejamento, gestão e/ou pesquisa, não são novas. Muitas são as divisões nas abordagens regionais: bacias hidrográficas, áreas de influencia das cidades, mesorregiões e microrregiões geográficas, entre outras.



Figura 11 – A divisão político-administrativa do território que envolve o bioma Amazônia no Brasil  
Fonte: adaptado a partir de IBGE (2005, 2006)  
Organização do autor.

Para identificar as macrorregiões da Amazônia Legal, Becker (2004) utilizou quatro variáveis estruturantes: as características demográficas; o padrão de uso do solo; as características dos centros dinâmicos da economia regional, e os aspectos da proteção do meio ambiente. O modelo proposto revelou três grandes diferenciações espaços-temporais (Macrorregiões): a Amazônia Ocidental, a Amazônia Central e o Arco do Povoamento Adensado. Segundo a autora, uma referência básica para a ação política. Para efeitos deste estudo, a macrorregião do povoamento adensado foi dividida em duas porções territoriais: a Amazônia Oriental e a Amazônia Meridional. Isto se deu para melhor aproveitar as diferenças históricas de ocupação do solo e das frentes pioneiras nesses dois distintos espaços. Por esses aspectos, as macrorregiões adaptadas ao espaço territorial dos municípios do bioma Amazônia e utilizados neste trabalho na descrição e na análise

regional são: 1) Amazônia Ocidental, 2) Amazônia Central, 3) Amazônia Oriental e 4) Amazônia Meridional.

A Figura 12 apresenta a distribuição espacial dessas macrorregiões nas áreas dos municípios do bioma Amazônia. A Amazônia Ocidental envolve o estado de Roraima e parte dos estados do Amazonas e do Acre, e é constituída por 67 municípios com 1.516 mil km<sup>2</sup>, 32,7% da área regional. A Amazônia Central abriga grande parte dos estados do Amapá e do Pará, com 67 municípios que totalizam uma área de 1.400 mil km<sup>2</sup>, 30,2% do total. A Amazônia Oriental envolve a porção dos estados do Tocantins e do Maranhão que se encontram no bioma e parte do estado do Pará, que totaliza 263 municípios em uma área de 887 mil km<sup>2</sup>, 18,9% do bioma Amazônia. Por fim, a Amazônia Meridional reúne o estado de Rondônia, parte sul do estado do Acre e a porção do Mato Grosso incluída no bioma Amazônia, em um todo de 157 municípios que somam 841 mil km<sup>2</sup>, 18,1% da superfície regional (IBGE, 2005).

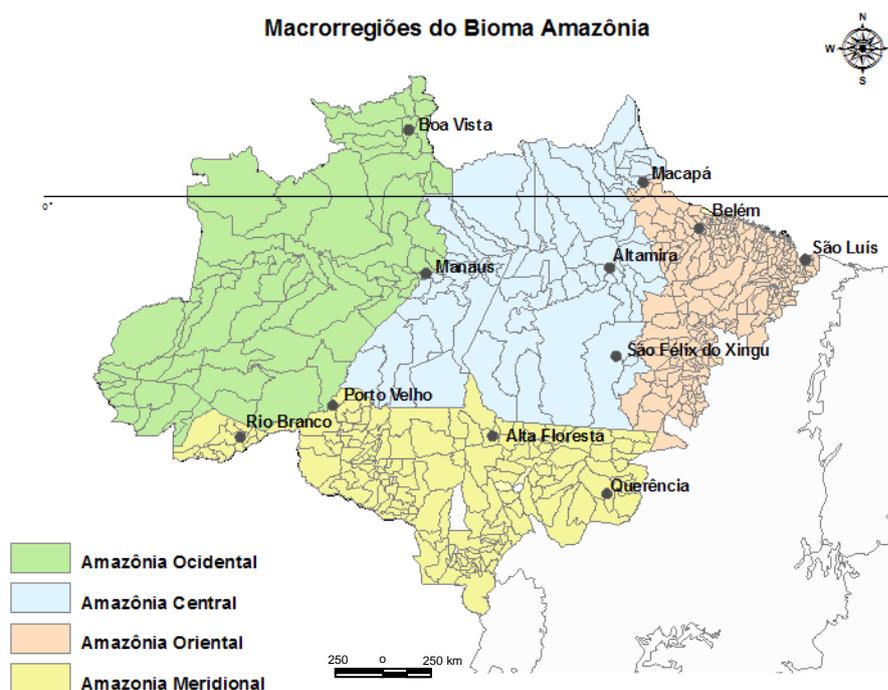


Figura 12 – Macrorregiões do bioma Amazônia  
Fontes: adaptado a partir de IBGE (2005, 2006) e Becker (2004)  
Organização do autor.

Destacam-se as diferenças reveladas por suas áreas médias municipais entre a porção mais interior do bioma, especificamente a Amazônia Ocidental (22,62 mil km<sup>2</sup>) e a Amazônia Central (20,90 mil km<sup>2</sup>), e a porção territorial exterior (fronteira), a Amazônia Oriental (3,35 mil km<sup>2</sup>) e a Amazônia Meridional (5,42 mil km<sup>2</sup>). Um reflexo do processo de ocupação mais vigoroso nessas duas regiões, apesar de muitas vezes, em tempos-espacos

distintos. A Amazônia Ocidental corresponde a uma grande porção territorial que se estende de oeste a noroeste do bioma, trecho que permaneceu fora dos eixos históricos de crescimento econômico. A macrorregião, que conta com parte da grande bacia interna, mas também com partes do planalto das Guianas, possui grande variabilidade de altitude. A média regional é de 100,2 m e a média municipal máxima é de 920 m. No extremo norte, atinge 3,02 mil metros, no Pico da Neblina em Roraima. A temperatura média é de 25,6 °C e a precipitação média, 196,0 mm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>. É a macrorregião com a maior taxa de cobertura florestal, 1.226 mil km<sup>2</sup>, 80,9% de seu território, 44,6% de todas as florestas do bioma Amazônia.

Apesar de contar ainda com grandes estoques de águas e recursos minerais, a região apresenta uma carência de áreas protegidas em sua parte central e uma grande vulnerabilidade nas fronteiras internacionais, onde a presença do narcotráfico e de outros agentes externos, frente aos índios e aos militares, caracterizam a região (Becker, 2005). O sistema de transportes ainda é baseado na circulação fluvial centrada em Manaus, onde se concentra também a atividade econômica regional, com destaque para a Zona Franca de Manaus. As principais sub-regiões nesta porção da Amazônia são: as várzeas do Solimões, que apresenta grandes áreas florestadas e uma diversidade étnica e cultural ímpar; e a região de Manaus e seu entorno.

A Amazônia Central estende-se do norte do Amapá ao limite com o Mato Grosso ao sul e com o eixo rodoviário de escoamento à Venezuela, Porto Velho – Manaus – Boa Vista (BR 319 e BR 156). A altitude média macrorregional é de somente 52,7 m, com média municipal máxima de 280 m. A temperatura média anual é de 26,0 °C e a precipitação média mensal é 190,5 mm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>. É a região mais vulnerável à expansão das frentes agropecuárias (Becker, 2001), ao mesmo tempo em que, apresenta grandes taxas de áreas florestadas e de proteção florestal (Brasil, 2007a), decorrentes da presença de terras indígenas e unidades de conservação. A área florestada total é de 1.066 mil km<sup>2</sup> (INPE/PRODES, 2008), 76,14% do território da Amazônia Central, 38,79% da área florestada total no bioma.

Há grande heterogeneidade socioeconômica no espaço regional. Neste sentido, são três as sub-regiões de destaque na Amazônia Central (Becker, 2004): a fronteira de preservação, que inclui o norte do Pará e o noroeste do Amapá, caracterizada pela dificuldade de acesso e pela grande concentração de áreas protegidas; o vale do Amazonas, onde na várzea ocorrem atividades tradicionais de pesca e agricultura, na margem direita organiza-se uma região produtora de soja e na margem esquerda apresentam-se novas tendências, como o feijão, o milho e o arroz; e a área de produção

familiar na Transamazônica, que se estende de Repartimento a Itaituba, resultado dos processos de colonização das décadas de 1970 e 1980.

Na Amazônia Central, além dessas sub-regiões, três frentes de expansão merecem atenção especial: a cunha do Tapajós, cortada pela BR 163 (Cuiabá-Santarém), onde se concentram as maiores pressões de agropecuaristas e madeireiras na macrorregião; a Terra do Meio, que envolve a porção de terras entre os rios Xingu e Iriri até o município de São Félix do Xingu e é formada principalmente por pecuaristas provenientes de Tocantins e Goiás; e o corredor do Madeira, envolvendo toda a área influenciada da hidrovia do rio Madeira, funciona como eixo de escoamento da soja do Mato grosso pela BR-319 (Porto Velho – Manaus) e é caracterizada principalmente pela presença de madeireiros e assentamentos para reforma agrária.

A Amazônia Oriental corresponde à porção mais densamente povoada da Amazônia, o trecho leste do bioma, incluindo muitas áreas já consolidadas. A macrorregião possui um relevo plano ao norte, próximo à foz dos rios Amazonas e Tocantins. A altitude média é de 110 m e a máxima média municipal é de 460 m (ao sul). A temperatura média regional é de 26,9 °C e a precipitação média mensal, de 161,7 mm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup> com grandes variações espaciais (maiores ao norte e menores no sudeste). A cobertura do solo já perdeu boa parte de sua vegetação, somente 264 mil km<sup>2</sup> de área florestada (INPE/PRODES, 2008), 30,0% de sua superfície territorial, 9,6% das florestas do bioma Amazônia. Neste espaço, a dinâmica da ocupação regional e o ritmo de crescimento da população são definidos pelas grandes e médias cidades e pelos processos de urbanização desencadeados, com exceção de algumas áreas rurais de pequenas produções localizadas no Maranhão e no Pará. Além desses aspectos, chama-se a atenção para as sub-regiões mais relevantes na Amazônia Oriental: o arco da embocadura, dinamizada por Belém, estende-se desde o sul do Amapá até São Luís; os núcleos de modernização do leste do Pará, como o complexo de Carajás e os centros de processamento, como Paragominas e Redenção; e parte do corredor Araguaia-Tocantins, o eixo de expansão Belém-Brasília que influencia as porções do Tocantins e do Maranhão, próximos as áreas de transição ao cerrado.

A Amazônia Meridional caracteriza-se principalmente pela presença de agroindústria mato-grossense com expressão significativa do cultivo de soja e da criação de gado bovino de corte. Além de toda a porção territorial do Mato Grosso contida na região de estudo, inclui todo o estado de Rondônia e a parte sul do Acre. A altitude média regional é de 239,6 m e a média máxima municipal é de 600 m. A temperatura média é de 25,2 °C e a precipitação média é 156 mm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup> ao mês, com mínima de 104 mm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup> e máxima de 204 mm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>. A área florestada ocupa 193 mil km<sup>2</sup>, 22,9% da sua área territorial, somente 7,0% de toda a área florestada da Amazônia (INPE/PRODES, 2008). Isto se deve a, pelo menos,

dois fatores: a grande perda de cobertura florestal por desmatamento, apesar de atualmente, uma parte significativa dessas áreas encontram-se abandonadas, e a presença de outras classes de vegetação na área.

É a macrorregião que apresenta os mais altos índices de desenvolvimento humano e renda *per capita* da Amazônia. Contudo, é onde se apresentam as maiores concentrações fundiárias (IBGE – Censo agropecuário, 2006), seguindo as dinâmicas de uso determinadas pelo mercado. Assim como na Amazônia Oriental, o povoamento já se encontra parcialmente consolidado, em um ambiente em que a produção se sobrepôs, e continua se sobrepondo, à conservação ambiental. Pelo menos duas são as sub-regiões importantes na Amazônia Meridional: as áreas de tecnologia agroindustrial intensivas, localizada no extremo sul do bioma, no estado do Mato Grosso, com baixa densidade demográfica e alta produtividade; e a área de agropecuária tradicional e de sistemas agro-florestais, que se localizam em Rondônia e no sul do estado de Acre, com altas densidades demográficas e pequenas a médias propriedades agropecuárias tradicionais, e com diversas formas de produção extrativistas e agro-florestais.

### 3.3 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS REGIONAIS

O conhecimento da situação socioeconômica regional é imprescindível para a compreensão das dinâmicas do uso do solo e da sua cobertura no bioma Amazônia. Contudo, como a evolução da ocupação desse território não se deu, e não se dá, de forma homogênea no tempo ou no espaço, devendo-se atentar para as diferentes realidades apresentadas por suas macrorregiões, assim como, num todo. Para isto, esta seção foi estruturada em três partes: inicialmente, destaca a evolução da população regional e sua distribuição espacial, com atenção especial para o período em estudo; em seguida, apresenta a infra-estrutura suporte ao desenvolvimento regional instalada; e finalmente, contextualiza as principais atividades econômicas regionais.

#### 3.3.1 A população da Amazônia: sua evolução e distribuição espacial

Durante a segunda metade do século XX, a população do bioma, de 4,47 milhões em 1959, evoluiu para 13,05 milhões de habitantes em 2000, 7,7% da população nacional (IBGE – Censo Demográfico, 1959 a 2000). A evolução da população regional foi mais significativa na Amazônia Oriental do que nas outras macrorregiões, como destaca o Gráfico 2. Esta diferença foi originada inicialmente devido a sua localização geográfica e, nas últimas décadas, aos dois eixos de expansão rodoviários originais, que também afetaram a Amazônia Meridional.



habitantes, 20,3% do total regional. Neste período, houve um incremento de 310 mil habitantes, um crescimento de 9,2% na população macrorregional. A Figura 13 apresenta a distribuição espacial das densidades demográficas médias dos municípios do bioma em 2008.

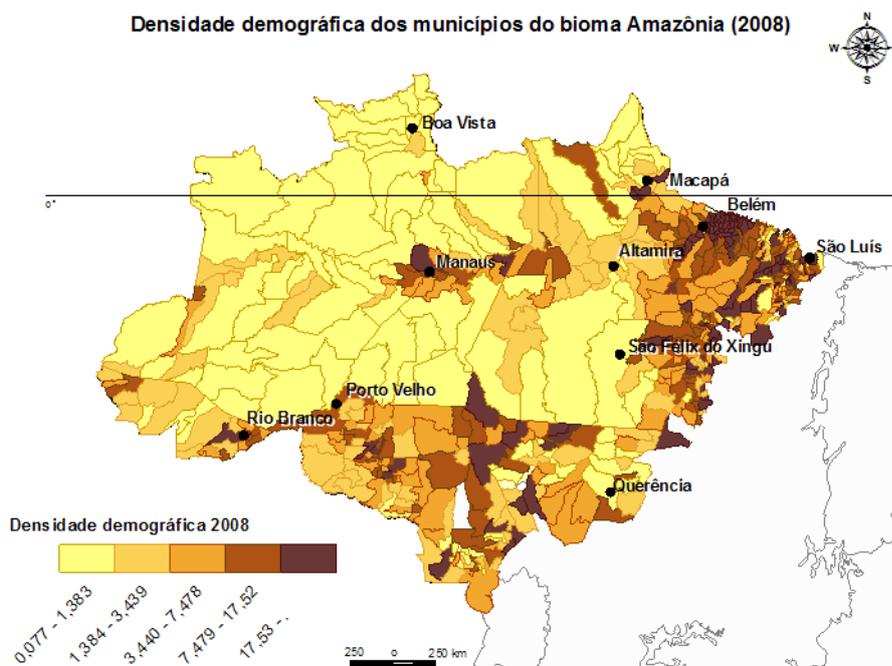


Figura 13 - Densidade demográfica por municípios do bioma Amazônia (2008)  
 Fonte: IBGE – Contagem da População (2008); IBGE (2005)  
 Organização do autor.

As taxas municipais sugerem uma grande correlação com os eixos de desenvolvimento rodoviário. A densidade demográfica média da Amazônia Ocidental é de 4,3 hab./km<sup>2</sup> com uma grande concentração em Manaus ( $\sigma = 18,3$ ). Já na Amazônia Central a população encontra-se melhor distribuída no território ( $\sigma = 3,6$ ), mas a densidade é a menor das macrorregiões do bioma. Aqui se destaca ainda mais a Amazônia Oriental, com uma densidade demográfica média de 47,0 hab./km<sup>2</sup> com maiores concentrações ( $\sigma = 228,8$ ) nas regiões metropolitanas de Belém (PA) e São Luís (MA). Na Amazônia Meridional a densidade média, que também está acima da média regional, é de 10,6 hab./km<sup>2</sup>, com uma distribuição muito mais homogênea ( $\sigma = 29,5$ ) que na Amazônia Oriental.

Além da evolução e da distribuição espacial da população pode ser interessante observar alguns aspectos relacionados ao desenvolvimento das sociedades amazônicas por intermédio de seus Índices de Desenvolvimento Humano (IDH), assim como, suas taxas de esperança de vida, pobreza e mortalidade infantil. O IDH do bioma Amazônia evoluiu de

0,352 em 1970 para 0,690 em 2000 (IBGE – Censo Demográfico, 1970 e 2000). Pouco abaixo do IDH nacional para o mesmo ano, 0,699. Isto indica e o desenvolvimento regional, pela ótica social, não é significativamente inferior a média nacional, como se costuma sugerir. Além disso, há pouca diferença entre os índices médios macrorregionais. O IDH médio da Amazônia Ocidental é 0,690, o da Amazônia Central é 0,688, o da Amazônia Oriental é 0,686, e o índice da Amazônia Meridional é 0,697, um pouco superior a média regional.

Assim como o IDH, a esperança de vida, e as taxas de mortalidade infantil e de pobreza melhoraram significativamente no período. A esperança de vida que atingia em 1970 os somente 51,3 anos aumentou para 67,1 anos em 2000, pouco abaixo da média nacional de 67,8 anos. Pouca é sua variação entre as diversas macrorregiões, são 67,3 anos na Amazônia Oriental, 67,0 anos na Amazônia Central, 66,8 anos na Amazônia Oriental e 67,5 anos na Amazônia Meridional. A taxa de mortalidade infantil sofreu uma grande queda, de 123,2 em 1970 para 36,0 em 2000, acima da média nacional de 34,1. Esta queda foi mais significativa na Amazônia Meridional que atingiu a taxa de 34,1 mortos para cada mil nascidos vivos. Apesar dessas conquistas, a pobreza ainda é um desafio, pois foi identificado (IBGE – Censo Agropecuário, 2006) que 54,9% da população eram pobres em 2006. As maiores taxas de pobreza estão localizadas na Amazônia Ocidental (69,9%) seguida pela Amazônia Central (63,8%) e pela Amazônia Oriental (57,3%). Com relevante distinção, as menores taxas de pobreza, assim como ocorre com o PIB *per capita*, encontram-se na Amazônia meridional (40,4%).

Por intermédio de uma regressão linear para o ano 2000, projetou-se a população urbana municipal para o período de 2003 a 2008 em função das densidades demográficas municipais neste período (IBGE – Censo Demográfico, 2000; Contagem da População, 2003 a 2008). Estima-se que a população urbana do bioma Amazônia tenha atingido 11,2 milhões de habitantes em 2008, 61,8% da população regional. Um aumento de cerca de um milhão de habitantes nas cidades amazônicas em cinco anos. Mais da metade, nas cidades da Amazônia Oriental, onde se concentram a maior parte da população urbana regional, 5,5 milhões de habitantes (49,1%). São aproximadamente 2,3 milhões de habitantes urbanos (20,5%) na Amazônia Ocidental, 2,2 milhões (19,6%) na Amazônia Meridional, e 1,1 milhão (9,8%) na Amazônia Central.

Ao estudar a evolução demográfica da Amazônia no período de 1970 a 1991, Sawyer (2001) identificou algumas tendências: 1) a transição demográfica incompleta, devido a suas grandes taxas de fecundidade e médias taxas de mortalidade; 2) a diminuição da migração inter-regional, segundo o autor, devido a fatores como a suspensão de grandes projetos de colonização e obras públicas, conflitos de terra e epidemias de malária; 3) o aumento da

mobilidade intra-regional, principalmente entre e para as áreas urbanas; 4) a urbanização acelerada e generalizada, principalmente na fronteira agropecuária, com exceção o estado do Pará; e 5) o enraizamento da população rural, pois muitos deixaram de ser desbravadores para se fixar na região de fronteira, em alguns casos, interrompendo as frentes de expansão.

Por esses aspectos, a vida da população amazônica tem sido consideravelmente determinada pelos processos históricos de antropização do espaço que, em grande parte, estão vinculados as novas realidades produtivas regionais. Assim, para a melhor compreensão dos processos econômicos no tempo e no espaço, deve-se permanecer atento, entre outros, às principais infra-estruturas suporte ao desenvolvimento regional

### 3.3.2 A infra-estrutura suporte ao desenvolvimento regional

A economia amazônica sempre esteve voltada a prover produtos primários para a demanda tanto doméstica como internacional. Contudo, para a ampliação da produção desses recursos, a Amazônia necessita de infra-estruturas suporte a essas atividades. Pode-se entender infra-estrutura como qualquer intervenção que possibilite uma melhoria significativa no processo de desenvolvimento. Para isto, ela deve atender tanto as necessidades básicas da população como promover as atividades produtivas regionais, constituindo-se comumente em estruturas de educação, saúde pública, transportes, comunicações, distribuição de água e energia, entre outros. Nesta seção, dá-se atenção especial ao sistema de transportes e à provisão de água e energia elétrica.

O sistema de transportes na Amazônia caracteriza-se majoritariamente pela utilização de hidrovias e rodovias, e em menor escala, aerovias e ferrovias. Assim como o processo de desenvolvimento regional, o sistema de transportes encontra-se incompleto. Isto se deve pelo baixo dinamismo da economia interna, assim como a baixa integração com os países limítrofes da América do Sul. Em âmbito regional, podem ser considerados pólos geradores de demanda efetiva ou potencial de transportes na Amazônia: os pólos dotados de centros com nível mais elevado de desenvolvimento urbano (Belém, São Luis, Santarém, Manaus, Boa Vista e Porto Velho); os pólos predominantemente minerais (Macapá, Marabá, Oriximiná e Óbidos); os pólos predominantemente agropecuários e florestais (Santa Inês e Pindaré-Mirim no Maranhão, São Félix do Xingu e Conceição do Araguaia no Pará, Alta Floresta, Sinop e Porto dos Gaúchos no Mato Grosso, e Ji-Paraná e Ariquemes em Rondônia); e pólos de fronteira (Guajará-Mirim em Rondônia e Assis-Brasil no Acre).

O subsistema hidroviário foi o orientador da ocupação histórica regional, e atende atualmente uma rede de mais de 24 mil km de extensão (Sant'Anna, 1998). Os principais

rios que o integram formam o eixo principal da rede hidroviária da Amazônia: o Rio Amazonas e o Rio Madeira. O Amazonas-Solimões é navegável desde sua foz num trecho de 3,11 mil km. As cidades ribeirinhas mais importantes são: Belém, Macapá, Santarém, Óbidos, Parintins, Uricurituba, Itacoatiara, Manacapuru, Manaus, Codajás, Coari, Tefé, Fonte Boa e Benjamim Constant. O Rio Madeira é navegável por 1,1 mil km, desde sua foz até Porto Velho. As principais cidades atendidas são: Porto Velho, Calama, Humaitá, Manicoré, Novo Aripuanã, Borba e Nova Olinda do Norte.

Além do eixo principal, são importantes os eixos hidroviários macrorregionais. Na Amazônia Ocidental, o Rio Negro (ao norte) e o Rio Purus (ao sul), além do Solimões, formam as principais hidrovias. O Rio Negro é navegável com segurança em um trecho de 1,03 mil km, de Manaus, passando por Airão, Moura, Barcelos, Tapuruquara e São Gabriel da Cachoeira. O Rio Purus é navegável por 2,84 mil km, atendendo as cidades de Beruri, Tapauá, Canutama, Lábrea, Paiuni, Boca do Acre, Sena Madureira e Manoel Urbano. Na Amazônia Central, destacam-se os rios Xingu e Tocantins. O Rio Xingu, navegável por 230 km, atende aos municípios de Porto de Maza, Senador José Porfírio e Belo Monte. O Tocantins é navegável por 250 km até a UHE Tucuruí e atende também as cidades de Abaetetuba, Cametá e Baião. Na Amazônia Oriental o Rio Tapajós é navegável até Itaituba, um trecho de 280 km. A Amazônia Meridional, devido a seu relevo, não possui uma significativa rede hidroviária além de seu trecho do Rio Madeira.

São muitas as instalações portuárias na Amazônia que se difere em porte, objeto do transporte e gestão, entre outros critérios. As principais instalações por valor do comércio são: o Porto de Manaus (AM), o Porto de Belém (PA), o Porto de Santarém (PA), o Porto Vila do Conde em Barcarena (PA), o Porto de Macapá (AP) e o Porto de Itaqui, em São Marcos, próximo a São Luís (MA). Apesar desse aparente robusto sistema hidroviário, para as dinâmicas do uso do solo e da sua cobertura, o sistema rodoviário é, sem dúvida, o mais significativo.

As maiores transformações no espaço amazônico nas últimas décadas ocorreram, principalmente, pela instalação de rodovias que permitiram a ocupação de porções de seu território a partir dos anos de 1960. As rodovias, mas também, a melhoria das hidrovias e das redes de telecomunicações está alterando profundamente o desenvolvimento regional. As rodovias estão promovendo uma re-organização do espaço regional, definida até então às margens dos rios. O sistema de transportes passou de um espaço reticular a outro, estruturado em função das vias navegáveis e das estradas. Sobre esse aspecto, Théry (2005) chamou a atenção que, a sobreposição destas duas redes gerou a decadência de algumas cidades e à ascensão de outras. A Figura 14 destaca a localização e a situação das rodovias oficiais no território amazônico.



Figura 14 - Situação da malha rodoviária oficial no bioma Amazônia (2007)  
 Fonte: adaptado a partir de IBGE (2005); DNIT (2007)  
 Organização do autor.

Destacam-se: o corredor ocidental, formado pelas BR 364, BR 319 e BR 174, conectando o Centro-Oeste ao Mar do Caribe; o corredor oriental, formado pelas BR 010 e PA 150; e, ao centro, as BR 230 e BR 163 geram novas possibilidades. Esta rede articula-se: ao norte, com a saída para a Venezuela e as Guianas; a oeste, com a saída para o Peru; e ao sul, com o Pacífico, por Assis Brasil (AC). As rodovias não se encontram igualmente distribuídas no território (Tabela II). A maior porção está situada na Amazônia Meridional, com 15,96 mil km (40,1%), seguida pela Amazônia Oriental, com 12,84 mil km (32,3%). A Amazônia Ocidental, com 4,43 mil km (11,1%) e a Amazônia Central, com 6,60 mil km (16,5%) contam com extensões rodoviárias bem menores. Além disso, a rede conta com 388,18 km de travessias por balsas, concentradas principalmente na Amazônia Central (60,3%) e na Amazônia Oriental (27,1%) (DNIT, 2007). Deste total, 5,58 mil km são de leitos naturais (14,0%), 497,3 km encontrava-se em implantação (1,2%) em 2008, 21,75 mil km são rodovias não pavimentadas (54,7%), 1,64 mil km encontrava-se em pavimentação (4,1%), havia 9,90 mil km de estradas pavimentadas (24,9%) e 29,5 km estão duplicadas. Apesar dessa aparente limitada densidade rodoviária, em algumas áreas da fronteira, grandes extensões de estradas não-oficiais foram e continuam sendo implantadas pela própria iniciativa privada para o acesso aos recursos naturais da região.

**Tabela II - Distribuição das rodovias por situação nas macrorregiões do bioma Amazônia em 2007**

	Leito natural	Em implantação	Não pavimentada	Em pavimentação	Pavimentada	Duplicada
Amazônia Ocidental	351,54	45,00	3.548,75	182,04	259,20	0,00
Amazônia Central	325,69	154,46	4.723,81	28,83	1.082,89	0,00
Amazônia Oriental	1.520,54	143,30	5.022,95	859,26	5.159,61	24,50
Amazônia Meridional	3.380,16	154,53	8.451,89	567,38	3.393,69	5,00
Bioma Amazônia	5.577,93	497,29	21.747,40	1.637,51	9.895,39	29,50

Fonte: DNIT (2007)

\*dados em km.

Ao estudar uma região de fronteira no leste do Pará, Brandão e Souza (2006) identificaram que as estradas não-oficiais cresceram cerca de 300% de 1990 a 2001, chegando a representar 80% da rede rodoviária daquela região. Outro estudo aprofundado sobre o assunto foi apresentado Perz *et al.* (2007), que ao estudar as estradas no município de Uruará (PA), identificaram que mais de 80% destas eram vias não oficiais. Destacou que estas estradas estão geralmente organizadas a partir de rodovias oficiais estruturantes. Apesar dessas conclusões, estes resultados não devem ser extrapolados para a Amazônia em um todo, pois, se pode supor que nas áreas de fronteira esta incidência seja maior que nas áreas mais remotas.

As hidrovias e rodovias viabilizam o acesso aos recursos, mas é a energia que permite seu processamento com maior intensidade. Amazônia necessita de uma ampla gama de infra-estrutura em energia elétrica para dar suporte à exploração do seu solo e da sua cobertura vegetal. Para se ter uma idéia da importância da produção de energia para o desenvolvimento regional na Amazônia, em meados da década de 1970, a construção da hidrelétrica de Tucuruí no Estado do Pará, que visava exclusivamente o desenvolvimento da indústria de alumínio da região, acabou permitindo investimentos que passaram a proporcionar efeitos de indução econômica às demais atividades econômicas fora do eixo das grandes consumidoras (Bedin & Carvalho, 2005). A usina passou também a fornecer grandes quantidades de energia às empresas do Projeto Grande Carajás, e ainda pôde suprir com eficiência o mercado da região polarizada por Belém e outras cidades do interior dos estados do Pará e do Maranhão (Liano, 1981).

Esses empreendimentos não foram capazes de suprir as necessidades básicas por energia elétrica da população da Amazônia em geral, principalmente das comunidades que vivem em localidades mais distantes dos centros de produção. Em 2000, apenas 69,4% da população contavam com fornecimento de energia elétrica (IBGE – Censo Demográfico, 2000). A situação nas macrorregiões revela a desigualdade na disponibilidade desse serviço. A Amazônia Meridional é a melhor atendida, com 78,8% de sua população com

acesso. Na Amazônia Oriental, 67,8% das pessoas são atendidas. Na Amazônia Ocidental, 60,6%. E, na Amazônia Central, somente 60,6% da população tinha acesso à energia elétrica.

Em relação ao abastecimento de água potável essas carências e diferenças são ainda mais acentuadas. Apenas 41,5% da população contavam com este serviço essencial, sendo que a maior cobertura do serviço encontrava-se na Amazônia Meridional, 63,0%. Por outro lado, a Amazônia Ocidental (28,2%), a Amazônia Central (26,6%) e a Amazônia Oriental (36,1%) possuem taxas bem inferiores de abastecimento de água adequada ao consumo humano (IBGE – Censo Demográfico, 2000), aspecto relacionado a diversos problemas de saúde pública na região.

### 3.3.3 A atividade econômica na Amazônia

A economia da Amazônia esteve, em grande parte, atrelada aos grandes programas de desenvolvimento regional empreendidos pelo Governo Federal a partir da década de 1970. O PIB regional cresceu de R\$ 7,85 bilhões em 1959, 4,9% do PIB do Brasil naquele ano, para R\$ 122,87 bilhões em 2000, 10,9% do PIB nacional, um aumento de 1.465% neste período (IBGE – Censo Demográfico, 1959 a 2000). O Gráfico 3 destaca a evolução do Produto Interno Bruto (PIB) das macrorregiões do bioma Amazônia e no todo.

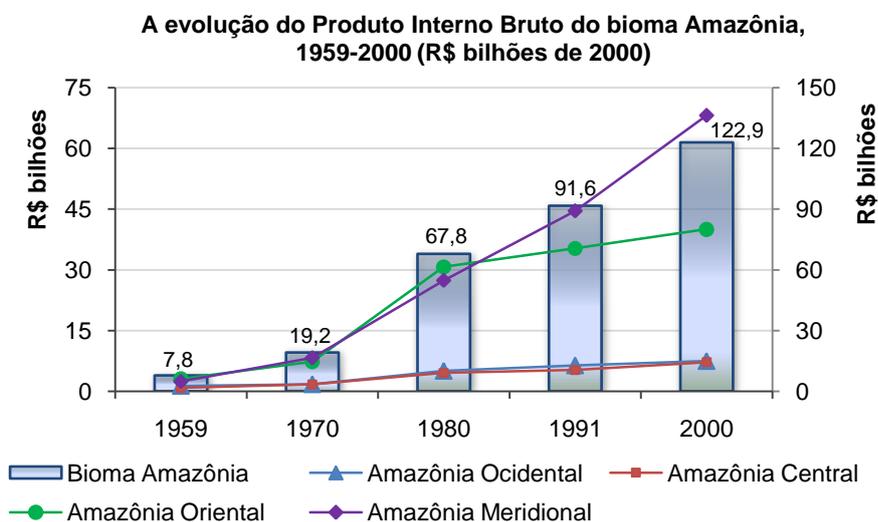


Gráfico 3 – A evolução do Produto Interno Bruto do bioma Amazônia (1959-2000)  
 Fonte: IBGE – Censo Demográfico (1959-2000)  
 Organização do autor.

Pode-se verificar uma grande transformação regional a partir da década de 1970, quando, tanto a Amazônia Oriental (319%) como a Amazônia Meridional (230%) apresentaram grandes taxas de crescimento econômico. A partir da década de 1980, as

altas taxas da Amazônia Meridional permanecem desta vez, não por grandes políticas de ocupação, mas pela característica empreendedora dos que ali se fixaram associada à evolução da tecnologia agropecuária. Por outro lado, as taxas de crescimento econômico na Amazônia Oriental, muito se reduziram, apesar de continuarem positivas. Com taxas de crescimento bem menores neste período, a Amazônia Ocidental e a Amazônia Central continuam com as menos expressivas economias da região.

O PIB regional atingiu R\$ 157,89 bilhões, 10,41% do PIB nacional. Entretanto, 88,0% desta riqueza concentram-se na Amazônia Meridional (54,6%) e na Amazônia Oriental (33,4%). Já na Amazônia Ocidental (6,1%) e na Amazônia Central (5,88), estes se apresentam bem menores. No período de 2003 a 2007 (IBGE – Contas Nacionais, 2003 a 2007), as maiores taxas anuais de crescimento econômico continuaram ocorrendo na Amazônia Meridional (5,8%) e na Amazônia Oriental (5,5%), acima da média regional (5,4%). Assim, evidencia-se um processo de aumento da desigualdade intra-regional, pois, a Amazônia Ocidental (3,7%) e a Amazônia Central (3,8%) apresentaram taxas médias anuais de crescimento menores neste mesmo período.

O PIB *per capita* em 2007 atingiu R\$ 17,5 mil/hab. (IBGE – Contas Nacionais, 2007; Contagem da População, 2007). Mas há, contudo, extrema desigualdade intra-regional (Figura 15).

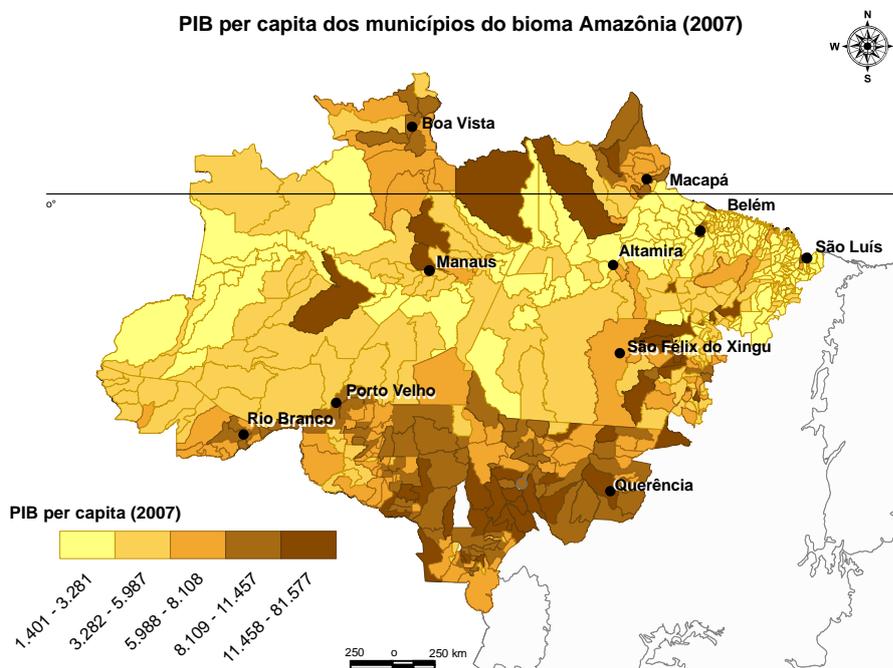


Figura 15 - PIB *per capita* dos municípios do bioma Amazônia, 2007  
Fonte: IBGE – Contas Nacionais (2007) e Contagem da População (2007)  
Organização do autor.

Na Amazônia Meridional o PIB per capita atinge R\$ 39,8 mil por habitante, muito acima da média regional, fruto da progressiva acumulação fundiária ocorrida a partir da

década de 1970. Além de grande parte dos municípios desta porção do bioma, altas concentrações ocorrem em municípios isolados nas outras macrorregiões, geradas principalmente por grandes instalações industriais e/ou produção mineral. A Amazônia Ocidental apresenta um PIB *per capita* de R\$ 9,7 mil/hab., próximo ao da Amazônia Oriental, de R\$ 9,3 mil/hab.<sup>3</sup>. Com R\$ 5,7 mil por habitante, a Amazônia Central apresenta o pior resultado.

A Amazônia apresenta uma grande heterogeneidade de suas atividades produtivas. Na Amazônia Ocidental, grande parte do PIB está concentrada no setor industrial, com repercussões sobre a componente de serviços. Na Amazônia Central e na Amazônia Meridional, a atividade agropecuária é predominante sobre as outras atividades econômicas macrorregionais. Já a Amazônia Oriental, apresenta uma distribuição muito mais homogênea, com predominância industrial (IBGE – Contas Nacionais, 2003 a 2007). Para os interesses desta pesquisa, devem ser observadas as principais atividades produtivas regionais: a) a agropecuária, b) a indústria e a mineração, c) o extrativismo vegetal madeireiro, e d) o extrativismo vegetal não-madeireiro.

Atividade tradicional desde a chegada dos europeus no século XVI, a agropecuária tornou-se, nos últimos anos, a principal atividade socioeconômica da Amazônia e a responsável por grande parte das transformações ocorridas no uso do solo e na cobertura vegetal regional. Em 2006 havia 599,4 mil empreendimentos agropecuários no bioma ocupando uma área territorial de 1,09 milhões de km<sup>2</sup> (IBGE – Censo Agropecuário, 2006). São 63,7 mil km<sup>2</sup> na Amazônia Ocidental (10,7%), 97,8 mil km<sup>2</sup> na Amazônia Central (16,4%), 265,4 mil km<sup>2</sup> na Amazônia Oriental (44,3%), e 170,1 mil km<sup>2</sup> na Amazônia Meridional (28,6%). As maiores concentrações encontravam-se na Amazônia Meridional, 2,4 km<sup>2</sup> por empreendimento, e as menores concentrações na Amazônia Ocidental, 0,97 km<sup>2</sup> por empreendimento agropecuário. Desse território, a área plantada em 2008 foi de 86,1 mil km<sup>2</sup>, ou seja, somente 7,9% da área total das propriedades agropecuárias na região (IBGE – Produção Agrícola Municipal, 2008).

A Tabela III apresenta a evolução recente da área plantada no bioma Amazônia e nas suas macrorregiões. A atividade agrícola destacou-se na Amazônia Meridional, evoluindo de 47,7 mil km<sup>2</sup> em 2003, para 65,0 mil km<sup>2</sup> em 2008, 75,5% da área plantada no bioma Amazônia (IBGE – Produção Agrícola Municipal, 2003 a 2008), uma taxa anual de crescimento da área plantada de 7,2% neste período. Na Amazônia Oriental, apesar da área plantada ter crescido de 13,8 mil km<sup>2</sup> em 2003 para 15,6 mil km<sup>2</sup> em 2005, esta sofreu uma redução para 13,9 mil km<sup>2</sup> em 2008, 16,2% da área plantada na Amazônia, uma taxa

---

<sup>3</sup> Apesar disso, foram identificados grandes desvios, assim, devem-se destacar as concentrações nas capitais e em alguns municípios industriais nessa macrorregião.



concentrados na Amazônia oriental. O rebanho bubalino é relevante na Amazônia Oriental e na Amazônia Central (IBGE – Pesquisa Pecuária Municipal, 2008). A Tabela IV destaca a evolução recente do rebanho bovino na Amazônia e nas suas macrorregiões.

**Tabela IV – A evolução do rebanho bovino no bioma Amazônia, 2003-2008\***

	2003		2004		2005		2006		2007		2008	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Amazônia Ocidental	1,15	2,3	1,18	2,1	1,26	2,1	1,30	2,2	1,31	2,3	1,35	2,3
Amazônia Central	5,43	10,9	6,19	10,8	6,63	11,1	6,92	11,6	6,10	10,9	6,97	12,1
Amazônia Oriental	14,97	30,0	18,75	32,7	19,40	32,3	18,54	31,1	16,87	30,1	16,91	29,4
Amazônia Meridional	28,41	56,9	31,16	54,4	32,69	54,5	32,83	55,1	31,82	56,7	32,27	56,1
Bioma Amazônia	49,96	100,0	57,27	100,0	59,98	100,0	59,59	100,0	56,10	100,0	57,50	100,0

Fonte: IBGE – Pesquisa Pecuária Municipal (2003-2008)

\*dados em milhões de cabeças

De 2003 a 2008 o rebanho bovino cresceu 7,5 milhões de cabeças, uma taxa anual de crescimento média de 3,0% (IBGE – Pesquisa Pecuária Municipal, 2003 a 2008). Destaca-se um crescimento no rebanho regional de 49,96 milhões de cabeças para 57,5 milhões (ápice no período) em 2005. A partir de então, o rebanho regional começou a apresentar taxas de crescimento negativas. Grande parte do rebanho bovino encontra-se na Amazônia Meridional e na Amazônia. São 32,3 milhões de cabeças na Amazônia Meridional, 56,1% do rebanho amazônico, que apresentou uma taxa de crescimento anual média de 2,7%. nos últimos cinco anos. Na Amazônia Oriental são 16,9 milhões de cabeças, 29,4% do rebanho regional, com uma taxa de crescimento anual média de 2,6%. Muito menos representativa é a pecuária na Amazônia Central e na Amazônia Ocidental, contudo, com taxas de crescimento significativas em sua porção central. São 7,0 milhões de cabeças na Amazônia Central, 12,1% do rebanho regional, com taxa de crescimento anual média de 5,8%. A Amazônia Ocidental possui apenas 1,3 milhões de cabeças, 2,2% do rebanho da Amazônia Oriental.

As políticas de ocupação da segunda metade do século XX não foram suficientes para um efetivo aproveitamento agrícola do território amazônico. Isto se deu por muitas razões, incluindo: a inadequação ambiental (solo, precipitação, temperatura, pragas), ainda não superada pela evolução tecnológica, ao cultivo em grande escala dos produtos portadores de significativa demanda exterior (arroz, soja, milho, etc.); e aos altos custos envolvidos no transporte e, muitas vezes, na produção. Além disso, a presença, muitas vezes insipiente do Estado gera um ambiente de insegurança e inibição de investimentos. Como alternativa, busca-se o desenvolvimento regional por meio de um processo de industrialização,

principalmente na Zona Franca de Manaus, no Estado do Amazonas e no Leste e Sudeste do Estado do Pará, onde esta se conjuga com a mineração de grande porte.

O setor industrial contribuiu com R\$ 38,01 bilhões ao PIB dos municípios do bioma Amazônia em 2007, isto significa 24,1% de todo o PIB da Amazônia naquele ano, R\$ 157,89 bilhões, excluídos os impostos correlacionados a esse setor (IBGE – Contas Nacionais, 2007). Apesar de a produção industrial estar concentrada na Amazônia Oriental, é na Amazônia Ocidental que se encontra o principal município industrial da Amazônia, Manaus, contribuindo com R\$ 13,73 bilhões, 8,7% do PIB total regional. Destacam-se também as contribuições da indústria nos municípios de São Luís (R\$ 2,5 bilhões), Barbacena (R\$ 2,2 bilhões), Parauapebas (R\$ 2,1 bilhões), Belém (R\$ 1,8 bilhões), Tucuruí (R\$ 1,7 bilhões) e Marabá (R\$ 1,0 bilhões), todos na Amazônia Oriental.

Grande parte da representatividade da indústria em Manaus é consequência da presença da Zona Franca de Manaus (ZFM), instituída pela Lei nº 3.173 de 06 de junho de 1957 e reformulada pelo Decreto-Lei nº 288, de 28 de fevereiro de 1967. Além de vantagens oferecidas pelo Governo Federal, o modelo é reforçado por políticas reforçadoras em níveis estadual e municipal (Mota *et al.*, 2009). A política na ZFM é diferenciada, oferecendo benefícios tributários e locacionais. No Parque Industrial de Manaus, uma área 39 km<sup>2</sup>, oferece-se o terreno a preço simbólico, com infra-estrutura de captação e tratamento de água, sistema viário urbanizado, rede de abastecimento de água, rede de telecomunicações, rede de esgoto sanitário e drenagem pluvial. Atualmente, as empresas instaladas ocupam aproximadamente 17 km<sup>2</sup> (43,6%), estando disponíveis 22 km<sup>2</sup> (56,4%) para implantação de novos empreendimentos.

Os principais tributos diferenciados na ZFM são: tributos federais, como a redução de até 88% do Imposto de Importação sobre os insumos destinados à industrialização, a isenção do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), a redução de 75% do imposto sobre adicionais não restituíveis, e a isenção da contribuição para o PIS/PASEP e da COFINS nas operações internas na Zona Franca de Manaus; tributos estaduais, como a restituição parcial ou total (dependendo do projeto) do Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS); e tributos municipais, como a isenção do Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana, Taxas de Serviços de Coleta de Lixo, de Limpeza Pública, de Conservação de Vias e Logradouros Públicos e Taxas de Licença para empresas que gerarem um mínimo de quinhentos empregos, de forma direta, no início de sua atividade, mantendo este número durante o período do benefício. Já as indústrias relacionadas à extração, beneficiamento e comercialização de minerais de valor comercial começaram a se instalar no bioma Amazônia na década de 1960. Mas sua atuação efetiva

se dava basicamente pela busca e exploração em uma região ainda mais desconhecida que na atualidade, principalmente a respeito de seu subsolo. Apesar disso, nas últimas décadas houve um avanço na identificação de uma grande variedade de ambientes geológicos, com potencialidade para depósitos minerais na Amazônia (Santos, 2002), desde os utilizados intensivamente pela indústria moderna até os mais valiosos.

Na década 1980, as políticas para o desenvolvimento da Amazônia, concebidas pelo Governo Federal, foram decisivas no deslocamento de importantes indústrias para a região. Entre elas, as atividades voltadas à extração e à transformação industrial de minerais estão entre as principais contribuintes para as transformações socioeconômicas recentes na Amazônia Oriental. Sem dúvida, um dos maiores projetos de desenvolvimento econômico se deu por meio do Projeto Grande Carajás (PGC), um sistema industrial de 100 mil km<sup>2</sup> que influencia um ambiente de extraordinária concentração de minerais, florestas e recursos hídricos e hidrelétricos, uma área de cerca de 800 mil km<sup>2</sup> entre os rios Xingu, Amazonas e Parnaíba. A Serra dos Carajás começou a operar efetivamente em 1985, abrigando diversas minas, instalações de beneficiamento e um pátio de estocagem, as instalações portuárias e a Estrada de Ferro Carajás, com 890 km de extensão, que a conecta ao Porto da Ponta da Madeira, em São Luís (MA). Somente as jazidas de ferro, com seus 18 bilhões de toneladas, correspondem à maior concentração de alto teor já encontrada no planeta (Oren, 1987). A comercialização do minério de ferro de Carajás atingiu 69,5 milhões de toneladas, em 2004 (Monteiro, 2005), representando US\$ 1,32 bilhão.

Assim, a distribuição da produção mineral é muito diferente na Amazônia Ocidental em relação às outras macrorregiões. Enquanto na Amazônia Oriental e em parte da Amazônia Central e da Amazônia Meridional a atividade de mineração está vinculada principalmente a grandes organizações privadas industriais, que atuam independentemente ou por intermédio de *joint ventures* (Becker, 2009), na Amazônia Ocidental, e no Estado de Rondônia, a exploração é feita por empresas privadas de pequeno porte, com a utilização de espaços bem menores.

Os atuais programas de desenvolvimento do setor muito diferem dos do passado. Não se busca mais conhecer o potencial mineral da região, mas cada organização busca atender de muitas formas a demanda de lucro dos respectivos interessados. Além disso, organizações com produção industrial verticalizada, que também procuram por estoques que possibilitem a continuidade de suprimento do insumo mineral, onde há interesse preferencial por cobre, zinco, níquel e caulim. (Santos, 2002). Como a Amazônia possui muitos ambientes geológicos férteis, cada vez mais áreas estão sendo liberadas para a produção por pequenas empresas.

Apesar dessa descentralização recente nas concessões e licenças para extração de produtos diversos, ainda há dificuldades de impulsionar um desenvolvimento endógeno. Uma das razões para isso encontra-se no fato de que estas atividades são profundamente dependentes de dinâmicas extra-regionais que determinam os padrões dentro dos quais essas empresas minero-metalúrgicas operam (Monteiro, 2005). Soma-se a estas, a atividade garimpeira, que embora prevista de forma legal por meio de uma Permissão de Lavra Garimpeira (PLG), nos garimpos, mesmo os legalizados, são comuns as infrações trabalhistas e ambientais. De 2003 a 2008, concessões e licenças autorizaram a extração de novas áreas em 133 municípios no bioma Amazônia, uma área total de 710,67 km<sup>2</sup>, média de 5,34 km<sup>2</sup> por município. A Tabela V apresenta as novas áreas concedidas ou licenciadas para extração no bioma Amazônia e nas suas macrorregiões.

**Tabela V – Novas áreas autorizadas para extração de recursos minerais na Amazônia**

	2003		2004		2005		2006		2007		2008	
	área	%	área	%	área	%	área	%	área	%	área	%
Amazônia Ocidental	2,4	10,1	0,7	0,5	1,6	1,1	1,9	1,6	6,4	2,4	5,3	20,8
Amazônia Central	12,5	52,5	52,4	38,1	93,6	64,1	7,3	6,4	14,2	5,4	5,0	19,6
Amazônia Oriental	4,3	18,1	6,0	4,4	10,9	7,5	41,6	36,3	14,5	5,5	10,7	42,0
Amazônia Meridional	4,6	19,3	78,1	57,0	39,8	27,3	63,9	55,7	229,0	86,7	4,5	17,6
Bioma Amazônia	23,8	100,0	137,2	100,0	146,0	100,0	114,6	100,0	264,1	100,0	25,5	100,0

Fonte: MME/DNPM (2009)

\* valores em km<sup>2</sup>

A maior área autorizada foi no município de Porto Velho (RO), 244,3 km<sup>2</sup>, 34,3% do total das áreas autorizadas no bioma. A média de autorizações nesse período foi 128,98 km<sup>2</sup> por ano (MME/DNPM, 2009). Na Amazônia Ocidental, houve autorização para apenas 18,29 km<sup>2</sup> (2,6%), onde se destacou o município de Barcelos (AM), com incremento de 5,26 km<sup>2</sup> na área de mineração efetiva. A Amazônia Central teve um aumento de 184,89 km<sup>2</sup> (26%) neste período. Os principais beneficiados por licenças e concessões foram os municípios de Humaitá (AM), com 91,92 km<sup>2</sup> de incremento na área em mineração, e Porto Grande (AP), com um aumento de 45,45 km<sup>2</sup>. Já na Amazônia Oriental, o crescimento da área autorizada cresceu de forma mais tímida, com uma área adicional de 87,74 km<sup>2</sup> (12,3%). Por fim, destacaram-se nestes cinco anos as autorizações na Amazônia Meridional, 419,75 km<sup>2</sup> (59,1%).

Beneficiado pelos cerca de 2,7 milhões de km<sup>2</sup> de florestas remanescentes no bioma Amazônia, o valor da produção do extrativismo vegetal madeireiro na região atingiu R\$ 1,7 bilhão em 2008 (IBGE - Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura, 2008). Deste total, a produção de madeira (em tora) foi de 11,5 milhões m<sup>3</sup> que renderam R\$ 1.421 milhões

(83,3%), a produção de carvão vegetal atingiu 418,3 mil toneladas, ou seja, R\$ 165,1 milhões (9,7%), e os 9,7 milhões m<sup>3</sup> de lenha que renderam R\$ 119,2 milhões (7,0%). A Tabela VI destaca a evolução do valor da produção de madeira em tora de 2003 a 2008.

**Tabela VI – A evolução do valor da produção de madeira em tora no bioma Amazônia\***

	2003		2004		2005		2006		2007		2008	
	R\$	%										
Amazônia Ocidental	27	2,3	46	3,7	48	3,8	49	3,6	51	3,6	47	3,3
Amazônia Central	214	18,4	243	19,5	229	18,0	245	17,9	258	18,3	267	18,8
Amazônia Oriental	643	55,4	723	58,0	744	58,4	780	57,0	798	56,8	822	57,8
Amazônia Meridional	277	23,9	234	18,8	252	19,8	295	21,5	300	21,3	285	20,1
Bioma Amazônia	1.161	100,0	1.247	100,0	1.273	100,0	1.369	100,0	1.407	100,0	1.421	100,0

Fonte: IBGE - Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (2003-2008)

\*valores em R\$ milhões de 2000

Pode-se identificar um contínuo crescimento da produção de madeira em tora na Amazônia. De R\$ 1,16 bilhão em 2003, para R\$ 1,70 bilhão em 2008, uma expressiva taxa média anual de crescimento de 9,3%. A produção de madeira em tora está mais concentrada na Amazônia Oriental. Foram gerados R\$ 822 milhões em 2008, 57,8% do valor da produção regional. Uma taxa média de crescimento anual de 5,6% nestes cinco anos. A Amazônia Meridional apresentou um crescimento mais tímido. Apesar dos R\$ 285 milhões produzidos em 2008, 20,1% da produção regional, sua taxa média de crescimento foi somente 0,6% aa. O valor da produção na Amazônia Central atingiu uma produção no valor de R\$ 267 milhões, 18,8% do valor da produção regional, apresentando uma significativa taxa média anual de crescimento de 5,0%. A Amazônia Ocidental possui a menor produção regional da Amazônia. Foram produzidos em 2008 R\$ 47 milhões de madeira em tora, 3,3% da produção da Amazônia, com uma taxa média de crescimento anual expressiva de 14,8% nesses cinco anos.

Apesar de a atividade madeireira ser uma importante fonte de renda e empregos na Amazônia, seu crescimento preocupa, pois se supõe (Nepstad *et al.*, 1999) que a área de exploração madeireira pode ser tão extensa quanto a que é desmatada anualmente na Amazônia. O que promove outros danos diretos e indiretos dessa atividade aos ecossistemas (Uhl & Vieira, 1989). Neste sentido, indicam-se o manejo florestal (Asner *et al.*, 2005; Holmes, 2007) e a certificação dos produtos (Carneiro, 2007) como importantes instrumentos de redução dos danos promovidos por esta atividade. De outra forma, critica-se a alternativa de privatização por meio de concessões de florestas públicas (Boscolo & Vincent, 2007) por ocorrer grandes pressões pelo aumento da intensidade exploratória.

Assim como ocorreu na produção de madeira em tora, houve um forte aumento nas produções de lenha e de carvão vegetal a partir de 2004. O valor da produção atingiu R\$165,1 milhões em 2008. Entretanto, em nenhum ano posterior foi alcançado o valor da sua produção em 2003 (IBGE - Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura, 2003 a 2008). Após uma forte queda no valor da produção regional de carvão, devido à forte queda da produção na Amazônia Oriental, de R\$ 349 milhões em 2003 para R\$ 71,8 milhões em 2004, pode-se perceber uma expressiva taxa média anual de crescimento de 32,5%. De maneira geral, a produção concentra-se nesta macrorregião. Em 2008 foram R\$ 131,5 milhões (79,6%), um crescimento comunidades humanas, enquanto a madeira é enviada majoritariamente para outras regiões do país ou para o exterior. As indústrias minero-siderúrgicas consomem grande parte da produção de carvão, localizado, em sua grande maioria, na Amazônia Oriental. O valor da produção de lenha evoluiu de R\$ 63,1 milhões em 2003 para R\$ 117,5 milhões em 2008, um aumento médio anual de 17,2%. Maior parte desta produção ocorre na Amazônia Oriental, onde evoluiu de R\$ 31,9 milhões (55,4%) em 2003 para R\$ 41,7 milhões (35,5%) em 2008, um incremento médio anual de 6,1% no valor da produção macrorregional. Na Amazônia Central a produção evoluiu de R\$ 12,9 milhões (20,5%) em 2003 para R\$ 34,7 milhões (29,5%) em 2008, uma expressiva taxa média de crescimento anual de 33,8% nesse período. Houve também grande aumento de produção na Amazônia Meridional, de R\$ 10,0 milhões (15,9%) em 2003 para R\$ 27,2 milhões (23,1%) em 2008, 26,2% ao ano. De forma menos representativa, a Amazônia Ocidental teve uma evolução de R\$ 8,3 milhões (13,2%) em 2003 para R\$ 13,9 milhões (11,9) em 2008.

O acentuado crescimento na atividade extrativista madeireira no bioma Amazônia preocupa. A exploração dos recursos naturais renováveis a taxas maiores que a capacidade de recuperação dos ecossistemas tem levado a contínua perda de cobertura florestal e biodiversidade regional. Neste sentido, a combinação de aumento de pressão em suas diversas atividades (toras, carvão e lenha) pode ser considerada ambientalmente insustentável na Amazônia. De outra forma, o extrativismo vegetal não-madeireiro pode ser uma alternativa para o desenvolvimento regional. Além da Amazônia Oriental, vem ganhando maior importância a produção na Amazônia Meridional. De somente R\$ 2,2 milhões em 2003 (0,6%) para 23,9 milhões em 2008 (14,5%). Um impressionante crescimento anual médio de 197,3%. A Amazônia Central (R\$ 5,1 milhões) e a Amazônia Ocidental (R\$ 4,6 milhões) pouco contribuíram para a produção regional, todavia, apresentaram contínuo crescimento no período observado.

Um dos fatores apontados para este crescimento recente na produção regional de carvão vegetal é que as indústrias siderúrgicas que utilizam autos-fornos, principalmente

aquelas produtoras de ferro-gusa, além do minério de ferro, utilizam o carvão vegetal como insumo (Monteiro, 2005). E devido aos custos crescentes de produção do carvão vegetal a partir da silvicultura, estas companhias têm buscado os oriundos de florestas primárias. Além disso, projeta-se uma crescente produção nos próximos anos, principalmente, com o contínuo aumento do preço do ferro-gusa no mercado internacional, ampliando a pressão sobre os recursos florestais. Pode-se questionar se a produção de lenha está sendo pressionada pela demanda por carvão vegetal, já que as indústrias minero-metalúrgicas parecem estar diversificando ao máximo seus fornecedores, evitando a produção via silvicultura. Além destes, a lenha é um importante combustível regional, muito utilizado em nível doméstico. O valor da produção regional atingiu R\$ 117,5 milhões, com uma distribuição espacial muito menos concentrada que os outros dois produtos madeireiros (IBGE - Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura, 2003 a 2008). Isto se dá, pois a lenha é um produto consumido localmente pelas

O extrativismo vegetal, entendido como uma maneira de produzir bens na qual os recursos vegetais utilizados para esta produção são extraídos diretamente da sua área de ocorrência no meio natural, além dos produtos madeireiros inclui, os não-madeireiros. Na Amazônia, são produtos alimentos, fármacos, ceras, borrachas, fibras, óleos, entre outros que vêm conquistando além da população regional, consumidores de todo o país e do exterior. Uma atividade alternativa àquela exploração, que tem significativa participação na geração de trabalho e renda na região, apesar de pouco estar sendo utilizado do seu grande potencial.

A Tabela VII mostra a evolução do valor da produção do extrativismo vegetal não-madeireiro no bioma Amazônia e em suas macrorregiões de 2003 a 2008. Com uma taxa média anual de crescimento de 13,9%, o valor da produção do extrativismo vegetal não-madeireiro na Amazônia evoluiu de forma estável de R\$ 155,09 milhões em 2003 para R\$ 263,35 milhões em 2008 (IBGE - Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura, 2003 a 2008). Destaca-se neste contexto a Amazônia Oriental que, de R\$ 110,73 milhões em 2003, atingiu uma produção no valor de R\$ 182,00 milhões em 2008, 69,1% do valor total da produção regional. Na Amazônia Ocidental o valor da produção evoluiu de R\$ 24,94 milhões em 2003 (16,1%) para R\$ 39,60 milhões em 2008 (15,0%), um crescimento médio anual de 11,8%. A Amazônia Central produziu R\$ 12,55 milhões via extrativismo não-madeireiro em 2003 (8,1%). Em 2008 foram R\$ 25,71 milhões (9,8%), um incremento médio anual de 20,9% nesse período. Com menor representatividade regional, apesar de sua taxa média anual de crescimento de 26,6%, a produção na Amazônia Meridional evoluiu de R\$ 6,87 milhões em 2003 (4,4%) para R\$ 16,03 milhões em 2008 (6,1%). O valor da produção do



Barcelos (AM) com R\$ 13,9 milhões e Lábrea (AM) com R\$ 4,4 milhões. Na Amazônia Central destacaram-se as produções de alimentos e de óleos. Foram R\$ 17,73 milhões (9,6%) em bens alimentícios e R\$ 5,25 milhões (10,2%) em produtos oleaginosos ou similares. Os maiores produtores são Novo Aripuanã (AM) com R\$ 6,4 milhões e Humaitá (AM) com R\$ 2,7 milhões. Por fim, podem-se citar na Amazônia Meridional, Sena Madureira (AC) com R\$ 2,6 milhões e Brasiléia (AC) que em 2008 produziu R\$ 2,2 milhões por meio do extrativismo vegetal não-madeireiro.

As atividades extrativistas de baixa tecnologia na Amazônia parecem viáveis. Para Drummond (1996), é recomendável que ele continue a ser um modelo de produção para uma parte substancial das populações humanas na Amazônia e que seja realizado sob uma base comunitária e ecologicamente sustentável. Entretanto, Apesar de assim defendido por diversas organizações públicas, não-governamentais e privadas organizados em diversos níveis, os reais potenciais dessa atividade merece uma maior reflexão, pois em relação a ser uma alternativa ao insustentável modelo de desenvolvimento regional (Sawyer, 1990), o extrativismo vegetal não-madeireiro apresenta possibilidades e limitações.

Neste sentido, para se tornar uma atividade socioambientalmente viável na Amazônia, o extrativismo não-madeireiro necessita entre outros aspectos, ser exercido por meio do adequado manejo, combinando atividades de mercado e de subsistência com o conhecimento tradicional e científico. Para isso, seria oportuno promover a exploração de uma grande diversidade de bens para aproveitar os ciclos não-coincidentes de reprodução natural dos mesmos. Além disso, é preciso que se busque uma maior integração do extrativismo em si com demais atividades econômicas.

### 3.4 POLÍTICAS PÚBLICAS, AMBIENTE E TERRITÓRIO NA AMAZÔNIA

Sobre o território do bioma Amazônia, incluindo seus aspectos geofísicos, biológicos, socioculturais e econômicos, incide estratégias de políticas públicas diversas, voltadas tanto para seu desenvolvimento econômico como para a proteção dos ecossistemas regionais. O somatório das intensidades e direções dessas pressões resulta em uma dinâmica regional heterogênea e complexa que dificulta, mas não impede abordagens mais amplas. Assim, deve-se atentar para as múltiplas possibilidades de transformação do espaço amazônico no tempo e no espaço. Para isto, esta seção apresenta uma síntese das políticas públicas que possuem potencial elevado de gerar modificações no uso e na cobertura do solo no bioma Amazônia e discute algumas tendências e cenários para o espaço do bioma Amazônia no século XXI.

### 3.4.1 Políticas públicas e a Amazônia no contexto internacional.

Atualmente, as políticas para a Amazônia no âmbito internacional não mais refletem as pressões do Estado ou de outras nações como ocorreu no passado, mas principalmente, o poder de grandes organizações privadas de influenciar a tomada de decisão dos países envolvidos no problema. Recentemente ocorreram significativas alterações na própria estrutura dessas relações. Entre elas, Becker (2004) destacou: a da conectividade regional, das estradas para as telecomunicações; a da economia, do extrativismo para a industrialização; e a do povoamento regional, da rede fluvial para a rede rodoviária. Entre os atores que geraram pressões para esta nova dinâmica regional, destacam-se: os governos estaduais, a sociedade civil organizada e a cooperação internacional. Neste aspecto, atuam duas forças internacionais relevantes: um em nível do sistema financeiro e do domínio das grandes potências: um projeto internacional, com objetivo de abastecimento com bens primários, e um projeto de integração da Amazônia sul-americana, com objetivo de ampliação do comércio exterior tanto entre os países diretamente envolvidos como destes com outras nações.

O discurso de integração da América do Sul surgiu contundentemente em 1992 quando os oito países que contém o espaço da Amazônia Transnacional propuseram por meio de um documento intitulado Iniciativa Amazônica que propôs um acordo de livre comércio com a implantação da Área de Livre Comercio da América do Sul (ALCSA) que, por diversas razões (López, 2006), não se efetivou. A partir de então, as tendências de integração regional se tornaram ainda mais evidentes no contexto internacional e no próprio continente sul-americano. Em 2000, as atividades da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) e da Iniciativa de Integração Regional da Infra-estrutura da América do Sul (IIRSA) foram iniciadas. A IIRSA constitui-se em um mega-projeto de integração comercial que pretende criar essencialmente grandes canais multimodais de fluxo com ações concentradas nos setores de transporte, energia e telecomunicações. Uma agenda associada a relações histórico-geográficas entre os países da América do Sul que projeta uma Amazônia como centro do continente, em vez de periferia como ocorre atualmente.

Apesar de ser consensual que para ser ambientalmente sustentável o sistema de transportes na Amazônia, seja de cargas ou pessoas, deve ser baseado no uso das vias fluviais e aéreas, o que se verifica nas propostas da IIRSA (2000) e em seus rebatimentos nas políticas para a Amazônia no Brasil (PPA 2000-2003 e PPA 2004-2007) é a instalação de projetos de grandes infra-estruturas, como estradas, hidrelétricas e estruturas para ampliação da capacidade de irrigação, entre outras, voltadas principalmente à ocupação do

território regional pela agroindústria de larga escala, para o atendimento da crescente demanda do mercado internacional.

Para isso, foram definidos doze eixos de desenvolvimento, ao longo dos quais se concentram os grandes investimentos. Dos quatro que recortam a Amazônia no Brasil, três são direcionados ao Pacífico: o Eixo Peru-Brasil-Bolívia, o Eixo Amazônico e o Eixo Andino. Estes eixos visam principalmente uma maior inserção econômica internacional, principalmente por meio do escoamento de produtos agrícolas e minerais para o Leste Asiático e para o Pacífico Norte-Americano (Ramalho & Bara Neto, 2001). No Eixo Peru-Brasil-Bolívia deve-se atentar para a pavimentação da Rodovia Transoceânica, financiada pelo BNDES e pela CAF e que agregam 44 projetos como o Complexo Hidrelétrico do rio Madeira com grandes investimentos nos estados do Amazonas, Acre, Rondônia e Mato Grosso. No Eixo do Amazonas (Brasil-Peru), o acesso à Hidrovia do Ucayali está prevista com mais sete projetos para gerar uma melhor conexão viária e energética entre aquela cidade e Cruzeiro do Sul, no Brasil. De outra forma, o eixo das Guianas tem como objetivos o escoamento de produtos da Zona Franca de Manaus para a América do Norte e a Europa, a exploração de recursos naturais, e o aproveitamento dos recursos hídricos para geração de energia elétrica.

As propostas da IIRSA, orientadoras das políticas nacionais de desenvolvimento desde 2000, refletem-se na região amazônica por um projeto nacional de adensamento econômico, um projeto nacional de integração continental e um de competição global (Mello, 2005). Ou seja, no planejamento e no ordenamento do território amazônico, predomina a dimensão econômica sobre as socioambientais, divergindo evidentemente, de um processo sócio-ambientalmente sustentável apesar dos avanços recentes.

#### 3.4.2 Políticas de integração e de desenvolvimento regional

No Brasil, o apontamento dos eixos de integração já estava presente na definição dos espaços prioritários para investimentos no Programa Brasil em Ação (1996) e no PPA (1996-1999). Mas foi no Programa Avança Brasil (2000) e no PPA (2000-2003) que se tornaram efetivamente explícitos como Eixos Nacionais de Integração e Desenvolvimento na estratégia nacional. Ao analisar as motivações que levaram o governo brasileiro a aderir àquelas propostas, Serra & Fernandez (2004) apontaram como fundamental a crença de que esta promoveria o terceiro ciclo de expansão da economia brasileira após a II Guerra<sup>4</sup>. A partir de 2003, as principais políticas públicas relacionadas ao desenvolvimento e as

---

<sup>4</sup> Um ciclo de expansão econômica é geralmente caracterizado por um longo período de significativo crescimento ininterrupto.

mudanças no uso do solo na Amazônia foram discriminadas no Programa Um Brasil para Todos (2003), no Plano de Aceleração do Crescimento – PAC (2007-2010) e detalhadas no Monte e do Tocantins. Na transmissão de energia elétrica, a instalação das linhas de transmissão para ligação do sistema local com o Sistema Interligado Nacional. Além disso, a política conta com a implantação de diversos equipamentos em Manaus e de menor porte em outras cidades.

Para concentrar os esforços pelos objetivos de governo, foi instituído o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC 2007-2010) sob coordenação da Casa Civil da Presidência da República. Propondo-se a promover a aceleração do crescimento econômico, o aumento do emprego e a melhoria das condições de vida da população brasileira, o PAC agrega um conjunto de medidas destinadas a incentivar o investimento privado, a aumentar o investimento público em infra-estrutura e a remover obstáculos burocráticos, administrativos, normativos, jurídicos e legislativos ao crescimento econômico do país.

As estratégias do PAC encontram-se organizadas em cinco blocos (Brasil, 2007a): 1) investimento em infra-estrutura, para eliminar os principais gargalos que podem restringir o crescimento da economia, reduzir custos e aumentar a produtividade das empresas, estimular o aumento do investimento privado e reduzir as desigualdades regionais; 2) estímulo ao crédito e ao Financiamento, para dar continuidade ao aumento do volume de crédito, sobretudo do crédito habitacional e do crédito de longo prazo para investimentos em infra-estrutura; 3) melhoria do ambiente de investimento, que inclui medidas para, a implantação de investimentos em infra-estrutura, aperfeiçoamento do marco regulatório e do sistema de defesa da concorrência, e incentivo ao desenvolvimento regional, via recriação da SUDAM e SUDENE; 4) desoneração e aperfeiçoamento do sistema tributário, incluindo medidas de incentivo ao desenvolvimento tecnológico e ao fortalecimento das micro e pequenas empresas; e 5) Medidas Fiscais de Longo Prazo, como o controle das despesas de pessoal, a criação da Política de Longo Prazo de Valorização do Salário Mínimo e a instituição do Fórum Nacional da Previdência Social. Somente os investimentos em infra-estrutura somam R\$ 503,9 bilhões neste período. O PAC 2 (2011-2014) tem previsão de investimento de R\$ 958,9 bilhões. Após este período, a estimativa de injetar mais R\$ 631,6 bilhões em obras, no todo, R\$ 1,59 trilhão. As estratégias continuam concentradas nos mesmos setores: logística, energia e o contexto sócio-urbano.

Almejando adequar as ações previstas para a região da Amazônia brasileira no PPA (2004-2007) à sustentabilidade ambiental, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) apresentou, em 2003, as diretrizes daquele Ministério para o desenvolvimento sustentável da Amazônia brasileira. Seu argumento era a necessidade de se evitar que as metas

nacionais fossem simplesmente estendidas à Amazônia, desprezando suas especificidades. Sua primeira versão foi apresentada em 2003. Desde então, tem servido de referência para políticas públicas federais na Amazônia Legal.

O PAS contempla ainda as diretrizes gerais para as ações estruturantes de desenvolvimento, constantes no PPA (2008-2011) e no Plano de Aceleração do Crescimento (PAC), pressupondo que essas se ajustam perfeitamente a seus objetivos, sendo necessário somente o planejamento estratégico das obras. O PAS tem como objetivo principal a promoção do desenvolvimento sustentável da Amazônia brasileira por meio de um novo modelo focado na valorização de seu patrimônio natural e nos investimentos em tecnologia e infra-estrutura, para a viabilização de atividades econômicas com a geração de emprego e renda, e da elevação do nível de vida da população de forma compatível com o uso sustentável dos recursos naturais (Brasil, 2008).

Os objetivos específicos são: promover o efetivo ordenamento territorial e a gestão ambiental; desenvolver inovação tecnológica, agregação de valor e valorização da biodiversidade; subsidiar o planejamento, a execução e a manutenção das obras de infra-estrutura; fortalecer a inclusão social e a cidadania e implantar um novo modelo de financiamento na Amazônia. As diretrizes distinguem-se em quatro eixos-estratégicos (Brasil, 2008): ordenamento territorial e gestão ambiental, produção sustentável com inovação e competitividade, infra-estrutura para o desenvolvimento sustentável; e inclusão social e cidadania. As diretrizes de ordenamento territorial indicam ações nas áreas de ordenamento e planejamento, promoção de assentamentos rurais, unidades de conservação, terras indígenas, monitoramento e controle ambiental. A produção sustentável com inovação e competitividade propõe diretrizes nas áreas de fomento à produção sustentável, manejo florestal, produção agropecuária, utilização econômica da fauna, turismo, produção mineral e industrial. Um tema de interesse especial para a sustentabilidade ambiental, a infra-estrutura para o desenvolvimento sustentável propõe diretrizes nas áreas de infra-estrutura energética, logística e de comunicações. As preocupações com a inclusão social e cidadania foram estruturadas em políticas de: educação, saúde, saneamento, segurança pública, assistência e previdência social, valorização da diversidade cultural e políticas de igualdade de gênero.

Neste contexto de aumento na provisão de infra-estruturas suporte ao desenvolvimento regional, estratégias de regularização fundiária, licenciamento e fiscalização e de prevenção e controle do desmatamento vêm sendo implantadas. Quanto à regularização fundiária, medidas como a obrigatoriedade de todo detentor de posse de terra na Amazônia Legal a encaminhar a documentação que comprova a posse acompanhada de planta georreferenciada e a possibilidade que as posses até cinco quilômetros quadrados

possam ser regularizadas por meio de concessão de uso, são estratégias de destaque. Acriação de áreas protegidas e o aumento de fiscalização são, com certeza, avanços, entretanto, a carência de detalhamento dificulta as decisões práticas e indicam certa dificuldade na compatibilização de interesses. Além disso, o marco legal continua frágil, incluindo, a situação do Código Florestal como Medida Provisória, a baixa efetividade da lei de crimes ambientais.

Utilizando uma abordagem qualitativa da dinâmica de sistemas para avaliar a sustentabilidade ambiental do PAS, Mota & Gazoni (2009) apesar de sugerirmos que as estratégias propostas podem atingir a sustentabilidade e bons resultados na Amazônia brasileira, destacamos atividades-chave como a regularização fundiária, a efetiva fiscalização fundiária e a implantação de novo modelo de financiamento, e diversos pressupostos críticos ao desenvolvimento sustentável. Alertaram ainda os autores, que para ser ambientalmente sustentável, o processo de desenvolvimento da Amazônia deverá no curto prazo, ser capaz de assegurar uma expressiva redução e estabilização em níveis adequados de consumo e degradação dos recursos regionais, sob pena de reprodução de um modelo inadequado de uso do solo e da sua cobertura.

Além destas, podem-se citar outras políticas associadas de desenvolvimento relevantes ao uso do solo no bioma Amazônia, como (Brasil, 2006): o Programa de Promoção e Inserção Econômica de Sub-Regiões; o Programa Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Territórios Rurais; o Programa de Desenvolvimento da Faixa de Fronteira; o Plano BR-163 Sustentável, o Programa de Sustentabilidade de Espaços Sub-Regionais; os Pactos de Concertamento; e os Planos Diretores.

O Programa de Promoção e Inserção Econômica de Sub-Regiões, sob gestão do Ministério da Integração, busca a inserção competitiva de diversas atividades econômicas nas economias local, regional, nacional e internacional. Neste programa se inserem as parcerias do governo com a sociedade civil, nas diversas áreas existentes, voltadas para o desenvolvimento de arranjos produtivos locais. Na Amazônia, está presente em alguns municípios da Amazônia Oriental e em quase um terço dos municípios do Mato Grosso contidos no bioma Amazônia.

A Reforma Agrária, amparada pela Lei nº 4.504/64, tem apoio do Programa Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Territórios Rurais, do Ministério do Desenvolvimento Agrário. O programa teve início em 2003 com o objetivo de promover o planejamento, a instalação e a gestão do desenvolvimento desses espaços. Seu público alvo é constituído principalmente por agricultores familiares e famílias assentadas pela reforma agrária. Atuante em diversos municípios do bioma Amazônia com exceção dos estados do Acre e de Roraima. A preocupação revelada pelo programa na Amazônia faz sentido. A Tabela IX

mostra o número de famílias assentadas por macrorregião do bioma Amazônia nos últimos anos.

**Tabela IX – Concessões e titulações em assentamentos rurais por macrorregião do bioma Amazônia**

	2003		2004		2005		2006		2007		2008	
	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T
Amazônia Ocidental	7	330	0	136	0	309	450	479	1.824	425	1.690	454
Amazônia Central	0	230	1	339	1	14	100	366	429	187	515	153
Amazônia Oriental	1	198	0	57	1	243	20	142	329	134	455	40
Amazônia Meridional	21	424	1	422	15	1.784	470	1.978	743	1.132	417	1.356
Bioma Amazônia	29	1.182	2	954	17	2.350	1.040	2.965	3.325	1.888	3.077	2.003

Fonte: Brasil (2007b), TCU (2009)

\* Concessões(C) e titulações(T)

A Orientação Estratégica de Governo Um Brasil para Todos (2003) e o PPA (2004-2007) assumiram o objetivo de promover a inclusão social e a desconcentração da renda com crescimento do produto e do emprego. Além disso, esse crescimento dinamizado pelo consumo de massa, pelos investimentos e pela elevação da produtividade aliada à redução da vulnerabilidade externa, deveria ser ambientalmente sustentável e redutor das desigualdades regionais. Ao mesmo tempo, essa nova política atualizou os eixos de integração. Para isso, a estratégia básica proposta constituiu-se em duas fases distintas e necessariamente consecutivas (Costa, 2005): primeiro, no curto prazo, reduzir a taxa de juros e com isso elevar a capacidade de investimento interno, das empresas e do governo; segundo, ampliar a capacidade de consumo das famílias. Assim, se tornam prioridade: a elevação do saldo da balança comercial e a ampliação da capacidade de investimento do Estado.

Entre outras, as ações de infra-estrutura concentram-se em diversas áreas. No investimento em transportes: a construção e pavimentação da BR-364 (Sena Madureira-Cruzeiro do Sul); a restauração, melhoramentos e pavimentação nas BR-319 (Manaus-Porto Velho), BR-163 (Cuiabá-Santarém), BR 156 (Ferreira Gomes - Oiapoque), BR 230 (Marabá-Altamira), BR 317 (Rio Branco-Boca do Acre) e na BR 401 (Bonfim-Normandia). Na ampliação da infra-estrutura de transporte de gás natural: a conclusão dos gasodutos Urucu - Coari e Coari - Manaus, e a construção do gasoduto Urucu-Porto Velho. Na geração de energia elétrica: a construção das Usinas Hidroelétricas Santo Antônio e Jirau, no rio Madeira, o desenvolvimento da usina de Tucuruí, e a construção da barragem de Belo

De 2003 a 2008 foram assentadas por meio de concessão de uso 7.490 famílias no bioma Amazônia (TCU, 2009). Destas, 3.971 (53,0%) ocorreram na Amazônia Ocidental, no eixo Porto Velho – Manaus - Boa Vista, reforçando a estratégia de ocupação e aumento da

produção. Na Amazônia Meridional foram 1.667 famílias (22,3%), na Amazônia central 1.046 famílias (14,0), e na Amazônia Oriental 806 famílias (10,7%). Mas, a efetiva capacidade de promover o assentamento dessas famílias nesse período deu-se somente a partir de 2006, pois de 2003 a 2005 foram realizadas 48 concessões, somente 0,6% do total de famílias assentadas neste período. Diferente do processo de titulação desses espaços, que ocorreu efetivamente desde o início.

Entre as políticas com potencial de rebatimento territorial na Amazônia, pode-se citar ainda o Programa de Desenvolvimento da Faixa de Fronteira (PDFF) e o Plano BR-163 Sustentável. O programa de Desenvolvimento da Faixa de Fronteira busca promover a estruturação física, social e econômica das áreas situadas naquela extensão territorial. Sua atuação está concentrada na Amazônia nos estados de Roraima, Acre, Amazonas e Amapá e em alguns municípios do Pará. O Plano de Desenvolvimento Regional Sustentável da Área de Influência da rodovia Cuiabá-Santarém (BR-163), coordenado pela Casa Civil, busca harmonizar o desenvolvimento neste espaço territorial que envolve parte dos estados do Mato Grosso, Pará e Amazonas.

### 3.4.3 Políticas públicas e aspectos legais relacionados à proteção ambiental

As principais políticas de desenvolvimento econômico para a Amazônia possuem, sem dúvida, grande potencial de transformação do espaço regional e, com isso, capacidade de afetar uma vasta diversidade de ecossistemas. Neste contexto, as políticas públicas voltadas à proteção da Amazônia, incluindo seus aspectos legais, têm influência significativa sobre os resultados daquelas políticas de desenvolvimento, ou seja, para a sustentabilidade do desenvolvimento regional.

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) foi estabelecida pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, especificamente, seus instrumentos, fins e mecanismos de formulação e aplicação. A Lei ainda instituiu, o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), integrado pela União, por Estados e Municípios. Apesar de a PNMA prever três categorias de instrumentos de gestão ambiental: Instrumentos Regulatórios e Punitivos; Instrumentos de Mercado ou Incentivos Econômicos; e Instrumentos de Informação, a maioria dos instrumentos utilizados é de comando e controle. Entre eles: Entre os apresentados, encontram-se: Padrões de qualidade ambiental; Zoneamento ambiental; Avaliação de Impacto Ambiental – AIA; Sistema de Licenciamento; Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente – SISNIMA; e o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras.

Entre os instrumentos de gestão ambiental utilizados pela Política Ambiental no Brasil, a instituição de áreas protegidas é, sem dúvida, o mais contundente. Sua criação é atribuição do poder público, evidenciada na Constituição Federal de 1988 (art. 225 e art. 231). São entendidas como áreas protegidas, entre outras: as unidades de conservação; as terras indígenas; os quilombos; as reservas da biosfera; e os corredores ecológicos. O Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMbio) e a Fundação Nacional do Índio (FUNAI), na esfera federal, possuem a atribuição legal de estabelecer respectivamente as unidades de conservação e as terras indígenas no Brasil.

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) foi criado pela Lei 9.985, de 19 de julho de 2000, e posteriormente regulamentado pelo Decreto 3.834, de 5 de junho de 2001. O sistema instituiu novos critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação no Brasil. É constituído pelo conjunto das unidades de conservação federais, estaduais e municipais e é gerido pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (acompanhamento da implantação do sistema); pelo Ministério do Meio Ambiente, (coordenação do sistema); pelos órgãos executores dos níveis federal, estaduais e municipais (implantação, geração de subsídios para as propostas de criação e administração as unidades de conservação em suas respectivas esferas de atuação). Em 2007, A Medida Provisória nº 366, de 26 de abril, criou o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), que passou a órgão gestor das unidades de conservação federais que até então estavam sob a responsabilidade do IBAMA.

O SNUC tem os seguintes objetivos (art. 3): I - contribuir para a manutenção da diversidade biológica e dos recursos genéticos no território nacional e nas águas jurisdicionais; II - proteger as espécies ameaçadas de extinção no âmbito regional e nacional; III - contribuir para a preservação e a restauração da diversidade de ecossistemas naturais; IV - promover o desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais; V - promover a utilização dos princípios e práticas de conservação da natureza no processo de desenvolvimento; VI - proteger paisagens naturais e pouco alteradas de notável beleza cênica; VII - proteger as características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural; VIII - proteger e recuperar recursos hídricos; IX - recuperar ou restaurar ecossistemas degradados; X - proporcionar meios e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental; XI - valorizar econômica e socialmente a diversidade biológica; XII - favorecer condições e promover a educação e interpretação ambiental, a recreação em contato com a natureza e o turismo ecológico; e XIII - proteger os recursos naturais necessários à subsistência de populações tradicionais, respeitando e valorizando seu conhecimento e sua cultura e promovendo-as social e economicamente.

As unidades de conservação são definidas como espaços territoriais “[...] com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e com limites definidos, sob regimes especiais de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção” (Lei nº 9.985/2000, art. 2, Inciso I). Foram divididas pelo SNUC em 12 categorias de manejo, agrupadas em duas classes: as unidades de conservação de proteção integral, composto por cinco categorias, cujo objetivo é preservar a natureza, não sendo admitido o uso direto dos recursos naturais; e as unidades de conservação de uso sustentável, com sete categorias, que buscam compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos. As diferenças básicas são que as Unidades de Proteção Integral buscam a preservação da natureza permitindo somente o uso indireto de seus recursos naturais, ou seja, não aceita consumo, coleta, dano ou destruição dos recursos naturais, enquanto as Unidades de Uso Sustentável procuram combinar a conservação da natureza com o uso sustentável de parte de seus recursos, podendo envolver a coleta para comercialização ou não e uso de seus recursos. Devido a sobreposições entre as diversas tipologias de áreas protegidas na Amazônia, as áreas das unidades foram estimadas pela de maior restrição de uso.

A Figura 16 destaca a distribuição espacial das Unidades de Conservação de Proteção Integral, as de Uso Sustentável e as Terras Indígenas presentes no bioma Amazônia. O mais privilegiado bioma pelo SNUC, conta com 267 Unidades de Conservação Federais (56,9%) e Estaduais (43,1%) que totalizam uma cobertura de 1.077,8 mil km<sup>2</sup>, 25,60% da sua superfície territorial. São 77 unidades de proteção integral com 409,8 mil km<sup>2</sup>, 145 unidades de uso sustentável com 667,4 mil km<sup>2</sup>, que se somam as 45 Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) que protegem 0,4 mil km<sup>2</sup> (Brasil, 2009b). As unidades de conservação concentram-se principalmente na Amazônia Ocidental. São 496,9 mil km<sup>2</sup> protegidos, 46,1% do total regional, sendo 141,8 mil km<sup>2</sup> sob proteção integral e 240,2 mil km<sup>2</sup> sob uso sustentável. A Amazônia Central também possui uma cobertura significativa por unidades de conservação. São 284,5 mil km<sup>2</sup> protegidos pelo SNUC, sendo 205,7 mil km<sup>2</sup> em proteção integral e 283,6 mil km<sup>2</sup> em uso sustentável. Com menores coberturas pelo sistema, a Amazônia Meridional, com 196,1 mil km<sup>2</sup> protegidos, sendo 55,7 mil km<sup>2</sup> em proteção integral e 60,3 mil km<sup>2</sup> em uso sustentável; e a Amazônia Oriental com somente 100,2 mil km<sup>2</sup> protegidos, sendo 6,1 mil km<sup>2</sup> por unidades de proteção integral e 83,3 mil km<sup>2</sup> por unidades de uso sustentável. Além disso, as Terras Indígenas, bens da União, cuja posse permanente e usufruto exclusivo das riquezas do solo, rios e lagos, aos índios são garantidos pela Constituição Federal de 1988 (art. 231), pela Lei nº. 4.504/64 e pela Lei nº. 6.001/73 cobrem uma área de 731,8 mil km<sup>2</sup>, 14,1% do território regional. Assim como ocorre com as Unidades de Conservação, as Terras Indígenas estão concentradas na

Amazônia Ocidental e na Central. São 341,8 mil km<sup>2</sup> na Amazônia Ocidental, 46,7% do total regional. Mais 245,7 mil km<sup>2</sup> na Amazônia Central, 33,6% das Terras Indígenas da Amazônia. Com menores representatividades, a Amazônia Meridional conta com 116,8 mil km<sup>2</sup> sob proteção desta natureza, 16,0% do total e a Amazônia Oriental com somente 27,5 mil km<sup>2</sup> protegidos por Terra Indígena, 3,8% do total regional.

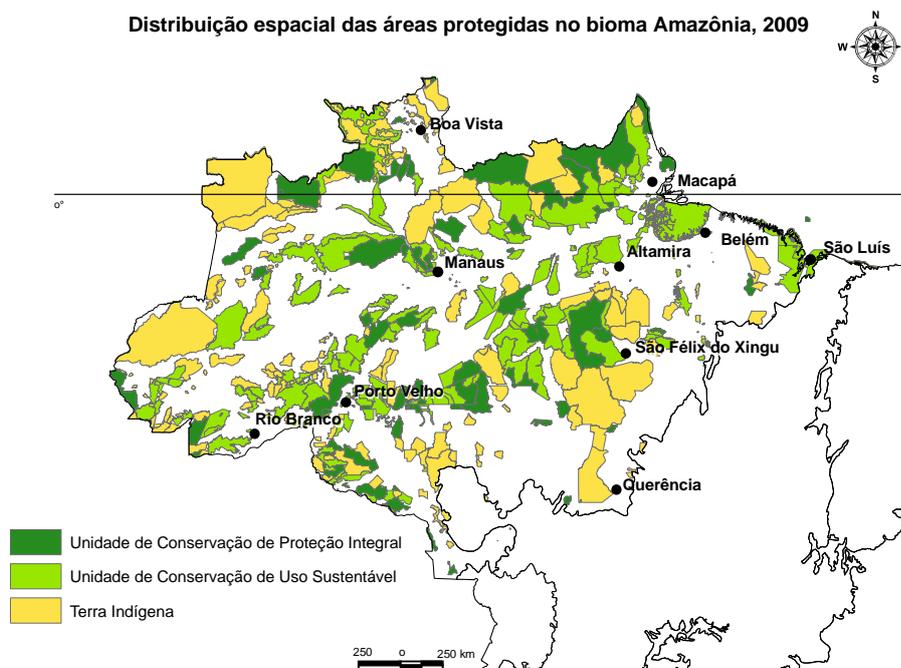


Figura 16 - Distribuição das áreas protegidas no bioma Amazônia  
 Fonte: adaptado a partir de Brasil (2007c; 2009b)  
 \* Organização do autor.

Em 2005 o Ministério do Meio Ambiente criou cinco mosaicos de unidades de conservação e integração de ecossistemas terrestres e marinhos, atendendo aos dispostos no Decreto nº 4.340/2002, compostos por unidades de conservação e outros tipos de áreas protegidas. No mesmo ano, um Grupo de Trabalho Ministerial iniciou a elaboração do Plano Nacional de Áreas Protegidas que foi criado por meio do Decreto nº 5.758/2006 que definiu os objetivos e as estratégias para o estabelecimento de um sistema de áreas protegidas efetivamente representativas e manejadas até 2015 (Brasil, 2004b).

Outra importante iniciativa neste contexto foram os corredores ecológicos, originados no Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais no Brasil. Os Corredores Ecológicos são grandes áreas, definidas a partir de diversos critérios, como a presença de espécies-chave, para fins de planejamento. No bioma Amazônia, o Corredor Central da Amazônia possui 520 mil km<sup>2</sup> incluindo, unidades de conservação, terras indígenas e outras áreas submetidas a diferentes níveis de proteção.

Para determinar a localização geográfica de novas áreas protegidas, estão atualmente em andamento três iniciativas distintas: o estabelecimento de corredores de biodiversidade; a criação de unidades de conservação nas 23 ecorregiões da Amazônia; e a proteção de parte das áreas identificadas como prioritárias para a conservação da biodiversidade no Brasil. As Áreas Prioritárias para a Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade são uma referência para a formulação e implantação de políticas públicas dedicadas à conservação e ao uso sustentável da biodiversidade (Portaria MMA nº 9/2007). Constituiu-se no mapeamento de um conjunto de 2.684 áreas identificadas e classificadas por intermédio do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (Probio), do Ministério do Meio Ambiente (Brasil, 2007d).

Em um estudo sobre as tendências de proteção de espaços territoriais na Amazônia, Gazoni & Mota (2010b) estimamos que dos 3.070,1 mil km<sup>2</sup> prioritários para a proteção da biodiversidade na Amazônia, 866,2 mil km<sup>2</sup> encontram-se externas às atuais Unidades de Conservação e Terras Indígenas. Destas, 252,2 mil km<sup>2</sup> possuem tanto importância ecossistêmica como prioridade, extremamente altas. Ou seja, apesar de não ser os únicos instrumentos de proteção disponível, a instituição de áreas protegidas em seus diversos formatos, deverá ser a principal medida a ser adotada nestes espaços que necessitam de urgente atenção. Somando-se a esses, o Código Florestal (Lei nº 4.771/65) impõe que deverão ser considerados outros tipos de espaços territoriais especialmente protegidos na Amazônia: as áreas de preservação permanente (ao longo dos cursos d'água) e as áreas de reserva legal (80% da área dos estabelecimentos).

Deve-se atentar para outras políticas relevantes para a proteção ambiental na Amazônia, tais como: o Programa Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE); a Agenda 21; o Programa de Gestão Ambiental Rural; e o Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm). O Programa Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) foi incluído nos Planos Plurianuais desde 2000 com o objetivo de promover a sustentabilidade ecológica, econômica e social dos espaços territoriais em questão. Sob coordenação do Ministério do Meio Ambiente, tem seus recursos provenientes de fontes do orçamento da união, dos governos estaduais, de empréstimos e de doações de organismos internacionais (Decreto nº 28/01 e Decreto nº 4.297/02). O programa está previsto ou em implantação em todo o estado do Pará, Mato Grosso, Rondônia e Roraima e em diversos municípios dos estados do Acre, Amazonas e Tocantins (Brasil, 2006).

Nos últimos anos, o Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), lançado em 2004 (Brasil, 2009a). A responsabilidade pela coordenação executiva, visando à plena implantação das ações definidas pelo GT Interministerial, é da Casa Civil e do MMA/IBAMA, contando com suporte do Ministério do

Planejamento e do Ministério da Fazenda. O plano tem como finalidade propor medidas e coordenar ações de 13 ministérios e órgãos vinculados, para redução das mesmas por meio dos seguintes instrumentos: 1) ordenamento fundiário nos municípios que compõem o Arco do Desmatamento; 2) incentivos fiscais e creditícios com os objetivos de aumentar a eficiência econômica e a sustentabilidade de áreas já desmatadas; 3) procedimentos para a implantação de obras de infra-estrutura ambientalmente sustentáveis; 4) geração de emprego e renda em atividades de recuperação de áreas degradadas; 5) incorporação ao processo produtivo de áreas abertas e abandonadas, e manejo de áreas florestais; 6) atuação integrada dos órgãos federais responsáveis pelo monitoramento e a fiscalização de atividades ilegais no Arco do Desmatamento; e 7) outros pertinentes.

O ordenamento fundiário e territorial envolve: a provisão de instrumentos legais, técnicos e políticos para promover a sustentabilidade do desenvolvimento regional; combater à grilagem de terras públicas; implantar o novo Plano de Reforma Agrária; revisar as políticas de utilização e destinação de terras públicas; ampliar e consolidar o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e as Terras Indígenas, e realizar o ordenamento territorial em áreas prioritárias do Arco do Desmatamento. O monitoramento e o controle ambiental ocorrem por meio de: uma efetivação da presença do Estado por meio de ações de monitoramento, licenciamento e fiscalização; disseminar informações sobre o desmatamento, as queimadas e a exploração madeireira; aperfeiçoar o licenciamento ambiental; promover uma cultura de fiscalização integrada.

O gráfico 4 destaca a evolução do número de áreas embargadas pelo IBAMA nas macrorregiões do bioma Amazônia e no todo. Podem-se perceber os evidentes reflexos do PPCDAm a partir do período 2005/2006. De 45 áreas embargadas em 2003/2004 e de 62 áreas em 2004/2005 o número de áreas embargadas saltou para 619 em 2005/6, e atingiu 3.484 áreas em 2007/2008 (BRASIL, 2009c). A maioria dos embargos ocorreu na Amazônia Meridional. Foram 1.760 áreas embargadas, 50,5% do total da região. Na Amazônia Central foram 610 embargos, 17,5% do total. Na Amazônia Oriental foram 609 áreas, 17,5% do todo e, na Amazônia Ocidental, 505 áreas embargadas, 14,5% do total de áreas embargadas na Amazônia no período. A grande diferença nas taxas de crescimento do número de embargos realizados na Amazônia Meridional para as outras macrorregiões, em especial, para a Amazônia Oriental pode estar refletindo uma maior concentração da fiscalização sobre a atividade agropecuária, predominante naquela região. De outra maneira, as atividades de produção de madeira, carvão, minérios, entre outros, mais concentrados na Amazônia Oriental podem estar sendo relativamente negligenciados.

**Evolução do número de áreas embargadas no bioma Amazônia**

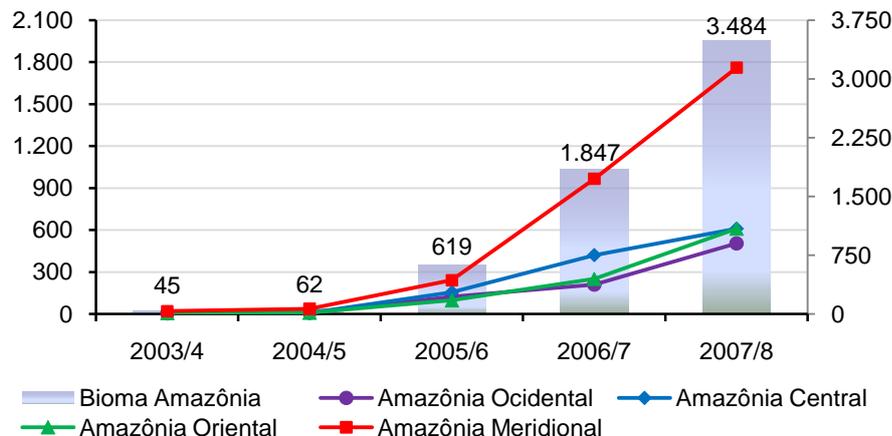


Gráfico 4 – A evolução do número de áreas embargadas no bioma Amazônia

Fonte: Brasil (2009c)

\* Organização do autor.

O fomento a atividades produtivas sustentáveis concentra as estratégias relativas a: promover a capacitação em técnicas de manejo florestal e agricultura ecológica nos estados da Amazônia; viabilizar financiamento e incentivos econômicos para empreendimentos voltados a promoção da sustentabilidade; apoiar o desenvolvimento de tecnologias para conservação e uso sustentável dos recursos naturais; criar mecanismos para promover o acesso da sociedade aos recursos florestais; e incentivar a consolidação da Agricultura Familiar em áreas críticas. Em relação à infra-estrutura para o desenvolvimento, o plano propõe a subordinação do planejamento de obras de infra-estrutura a estratégias de desenvolvimento sustentável. Para isso, prevê a Realização de uma análise prévia das alternativas para os investimentos em infra-estrutura, assim como garantir a implantação de ações ambientais preventivas e a realização de ordenamento territorial prévio, com ampla participação dos diferentes grupos sociais interessados da sociedade na tomada de decisões.

Considera-se que o principal resultado do Plano foi uma consistente queda da taxa do desmatamento ocorrida entre 2005 e 2007 (Brasil, 2009a). Para evitar a retomada do crescimento da taxa após esse período, em 2007 foi editado o Decreto nº 6.321 que, ampliou as ações de monitoramento e controle nos municípios prioritários. Em 2008, o MMA, com base no que determinava o decreto, editou a Portaria nº 28/2008 apontando os 36 municípios prioritários. A partir de então, nesses foram proibidas novas autorizações de desmatamento. Entrou também em vigor a Resolução nº 3.545/2008 do Banco Central condicionando o crédito rural de bancos públicos ou privados à regularidade ambiental e fundiária. Além disso, iniciou-se a Operação Arco de Fogo, de responsabilidade da Polícia

Federal e destinada a coibir a comercialização ilegal de madeira; as operações de fiscalização do IBAMA foram intensificadas. Por meio da Operação Arco Verde, outros resultados foram alcançados, entre esses: a criação da linha de crédito que financiará proprietários que queiram recompor suas áreas de reserva legal e de preservação permanentes; e o fortalecimento dos estados e municípios para a gestão ambiental, com destaque para a elaboração de Planos Estaduais de Prevenção e Controle dos Desmatamentos na Amazônia. Contudo, o próprio Governo Federal (Brasil, 2009a) tem clareza que, embora necessárias, estas estratégias não são suficientes para conter o desmatamento no longo prazo.

## 4 O DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA: CAUSAS, EFEITOS E DINÂMICA

O resultado do somatório das forças econômicas, sociais, físicas e políticas no território amazônico têm transformado significativamente a região. Um dos resultados mais acompanhados dessas transformações é a contínua perda da sua cobertura florestal por meio do desmatamento provocado geralmente pelo corte raso (estágio extremo do desmatamento, em que o padrão observado representa a retirada completa da vegetação original) ou por queimadas e incêndios. O desmatamento pode ser entendido como a supressão da cobertura vegetal a menos de 10% de sua densidade original (FAO, 2007), diferente do desflorestamento, que envolve ainda a fragmentação e a degradação (Pasquis & Bouamrane, 2002).

Neste sentido, este capítulo discute a evolução recente e a distribuição espacial do desmatamento regional, seus impactos socioambientais e os principais aspectos apontados como determinísticos deste processo. Além disso, realiza uma análise da dinâmica do desmatamento regional por intermédio das interações evidenciadas entre aspectos físicos, ecológicos, sociais, econômicos e políticos. Ao final os principais ciclos desta dinâmica são destacados, incluindo suas forças motrizes primárias, ou seja, as causas diretas apontadas das taxas anuais do desmatamento da Amazônia.

### 4.1 A EVOLUÇÃO E A DISTRIBUIÇÃO DO DESMATAMENTO REGIONAL

O comportamento das taxas anuais de desmatamento na Amazônia seguiu, nos últimos 25 anos, um padrão cíclico, com máximas em 1988, 1995 e 2004, e mínimas em 1990, 1997 e 2009 (INPE, 2009). Este processo levou a consumação de uma área desflorestada de 651,6 mil km<sup>2</sup>, que representa 15,6% de sua superfície. Restaram 2,84 milhões km<sup>2</sup> da cobertura, 63,5% da área territorial do bioma. A maior parte do desmatamento concentrou-se historicamente no sudeste do Maranhão, no norte do Tocantins, no sul do Pará, no norte de Mato Grosso, em Rondônia, no sul do Amazonas e no sudeste do Acre. As áreas florestadas totalizam 1.274 mil km<sup>2</sup> (44,4%) na Amazônia Ocidental, 1.063 mil km<sup>2</sup> (37,0%) na Amazônia Central, 158 mil km<sup>2</sup> na Amazônia Oriental (5,5%), e 375 mil km<sup>2</sup> (13,1%) na Amazônia Meridional. Pode-se perceber uma menor densidade na porção norte da Amazônia Ocidental, ocasionada pela grande presença de vegetação típica de campinaranas, áreas de transição, e desmatamento no extremo nordeste de Roraima. O Gráfico 5 apresenta a evolução da área desmatada por período no bioma Amazônia e em suas macrorregiões de 2003 a 2008, quando foram perdidos 84,5 mil km<sup>2</sup> da cobertura vegetal.

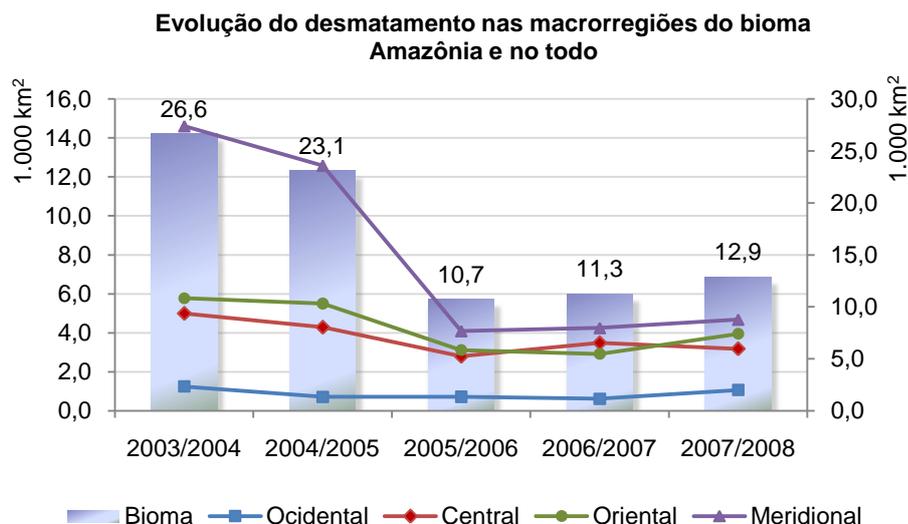


Gráfico 5 – A evolução recente da área desmatada no bioma Amazônia e nas suas macrorregiões  
Fonte: INPE/PRODES.  
Organização do autor.

Em 2003/2004 a área desmatada foi de 26.610 km<sup>2</sup>. A partir de então, as taxas de desmatamento apresentaram expressiva redução. Foram 23.065 km<sup>2</sup> em 2004/2005 e 10.710 km<sup>2</sup> em 2005/2006. Neste período, ocorreu uma expressiva queda no desmatamento na Amazônia Meridional, de 14.597 km<sup>2</sup>, 54,9% do desmatamento regional em 2003/2004 para 4.082 km<sup>2</sup> em 2005/2006, 39,1% do total desmatado. Em 2006/2007 o ritmo do desmatamento voltou a aumentar. Foram 11.255 km<sup>2</sup> (+5,1%), com participações importantes da Amazônia Meridional (37,7%) e da Amazônia Central (31,0%). Finalmente, durante o período da safra 2007/2008 o ritmo continuou aumentando. Foram perdidos 12.869 km<sup>2</sup> (+14,3%) de cobertura florestal. As maiores taxas de desmatamento ocorreram na Amazônia Meridional (36,3%) e na Amazônia Oriental (30,7%).

Os municípios em que concentraram as maiores quantidades de desmatamento entre 2003 e 2008 foram: São Félix do Xingu (PA) com 4.887,7 km<sup>2</sup> (5,8%), Porto Velho (RO) com 2.431,5 km<sup>2</sup> (2,7%), Altamira (PA) com 2.216,8 km<sup>2</sup> (2,8%), Novo Repartimento (PA) com 1.963,8 km<sup>2</sup> (2,4%), Novo Progresso (PA) com 1.809,0 km<sup>2</sup> (2,3%), e Colniza (MT) com 1.682,4 km<sup>2</sup> (1,8%). Especificamente em 2007/2008, os maiores desmatamentos ocorreram em São Félix do Xingu (761 km<sup>2</sup>), Novo Repartimento (483 km<sup>2</sup>), Marabá (353 km<sup>2</sup>) e Altamira (341 km<sup>2</sup>), todos localizados no estado do Pará.

Pode-se averiguar que em todas as macrorregiões ocorreram reduções significativas nos desmatamentos na Amazônia neste período, principalmente nas porções meridional e oriental. Além disso, as maiores taxas de crescimento do desmatamento estão localizadas na Amazônia Central, revelando a possível superação de velhas fronteiras e o cerne de novas. Isso tem ocorrido devido a distintos fatores, entre eles: às taxas de câmbio

desfavoráveis às exportações associadas aos baixos preços dos produtos agrícolas, especialmente as *commodities* e da carne bovina, ao aumento das atenções para a Amazônia, especialmente a partir da morte da Irmã Dorothy Stang, e ao aumento no número e na intensidade de operações de fiscalização lideradas pelo Governo Federal.

O Apêndice I mostra a evolução espacial das taxas de desmatamento de 2003 a 2008. Pode-se verificar que (pelo menos cinco) importantes frentes de expansão ameaçam os ecossistemas na Amazônia Central e na Amazônia Ocidental. A primeira, no eixo da BR 319, de Rio Branco (AC) a Porto Velho (RO) e desta até o município de Manicoré (AM). A segunda, em sentido contrário neste mesmo eixo, pela BR 174, de Boa Vista (RO) até Manaus (AM), com crescimento das taxas de desmatamento em todos os municípios neste trecho. A terceira encontra-se em direção ao oeste pela BR 230 (Rodovia Transamazônica), ultrapassando seu entroncamento com a BR 163. Em sentido oposto, a quarta frente avança fortemente pela BR 163 à rodovia BR 230. A quinta encontra-se na BR 364 de Rio Branco (AC) até Cruzeiro do Sul (AC).

Com o acúmulo de áreas desmatadas, ou seja, a queda nos estoques florestais, a atividades agropecuária na Amazônia Meridional e na Amazônia Oriental tendem a ter uma maior capacidade para se expandir, se retrair e se movimentar na superfície com menores taxas de incidência sobre as áreas florestadas. Apesar disso, as oportunidades emergentes com os dois eixos de integração norte-sul estão promovendo fortes pressões nessas áreas, gerando impactos significativos sobre os ecossistemas e as sociedades. Além disso, desta vez, as frentes rumam ao núcleo da floresta, inclusive de leste a oeste pelo eixo da Transamazônica.

## 4.2 OS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DO DESMATAMENTO

Os efeitos do desmatamento sobre os ecossistemas amazônicos são muitos e variam de acordo com a tipologia e intensidade do uso do espaço em questão. Podem-se distinguir duas formas principais: a eliminação completa dos ecossistemas ou a sua fragmentação. Isso afeta, entre outros fatores: a ciclagem da água, o clima global e regional, a biodiversidade, a produtividade dos solos e, conseqüentemente, as sociedades humanas. No bioma Amazônia, a evapotranspiração da floresta é de 8,4 trilhões m<sup>3</sup>/ano, permitindo as altas taxas de precipitação regional (Salati, 2001). Todavia, sabe-se que o desmatamento promove significativas alterações ecossistêmicas, como a redução das chuvas, redução da evapotranspiração com conseqüente diminuição da umidade do solo e da superfície (Eltahir & Bras, 1994). Este é um dos motivos para o aumento da suscetibilidade ao fogo das florestas após o corte raso e/ou a fragmentação (Cochrane, 2001).

Estima-se que o bioma Amazônia no Brasil contenha 10% a 15% de toda a biomassa do planeta, aproximadamente 70 Pg. C. (Houghton *et al.* 2001). Carbono que vem sendo liberado à atmosfera na forma de CO<sub>2</sub> pelos desmatamentos, principalmente aqueles promovidos por meio de queimadas e incêndios florestais (Steininger, 2004). Esses fatores podem ocasionar uma reestruturação das dinâmicas da atmosfera tanto na superfície (Almeida *et al.*, 2007; Andreae *et al.* 2002), pois as interações entre o clima e a cobertura florestal da Amazônia são intensas, como em nível global.

Em um estudo acerca dos efeitos do aumento do desmatamento na bacia Amazônica associado ao aumento nas concentrações de CO<sub>2</sub> na atmosfera utilizando o Modelo de Circulação Geral da Atmosfera (GENESIS) acoplado ao Simulador Integrado da Biosfera, Costa & Foley (2000) identificaram uma forte tendência de aumento de temperatura e de redução da precipitação, promovido principalmente pela queda na evapotranspiração e no efeito radioativo do CO<sub>2</sub>. Os autores estimaram que um aumento de 100% na concentração de CO<sub>2</sub> representaria, em conjunto com a continuidade das taxas de desmatamento, uma elevação de 3,58 °C na temperatura média da superfície na Bacia Amazônica.

Apesar desses aspectos, discute-se a possibilidade de a regeneração da floresta (secundária) poderia absorver grande parte do carbono liberado pelo desmatamento e pelas queimadas. Mas, a capacidade de absorção do carbono tende a ser muito menor que a liberação. Steininger (2004) ao estudar a absorção nas florestas secundárias em três dos maiores pólos agropecuários na Amazônia, estimou que a quantidade máxima de carbono sequestrado pelas florestas secundárias era 435 Mg.C/ano. Neste sentido, concluiu que o sequestro de carbono por estas florestas não atingem 20% das emissões promovidas pelo desmatamento no mesmo espaço.

A significativa perda de biodiversidade é outro impacto do desmatamento (Malhi *et al.*, 2008; Portela & Rademacher, 2001), que é agravado pelos modos utilizados na Amazônia que são excepcionalmente agressivos (Machado & Aguiar, 2001), levando a graves prejuízos a fauna e a flora regionais. Na Amazônia, é comum, por exemplo, a utilização do fogo nesse processo, o que gera grande incidência de mortalidade na área direta ou indiretamente afetada, além de comprometer significativamente a qualidade dos solos. A biodiversidade também pode ser afetada por bio-invasão (Sheikh; Merry. McGrath, 2006). Pois espécies podem ser introduzidas na ocupação das áreas desmatadas por determinadas atividades.

Para analisar as relações entre o processo de fragmentação dos ecossistemas nas estruturas das comunidades de aves em 21 fragmentos de floresta primária com diferentes tamanhos na Amazônia, Lees & Peres (2006) identificaram que aspectos relacionados à geometria desses fragmentos explicavam 83% a 96% da diversidade de espécies presentes.

Ou seja, o processo de fragmentação promovida pelo desmatamento ilegal e não-planejado, é uma grande ameaça a biodiversidade na Amazônia. Este fenômeno ocorre em parte pelo “efeito de borda” que chegava a influenciar aproximadamente 1,1 milhão km<sup>2</sup> na entre 1999 e 2002, e estima-se (Broadbent *et al.*, 2008) que o desmatamento promova novas áreas sobre este efeito anualmente com cerca de 35 mil km<sup>2</sup>.

Outro profundo impacto do desmatamento regional é a perda de produtividade dos solos. A precipitação nessas áreas escoar rapidamente formando as cheias que são seguidas por períodos de redução dos fluxos d’água. É neste ambiente que a erosão e a compactação do solo e a perda de seus nutrientes são os efeitos mais evidentes do desmatamento sobre o solo (Davidson *et al.*, 2000; Smith *et al.* 1995), o que ocasiona prejuízos econômicos, principalmente para as populações dependentes da agropecuária em pequena escala.

Em um estudo com o objetivo de estimar quanto os diferentes tipos de padrões de uso do solo afetam os serviços ecossistêmicos na Amazônia, Portela & Redemacher (2001) utilizando quatro dimensões de impactos (ciclo hidrológico, ciclo de nutrientes, capacidade de seqüestro de carbono e biodiversidade) avaliaram que o valor dos serviços ambientais estimados em U\$ 1.431 declinaram para U\$ 658 para a substituição por agricultura e para U\$ 781 por hectare por ano para a substituição por pecuária.

O desmatamento é geralmente acompanhado de baixos índices de desenvolvimento humano, devido àqueles fatores e aos conflitos sociais, seguidos muitas vezes de grande violência (Simons *et al.*, 2007), à migração desordenada e ao crescimento desorganizado das cidades (Godfrey & Browder 1996). A sociodiversidade também é ameaçada na medida em que a perda de florestas afeta culturas indígenas e extrativistas tradicionais. Neste sentido, os violentos conflitos pela terra estão correlacionados ao desmatamento regional. Mas que, apesar de numerosos, não são uniformes em forma ou distribuição, ocorrem sistematicamente em determinados locais, principalmente junto às frentes de ocupação pioneiras. Um estudo de Alston, Libecap e Mueller (2000) mostrou que de 1987 a 1994, em 105 municípios localizados no leste do estado do Pará, dos 350 conflitos, 54 apresentaram pelo menos dois conflitos violentos, e dez municípios apresentaram mais de dez conflitos cada. Nestes municípios ocorreram 238 mortes, 77% do total de mortos em conflitos por posse da terra na região estudada. Os autores destacaram que principais fatores correlacionados a ocorrência desses conflitos foram o número de projetos de colonização e reforma agrária executados até então pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) no município e o aumento nos preços da terra.

Existem muitos outros efeitos e retroações entre o desmatamento, os ecossistemas e as sociedades, todavia, o objetivo deste trabalho exige atenção especial sobre as causas do

desmatamento, principalmente, suas forças motrizes primárias, ou seja, aquelas relacionadas em primeiro nível ao desmatamento da Amazônia.

#### 4.3 AS CAUSAS DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA

Muitas são as causas apontadas para o desmatamento na Amazônia presentes na literatura nacional e internacional. Entretanto, devido a diversos fatores, como a baixa qualidade dos dados sobre o desmatamento, principalmente até o final da década de 1990, a grande maioria dos estudos carecia de profundidade. Além disso, o desmatamento não segue um único padrão pré-estabelecido, mas múltiplos processos, dependendo do tempo e do espaço. Assim, permaneceram muitas controvérsias sobre alguns fatores determinísticos do desmatamento regional e sobre a contribuição de cada fator para a destruição florestal. Por isso, para os objetivos deste trabalho, foram aqui destacados os estudos que apresentaram maior consistência na abordagem do problema.

A grande maioria dos estudos utilizou a Amazônia Legal como recorte territorial, mas outros trabalhos foram delimitados no bioma Amazônia ou na bacia Amazônica. Neste sentido, esses aspectos devem ser considerados em qualquer análise dos resultados desses estudos. Como as informações acerca dos desmatamentos na Amazônia somente começaram a ter alguma consistência na década de 1980, foi a partir deste período que foram gerados grande parte dos estudos. É necessário observar que parte dos estudos utiliza a variável dependente como desmatamento acumulado e outros utilizam o crescimento da área desmatada em determinado intervalo de tempo, o que tende a gerar diferentes variáveis explicativas. Além disso, poucos são os estudos que buscaram entender as taxas anuais de desmatamento na Amazônia.

Para analisar as relações do desmatamento com seus aspectos explicativos, os estudos, em geral, utilizaram modelos econométricos simples, como: análise de correlação, regressões lineares por mínimos quadrados ordinários, simples e múltiplas; modelagem *tobit*; e análise de Dados em Painel (*Panel Data*). Combinados ou não com outras técnicas, como a de análise de *clusters* e a análise de componentes principais (*PCA*). Além desses, foram utilizados entre outros: o modelo de equilíbrio geral, a modelagem das dinâmicas do uso do solo (LUCC), o Algoritmo de Horn e a análise de variância *Kruskal-Wallis*.

O Quadro 1 apresenta os principais aspectos relacionados ao desmatamento na Amazônia segundo esses estudos. Esses aspectos explicativos podem ser agrupados em: das populações, da agropecuária, das políticas de acesso, do mercado, do extrativismo vegetal, das políticas ambientais, do ambiente biofísico, dos assentamentos rurais, entre outros.

Área de estudo	Período	Aspectos explicativos*	Fonte
Amazônia Legal	Até 1985	População (+); área plantada (+); rebanho bovino (+); produção de madeira (+); densidade rodoviária (+); distância à capital estadual (-).	Reis & Margulis (1991)
Amazônia Legal	Até 1985	População (+); rodovias pavimentadas (+); área de pastagens (+); área plantada de grãos (+); produção de madeira (+)	Reis & Guzmán (1992)
Amazônia Legal	1970/1985	Distância a capital federal (-); extensão de rodovias (+); presença de desmatamento na vizinhança (+); densidade da população rural (-); desmatamento acumulado (-); crescimento urbano (+); preço da terra (-); crescimento da área de pastagens (+); crescimento da área agrícola (+)	Andersen & Reis (1997)
Amazônia Legal	1975/1985	Preços dos produtos agrícolas (+); preço da terra (+); crédito rural (+); implantação de estradas (+); renda dos estabelecimentos rurais (-)	Young (1998)
Amazônia Legal	1968/1987	Implantação de rodovias (+); pavimentação de rodovias (+)	Pfaff <i>et al.</i> (2007)
Amazônia Legal	1978/1988	Qualidade do solo (+); densidade florestal (+); distância a mercados (-); rodovias federais (+); rodovias locais (+); migração (+); projetos públicos de desenvolvimento (+)	Pfaff (1999)
Amazônia Legal	1978/1988	Crescimento das áreas de pastagens (+); crescimento da área agrícola (+); exploração de madeira (+); áreas de mineração (+); crescimento das áreas urbanas (+)	Skole <i>et al.</i> (1994)
Amazônia Legal	1975/1995	Custos de transporte a São Paulo (-); c custos de transporte a mercados locais (-)	Weinhold & Reis (2008)
Amazônia Legal	1985/1995	Produção agrícola (+) Obs. A inovação tecnológica na Agricultura gera menores desmatamentos.	Cattaneo (2005)
Amazônia Legal	1970/1996	Pecuária (+); agricultura (+); extração de madeira (+); mineração (+); titularidade da terra (+)	Andersen <i>et al.</i> (2002)
Amazônia Legal	1970/1996	Condições de acesso (+); custos de transporte (-); produção de madeira (+); pecuária bovina (+); pluviosidade (-)	Moreira & Reis (2002)
Amazônia Legal	Até 1997	Proximidade a rodovias (+); rebanho bovino (+); índice de governança (-); densidade populacional (+); área plantada (+); taxa de rendimento da lavoura (-); taxa líquida de migração (+)	Garcia; Soares-Filho; Moro (2004)
Amazônia Legal	Até 1997	Área plantada (+); área de pastagens (+); distância a rodovias (-); precipitação (-)	Chomitz & Thomas (2003)
Amazônia Oriental	1980/1999	Produção de madeira em tora (+); aumento da população regional (+); produção de madeira serrada (+); extensão da malha viária (+); rebanho bovino (+)	Ângelo & Pereira de Sá (2007)
Rondônia	1980/2000	Assentamentos rurais (+); o tamanho dos lotes (+), o tempo de ocupação (+), a infra-estrutura (+), as reservas florestais de uso comum (-)	Batistella & Moran (2005)
Amazônia Legal	1988/2000	Insegurança do direito de propriedade (+)	Araujo <i>et al.</i> (2009)
Bioma Amazônia	1997/2000	Tamanho das propriedades agropecuárias (-)	Mello & Alves (2005)
Amazônia Legal	1997/2000	Área de Reservas Extrativistas (-); Área de Parques Nacionais (-); Área de Terras Indígenas (-)	Nepstad <i>et al.</i> (2006)

Área de estudo	Período	Aspectos explicativos*	Fonte
Amazônia Central	Até 2000	Distância a rodovias (-); área de pastagens (+); rebanho bovino (+); titularidade da terra (+); valor dos ingressos (+)	Walker <i>et al.</i> (2002)
Bioma Amazônia	1976/2001	Área Agropecuária (+): bovinos, soja, milho, arroz, café, feijão e banana.	Simon & Garagorry (2005)
Santarém (PA)	1986/2001	Tamanho das propriedades agropecuárias (-)	D'Antona, VanWey, Hayashi (2006)
Vilhena (RO)	1996/2001	O crescimento da área plantada com soja (+)	Brown <i>et al.</i> (2005)
Amazônia Legal	2000/2001	Densidade populacional (+); rodovias (+); severidade da estação de seca (+)	Laurance <i>et al.</i> (2002)
Zona Bragantina (PA)	1984/2002	Área de pastagens (+)	Almeida <i>et al.</i> (2010)
Amazônia Legal	Até 2003	Unidades de Conservação (-); Terras Indígenas (-)	Ferreira, Venticinque e Almeida (2005)
Uruará (PA)	Até 2003	Produção de madeira (+); implantação de estradas (+)	Arima <i>et al.</i> (2005)
Alta Floresta (MT)	1984/2004	Pecuária bovina (+); distância a rodovias (-); estoque florestal (+)	Michalski, Peres e Lake (2008)
Amazônia Central	1999/2004	Produção de madeira (+)	Asner <i>et al.</i> (2006)
Amazônia Legal	2001/2004	Aumento da área de pastagens (+); aumento da área plantada (+); incêndios florestais (+)	Morton <i>et al.</i> (2006)
Arco do desflorestamento	Até 2004	Área de pastagens (+); conectividade a São Paulo (+); conectividade ao Nordeste (-); distância a ferrovias (-); percentual de áreas protegidas (-); densidade populacional (+); uso de tecnologias de fertilização (-); distância a centros madeireiros (-); distância a centros de produção mineral (-); distância a rodovias (-); precipitação (-); e fertilidade do solo (+).	Almeida <i>et al.</i> (2007)
Uruará (PA)	Até 2005	Distância a rodovia Transamazônica (-); número de homens nos estabelecimentos rurais (+); fertilidade do solo (+); crédito (+)	Caldas <i>et al.</i> (2007)
Amazônia Legal	1996/2006	Distância a rodovias (-); Áreas Protegidas (-); efeito El Niño (+)	Adeney; Christensen; Pimm (2009)
Amazônia Legal	2000/2006	Pecuária (+); soja (+), arroz (+), milho (+), outras culturas temporárias (+) e culturas permanentes (+)	Ribeiro <i>et al.</i> (2009)
Amazônia Oriental	2007/2008	Crescimento da área agropecuária (+); produção de madeira em tora (+); produção de carvão vegetal (+); extrativismo vegetal não-madeireiro (-); distância ao escritório regional do IBAMA mais próximo (+); áreas protegidas (-); e estoque florestal (+).	Gazoni & Mota (2010a)

Quadro 1 – Aspectos explicativos do desmatamento na Amazônia segundo diferentes autores.

\* influência positiva (+), e influência negativa (-)

Organização do autor.

Os principais aspectos identificados como explicativos do desmatamento na Amazônia podem ser agrupados da seguinte forma: 1) aspectos populacionais, como a densidade demográfica, a população urbana e rural, a migração, e o crescimento das áreas urbanas; 2) a agropecuária, como a área agropecuária e seu crescimento, a produção agrícola, o cultivo de soja, o estoque e o aumento do rebanho bovino e da área de pastagens, o tamanho das propriedades agropecuárias, o rendimento da propriedade, o uso de tecnologias de fertilização, e a titularidade da terra; 3) as políticas de acesso, como a densidade de rodovias, a implantação de novas estradas, a pavimentação de rodovias, à distância a rodovias, à distância a ferrovias, os custos de transportes e as conectividades a São Paulo e ao Nordeste; 4) o mercado, como os preços dos produtos agrícolas e da terra; à distância aos mercados; e a distância a centros de produção mineral; 5) o extrativismo vegetal, como a produção de madeira em tora e serrada, à distância a centros madeireiros, a produção de carvão vegetal, e o extrativismo vegetal não-madeireiro; 6) as políticas ambientais, como as áreas protegidas de diversos tipos (Unidades de Conservação de Proteção Integral e de Uso Sustentável, Reservas Extrativistas, Parques Nacionais, Terras Indígenas); e a distância ao escritório regional do IBAMA; 7) o ambiente biofísico, como o estoque florestal, a fertilidade e a qualidade do solo, a pluviosidade, a severidade da estação de seca, e a presença do efeito *El Niño*; 8) a mineração, como a área e a distância aos centros de produção mineral; 9) os assentamentos rurais, como o número de famílias assentadas, o tamanho dos lotes, o tempo de ocupação da área e a infra-estrutura presente nesses territórios; e 10) outros aspectos, como o crédito rural, projetos públicos de desenvolvimento, e o índice de governança e a grilagem de terras públicas.

Utilizando uma série de corte para 165 municípios da Amazônia Legal em 1985, Reis & Margulis (1991) realizaram um dos primeiros trabalhos aprofundados sobre os fatores determinísticos do desmatamento. Por meio de uma regressão linear múltipla, utilizando os logaritmos tanto da variável dependente como das variáveis explicativas, eles mostraram, apesar da presença de grande multicolinearidade, que as taxas de desmatamento acumulado eram função de: densidade populacional, densidade de áreas de lavouras, densidade das cabeças de gado, densidade da produção de madeira, densidade rodoviária nas zonas de tráfego e distância à capital do estado. Além dessas evidências, sugeriram que a maior parte dos desmatamentos teria ocorrido por causa das lavouras, seguidas pela população e pelas rodovias. Sugeriram que as elasticidades variam de acordo com as taxas de desmatamento e que esta contribuição também depende da distribuição espacial do crescimento das atividades com a densidade florestal dessas áreas. Um resultado que particularmente os surpreendeu foi que a pecuária teria influenciado apenas um terço do desmatamento regional até aquele ano, diferente de outras especulações.

Anos depois, Andersen & Reis (1997) aprofundaram a questão sobre as causas do desmatamento ao estudar seu comportamento de 1970 a 1985 por meio de dados organizados em painel. A função log-linear estimada destacou que o desmatamento neste período era função de: distância a capital federal; extensão de rodovias; presença de desmatamento na vizinhança; densidade da população rural; desmatamento acumulado; crescimento urbano; preço da terra; crescimento da área de pastagens; crescimento da área agrícola. As maiores influências (segundo os testes *t-studart*) foram do nível de desmatamento acumulado e da área de pastagens e seu crescimento. Para os autores a influência do crescimento urbano é indireta, influenciando o aumento da produção agropecuária, e não direta, pois o crescimento da área urbana em si seria insignificante naquele período. Mas os resultados sugerem, sem dúvida, a existência de correlação entre o desmatamento e a migração rural/urbana.

Uma importante contribuição à compreensão dos aspectos determinísticos do desmatamento foi dada por Pfaff *et al.* (2007) ao estudar, por meio de uma modelagem com dados de imagens de satélite Landsat TM, a influência das rodovias no desmatamento na Amazônia Legal de 1968 a 1987. Os autores identificaram que neste período a área desmatada cresceu mais em uma distância de até 100 km das novas rodovias (pavimentadas ou não), mas dentro da área dos municípios que as contêm. Entender que a variação do desmatamento em determinado período de tempo é função da implantação de novas rodovias é importante, mas, além disso, como alertado por outros autores, a distância a rodovias (novas ou não) é um importante fator indireto de desmatamento, pois se correlaciona ao crescimento de atividades produtivas, principalmente a agropecuária e a extração de madeira.

Na Amazônia brasileira, a dinâmica regional é influenciada por fortes pressões externas, e esta mediação se dá pelas condições locais. Foi o que sugeriram Skole *et al.* (1994) que utilizando técnicas variadas, integrando dados de interpretação de imagens de satélite com análise de correlação e com regressão múltipla, explicitaram causas do desmatamento entre 1978 e 1988. Os resultados destacaram como aspectos explicativos: o crescimento das áreas de pastagens; o crescimento da área agrícola; a exploração de madeira; as áreas de mineração; e o crescimento das áreas urbanas. Entretanto, atribuiu a fatores externos, como as mudanças no uso do solo no centro-sul do Brasil e o rápido crescimento de nações em desenvolvimento. Uma contribuição dos autores para explicar a variação da área desmatada no período é que foram utilizados dois tipos de variáveis: primeiro, a variação das variáveis que representam aspectos que ocupam o território; segundo, o valor de estoque para as variáveis que representam aspectos relacionados à exploração ou degradação da cobertura do solo.

Frente a novas dinâmicas nos processos agrícolas, Cattaneo (2005) comparou as influências da produção agrícola realizada com ou sem inovações tecnológicas sobre o desmatamento no Brasil e na Amazônia de 1985 a 1995 por intermédio de um Modelo Computacional de Equilíbrio Geral adaptado para levar em conta as estruturas econômicas regionais e as incertezas acerca dos ganhos de produtividade. O autor identificou que a agricultura é um importante fator de desmatamento na Amazônia e no Brasil, e que a inovação na agricultura no Brasil não afetou significativamente o desmatamento, entretanto, na Amazônia, esta inovação gerou maiores taxas de desmatamento. Ou seja, a inovação tecnológica aplicada à agricultura na Amazônia permitiu a produtividade de áreas anteriormente menos produtivas, impulsionando a atividade neste período para além da fronteira.

Moreira & Reis (2002), em um estudo muito citado na literatura específica, realizaram uma Análise de Dados em Painel para 256 áreas mínimas comparáveis (AMC) na Amazônia Legal para melhor entender o desmatamento regional entre 1970 e 1996. Os resultados mostraram que o desmatamento neste período era explicado positivamente pelas condições de acesso, pela produção de madeira e pela pecuária bovina; e inversamente pelos custos de transporte e pela pluviosidade. Neste sentido, o trabalho trouxe duas contribuições importantes: primeiro, revelou a importância da pluviosidade, um aspecto ambiental inversamente relacionado à produção agropecuária; e segundo, sugeriu que a extração de madeira não era precedida nem precedia nenhum dos outros indicadores de produção, ou seja, caracterizava-se como um processo autônomo em relação aos demais.

Os assentamentos rurais e as relações de suas dimensões biofísicas e sociais com as alterações da paisagem (desmatamento) foram estudados por Batistella & Moran (2005) por meio de uma análise comparativa por métricas de paisagem em dois assentamentos localizados no estado de Rondônia entre 1980 e 2000. Destacaram que os desmatamentos nos assentamentos rurais eram influenciados positivamente pelo desenho dos lotes, pelo tempo de ocupação dos mesmos, e pela infra-estrutura presente. Identificaram ainda que os desmatamentos reduziam-se na medida em que a área florestal presente funcionava como algum tipo de reserva de uso comum. Neste sentido, os autores sugeriram que nos assentamentos rurais, a combinação de lotes privados com reservas comuns, manejadas por populações locais, poderia produzir efeitos positivos na manutenção de maiores porções florestais.

A partir da segunda metade da década de 1990, outro aspecto começou a preocupar os estudiosos do desmatamento. Em um estudo centrado no município de Vilhena (RO), Brown *et al.* (2005) aplicaram uma técnica de pós-classificação das mudanças do uso e da cobertura do solo para o período de 1996 a 2001. Os resultados evidenciaram que as

florestas presentes no território estavam sendo convertidas em plantações de soja. Identificaram também que a maior parte das ocorrências, ou seja, aumento de plantações, estavam ocorrendo junto a grandes áreas pré-existentes de cultivo de soja ou outra cultura agrícola concomitante.

Em um trabalho sobre o desmatamento causados pela extração de madeira no arco do desflorestamento, Asner *et al.* (2006) realizaram uma análise extensiva de imagens de satélite (Landsat 7 ETM+) de 1999 a 2004 para identificar que os maiores danos nesta porção do território ocorreram no extremo norte do estado do Mato Grosso e que houveram danos espaços em toda a área estudada. Observaram que nas grandes áreas desmatadas pela extração de madeira as taxas de regeneração foram mais altas do que nos pequenos desmatamentos, apesar de exigirem mais tempo até sua recuperação completa em floresta secundária. Os autores destacaram que o manejo florestal apresentava danos significativamente reduzidos em relação à extração indiscriminada, o que permitia uma recuperação mais eficiente da vegetação.

Outro estudo centrado no arco do desflorestamento foi realizado por Almeida *et al.* (2007) por intermédio de uma regressão linear múltipla com dados do desmatamento acumulado até 2004. As informações de 2.026 pixels de 25 km x 25 km foram usadas para estimar a função da área desmatada total em função de múltiplos aspectos explicativos, relacionados: 1) positivamente, como a área de pastagens, a conectividade a São Paulo, a densidade populacional, e a fertilidade do solo; e 2) negativamente, como a conectividade ao nordeste, à distância a ferrovias, o percentual de áreas protegidas, o uso de tecnologias de fertilização, à distância a centros madeireiros, à distância a centros de produção mineral, à distância a rodovias, e a precipitação. Foram identificados como aspectos de maior influência: a conectividade a São Paulo, à distância a ferrovias, a densidade populacional e o percentual de áreas protegidas. Chama a atenção a presença da distância aos centros de produção mineral, que pode estar correlacionado a produção de carvão vegetal no local.

As queimadas e os incêndios florestais são uma importante força de transformação/eliminação da cobertura vegetal na Amazônia. Neste sentido, Morton *et al.* (2006) aplicara uma análise extensiva de imagens de satélite (Landsat 7 ETM+ *high-res*) de 2001 a 2004 para estimar a contribuição do fogo relacionado ao desmatamento para a atividade total dos incêndios na Amazônia detectados pelos sensores MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*). Identificou-se que, naquele período, cerca de 40% do total de focos de incêndios detectados eram incêndios para o desmatamento, e que estes responderam por 84% dos focos de incêndios nos estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia. Os resultados evidenciaram uma mudança nas dinâmicas regionais de desmatamento entre 2002 e 2003. A superfície florestada convertida em pastagens caiu de

78% para 66% enquanto a área de lavouras cresceu de 13% para 23% do total das áreas desmatadas neste período.

Em um estudo sobre os determinantes da expansão da área plantada e de cabeças de gado na Amazônia, Ferraz (2001) realizou uma análise de dados em painel para o período de 1980 a 1998. Os resultados mostram que a densidade de área plantada era função do preço da terra, da renda rural, do crédito agrícola e da densidade de rodovias (pavimentadas ou não). Já a densidade de cabeças de gado era função do preço do boi, preço da terra, crédito da pecuária, densidade rodoviária.

Buscando entender a expansão das estradas a partir da rodovia Transamazônica, em uma região de fronteira agrícola em Uruará (PA), Arima et. al. (2005) utilizaram o *Algoritmo de Horn* com dados até 2003 do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) para simular o crescimento da malha viária secundária na região. Os resultados apontaram que o interesse pela exploração de madeira não era o principal agente da fragmentação florestal, mas sim a implantação de estradas, realizada pelos madeireiros e pelos colonizadores. Sobre esta mesma região, Caldas et al. (2007) aplicaram a regressão linear simples para analisar as relações entre o desmatamento acumulado até 2005 com aspectos específicos dos estabelecimentos agropecuários. Os aspectos correlacionados foram: a distância da propriedade à Rodovia Transamazônica, o número de homens ocupados nesses estabelecimentos, a fertilidade do solo e o crédito rural. Os autores concluíram que nenhuma das decisões sobre o uso da terra na Amazônia está livre de uma influência significativa das circunstâncias sociais, ou seja, é necessário compreender por que famílias pobres sentem necessidade de desmatar.

Recentemente, em um estudo sobre os fatores político-econômicos do desmatamento na porção oriental do bioma Amazônia, Gazoni & Mota (2010a) realizamos uma investigação com base em uma série de dados de corte para 2007/2008 que foram relacionados por meio de uma regressão múltipla às taxas de desmatamento anual dos municípios desta região. Os resultados mostraram que a taxa de desmatamento era função das taxas espaciais das seguintes variáveis: 1) positivamente, o crescimento da área agropecuária, a produção de madeira em tora, a produção de carvão vegetal, à distância ao escritório regional do IBAMA mais próximo, e a área florestada; 2) negativamente, a produção do extrativismo vegetal não-madeireiro e as áreas protegidas. Os aspectos que mais influenciaram o desmatamento regional, segundo seus coeficientes Beta foram o crescimento da área agropecuária e a produção de carvão vegetal. Além disso, destacamos que, para a proteção da floresta, a influência da produção do extrativismo vegetal não-madeireiro foi bem superior que a das áreas protegidas.

A qualidade e disponibilidade de informações relevantes são precárias. Isto foi, e ainda é determinante na evolução dos estudos sobre o desmatamento na Amazônia. A maioria dos estudos se apropriou das variáveis disponíveis para realizarem seus estudos, o que gera, muitas vezes, conclusões limitadas. Por exemplo, a comparação das influências das variáveis explicativas por seus coeficientes pode incluir imperfeições devido à utilização de diferentes escalas nas variáveis. Ou seja, comparar milhões de cabeças de bovinos a uma taxa percentual não é adequado. Além disso, a contribuição da extração de madeira para o desmatamento não pode ser bem avaliada somente por imagens de satélite, sendo mais adequado o uso de abordagens estatísticas complementares para este fim.

Afirma-se que a pecuária era a principal atividade responsável pelo desmatamento e que ocupava até 2000 cerca de 70% da área desmatada na Amazônia (Barreto *et al.*, 2005). Mas, a dinâmica da pecuária na década de noventa de ocupação obedeceu à lógica majoritariamente privada e tornou-se autônoma (Margulis, 2003). Entre as causas dessa transformação destacam-se as mudanças e adaptações da tecnologia e do gerenciamento da atividade pecuária às condições geoecológicas da Amazônia Oriental, o que permitiu maiores produtividades e menores custos. Por esses e outros aspectos, a porção florestal convertida para pastagens começou a reduzir, enquanto a área de lavouras cresceu (Morton *et al.*, 2006). Levando-se em conta, que esses estudos foram realizados para a Amazônia Legal, com grande percentual de cerrado e menor pluviosidade, mais propícia assim à atividade agropecuária, pode-se sugerir que tenha ocorrido uma superestimação da influência do rebanho bovino nas taxas anuais de desmatamento no bioma Amazônia, e que a influência da atividade agropecuária sobre o desmatamento anual deve estar diminuindo.

Outro aspecto a ser observado é a população urbana. Apesar de ter sido sugerido (Andersen & Reis, 1997) que a população urbana não afeta o desmatamento diretamente, e sim indiretamente por meio do aumento da demanda por produtos agropecuários, pode-se propor que o aumento da população urbana gera aumento de demanda por espaço para ocupação nessas áreas, promovendo, muitas vezes, sua conversão para a ocupação humana urbana. Neste sentido, pode-se argumentar que o crescimento das áreas urbanas seja tanto causa direta como indireta do desmatamento regional.

Pelos aspectos aqui apresentados, pode-se afirmar que os estudos apresentam forças motrizes relacionadas em diversos níveis hierárquicos ao desmatamento, mas os modelos as colocam no mesmo nível, prejudicando a compreensão do processo e, geralmente, promovendo aumento da multicolinearidade presente nos mesmos. Neste sentido, pode-se entender que nenhum dos modelos aqui estudados detém a capacidade de representar a totalidade dos desmatamentos (acumulado ou não), já que, não reúne todas as forças motrizes primárias relevantes, o que poderia solucionar este problema. Ou seja, é preciso

melhor compreender as interações dinâmicas entre os aspectos físicos, ecológicos, econômicos, políticos e socioculturais com o desmatamento para se contextualizar e hierarquizar suas forças motrizes.

#### 4.4 A DINÂMICA DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA

O estudo dos aspectos relacionados em nível primário ao desmatamento regional requer a compreensão das interações dinâmicas entre esses aspectos explicativos incluindo a hierarquização desses efeitos e o desmatamento promovido. O desmatamento na Amazônia não segue um único padrão pré-estabelecido, mas é sim múltiplo em suas origens e processos, dependendo do tempo e da localização espacial. Nesta seção, por intermédio das informações contidas na literatura e de conhecimento empírico, realiza-se uma aproximação dessas inter-relações por meio da aplicação simplificada dos procedimentos sugeridos por Forrester (1961) para o estudo da dinâmica de sistemas (*system dynamics*), o que possibilitou a representação gráfica das forças (primárias e subjacentes) do desmatamento regional e de suas forças subjacentes. O objetivo é possibilitar uma análise mais ampla dessas interações, permitindo que se identifiquem as principais forças primárias do fenômeno, suas forças subjacentes, ou seja, aquelas que influenciam decisivamente as forças primárias, e os principais ciclos retroativos do sistema.

É preciso notar que este procedimento possui limites. Não se pode analisar a intensidade das forças em ação, mas somente sua direção e seu sentido. Ou seja, quando determinado aspecto A influencia positivamente o aspecto B, se houver um aumento em A, ocorrerá, em conseqüência, um aumento no aspecto B. Por outro Lado, se a influência entre esses dois aspectos for negativa, isto implica que quando o aspecto A sofrer um aumento, haverá, em decorrência, não um aumento, mas uma redução no valor do aspecto B. Além disso, a soma das interações de distintas forças em ação resulta em ciclos que se auto-amplificam ou se auto-suprimem, cuja maior compreensão é fundamental para a eficácia de qualquer intervenção planejada.

Em um contexto socioambiental definido por fatores naturais, sociais, políticos e econômicos em interação, organizados em níveis hierárquicos diversos, muitas são as pressões capazes de influenciar o comportamento da agropecuária regional. A Figura 17 representa as interações dinâmicas relacionadas aos desmatamentos na Amazônia. Apesar de muitos serem os aspectos que podem influenciar o seu ritmo, as inter-relações sugerem que o desmatamento regional é função em primeiro nível (diretamente) de, pelo menos, 14 aspectos causais. Destes, nove são forças promotoras do desmatamento, enquanto quatro, são protetoras da cobertura vegetal. Além do estoque florestal em si.

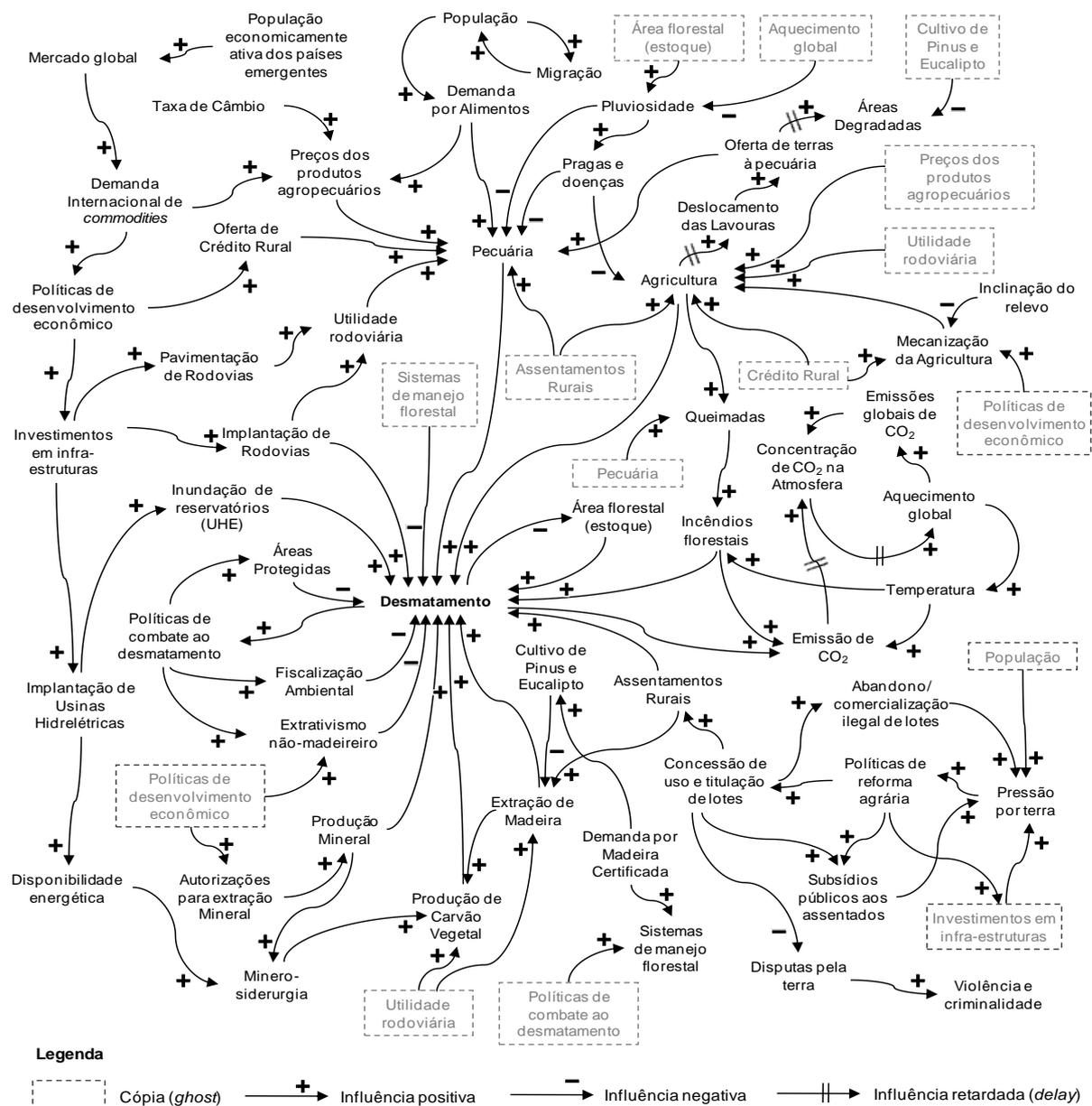


Figura 17 – Síntese da dinâmica do desmatamento na Amazônia  
Organização do Autor.

O estoque forma com o desmatamento um ciclo retroativo negativo capital à compreensão do comportamento das suas taxas anuais nos municípios do bioma Amazônia. À medida que o desmatamento aumenta, aumenta a velocidade de consumo da cobertura vegetal (estoque). Entretanto, com a redução do estoque, as taxas de desmatamento tendem a ser menores, pois se reduz o conflito espacial entre as forças promotoras do desmatamento e a cobertura vegetal, em especial, o a agropecuária, além de reduzir-se a matéria prima de outras, como aquela voltada para a produção de carvão ou madeira em tora.

Os estudos sobre o desmatamento sugerem, em geral, que a agropecuária, sobretudo a agricultura e a pecuária bovina, são as atividades econômicas mais intimamente relacionadas ao desmatamento na Amazônia. É necessário, portanto, entender seus fatores determinísticos para uma melhor compreensão desse processo. Em síntese, o crescimento do mercado global, nos últimos anos, intimamente relacionado ao aumento da renda da população economicamente ativa dos países emergentes, promove uma ampliação da demanda internacional por alimentos, principalmente por *commodities*, e outros bens e serviços. Esse aumento na demanda internacional, associada ao aumento da demanda interna, promovida pelo crescimento da população e da sua renda, gera pressão sobre os preços dos produtos agropecuários. No caso desses produtos, é necessário ainda observar a taxa de câmbio, pois esta afeta diretamente o valor dos negócios.

A agropecuária é uma atividade muito heterogênea na Amazônia, formada pela criação bovina, principalmente para corte, mas também leiteira, e por lavouras permanentes e temporárias diversas, voltadas tanto para o mercado internacional como para o nacional, regional e local, e exercido por agricultores familiares (subsistência ou empresarial) ou não, em pequenos ou grandes empreendimentos. Neste contexto, não se pode descartar a importância da própria demanda regional. Deve-se notar que, tanto a criação de novas cidades, como o crescimento das populações das áreas urbanas já constituídas alteram os mercados regionais de alimentos, madeira e outros produtos na Amazônia. Bolder & Godfrey (1997) alertaram para isto e sugeriram que, como essa demanda regional, derivada da população, da sua renda e de seus hábitos de consumo, tende a continuar crescendo, e como são altas as elasticidades desses produtos em relação ao desmatamento, este processo deve promover um contínuo aumento de pressão sobre a cobertura florestal. Além disso, a oportunidade criada por essas demandas, associada a contextos sociais específicos, resultam em um aumento de intensidade nas políticas de desenvolvimento econômico. Comumente, verifica-se em decorrência, um aumento na oferta de crédito (Macedo, 2006), especialmente para produção das *commodities*, e investimentos em infra-estruturas suporte ao desenvolvimento das atividades.

Os investimentos em infra-estruturas implicam, principalmente, na implantação de novas estradas e na qualificação da malha rodoviária existente, como por meio da sua pavimentação, aumentando a utilidade rodoviária regional. Pode-se sugerir que a implantação de rodovias é uma força primária do desmatamento, pois se impõe à cobertura vegetal, enquanto a utilidade rodoviária é uma força subjacente, pois influencia diversas forças primárias. A importância das rodovias torna-se evidente quando se observa que aproximadamente 80% da área total desmatada localizam-se a até 30 km de uma estrada oficial (Barreto *et al.*, 2005). As suas interações se dão por intermédio de diversos aspectos,

como: a distância rodoviária aos mercados, a densidade rodoviária do território, à distância a uma rodovia pavimentada ou não, e pelos custos do transporte correlacionados. O aumento dos preços dos produtos, da oferta de crédito e da utilidade rodoviária, aliados ao crescimento dos assentamentos rurais, promove um aumento da atividade econômica regional, principalmente, da agricultura e da pecuária bovina.

A conversão de florestas em pastagens foi, segundo Margulis (2003), a forma de desmatamento mais comum na Amazônia Brasileira na década de 1990. Estudos mostram que Aproximadamente 70% da área total desmatada encontravam-se cobertas por pastagens até 1995 (Chomitz & Thomas, 2001). Evidências que levaram muitos a considerarem, sem maiores discussões, a atividade como a principal causa do desmatamento regional. Nas duas últimas décadas, devido ao aumento da demanda externa por carne bovina, aliada aos bons preços do produto no exterior (até 2003) e aos incentivos para a exportação, uma parte da pecuária seguiu uma lógica independente daquela imposta pelo mercado regional e nacional (Alencar *et al.*, 2004), passando a concentrar suas maiores taxas de crescimento nas grandes propriedades.

Além dos preços dos produtos e da sua conseqüente lucratividade, a pecuária bovina avançou na Amazônia por diversos motivos. Três estudos realizados com entrevistas interdisciplinares de informantes de diversos tipos de atores em três frentes pioneiras: o sul do Pará, a Transamazônica e a Zona Bragantina, revelaram que alguns fatores são importantes para todos os atores envolvidos (Piketty *et al.*, 2004): 1) o lucro seguro dos produtos da pecuária; 2) o contexto geral favorável à pecuária; e 3) a eficiência do sistema de pastagem por braquiária (*brachiaria brizantha*); 4) a tradição e a experiência do produtor; e 5) os financiamentos públicos. Os pequenos produtores familiares mantêm a pecuária para diversificar a sua fonte de renda e, geralmente, adotam sistemas mistos, mantendo, além da pequena produção agrícola, o gado de corte e o de leite. Já os grandes pecuaristas estão interessados apenas em uma maior lucratividade (Walker, Moran e Anselin, 2000; Mertens *et al.*, 2002). Para Alencar *et al.* (2004), por estar menos vulnerável à oscilação da economia, a contribuição da produção familiar para o desmatamento ocorre em função da migração, dos assentamentos rurais e dos incentivos.

Os pequenos produtores optam pela pecuária bovina devido ao rápido e seguro crescimento da demanda regional (Farminow, 1998), já que, os custos de transporte dos produtos relacionados à pecuária oriundos do centro-sul do Brasil não permitem competitividade. Além disso, os preços mais baixos da terra e a produtividade um mais alta tornam as pastagens mais lucrativas na Amazônia do que em outras regiões. Esses aspectos possibilitaram o fortalecimento do mercado de terras na região. A facilidade de comercialização de terras origina, geralmente, uma corrida pela posse com conseqüente

desmatamento (Muchagata & Brown, 2003), pois assim, se garante a propriedade. Para melhor entender a dinâmica da pecuária é cogente considerar que esta atividade está historicamente correlacionada à atividade agrícola.

Com sua heterogeneidade característica, a agricultura regional envolve desde a pequena produção de subsistência até as grandes lavouras de grãos voltadas ao atendimento das demandas externas. Estima-se que proprietários com até 100 hectares eram responsáveis por apenas 18% do desmatamento acumulado até 1995/1996 (Walker, Moran e Anselin, 2000). Todavia, a contribuição da agricultura familiar para o desmatamento pode variar dependendo da região analisada. A cultura de grãos, mais recente, tem pressionado a Amazônia nas áreas mais externas, e com isso causando um aumento dos preços da terra, especialmente, no caso da soja. Com o advento e o crescimento da produção regional de soja, este fator tem sido comumente apontado como um dos motivos para o aumento das taxas de desmatamento a partir da segunda metade da década de 1990. Mas, no caso da soja, de acordo com Alencar *et al.* (2004), a influência sobre o desmatamento era, até 2002, indireta. Isto ocorreu devido à expansão da cultura ter acontecido principalmente sobre áreas de pastagens, onde o custo de implantação da atividade é menor. Todavia, ao ocupar pastagens, a soja pressiona a atividade pecuária para áreas mais densamente florestadas, promovendo assim, desmatamento. Principalmente nas áreas de grandes lavouras, as políticas de desenvolvimento econômico, associadas a uma maior oferta de crédito, permitem a ampliação da mecanização (a não ser nas áreas alagadas e de relevo mais acidentado ou íngreme), o que promove um aumento da agricultura e da sua produtividade.

Um dos maiores problemas relacionados à agricultura que, entretanto, não cabe ao caso da soja, é a sua mobilidade para a ocupação de áreas antes florestadas, especialmente junto às frentes pioneiras. Este processo é realizado principalmente por agricultores posseiros. Como se sabe (Margulis, 2003), após alguns anos, os solos perdem nutrientes e tornam-se pouco produtivos para a agricultura, levando esta a se deslocar, principalmente sobre áreas florestadas para aproveitar os solos que ali se encontram em melhores condições e dispensar a correção química imprescindível à continuidade do aproveitamento daqueles espaços para a atividade agrícola. Assim, criam-se continuamente porções de terras inaproveitáveis pela agricultura não capitalizada. O que promove a criação de uma oferta de terras a baixo custo (menores que os custos do desmatamento) que podem ser aproveitadas pela pecuária bovina, em média, por oito anos. O que facilita a ampliação do rebanho bovino regional. Entretanto, como se estima que uma grande parte das terras da pecuária é composta por pastagens degradadas, inclusive em boa parte, nunca plantadas (IBGE, 2006), é evidente que a ampliação do rebanho não é a única

motivação para a aquisição dessas terras, mas também a acumulação fundiária. Isto pode explicar a grande diferença em extensão entre a área de lavouras e de pastagens no bioma Amazônia. Além disso, existe uma confluência de interesses entre madeireiros, carvoeiros, assentados, pecuaristas e agricultores, o que permite a abertura de novas frentes de expansão.

Em uma revisão da literatura acerca dos processos que podem levar à destruição da Floresta Amazônica, Nepstad *et al.* (2008) discutiram as inter-relações dinâmicas entre aspectos ecológicos, econômicos e climáticos, cujos ciclos positivos podem promover à substituição da floresta. Ao destacarem as relações econômicas, eles sugeriram que o aumento da demanda mundial por biocombustíveis e ração animal deve provocar aumento na produção de cana de açúcar no sul do território nacional, o que deve promover um aumento da produção de soja na Amazônia, fato que poderá ampliar os desmatamentos na região. Neste contexto, deve-se atentar para os custos de produção e, principalmente, os preços da soja e da carne bovina, como incertezas críticas, eles podem promover diferentes cenários regionais. Pode-se sugerir que estes tendem a convergir para o aumento da pressão por espaços para produção agropecuária na Amazônia (Figura 18).

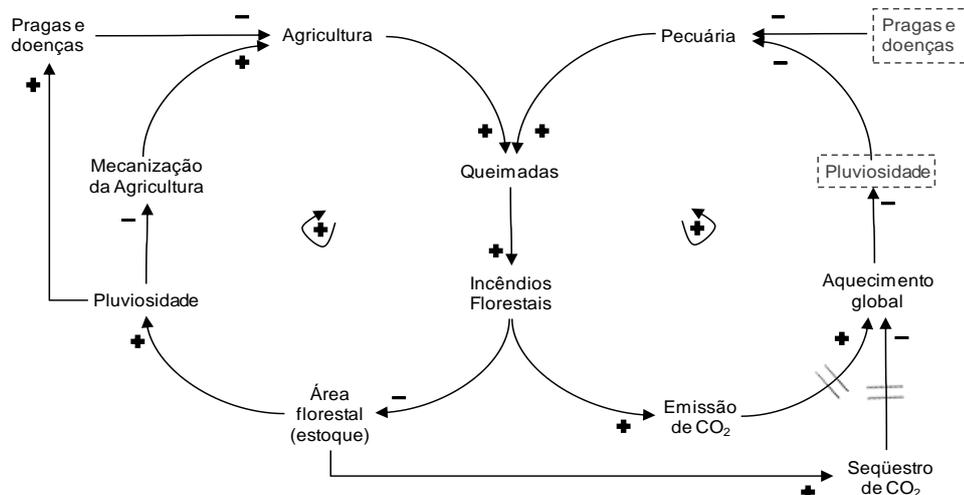


Figura 18 – Ciclos retroativos positivos entre a agropecuária e aspectos climáticos na Amazônia  
Organização do autor.

O crescimento da atividade agropecuária por sua vez, promove um aumento no número de queimadas que, descontroladas, promovem incêndios florestais que, além de ampliar a emissão de CO<sub>2</sub> à atmosfera, consomem anualmente vastas porções florestais. Em médio e longo prazo, com a continuidade das emissões de CO<sub>2</sub>, tanto globais como regionais, o aumento das concentrações deste gás na atmosfera tendem a ampliar o aquecimento global. A perda de grande parte da cobertura florestal, principalmente por incêndios, emite uma grande quantidade de CO<sub>2</sub> e outros gases à atmosfera, e também

promove a redução da capacidade da floresta absorver CO<sub>2</sub> (seqüestro) (Ometto *et al.*, 2005). Disso decorre, juntamente com as emissões globais, em médio prazo, para o aumento da velocidade dos efeitos das mudanças climáticas globais.

O aquecimento promove um aumento de temperatura em toda a região (IPCC, 2007), aumentando a suscetibilidade das florestas a incêndios. O risco de incêndio florestal é maior nas florestas de transição do Mato Grosso e do sul do Pará, devido à estação seca prolongada, e pode, ainda, aumentar significativamente por influência da presença do *El Niño* (Diaz *et al.*, 2002). Além disso, este fenômeno tende a contribuir para uma significativa redução nos índices de precipitação regional, principalmente em sua parte centro-oriental. Isto ocorre devido ao aumento da refletância da superfície e da diminuição da evapotranspiração (Silva Dias *et al.*, 2002), assim, há uma significativa redução dos núcleos de condensação de chuvas (NCC) sobre a área em questão, o que diminui a precipitação.

Como a pecuária é sensível aos regimes de chuvas intensas, isto pode permitir o advento da pecuária às áreas mais internas do bioma. A redução nas chuvas também deve reduzir a incidência de pragas e doenças, o que, em conjunto com a redução das chuvas, pode ampliar continuamente a viabilidade da prática de outras culturas agrícolas na região. O ritmo deste processo pode ser acelerado pela evolução tecnológica, como, por exemplo, vem sendo realizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), buscando viabilizar o desenvolvimento das pastagens nas áreas mais úmidas, o que poderá delegar às futuras gerações um grande passivo ambiental.

Os investimentos em infra-estruturas, decorrentes das políticas de desenvolvimento, podem ainda contribuir com a instalação de usinas hidrelétricas na região, o que, além de ampliar a disponibilidade energética regional, promove a inundação de reservatórios que consomem vastas áreas territoriais, incluindo, as florestas, seus habitantes, e muitas vezes, singulares bens culturais materiais e imateriais ali presentes. O aumento da disponibilidade energética, que pode vir de fontes externas, além das internas, permite a ampliação da economia regional e do consumo de sua população. Um dos efeitos indiretos deste aspecto sobre o desmatamento regional provém de seu foco principal, a ampliação da capacidade industrial, especialmente, da minero-siderurgia.

Com o crescimento acelerado da capacidade siderúrgica regional, esta atividade se tornou a principal força propulsora da economia regional. Por um lado, o aumento das atividades minero-siderúrgicas na região gera o aumento de demanda por minérios (principalmente por minério de ferro para a produção de ferro-gusa), que, por sua vez, viabiliza o aumento da extração mineral. Atualmente são duas as principais modalidades de produção mineral em ação na Amazônia (Santos, 2002). De um lado, empresas com produção industrial verticalizada, que buscam a descoberta de jazidas que possibilitem a

continuidade do suprimento mineral, mas com características equivalentes as das melhores empresas do mercado. Caracterizam-se pelo uso intensivo de capital e tecnologia, mas com baixa utilização de mão-de-obra, geralmente especializada. De outro, as empresas, que buscam a descoberta de jazidas de alto valor. A Amazônia possui muitos ambientes geológicos férteis para o ouro e outros minerais com essa característica. Por outro, a utilização maciça de autos-fornos nessas indústrias aumenta a demanda por carvão vegetal (Monteiro, 1998, 2005), principalmente por ser este o combustível com os menores preços disponíveis, especialmente o carvão clandestino originado da floresta primária, fenômeno que amplia o desmatamento seja atuando isoladamente ou em conjunto com outras atividades, como por exemplo, a produção de madeira em tora.

Além da mineração industrial e da agropecuária, a exploração e o processamento de madeira é atualmente uma das principais atividades econômicas da Amazônia. Em 2004, eram cerca de 3.100 empresas de processamento (serrarias e laminadoras). Uma cadeia que gerou em 2004, 379 mil empregos. Lentini, Veríssimo e Pereira (2005) estimaram que naquele ano, pelo menos 5% da população economicamente ativa da Amazônia trabalhava direta ou indiretamente com a atividade madeireira, e que, aproximadamente 45% da madeira extraída na Amazônia sejam ilegais. Apesar de não haver consenso sobre a questão, estudos sugerem (Cochrane 2000) que esta atividade afetava uma área de 15 mil km<sup>2</sup> anualmente. A madeira produzida tem destino principal, as regiões sudeste e sul, 11% destina-se ao mercado amazônico, e, cerca de 30% tem como destinação o mercado internacional.

Na Amazônia a intensidade média de extração de madeira é alta, oito árvores por hectare, o que equivale a 40 m<sup>3</sup> de madeira em tora e, posteriormente, em 24 m<sup>3</sup> de madeira serrada (Veríssimo *et al.*, 1992). Como em 2008 a produção regional de madeira em tora atingiu 11,5 milhões m<sup>3</sup>, pode-se estimar que, pelo menos, 2.875 km<sup>2</sup> foram explorados neste ano por essa atividade, quando foram mortas cerca de 2,3 milhões de árvores. Como a extração das maiores espécies implica em redução na disseminação de sementes, isto promove uma queda substancial da capacidade de regeneração florestal, há constante necessidade de migração dessas atividades para áreas cada vez mais internas do bioma.

Em um estudo acerca dos danos promovidos à floresta pela atividade madeireira, Asner *et al.* (2006), por meio da análise de imagens de satélite de alta resolução dos estados do Mato Grosso, Acre, Pará e Rondônia, entre 1999 e 2004, identificaram que em média, quatro anos após o início da exploração, a área era convertida definitivamente para outro uso. Além disso, pelo menos 76% dessas práticas promoviam um significativo aumento na suscetibilidade da floresta ao fogo. Como observou Cochrane (2001), os reais impactos da atividade madeireira são muito maiores do que parecem, pois existe um ciclo

retroativo positivo que promove a ampliação da suscetibilidade da cobertura e, consequentemente, maior desmatamento.

Em geral, a literatura específica revela (Lele *et al.*, 2000; Pinedo-Vasquez *et al.*, 2001), que diferente do que ocorre em outras florestas do planeta, a extração de madeira na Amazônia apresenta-se principalmente como uma atividade relacionada aos estágios iniciais do processo de desmatamento e ocupação pela atividade agropecuária. Ou seja, existe uma relação ambiental promíscua entre diversos agentes regionais. Nas áreas mais avançadas, nas fronteiras, onde as terras ainda não foram ocupadas e a fiscalização foi historicamente insipiente, os madeireiros criam as condições básicas, por meio da redução da densidade florestal e da implantação de estradas para o acesso e posterior ocupação pela agropecuária, em especial, pelos pequenos agricultores posseiros. A Figura 19 destaca os principais elementos relacionados ao ciclo retroativo positivo existente entre a extração de madeira e a infra-estrutura rodoviária local.

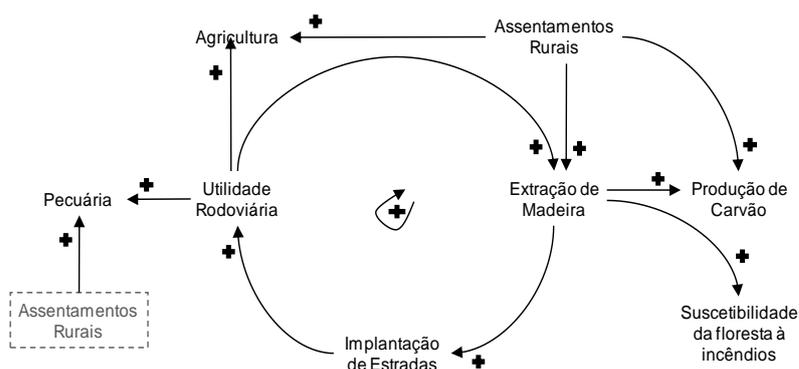


Figura 19 – Ciclo retroativo positivo entre a extração de madeira e a infra-estrutura rodoviária na Amazônia  
Organização do autor.

Quando ocorre o advento da extração de madeira em determinado espaço, essas organizações implantam uma vasta rede de estradas, geralmente anexas a uma estrada principal oficial. Para isto, utiliza, em parte, a mão-de-obra gerada pela presença dos assentamentos rurais (se houver). A implantação de estradas aumenta a utilidade rodoviária, viabilizando o crescimento das atividades agropecuárias. Embora, com o crescimento da agricultura e da pecuária, a atividade madeireira não se encerre, pelo contrário, tende a se intensificar em conjunto com aquelas por um determinado período de tempo antes de começar a reduzir sua produção com o esgotamento dos estoques disponíveis. Ou seja, apesar de se deslocar constantemente para áreas mais densamente florestadas, esta atividade continua atuando na área original até a inviabilização financeira de suas atividades.

Deve-se atentar que, com a demanda crescente por carvão vegetal, a extração de madeira ganha mais por este produto associado, obtido a partir dos resíduos do processamento de toras. A contínua e cada vez mais intensa extração promove um aumento contínuo da suscetibilidade da floresta ao fogo, que pode, inclusive, permitir o consumo desses recursos de base. Por outro lado, o aumento da consciência ambiental tem contribuído para a ampliação da demanda por madeira certificada que, por sua vez, promove um aumento na produção de madeira proveniente do cultivo de pinus, eucalipto e outras similares, o que gera redução da extração da floresta primária, e também, a ampliação da produção proveniente dos sistemas de manejo florestal, o que reduz o ritmo do desmatamento regional. Entretanto, está ainda longe de ser suficiente para influenciar significativamente a produção regional.

Outro aspecto explicativo primário é representado pelos assentamentos rurais. Com 348.822 unidades familiares ativas em 2008, os assentamentos rurais ocupam atualmente cerca de 5% da área territorial do bioma Amazônia. Desta, estima-se (Barreto *et al.*, 2005) que a metade encontra-se em áreas densamente florestadas. Nota-se que os assentamentos, além de serem uma força primária do desmatamento ao suprimir extensas áreas florestais para a ocupação humana, apresentam importantes influências de nível secundário, principalmente sobre a agropecuária, a extração de madeira e a produção de carvão vegetal. A Figura 20 destaca diversos ciclos retroativos positivos deste subsistema.

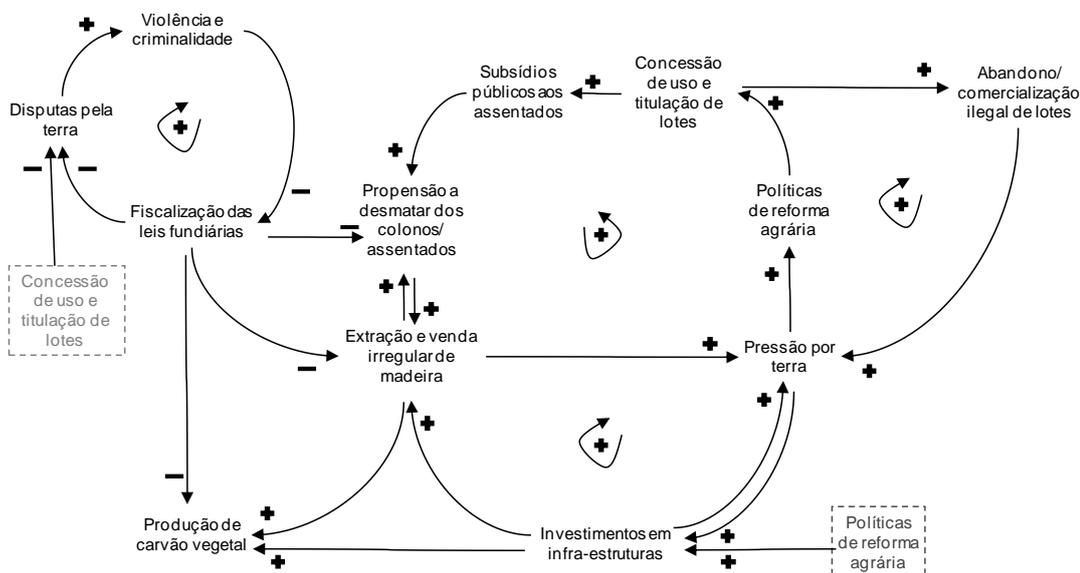


Figura 20 – Ciclos retroativos positivos no subsistema dos assentamentos rurais  
Organização do autor.

A demanda por terras é a propulsora das políticas de reforma agrária. O aumento da pressão por assentamento é promovido por diversos fatores, entre eles, o aumento

populacional, incluindo o proveniente da imigração, a exclusão social nas áreas urbanas, e a implantação de infra-estruturas que aumentam o valor da terra e a viabilidade de seu aproveitamento econômico. Entretanto, Alencar *et al.* (2004) observaram, que a situação econômica nacional também pode afetar o número de produtores familiares à procura de terras. Explicaram esses autores, que quando o comércio nas cidades não absorve o excesso de mão-de-obra do meio rural, expulsados devido à mecanização agrícola e à concentração de terras, o resultado é, geralmente, a volta de antigos produtores familiares para a área rural, o que aumenta a pressão pela terra e representa mais uma justificativa para a criação de assentamentos. Essa política reverte-se, principalmente, em implantação de infra-estruturas, concessão e titulação dos lotes e, conseqüente oferta de subsídios às famílias (cestas básicas, financiamento para construção e crédito).

Quanto maior é a concessão de lotes, maior tende a ser a pressão por desmatamento nos assentamentos. Em relação à titulação, a literatura revela aspectos dos direitos de propriedade e suas relações com o desmatamento. Estudando este aspecto na Amazônia Legal, Araujo *et al.* (2009) utilizaram dados em painel para estimar um modelo dessas relações entre 1988 e 2000. Os autores demonstraram que, para essa região, a insegurança do direito à propriedade está positivamente correlacionada ao desmatamento. Além disso, a hipótese de que a insegurança no direito de propriedade da terra contribui para altas taxas de desmatamento não foi rejeitada. Todavia, evidências sugerem que, no caso dos assentamentos rurais, a titulação dos lotes gera uma segunda rodada de desmatamentos, evitada anteriormente devido ao risco de não acesso ao título.

Os investimentos realizados em infra-estruturas por sua vez, geram: aumento da pressão por terras, devido à valorização; aumento da produção de carvão vegetal, pelo aumento da acessibilidade; e aumento da extração de madeira, que também é diretamente afetada pelo aumento da propensão a desmatar dos assentados. Diversas são as críticas realizadas às práticas de assentamento realizadas no Brasil, em especial, à sua baixa produtividade, indicador de ineficiência desta importante política. Pode-se sugerir que em um contexto de insipiência histórica de ação fiscalizadora, aliada à baixa capacidade de produção e geração de renda dos assentamentos, promova um aumento na propensão ao consumo dos poucos recursos restantes, desde a floresta, na forma de madeira e carvão, até o próprio lote (Barreto *et al.*, 2005), antes ou após o esgotamento dos recursos. A carência de fiscalização, além da extração e venda da madeira, gera um ambiente favorável à ampliação das intensidades das disputas pela posse da terra, que em conjunto com a insegurança do direito de propriedade, promovem “desmatamento por precaução”, mais violência e maiores índices de criminalidade (Simmons *et al.*, 2007). Assim o ambiente

torna-se cada vez mais inóspito ao exercício da fiscalização, gerando outro ciclo de auto-amplificação no sistema.

Essas inter-relações dinâmicas e auto-reguladas evidenciam a complexidade do fenômeno do desmatamento na Amazônia. Neste ambiente, políticas públicas buscam promover diversas ações para a proteção ambiental regional. Entre elas, destacam-se (Brasil, 2004b; 2007d; 2008): a criação de áreas protegidas (Unidade de Conservação, Terras Indígenas ou outros formatos similares); a fiscalização ambiental (embargos e multas); e o incentivo ao extrativismo vegetal não-madeireiro (alimentos, borrachas, fármacos, fibras, ceras, etc.). Presente tanto no Plano Amazônia Sustentável (PAS), como no Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia (PPCDAm), o desenvolvimento da atividade extrativista não-madeireira é considerada como uma atividade econômica alternativa (atividade-chave) ao modelo de produção vigente, que pode promover uma significativa redução no ritmo do desmatamento regional.

O extrativismo é uma maneira de produzir bens na qual os recursos naturais úteis são retirados diretamente da sua área de ocorrência natural. Todavia, não é correto afirmar que ele não impacta o meio ambiente. Ao contrário, o extrativismo promove alterações sistêmicas no ambiente, embora em menor grau que qualquer outra atividade econômica. Quando mantidas as capacidades de recuperação dos seus estoques, a atividade pode se perpetuar por longo período de tempo. Para Drummond (1996), o desenvolvimento do extrativismo vegetal é desejável na Amazônia, especialmente nas Reservas Extrativistas, pois: 1) permitirá a sobrevivência e a cidadania plena de setores tradicionais da população amazônica; 2) representa um avanço para a causa da reforma agrária; 3) representa uma forma mais branda de pressão sobre as unidades de conservação; e 4) permite que as terras florestadas amazônicas sejam mais racionalmente utilizadas.

Apesar das recentes sugestões sobre a sua grande potencialidade de proteção florestal na Amazônia, esta atividade foi negligenciada pelas políticas públicas de desenvolvimento para a região, provavelmente, por não fazer parte da lógica produtiva que interessava aos grandes financiadores internacionais destas intervenções. Contudo, em um novo contexto de mudanças ambientais globais, e frente aos acordos internacionais firmados pelo Brasil, ao crescimento da demanda por produtos mais socioambientalmente sustentáveis, e às mudanças de posturas de instituições como o Banco Mundial, surgem novas propostas para um desenvolvimento regional mais endógeno e sustentável.

Entre as principais políticas de proteção ambiental utilizadas na Amazônia, destacam-se a criação e o crescimento em número, diversidade e extensão das áreas protegidas, principalmente, unidades de conservação e terras indígenas. Apesar de seu objetivo ser em si, proteger a biodiversidade, esses espaços têm sido considerados fundamentais para a

manutenção da cobertura florestal nestas porções territoriais de maior importância ecossistêmica. Além de influenciar diretamente o desmatamento regional, as áreas protegidas geram um efeito, por muitos, indesejado, a limitação do espaço para o crescimento das atividades agropecuárias, que necessitam do solo e não da sua cobertura.

Além disso, diversos trabalhos sugerem a forte influência de áreas protegidas sobre o desmatamento, acumulado ou não. Barreto *et al.* (2005) estimaram que 28% das áreas protegidas na Amazônia encontram-se sob pressão das atividades humanas. Enquanto, nas florestas externas a estas, a pressão afeta 59% da área. Ferreira, Venticinque e Almeida (2005), demonstram claramente a importância das áreas protegidas (Unidades de Conservação e Terras Indígenas) como uma das ferramentas para conter o processo do desmatamento nos estados que mais contribuíram com o desmatamento na Amazônia, Mato Grosso, Rondônia e Pará. Os autores estimaram que a diferença do desmatamento dentro ou fora das áreas protegidas variou de aproximadamente dez vezes nos estados de Mato Grosso e Rondônia a aproximadamente vinte vezes no estado do Pará. E, Alves *et al.* (2007) que o desmatamento é muito menor dentro dos limites e na zona de amortecimento das unidades de proteção integral, demonstrando a importância da ampliação e da criação de novas unidades de conservação para diminuir o processo de desmatamento na Amazônia.

Por outro lado, não foram localizados estudos sobre o efeito ou a atuação da fiscalização ambiental na Amazônia. Verifica-se que, até 2005, foram poucas as ações efetivas a este respeito (Brasil, 2009c), incluindo, ações de embargo e emissão de multas aos infratores. Apesar disso, frente ao grande crescimento dessas ações, especialmente, os embargos, que atingiram mais de três mil empreendimentos no período 2007/2008. Em conjunto com a produção de madeira certificada, o extrativismo vegetal não-madeireiro e as áreas protegidas, constituem-se nos principais aspectos apontados para a proteção florestal.

A Figura 21 destaca os três ciclos retroativos negativos identificados no subsistema das políticas de combate ao desmatamento regional. Como as políticas relacionadas ao desmatamento tendem a se intensificar após aumento no ritmo do desmatamento regional, são geradas retroações negativas sobre o sistema, ou seja, seus elementos tendem a oscilar em busca de um equilíbrio dinâmico. Entretanto, como o desmatamento é causado por um grande conjunto de fatores externos a este subsistema, seus elementos tendem a estar em constante oscilação arritmica. Ou seja, um aumento no ritmo do desmatamento (altas taxas anuais) gera uma reação em forma de políticas de combate ao fenômeno indesejado. O aumento do combate ao desmatamento causa uma redução do seu ritmo, o que gera um novo ciclo. Assim, quando o ritmo do desmatamento diminui, ocorre, geralmente, um “relaxamento” das políticas de combate ao mesmo. Isto permite que,

associadas a uma pressão compatível, as taxas de desmatamento voltem a atingir grandes valores, realimentando as oscilações no sistema. Inclusive, no caso das áreas protegidas, especificamente as unidades de conservação, pode haver alterações legais no sentido de desconstituição de determinadas unidades ou categorias de conservação. Uma exceção pode ser o extrativismo não-madeireiro, que, por estar associado ao mercado e a algumas políticas de desenvolvimento econômico, pode se dissociar desse ciclo, ou pelo menos, tiver-lo amenizado, o que permitiria a atividade a continuar a se desenvolver continuamente como alternativa independente. Ou seja, uma alternativa em médio ou longo prazo.

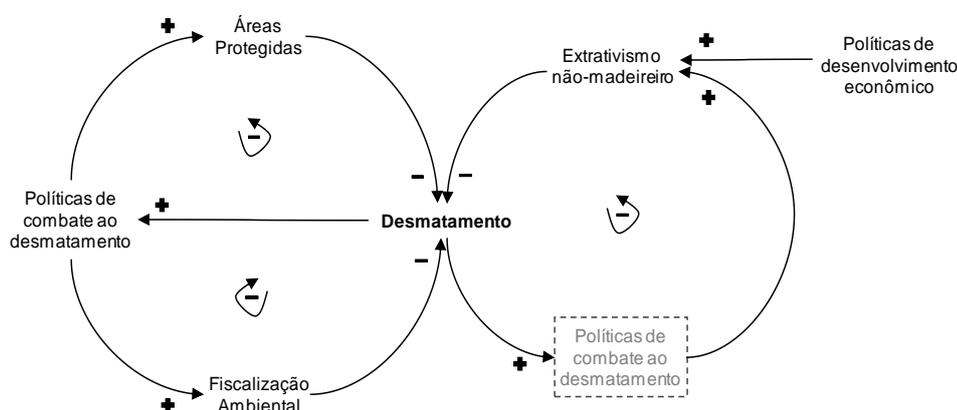


Figura 21 – Ciclos retroativos negativos entre o desmatamento e as forças protetoras da cobertura vegetal  
 Organização do autor.

Em síntese, a dinâmica sugerida revela que as taxas de desmatamento são função primária dos seguintes aspectos político-econômicos: 1) promotoras do desmatamento - a pecuária bovina, a agricultura, a extração de madeira, os assentamentos rurais, a produção de carvão, a mineração, a inundação de reservatórios (UHE), e a implantação de novas rodovias; e 2) protetoras da cobertura florestal – as áreas protegidas, os sistemas de manejo florestal, a fiscalização ambiental, e o extrativismo vegetal não-madeireiro. Deve-se atentar que, apesar de serem primários, existem correlações significativas entre todos estes aspectos explicativos.

## 5 A CONTRIBUIÇÃO DAS FORÇAS PRIMÁRIAS DO DESMATAMENTO NO BIOMA AMAZÔNIA

Os muitos aspectos socioeconômicos e ambientais relacionados em níveis hierárquicos distintos ao desmatamento anual no bioma Amazônia repercutem em diferentes intensidades sobre este fenômeno. Por isso, Analisar as forças motrizes do desmatamento requer atenção especial no uso de ferramentas econométricas para que não se cometam equívocos de interpretação.

Este capítulo, que tem como objetivo avaliar a contribuição individual dos fatores primários do desmatamento anual na Amazônia está estruturado em três seções. Inicialmente arrola os procedimentos metodológicos básicos utilizados. Em seguida, apresenta e discute o modelo proposto para o desmatamento e seus resultados. Na terceira parte, avalia a evolução recente da contribuição relativa das forças político-econômicas primárias do desmatamento no bioma Amazônia por intermédio da decomposição de suas covariâncias com o fenômeno.

### 5.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo da dinâmica do desmatamento na Amazônia sugere uma complexa interação entre aspectos sócio-econômicos, políticos e ambientais relacionados em diversos níveis hierárquicos. Com base nessa análise, foram desenvolvidas diversas variáveis (*Proxy*) que representassem os aspectos explicativos originais. Todas as variáveis foram utilizadas como taxas espaciais, ou seja, seus valores divididos pelas áreas territoriais dos respectivos municípios. Além disso, como todas as séries transversais apresentaram comportamento quadrático, nada incomum para taxas espaciais, estas foram elevadas a 1/2, ou seja, foi extraída sua raiz quadrada, para que todas as séries apresentassem comportamento linear.

Em uma análise de correlações com as taxas anuais de desmatamento, o Produto Interno Bruto e a população municipal, variáveis já apontadas como explicativas do desmatamento acumulado, não apresentaram significância estatística com as taxas anuais, assim como ocorreu com: a altitude, a temperatura, a inclinação do relevo, a potencialidade agrícola dos solos, a produção de lenha, as rodovias em implantação, o crescimento da população urbana e a concentração de organizações não governamentais. De outro modo, a análise destacou que o desmatamento anual no bioma Amazônia é função dos seguintes aspectos: 1) ambientais – a precipitação ( $m^3/km^2$ ), a área dos corpos d'água ( $km^2/km^2$ ) e a área florestal ( $km^2/km^2$ ); 2) econômicos – a pecuária bovina ( $cabeças/km^2$ ), a agricultura ( $km^2/km^2$ ), a extração de madeira ( $R\$1000/km^2$ ), o extrativismo não-madeireiro ( $R\$/km^2$ ), a produção de carvão ( $R\$/km^2$ ), a mineração ( $km^2/km^2$ ), o custo de transporte à São Paulo

(índice/km<sup>2</sup>), a rentabilidade das pastagens (cabeças/km<sup>2</sup>) e a concentração fundiária (km<sup>2</sup>/estabelecimento); e 3) políticos - a malha rodoviária municipal (km/km<sup>2</sup>), a distância da sede municipal à rodovia pavimentada mais próxima (km/km<sup>2</sup>), à distância à capital estadual (km/km<sup>2</sup>), os assentamentos rurais (famílias/km<sup>2</sup>), as áreas protegidas (km<sup>2</sup>/km<sup>2</sup>) e a fiscalização ambiental (embargos/km<sup>2</sup>). Deve-se observar que apesar da Medida de Pratt sugerir sua aplicação na Regressão Múltipla por dados previamente padronizados, nesta pesquisa, esta postura não foi adotada por ser desnecessária, já que os resultados devem ser os mesmos para as medidas.

É essencial compreender que apesar de o desmatamento anual ser influenciado por diversos fatores, a ação direta sobre a floresta em si é determinada por um restrito grupo de aspectos político-econômicos correlacionados em primeiro nível. Ou seja, diversas variáveis explicativas do desmatamento, muitas já vastamente abordadas na literatura científica, não exercem ação em si sobre a cobertura vegetal, pois não utilizam diretamente os recursos do solo, do subsolo ou da sua cobertura, mas fornecem as condições fundamentais para o comportamento daquelas, correlacionadas em primeiro nível na prática. Por exemplo, a precipitação, fenômeno estritamente ambiental, não promove desmatamento, mas é um fator explicativo na medida em que se relaciona com a produtividade agrícola e das pastagens, promovendo a ocupação de áreas mais adequadas a essas atividades. Da mesma forma, a área florestada (estoque) não promove o desmatamento, mas é capaz de explicar grande parte do comportamento das taxas anuais de desmatamento regional.

É importante incorporar a diferença entre significância estatística e significância prática desses diferentes aspectos explicativos para uma adequada análise das contribuições individualizadas dessas diferentes forças. Uma análise econométrica incorporando forças diretas e outros aspectos explicativos correlacionados em níveis hierárquicos inferiores, tende a subestimar a influência das forças primárias a elas relacionadas. Por exemplo, incluir a pecuária e a rentabilidade das pastagens no mesmo modelo tende a atribuir parte da influência da pecuária à rentabilidade das pastagens, apesar de ser evidente que a força motriz em questão é a pecuária em si que se desenvolve de forma diferente dependendo da capacidade suporte dos pastos, já que a rentabilidade em si não desmata.

Neste sentido, a fim de permitir que as variáveis primárias melhor representassem com eficiência suas legítimas contribuições, extraiu-se os efeitos supressores das variáveis explicativas subjacentes do modelo, remetendo este efeito às forças primárias as quais estão relacionadas. O modelo desenvolvido evidenciou o desmatamento em função de nove forças motrizes consideradas teoricamente primárias: a pecuária bovina, a agricultura, a extração de madeira em tora, a produção de carvão, o aumento das áreas de mineração, o extrativismo não-madeireiro, os assentamentos rurais, as áreas protegidas e a fiscalização ambiental.



resíduos para todos os períodos analisados, atendendo a todos os pressupostos do Modelo Normal de Regressão Linear Clássico (MNRLC). Por esses aspectos, seus coeficientes podem ser considerados os melhores (mais eficientes) estimadores não-tendenciosos, não somente entre os lineares, mas entre todas as classes de estimadores (Gujarati, 2006), ou seja, são estimadores BUE (*Best Unbiased Estimators*).

Após a análise do efeito conjuntos das variáveis explicativas sobre o desmatamento, estimaram-se por intermédio de uma técnica de decomposição de covariâncias, a Medida de Influência Relativa de Pratt (1987), que foi mensurada para cada aspecto em cada um dos cinco períodos estudados. Isto permitiu o cálculo das referidas contribuições por macrorregião do bioma e num todo. Os bons resultados dos testes expõem que seus estimadores possuem baixas variâncias, promovendo estreitos intervalos de confiança e conseqüentemente, uma acentuada capacidade de previsão individual. Por esses aspectos, apesar de reconhecidas limitações, pode-se afirmar que a regressão linear múltipla é uma técnica adequada ao estudo do desmatamento na Amazônia. Isto pode elucidar um dos motivos para seu amplo domínio nos trabalhos específicos sobre este tema.

A variância dos estimadores de importância relativa  $\hat{V}(\hat{\delta}_j)$  pode ser calculada então por meio da seguinte equação:

$$\hat{V}(\hat{\delta}_j) = \frac{\hat{\delta}_j^2}{t_j^2} + \frac{\left[\frac{(1-R^2)}{R^2}\right] \left[\frac{\hat{\beta}_j^{*2}}{R^2} + 2(\hat{\delta}_j - 2\hat{\delta}_j^2)\right]}{(N-p-1)} + \frac{\left(\frac{\hat{\beta}_j^{*2}}{R^2} - \hat{\delta}_j^2\right)}{N} \quad (3)$$

Os intervalos de confiança em 95% de confiança foram estimados para a Medida de Influência Relativa de Pratt ( $\hat{\delta}_j$ ) de cada variável explicativa  $x_j$ , que é dada, para os limites superiores e inferiores por  $\hat{\delta}_j^v = \hat{\delta}_j \pm Z_{\alpha/2} [\hat{V}(\hat{\delta}_j)]^{1/2}$ ,  $j = 1, \dots, p$ . Onde,  $Z_{\alpha/2}$  é o valor do ponto superior com percentual de  $\alpha/2$  na distribuição normal. Por meio de simulações ( $N \rightarrow \infty$ ), Thomas, Zhu e Decady (2007) mostraram que as estimativas realizadas por estes procedimentos são muito precisas para amostras superiores a 250 unidades e precisas para amostras acima de cem unidades.

A estimação dos intervalos de confiança auxiliou a previsão individualizada para as contribuições relativas em cada município em cada período, permitindo uma melhor visualização da sua evolução no espaço geográfico. Todavia, deve-se considerar que este é um estudo estatístico, seus resultados representam probabilidades e não a realidade em si.

## 5.2 O DESMATAMENTO NO BIOMA AMAZÔNIA EM FUNÇÃO DE SEUS FATORES PRIMÁRIOS

Esta seção apresenta e discute as estimações de um modelo econométrico básico para as taxas anuais de desmatamento no bioma Amazônia de 2003/2004 a 2007/2008. O modelo visa diagnosticar a contribuição das variáveis explicativas para esse fenômeno. Contudo, aspectos básicos das suas inter-relações com as outras variáveis explicativas de níveis subjacentes excluídas do modelo completo e destas com os desmatamentos devem ser observadas para contribuir com a análise dos resultados<sup>6</sup>.

### 5.2.1 Uma síntese das interações das forças subjacentes ao desmatamento

Os aspectos ambientais são a base sobre o qual se desenvolvem as políticas e as atividades econômicas e, conseqüentemente, o desmatamento. Além das variáveis aqui abordadas, podem-se verificar outros aspectos correlacionados, mas menos significativos, por isto, desnecessárias ao modelo econométrico: as inclinações médias de relevo nos municípios e a temperatura média anual. De outra forma, foram encontradas fortes correlações significativas entre a precipitação média anual (-0,278), a área dos corpos d'água (-0,212) e a área florestada (0,189) com o desmatamento anual. Isto sugere que as taxas de desmatamento tendem a se tornar maiores nos municípios mais densamente florestados e com menor incidência de chuvas e corpos d'água. A presença das áreas dos corpos d'água no modelo completo não foi localizada nos estudos sobre o desmatamento. A importância da precipitação confirma os estudos de Moreira & Reis (2002), Chomitz & Thomas (2003) e Almeida *et al.* (2007). Assim como a relevância da densidade florestal corrobora os estudos de Pfaff (1999), Michalski, Peres e Lake (2008) e Gazoni & Mota (2010a).

A média dos coeficientes de correlação da precipitação com essas variáveis mostra sua relação linear com a pecuária (-0,471) especialmente, mas também com a agricultura (-0,178), com os assentamentos rurais (-0,154), com as áreas protegidas (0,176) e com a fiscalização ambiental (-0,095). Assim, pode-se sugerir que as atividades agropecuárias são sensíveis à grande quantidade de chuvas na região, principalmente a pecuária bovina. Isto pode explicar porque a pecuária ainda não ocupou as áreas mais densamente florestadas, e úmidas, na Amazônia Central e, principalmente, na Amazônia Ocidental. A correlação com as áreas protegidas pode estar relacionada à correlação desses aspectos à densidade florestal, assim como a correlação da fiscalização com a sua relação com as atividades agropecuárias.

---

<sup>6</sup> Todas as análises de correlação foram realizadas, assim como as análises de regressão, com as raízes quadradas das taxas de densidade geográfica dos respectivos aspectos.

A localização dos mercados aos quais se destinam os produtos da agroindústria amazônica é decisiva para a distribuição espacial das taxas de desmatamento. As principais variáveis relacionadas a este aspecto verificadas foram a distância das sedes municipais às respectivas capitais estaduais e o índice do custo de transporte do município à cidade de São Paulo. Estes resultados reforçam os estudos de Reis & Margulis (1991) para a distância às capitais e de Weinhold & Reis (2008), para os custos de transporte. As médias dos coeficientes de correlação com o desmatamento da distância à capital estadual (-0,123) e principalmente, dos custos de transporte à São Paulo (-0,262), indicam que a área desmatada anualmente tende a aumentar na medida em que a acessibilidade aos destinos dos produtos da agroindústria é maior. Suas correlações com as variáveis explicativas primárias sugerem as intensidades dessas importâncias. A pecuária tem maior correlação com a distância às capitais estaduais (-0,524), enquanto a agricultura, maior correlação com o custo de transporte à São Paulo (-0,356). A correlação do custo de transporte com o valor da produção de madeira em tora (-0,127) mostra que esta atividade está diretamente relacionada a sua acessibilidade aos destinos da região sudeste ou sul, incluindo seus portos.

Os acessos, especialmente os rodoviários são imprescindíveis para o uso do solo e da sua cobertura em qualquer espaço geográfico. Apesar das rodovias em implantação não apresentarem relação significativa com o desmatamento anual, dois aspectos mostraram-se relevantes para suas variações: a densidade rodoviária municipal e a taxa da distância da sede municipal à rodovia pavimentada mais próxima. A presença da densidade rodoviária ratifica os achados de Andersen & Reis (1997), Young (1998), Pfaff (1999), e Ângelo & Pereira de Sá (2007). A distância à rodovias corrobora com os estudos de Reis & Guzmán (1992), Pfaff *et al.* (2007), Garcia; Soares-Filho e Moro (2004), Walker *et al.* (2002) e Adeney; Christensen e Pimm (2009). A correlação média entre as taxas de desmatamento anual e a densidade rodoviária (0,181) evidencia a forte inter-relação positiva entre esses aspectos. Isto sugere que as a dinâmica espacial das forças primárias nas proximidades das estradas é mais intensa do que naquelas menos providas dessas. De outro modo, a correlação da acessibilidade ao município, representada pela distância à rodovia pavimentada (-0,153) mostra-se significativa e negativa, ou seja, as taxas de desmatamento tendem a ser maiores quanto mais próximo o município está de uma rodovia pavimentada. Isso mostra que, tanto a implantação como a pavimentação de estradas são determinantes para o aumento nas taxas de desmatamento anuais. As interações destes aspectos com as variáveis explicativas primárias são reveladas por seus coeficientes de correlação. A distância às rodovias pavimentadas está correlacionada à pecuária (-0,089), à agricultura (-0,096) e à produção de madeira em tora (-0,112), mostrando que essas atividades aumentam na medida em que estas estão mais próximas dessas rodovias. A densidade

rodoviária municipal possui fortes correlações com diversos aspectos explicativos de primeiro nível, incluindo, a produção de madeira (0,131), os assentamentos rurais (0,166), a fiscalização ambiental (0,118) e, principalmente, a atividade pecuária (0,296), evidenciando que estas atividades são mais intensas nos municípios mais densamente providos de estradas de qualquer tipo.

Outros fatores indiretos, mas importantes para a explicação das taxas de desmatamento dos municípios, são relacionados a aspectos das propriedades agropecuárias: a rentabilidade das pastagens e a concentração fundiária. Apesar de não terem sido localizados estudos que utilizassem a rentabilidade das pastagens, esta pode estar associada à fertilidade dos solos, apontada como variável explicativa do desmatamento por Almeida *et al.* (2007) e Caldas *et al.* (2007). A presença da concentração fundiária ratifica os estudos de Mello & Alves (2005) e D'Antona, VanWey e Hayashi (2006). Em todos os períodos analisados, a correlação entre a rentabilidade das pastagens e o desmatamento mostrou-se significativamente negativa (-0,184). Ou seja, as maiores taxas anuais de desmatamento ocorreram, em geral, nas áreas com menores rentabilidades para pastagens. Um resultado inquietante, já que a pecuária bovina é, geralmente, acusada de pressionar as frentes pioneiras para a ocupação desses espaços. Entretanto, uma baixa rentabilidade demanda uma maior extensão territorial para o mesmo número de cabeças de gado, o que pode justificar este resultado. De mesma forma que a rentabilidade dos pastos, a correlação média entre o desmatamento e a concentração fundiária (-0,152) evidencia que as taxas de desmatamento são maiores a medida que a concentração fundiária diminui. Ou seja, sugere que foi nas menores propriedades que ocorreram mais desmatamentos. Além disso, a evolução das correlações mostra que quando o desmatamento é menor, mais intensa é essa correlação. As correlações médias entre a rentabilidade das pastagens com a pecuária (0,184) e com os assentamentos rurais (0,091) evidenciam que a medida que aumenta a rentabilidade dos pastos, aumentam a pecuária e os assentamentos rurais. A concentração fundiária apresenta muitas interações com os aspectos explicativos primários, principalmente com a pecuária (0,307) e com a agricultura (0,225). Estas correlações evidenciam que ambas as atividades são promotoras de acumulação fundiária, assim como o é, em muito menor intensidade, os assentamentos rurais (0,096). Por outro lado, a produção de madeira (-0,091) tende a ser maior na medida em que a concentração fundiária é menor. Isto pode significar uma relação com os pequenos produtores, o que deve ser mais profundamente investigado.

Além dessas variáveis subjacentes, três atividades econômicas, antes consideradas forças diretas, apesar de apresentarem correlações significativas com as taxas de desmatamento, foram extraídas após a realização de testes de supressão: o valor da produção do extrativismo vegetal não-madeireiro, o valor da produção de carvão vegetal e

as novas áreas de mineração concedidas no período. A importância revelada pelo extrativismo e pelo carvão abona o estudo de Gazoni & Mota (2010a), enquanto a presença da mineração corrobora os achados de Skole *et al.* (1994) e de Andersen *et al.* (2002). O coeficiente de correlação médio do desmatamento com o valor do extrativismo vegetal não-madeireiro (-0,212) é negativo e significativo. Mostra que, apesar de sua relação direta não ter sido evidenciada, seu papel subjacente é relevante, pois nas áreas em que esta é maior, em geral, são menores as taxas de desmatamento. O valor da produção de carvão (0,099) e a extensão de áreas concedidas para mineração (0,071) apresentam coeficientes de correlação positivos com as taxas de desmatamento, mas, relativamente mais baixos e com menores significâncias estatísticas. Estes resultados sugerem que as influências desses fatores no desmatamento, apesar de existente, são pequenas. No entanto, deve-se observar que essas são variáveis de fluxo e não de estoque, portanto, seus estimadores são passíveis de subestimação.

Em síntese, esses resultados sugerem que as taxas de desmatamento anuais dos municípios contidos na região de abrangência do bioma Amazônia aumentam na medida em que crescem: a taxa de cobertura florestal, a densidade rodoviária, a produção de carvão e a taxa da área concedida para exploração mineral no período. De outra forma, o desmatamento diminui quando aumentam: a precipitação média anual, a densidade dos corpos d'água, a distância à capital estadual, os custos de transporte à cidade de São Paulo, a distância à rodovia pavimentada mais próxima, a rentabilidade das pastagens, a concentração fundiária e a produção do extrativismo vegetal não-madeireiro.

### 5.2.2 O desmatamento em função de suas forças primárias

A especificação do modelo econométrico ajustado por Mínimos Quadrados Ordinários das taxas de desmatamento em função de suas forças político-econômicas primárias e relevantes para cinco séries de corte transversais e seqüenciais de 2003/2004 a 2007/2008 (Apêndices II a VI) é expressa pela equação (4).

$$TxD_{i,w}^{\frac{1}{2}} = \beta_{1,w} \cdot PEC_{i,w}^{\frac{1}{2}} + \beta_{2,w} \cdot AGR_{i,w}^{\frac{1}{2}} + \beta_{3,w} \cdot MAD_{i,w}^{\frac{1}{2}} + \beta_{4,w} \cdot ASR_{i,w}^{\frac{1}{2}} + \beta_{5,w} \cdot APS_{i,w}^{\frac{1}{2}} + \beta_{6,w} \cdot FSC_{i,w}^{\frac{1}{2}} + \mu_{i,w} \quad (4)$$

Onde, a raiz quadrada da taxa de desmatamento (TxD) no município *i* no período *w* é função das raízes quadradas das seguintes taxas de densidade geográfica: o número de cabeças de bovinos (PEC), a área plantada (AGR), o valor da produção de madeira em tora (MAD), o número de unidades ativas nos assentamentos rurais (ASR), a extensão das áreas

protegidas (APs) e o número de embargos realizados pela fiscalização ambiental (FSC), nos respectivos períodos. Os resíduos são representados por  $\mu_{i,w}$ . Esta especificação geométrica justifica-se, pois o desmatamento é um fenômeno que tende à nulidade em uma determinada extensão territorial. Os efeitos das pressões são mais efetivos à medida que a densidade florestal é maior, ou seja, o efeito é maior nos primeiros estágios do processo de ocupação/desmatamento, pelo grande conflito espacial. Quando estoque florestal é reduzido, crescem as áreas ociosas (*clean lands*) e, conseqüentemente, as taxas efetivas de desmatamento. Esta especificação, apesar de pouco utilizada em estudos estatísticos, que privilegia o uso de formas logarítmicas, tem uma vantagem significativa neste estudo, cujas variáveis não assumem valores negativos, mas apresentam muitos zeros, pois permite partir da análise de todos os casos do universo (população), já que não implica em perdas, o que não ocorre com o uso de logaritmos ou exponenciais.

Uma característica peculiar do modelo é a ausência de termo de intercepto. Não existe no modelo especificado a variável “outros”. Assim, uma forma alternativa para a mensuração dos efeitos das variáveis foi incluir todas as variáveis capazes de explicar a dependente e utilizar a regressão sem termo constante, ou seja, com o intercepto na origem (0,0). Neste caso, a soma das influências individuais sobre a dependente é interpretada como a totalidade do fenômeno (Pindyck & Rubinfeld, 2004), pois o somatório dos efeitos das forças motrizes primárias representa teoricamente 100% do seu comportamento. Ou seja, a esperança de desmatamento, quando todas estas variáveis forem zero, será também zero. Os outros aspectos político-econômicos associados ao desmatamento são considerados forças subjacentes, explicativas das forças primárias.

A Tabela X apresenta os resultados para os estimadores das regressões para os períodos estudados. A qualidade dos ajustes das equações de regressão mostra-se muito bom ( $0,617 \leq R^2 \leq 0,750$ ). Isto sugere que apesar de terem sido extraídas variáveis do modelo completo, inclusive aspectos importantes como a densidade florestal e a densidade rodoviária, estas não possuem relação primária relevante com o fenômeno, pois as remanescentes são capazes de explicar grande parte das variações das taxas anuais de desmatamento. Os maiores coeficientes de determinação são dos períodos de maiores desmatamentos. Todas as estimativas dos parâmetros do modelo são significativas ( $|t| \geq 3,695$ ), mesmo na presença de multicolinearidade moderada (Tolerance  $\geq 0,122$ ; VIF  $\leq 8,218$ ). Em geral, as maiores significâncias estatísticas são apresentadas pelos parâmetros da pecuária (cabeças de bovinos) e da agricultura (área plantada). Contudo, deve-se lembrar que significância estatística é diferente de significância prática.



Podem-se notar os estreitos intervalos de confiança dos estimadores, reforçando a boa capacidade de previsão individual dos mesmos. Isto reflete os bons resultados dos testes estatísticos relacionados aos pressupostos do Modelo Normal de Regressão Linear Clássico, incluindo a não possibilidade de rejeição das hipóteses de normalidade (Apêndices VII e VIII) e de homocedasticidade (Apêndice IX) para todos os períodos.

As elasticidades, principalmente da agricultura e da pecuária, variaram muito entre os períodos estudados. O maior valor da elasticidade do desmatamento em todos os períodos analisados foi a do rebanho bovino, que se apresentou próximo à unidade nos primeiros anos (0,989 e 1,054) e, a partir de então, começou a sofrer uma queda significativa, de 0,681 em 2005/2006 para 0,434 em 2007/2008. Ou seja, no último período, um aumento de 1% no rebanho bovino representou um aumento de 0,43% na taxa de desmatamento anual.

A agricultura (área plantada de lavouras) apresentou, em geral, a segunda maior elasticidade, com grandes variações. De 0,653 em 2003/2004 para 0,281 em 2005/2006. Apesar de um novo crescimento em 2006/2007, para 0,504, voltou a cair em 2007/2008 para 0,346. Ou seja, no último período, para um aumento de 1% na área de lavouras, espera-se um aumento de 0,35% nas taxas de desmatamento. Pode-se questionar, se esta queda ocorreu, entre outros fatores, devido à taxa de crescimento da atividade agropecuária, tanto na agricultura como na pecuária, serem decrescentes de 2004 a 2007. Inclusive, tornando-se negativas após 2005, o que promoveu a geração de grande quantidade de áreas disponíveis, ociosas e não florestadas, um aspecto-chave para a compreensão da evolução das taxas anuais de desmatamento na Amazônia.

A produção de madeira em tora e os assentamentos rurais apresentam elasticidades bem menores que os da agricultura e da pecuária em relação ao desmatamento. Apesar disso, pode-se verificar uma redução das diferenças entre essas elasticidades. A elasticidade da madeira é um pouco maior que a dos assentamentos nos primeiros períodos e um pouco menor nos períodos posteriores. Em 2003/2004 a elasticidade da madeira foi de 0,215 enquanto os assentamentos apresentaram elasticidade de 0,190. Já em 2007/2008 a elasticidade da madeira é 0,165 e a dos assentamentos é 0,242. As elasticidades neste último período sugerem que, mantendo-se os outros fatores explicativos fixos, um aumento de 1% no valor da produção de madeira em tora na Amazônia representa um aumento de 0,17% na taxa anual de desmatamento. Já, um aumento de 1% no número de unidades ativas (ocupadas por famílias) nos assentamentos rurais representou um acréscimo de 0,24% na área desmatada anualmente. É importante considerar que a produção de madeira em tora não é uma variável de estoque, mas de fluxo. Além disso, há maior possibilidade de ocorrência de erros de medição, pois, em grande parte, a extração de madeira na Amazônia é uma prática ilegal. Assim, deve-se atentar que pode haver alguma subestimação de sua participação efetiva no processo de desmatamento.

As forças contrárias relevantes ao desmatamento identificadas, ou seja, protetoras da sua cobertura florestal, são as áreas protegidas e a fiscalização ambiental. As áreas protegidas estão representadas neste trabalho pela densidade geográfica municipal das Unidades de Conservação (Federais e Estaduais) e das Terras Indígenas. Neste período, sua elasticidade pouco variou, com mínima de -0,224 em 2005/2006 e máxima em 2007/2008 de -0,392. Este crescimento no final do período, apesar de reduzidas taxas de desmatamento, sugere que ocorreu um aumento na eficiência dessa política na contenção do fenômeno. Pode-se afirmar que, em 2007/2008, um aumento de 1% nas áreas protegidas na Amazônia representa uma redução de 0,39% nas taxas anuais de desmatamento. De maneira diferente, a elasticidade da fiscalização mostra-se extremamente baixa, principalmente nos primeiros dois períodos em estudo ( $-0,6.10^{-4}$  e  $-0,4.10^{-4}$ ). Entretanto, esta cresceu sucessivamente de 0,002 em 2005/2006 para 0,025 em 2006/2007. O que sugere um aumento de sua eficiência, assim como ocorreu com as áreas protegidas.

Deve atentar-se, contudo, que os estimadores lineares são influenciados por diversos fatores, como a correlação com os outros aspectos explicativos e com a dimensão dos dados (Draper & Smith, 1981). As elasticidades representam a esperança de comportamento da dependente em relação ao comportamento de um determinado fator, se os outros fatores se mantiverem fixos, que é um pressuposto bastante improvável. Além disso, seus efeitos sobre o fenômeno estão relacionados à suas taxas de crescimento, não representando, portanto, as contribuições relativas em si, como sugerem os coeficientes padronizados (Beta).

O coeficiente padronizado representa o efeito de uma variação da variável explicativa sobre a variável dependente em números de desvios-padrão, se as outras variáveis mantiverem-se inalteradas. Em geral, há grande divergência entre os valores dos coeficientes não-padronizados ( $\beta$ ) e dos padronizados ( $\beta^*$ ) das respectivas variáveis durante o período de estudo. Apesar da pecuária e da agricultura terem apresentado também os maiores coeficientes beta, diferente das respectivas elasticidades, o maior coeficiente padronizado é, na maioria dos períodos, o da agricultura (área de lavouras) e não da pecuária. Isto sugere que o peso da atividade agrícola para o desmatamento foi maior que o da pecuária bovina nestes períodos. Deve-se observar que, apesar de maior elasticidade, a pecuária apresentou taxas de crescimento bem menores que a atividade agrícola, o que reforça esta hipótese.

O coeficiente padronizado da agricultura é significativamente decrescente até 2005/2006 (0,595, 0,561 e 0,272), quando tem uma pequena alta para 0,282 em 2006/2007 e volta a cair ao nível mais baixo dos períodos estudados, 0,238. Esses valores refletem suas taxas de crescimento. E mostram que um aumento de um desvio-padrão na área plantada representava em 2003/2004 um aumento de 0,59 desvios-padrão no



colaboração relativa dos assentamentos rurais para o desmatamento regional nos períodos posteriores.

As Áreas Protegidas possuem um papel histórico na defesa de fragmentos e partes de porções florestais contíguas na Amazônia. Apesar disso, sabe-se que, ao mesmo tempo, a gestão dessas áreas, sejam Terras Indígenas ou Unidades de Conservação, careceram de eficiência em sua gestão e/ou na de seu entorno (Gazoni & Mota, 2010c). Apesar disso, as estimativas de seus coeficientes padronizados evidenciam que estas ganharam importância na proteção florestal, especificamente, contra o desmatamento, como mostra a evolução dos valores de seus coeficientes, de -0,272 em 2005/2006 para -0,396 em 2006/2007 e -0,303 em 2007/2008. Pode-se sugerir que um aumento de um desvio-padrão na áreas sob proteção de unidades de conservação ou terras indígenas representou em 2007/2008 um incremento de 0,30 desvios-padrão nas taxas de desmatamento. Um aspecto fundamental para a compreensão da colaboração das áreas protegidas para a redução das taxas de desmatamento anuais na Amazônia é que seu efeito é proporcional à pressão exercida pelas forças promotoras do desmatamento a quem estão correlacionadas. Ou seja, sua importância tende a ser maior à medida que aumentam os desmatamentos, assim como ocorre com a fiscalização ambiental.

A fiscalização ambiental merece atenção, pois seus coeficientes não-padronizados e suas elasticidades muito divergem dos coeficientes padronizados. Além disso, assim como a madeira, esta é uma variável de fluxo e não de estoque, podendo haver subestimação de seus parâmetros. Nos dois primeiros períodos estudados, apesar de suas elasticidades apresentarem-se extremamente baixas, sua importância para a redução das taxas de desmatamento, seus coeficientes padronizados (-0,137 e -0,125) sugerem que esta foi uma força primária relevante para defesa florestal nesses períodos de altas taxas de desmatamento. A partir de então, se pode sugerir que houve um grande crescimento de sua participação. Acompanhando o crescimento no número de embargos realizados pelo IBAMA no bioma Amazônia no período. Em 2007/2008 seu coeficiente (-0,458) sugere que sua importância tenha sido ainda maior que a das áreas protegidas para a proteção da cobertura florestal. Ou seja, em 2003/2004 um aumento de um desvio-padrão no número de áreas embargadas na Amazônia representava uma redução de apenas 0,14 desvios-padrão nas taxas anuais de desmatamento, enquanto em 2007/2008 isto representou uma diminuição de 0,46 desvios-padrão nas respectivas taxas.

Em síntese, os resultados da regressão sugerem que: 1) Apesar da maior elasticidade em relação ao desmatamento ser da pecuária bovina (cabeças), foi a atividade agrícola (área de lavouras) quem mais colaborou para o desmatamento na maioria dos períodos estudados; 2) embora tenham apresentado menores participações no processo de desmatamento regional, a produção de madeira (valor da produção) e os assentamentos

rurais (famílias assentadas) tornaram-se relativamente mais importantes com o passar do tempo. Por um lado, devido à redução significativa do peso da agropecuária, por outro, pelo aumento de suas taxas de crescimento no período; 3) as áreas protegidas, ao longo desses anos, foram fundamentais para a contenção das pressões por desmatamento na região. Além disso, sua eficiência aumentou significativamente nos últimos anos; e 4) a fiscalização ambiental apresentou significância estatística em todos os períodos estudados, entretanto, sua atuação passou a ser decisiva para as taxas anuais de desmatamento a partir de 2005/2006, quando inicia-se um processo de efetivo aumento na atuação da fiscalização ambiental na Amazônia.

Apesar das evidências acerca da contribuição desses aspectos para o desmatamento, em especial seus coeficientes padronizados, a presença da multicolinearidade entre estes pode promover alterações nos mesmos, de maneira que, quanto maior a colinearidade com outros aspectos explicativos, maior será o efeito supressor sobre seus coeficientes. E este efeito pode, em alguns casos, ser determinante (Gujarati, 2006). Neste sentido, apesar de serem comumente utilizados para este fim, os coeficientes padronizados não representam de forma adequada a contribuição relativa. Mensurações realizadas sem que este fenômeno seja incorporado é, portanto, passível de muitos erros de interpretação. Desta forma, Responder qual é a contribuição relativa desses fatores para o desmatamento regional é uma questão que não pode ser respondida exclusivamente pela análise de regressão. Para isto, a alternativa mais adequada segundo Thomas, Zhu e Decady (2007) é a decomposição das suas covariâncias por meio da Medida de Pratt (1987).

### 5.3 A CONTRIBUIÇÃO DAS FORÇAS POLÍTICO-ECONÔMICAS PRIMÁRIAS PARA O DESMATAMENTO REGIONAL

Esta seção apresenta e discute os resultados da decomposição das covariâncias dos vetores explicativos dos fatores primários do desmatamento regional. Inicialmente, esses são discutidos de maneira geral para o bioma num todo. Em seguida, para suas macrorregiões e realiza-se uma reflexão acerca das contribuições individualizadas de cada uma das forças explicativas para o fenômeno. Nesta etapa de análise, são incluídas projeções individualizadas para cada município em cada período de estudo. Com isto, uma melhor visualização das dinâmicas espaciais dos efeitos dessas forças pode ser utilizada, revelando tendências no processo de desmatamento regional. Ao final, são apresentadas sugestões para uma maior eficácia nas políticas de combate ao desmatamento e para um desenvolvimento mais adequado na Amazônia.

### 5.3.1 A evolução do desmatamento e da importância relativa de suas forças primárias

A estimação das Medidas de Importância Relativa ( $\hat{\delta}$ ) seguiu os procedimentos recomendados e seus resultados revelaram diversos aspectos importantes para um maior entendimento do processo recente de desmatamento. A importância relativa é representada pela soma da contribuição direta e das contribuições indiretas (por meio de outros aspectos explicativos) da força primária. Ou seja, não representa a diferença dos efeitos primários, e sim, a diferença na contribuição das forças primárias. Por exemplo, sugere-se que a pecuária ao ocupar áreas previamente ocupadas por lavouras, colabora para o aumento da demanda por novas áreas para a agricultura itinerante, o que tende a aumentar as taxas de desmatamento. Neste contexto, a agricultura tem grande ação direta, a pecuária possui grande ação indireta, e ambos colaboram para o desmatamento. Assim, pode-se entender a Medida de Pratt como um coeficiente padronizado “corrigido”, pois as correlações entre as forças de primeiro nível são consideradas nas estimativas.

Deve-se ter cautela, todavia, na análise desses resultados, pois há limitações para a interpretação imediata. As Medidas de Pratt são estimadas pelo produto de seu coeficiente padronizado com a sua correlação com a variável dependente, deste modo, não representa diretamente uma Medida de Contribuição Relativa ao fenômeno ( $\hat{\delta}^*$ ). Além disso, a análise intertemporal direta é dificultada pelo fato de os estimadores serem proporcionais ao vetor dependente, ou seja, à quantidade de desmatamento, e de estarem distribuídos entre forças na mesma direção, mas de distintos sentidos. Entretanto, algumas observações são úteis, como a evolução de suas correlações múltiplas e a distribuição de seus estimadores.

A tabela XV apresenta as estimativas das Medidas de Pratt ( $\hat{\delta}$ ) e das suas componentes, o coeficiente padronizado ( $\beta^*$ ) e o coeficiente de correlação com o vetor independente ( $\rho$ ) para cada período do estudo na seguinte forma:  $\hat{\delta}_j = \beta_j^* \rho_j$ . Nota-se que, em geral, os resultados sugerem que as maiores importâncias para o desmatamento foram da pecuária, da agricultura e das áreas protegidas, o que evidencia a grande influência dessas forças sobre as taxas anuais de desmatamento durante todo o período de estudo. Ainda verifica-se um crescimento acentuado da importância da fiscalização, principalmente nos dois últimos períodos, superando inclusive, em influência, as Áreas Protegidas, que também aumentaram nesses períodos.

De maneira menos evidente, a extração de madeira em tora e os assentamentos rurais possuem importância menor, mas ainda significativas. Entretanto, pode-se sugerir que em relação às forças mais relevantes, sua influência no desmatamento aumentou, pois à importância daquelas, apesar de superiores, diminuiu nos últimos três períodos. A evolução das correlações desses aspectos evidencia alterações significativas na dinâmica das



O crescimento da importância da fiscalização ambiental para o desmatamento é peremptório, como destaca a evolução de suas Medidas de Pratt, de somente 0,019 em 2003/2004 para 0,299 em 2007/2008. Suas correlações múltiplas com as demais forças primárias evoluíram de -0,219 para -0,641 no mesmo período. O comportamento das correlações simples com a fiscalização sugere as forças as quais ela se opôs, principalmente, a agricultura e a pecuária. Com baixos níveis de fiscalização ambiental em 2003/2004 e 2004/2005, reduzidas foram as suas influências sobre as outras variáveis, sendo a maior, com a agricultura (-0,409; -0,404), seguida pela pecuária (-0,322; -0,333). A partir de então, a influência da fiscalização passou a ser mais evidente, assim como a sua atuação sobre a agricultura, -0,726; -0,734 e -0,693 respectivamente em 2005/2006, 2006/2007 e 2007/2008.

A importância da extração de madeira para o desmatamento apresentou-se relativamente constante, com exceção em 2005/2006, quando foi reduzido. As correlações simples com os outros aspectos explicativos sugerem que esta está mais intensamente relacionada à pecuária bovina, em especial nos últimos períodos, quando sua relação com a agricultura muito decresceu. Nestes últimos períodos, os resultados sugerem que a fiscalização é mais eficiente que as áreas protegidas na oposição ao desmatamento promovido pela extração de madeira. Isto se deve ao fato de a madeira não ser uma atividade que busca, como a pecuária e a agricultura, a posse do território. Por isso, não é tão relevante se os recursos encontram-se no interior, ou não, de uma área protegida.

Os assentamentos rurais apresentam as menores importâncias relativas, como sugere suas medidas. Todavia, pode-se perceber que essas medidas aumentam em relação às demais ao longo do tempo, indicando que esta força motriz das transformações do uso e da cobertura do solo passou a ser, apesar de ainda relativamente menor, cada vez mais significativa para o desmatamento regional. Suas principais correlações com as outras forças de primeiro nível são, nos três primeiros períodos, deram-se com a agricultura (0,597; 0,606; 0,608) e, nos últimos dois períodos, com a pecuária (0,550; 0,554).

Em resumo, as maiores importâncias para o desmatamento regional foram da agricultura, da pecuária e das áreas protegidas. Além disso, a fiscalização ambiental passou a ser nos dois últimos períodos, decisiva. Com importâncias menores, mas consistentes e estáveis, a extração de madeira e os assentamentos rurais completam as taxas anuais de desmatamento na Amazônia. Entretanto, para se representar efetivamente uma Medida de Contribuição Relativa ( $\delta^*$ ), neste estudo, a Medida de Pratt da variável deve ser dividida pelo somatório das medidas das outras influências. Além disso, deve-se considerar que duas variáveis possuem sentidos contrários às demais, apesar de mesma direção, por isso,  $|\beta_k^* \rho_k|$  deve representar, neste estudo, apenas as variáveis explicativas no mesmo sentido

do vetor desmatamento, pois assim, o somatório dessas forças representará o desmatamento promovido, enquanto as demais, o desmatamento evitado. Isto possibilita uma maior clareza na apresentação dos resultados, como mostra a equação (5).

$$\hat{\delta}_{x_j,y}^* = 100 \times \frac{|\beta_j^* \rho_j|}{\sum |\beta_k^* \rho_k|} \quad \text{onde, } k = 1 \dots p. \quad (5)$$

Os resultados permitem estimar que, dos 84,509 mil km<sup>2</sup> de florestas suprimidas no bioma Amazônia de agosto de 2003 a julho de 2008, a maior porção, 34.345 km<sup>2</sup> (40,7%) pode ser atribuída à atividade agrícola, seguida pela atividade pecuária bovina, com 32.901 km<sup>2</sup> (38,9%) de área desmatada. A extração de madeira em tora foi relacionada à perda de 9.394 km<sup>2</sup> (11,2%) de florestas nesses cinco anos. Com contribuição menor, mas longe de irrelevante, aos assentamentos rurais foram atribuídos 7.811 km<sup>2</sup> (9,2%) de área desmatada. Esses resultados não mais surpreendem, e confirmam os estudos de autores que se propuseram a comparar com maior profundidade as contribuições relativas para o desmatamento na Amazônia.

Para avaliar suas contribuições no período de 1975 a 1985, Reis e Margulis (1991) utilizaram uma segunda equação a partir do modelo de regressão múltipla, no qual a contribuição relativa foi considerada como o produto da elasticidade do aspecto explicativo com sua taxa de crescimento no período. Os autores surpreenderam-se ao identificar que a contribuição da agricultura foi a maior de todas, cerca de duas vezes a contribuição da pecuária bovina naquele período. Em um estudo mais recente, Ribeiro *et al.* (2009) utilizaram os coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) de regressões simples associados ao p-valor individual para avaliar a diferença na importância da pecuária e das culturas agrícolas. Apesar de os autores terem identificado a pecuária bovina como o fator mais importante para o desmatamento entre 2000 e 2006, esta comparação foi realizada com cada cultura agrícola. Entretanto, pode-se notar que, apesar de a pecuária ter apresentado maior importância relativa que a soja, o somatório das contribuições de cada uma das culturas agrícolas é maior que o da pecuária, o que sugere a maior importância relativa da atividade agrícola sobre a pecuária no período. Ou seja, os dois trabalhos mais consistentes localizados que se propuseram a comparar a contribuição de cada fator explicativo para o desmatamento evidenciaram, como este, a atividade agrícola como a mais importante para o desmatamento na Amazônia.

Por outro lado, políticas públicas têm atuado diretamente na proteção dos espaços florestais na Amazônia. Estima-se que foram salvas do desmatamento pelas áreas protegidas e pela fiscalização ambiental nesses cinco anos, 42.881 km<sup>2</sup> (-50,8%) de áreas

florestais. Os resultados sugerem que as áreas protegidas, representadas neste trabalho pelas Unidades de Conservação e pelas Terras Indígenas, foram responsáveis por evitar o desmatamento de 26.937 km<sup>2</sup> (-31,9%) nesse período. Esses resultados corroboram os resultados dos trabalhos de Batistella & Moran (2005), Ferreira, Venticinqu e Almeida (2005), Nepstad *et al.* (2006) e Adeney, Christensen e Pimm (2009).

Parte de outra política pública relevante, a fiscalização ambiental (áreas embargadas) salvou, segundo as estimativas, 15.943 km<sup>2</sup> (-18,9%) de florestas de 2003/2004 a 2007/2008. Não foram localizados estudos aprofundados sobre os efeitos da fiscalização ambiental nas taxas de desmatamento da Amazônia, entretanto, Gazoni & Mota (2010a) sugerimos que esta poderia ter se tornado uma ação relevante em 2007/2008, já que foi identificada forte correlação positiva significativa naquele período entre a distância da sede do município ao Escritório Regional do IBAMA mais próximo com as taxas de desmatamento anual. Mas, diferente da reação das áreas protegidas, a variação dos efeitos da fiscalização não se apresentam constantes ao longo dos anos.

Para discutir o comportamento da evolução das contribuições das diferentes forças motrizes primárias no período de 2003 a 2008, é importante compreender o contexto histórico no qual este se insere. Em 2000, após a grande desvalorização do Real em 1999, o Governo Federal reagiu ampliando o apoio às exportações dos principais produtos brasileiros de comércio internacional, por meio de diversas medidas, incluindo o aumento da disponibilidade de crédito para o custeio, investimentos e comercialização do agronegócio (Bacha, 2006). Esses e outros fatores criaram as condições suficientes para que o agronegócio se tornasse um dos principais responsáveis pelos superávits comerciais no início da década de 2000. Neste período ocorreram grandes pressões pelo asfaltamento de trechos da BR-163 (Cuiabá-Santarém) para o escoamento da soja produzida no Centro-Oeste. Além disso, foram realizados grandes investimentos privados, como o Complexo Graneleiro da Cargil em Santarém (PA), com capacidade de armazenamento de cerca de um milhão de toneladas. Finalmente, em agosto de 2003, o Governo Federal inseriu no PPA (2004-2007) diversas obras de infra-estrutura para a Amazônia, incluindo a pavimentação da BR-163 e da BR-319.

Com as grandes taxas de desmatamento ocorridas no início da década de 2000, especialmente em 2003, e um contexto internacional favorável, muitas críticas foram feitas à postura adotada pelo Governo Federal. Neste contexto, o governo criou um Grupo de Trabalho Interministerial para elaborar um plano de combate ao desmatamento na Amazônia. Neste mesmo ano foram implantados pelo INPE os sistemas PRODES Digital e DETER que possibilitaram a partir de então, uma maior eficiência na identificação e mensuração dos desmatamentos, além de auxiliar, por meio do DETER, um sistema de detecção do desmatamento em tempo real, as operações de fiscalização ambiental.





























Velho (RO) à Manaus (AM); e 4) de Boa Vista (RR) em direção à Manaus (AM) pela BR-174. Pode-se sugerir que nessas frentes atuaram em conjunto os assentamentos rurais e as atividades agropecuárias que, aliadas às melhorias nas infra-estruturas rodoviárias e de comunicação, aumentaram suas pressões sobre as áreas florestadas, apesar do fortalecimento da fiscalização sobre a agricultura, inclusive nessas frentes a partir de 2006. Sobre esses aspectos, se questiona se haveria nessas áreas mais internas à floresta densa, úmidas e de penoso desmate uma maior dificuldade para os aumentos nas produções agrícolas sem a fatura de mão-de-obra disponibilizada pelos assentamentos presentes nessas áreas.

Na retomada efetiva do crescimento da agropecuária em 2007/2008, pode-se verificar que este ocorreu principalmente nos dois núcleos de contribuição da agropecuária. O expressivo crescimento das contribuições da agricultura para o desmatamento na área de lavouras mecanizadas do centro-leste da Amazônia Meridional, na porção nordeste do estado do Mato Grosso. Isto mostra a capacidade de reação desses empreendimentos ao contexto do mercado. Além disso, a carência de áreas protegidas e a baixa reação da fiscalização ambiental neste território podem ter colaborado para estas altas taxas de contribuição. Já no leste do Pará, a retomada das altas taxas de contribuição ao desmatamento deu-se de forma menos expressiva que aquela. Deve-se atentar que ali predomina uma agricultura mais heterogênea, mesclando áreas de agricultura familiar, em muitos casos, de subsistência, com áreas de agricultura nitidamente empresarial, mas com foco principal nos mercados regionais, o que implica em menor intensidade de reação aos preços das *commodities*. Além disso, deve-se notar que nesta porção do território, apesar de contar com pouca incidência de áreas protegidas, houve uma forte reação da fiscalização ambiental neste período, o que pode muito ter colaborado para a redução dos efeitos das pressões exercidas pela atividade agrícola.

Em síntese, os dois principais núcleos de desmatamentos promovidos pela agricultura no bioma Amazônia localizam-se no centro-leste da Amazônia Meridional e no leste do estado do Pará, contendo porções da Amazônia Oriental e da Amazônia Central. Esses núcleos reagiram de forma diferente ao aumento dos preços das *commodities*, com maiores retomadas na Amazônia Meridional, onde a agricultura está mais vinculada à exportação de grãos. De maneira preocupante, a agricultura tem contribuído em diversas frentes de expansão para o desmatamento regional, em especial ao longo das BR-230, BR-163, BR-174 e BR-319, todas em sentido ao centro do bioma.































propriedades, o que poderia ser atenuado com uma política que desse suporte à correção dos solos para viabilização da produção agrícola de baixo impacto e menos itinerante. Além disso, apesar de se reconhecer que a atividade pecuária na Amazônia está intimamente relacionada ao conhecimento historicamente construído pela população rural regional, o que significa maior resistência a mudanças, pode-se recomendar que sejam realizados esforços no sentido de incentivar a produção pecuária intensiva na região em substituição ao incompatível modelo tradicional.

O processo de certificação da madeira na Amazônia parece um caminho bastante adequado, entretanto, com o contínuo crescimento desta atividade na região, pode-se sugerir que se desenvolvam estratégias voltadas à re-locução de parte desta cadeia produtiva sobre recursos oriundos de reflorestamento, já que esta é responsável pela geração de empregos na região. Com isso, poder-se-á comercializá-la com valor agregado por proteger a floresta. Além disso, é necessária uma atenção especial às pequenas frentes que se encontram no extremo norte do Pará e do Amapá. Outro aspecto pertinente é que as principais rotas da madeira ilegal na Amazônia (Imazon, 2009) são, aparentemente, de fácil fiscalização, pois não existem muitas alternativas. Neste sentido, pode-se sugerir que uma atuação mais eficaz da fiscalização nessas rodovias pode surtir bons efeitos no combate à prática criminosa.

A Política Nacional de Colonização e Reforma Agrária tem contribuição significativa para o desmatamento regional. Pelos aspectos aqui mencionados, pode-se sugerir que se realize uma revisão da mesma, no sentido de minimizar seus danos socioambientais e de ampliar sua eficiência na promoção da qualidade de vida dos assentados. A localização dos assentamentos evidencia que se tem insistido no assentamento ao longo de rodovias que concentram importantes frentes de expansão<sup>10</sup>, por isso, devem ser revistas as localizações de novas concessões. Com a baixa produtividade, esses espaços têm sido alvo fácil de especulação. Neste sentido, a conclusão do recadastramento dos imóveis rurais na região é fundamental. Além disso, é fundamental priorizar esses espaços como alvos de políticas de desenvolvimento tecnológico para uma maior eficiência em seus propósitos.

Outro aspecto que deve ser considerado é a carência de áreas protegidas na Amazônia Oriental e no leste da Amazônia Meridional, justamente junto aos dois principais núcleos de desmatamento regionais. Há ainda, uma grande parte das florestas que persistem nestas regiões com significâncias ecosistêmicas extremamente altas (Gazoni e Mota, 2010b), exigindo uma ação urgente. Assim, pode-se sugerir que seja ampliada a proteção desses espaços florestados nessas regiões, sob risco de perdê-los em breve.

---

<sup>10</sup> Cerca de 33% da Amazônia são terras devolutas que pertencem aos Estados ou à União. No Pará, mais da metade do território é formada por terras públicas. A falta de controle sobre essas regiões induz o avanço do desmatamento ilegal e os conflitos no campo.

A fiscalização ambiental tem um grande desafio frente à tendência de aumento de pressão sobre os espaços naturais na Amazônia. Apesar de ter-se verificado sua grande contribuição para a contenção do desmatamento regional, principalmente nos últimos períodos analisados, é óbvio o grande custo econômico e político dessas ações, tornando-as vulneráveis às decisões governamentais pontuais, e, muitas vezes, assistemáticas. Neste sentido, pode-se recomendar que haja um investimento na melhoria da eficiência do sistema de monitoramento associado às ações de fiscalização, reduzindo seus custos e ampliando sua capacidade de combate ao dano florestal.

Apesar de muito ter se comemorado a queda nas taxas anuais de desmatamento na Amazônia, verificou-se aqui que esta se deu, não somente pela atuação das políticas de combate às mesmas, mas, principalmente, pelo contexto histórico vinculado aos preços das commodities no mercado internacional. Por esses e outros aspectos, pode-se afirmar que o desmatamento na Amazônia continua sendo um desafio constante.

## REFERÊNCIAS

- ABRAM, N. J. *et al.* Coral reef death during the 1997 Indian Ocean dipole linked to Indonesian wildfires. **Science**, Vol. 301, p. 952-955, 2003.
- AB'SÁBER, A. Problemas da Amazônia brasileira: entrevista a Dario Luis Borelli *et al.* **Estudos Avançados**, Vol. 19, n° 53, p. 7-35, 2005.
- ADENEY, J. M.; CHRISTENSEN, N. L.; PIMM, S. L. Reserves protect against deforestation fires in the Amazon. **PLOS-One**, Vol. 4, n° 4, p. 5014-5026, 2009.
- AGRAWAL, A.; YADAMA, G. N. How do local institutions mediate market and population pressures on resources? Forest Panchayats in Kumaon, India. **Device Change**, Vol. 28, p. 435-465, 1997.
- ALBAGLI, S. Amazônia: fronteira geopolítica da biodiversidade. **Parcerias Estratégicas**, Vol. 12, n°6, p. 6, 2001.
- ALENCAR, A. *et al.* **Desmatamento na Amazônia**: indo além da emergência crônica. Belém: Imazon, 2004.
- ALMEIDA, A. L. O.; SANTOS, C. F. V. **A colonização particular na Amazônia nos anos 80**. Texto para Discussão n° 208. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 1990.
- ALMEIDA, A. S. *et al.* Nonfrontier deforestation in the Eastern Amazon. **Earth Interactions**, Vol. 14, n° 1, p. 1-16, 2010.
- ALMEIDA, C. D. *et al.* The effects of deforestation on the hydrological cycle in Amazonia: a review on scale and resolution. **International Journal of Climatology**, Vol. 27, p. 633-647, 2007.
- ALMEIDA, F. C. *et al.* Modeling forest conversion to pasture at the Arch of deforestation in the Brazilian Amazon through linear regression technique. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** Florianópolis, 21 a 26 de abril 2007, p. 6557-6564.
- ALSTON, L. J.; LIBECAP, G. D.; MUELLER, B. Land reform policies, the sources of violent conflict, and implications for deforestation in the Brazilian Amazon. **Journal of Environmental Economics and Management**, Vol. 39, p. 162-188, 2000.
- ALVES, M. S. *et al.*. Análises do desmatamento nas Unidades de Conservação da categoria de Proteção Integral da Amazônia Legal. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, p. 6581-6583.
- ANDERIES, J. M.; JANSSEN, M. A.; WALKER, B. H. Grazing management, resilience, and the dynamics of a fire-driven rangeland system. **Ecosystems**, Vol. 5, p. 23-44, 2002.
- ANDERSEN, L. E. *et al.* **The dynamics of deforestation and economic growth in the Brazilian Amazon**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- ANDERSEN, L. E.; REIS, E. J. **Deforestation, development, and government policy in the Brazilian Amazon**: an econometric analysis. Texto para Discussão n° 513. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 1997.



\_\_\_\_\_. Uma fronteira para inovar na mineração. In: CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). **Um projeto para a Amazônia no século XXI: desafios e contribuições**. Brasília: CGEE, 2009, p. 129-137.

\_\_\_\_\_. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários? **Parcerias Estratégicas**, nº 12, p. 137-159, 2001.

BECKER, D. F. Sustentabilidade: um novo (velho) paradigma de desenvolvimento regional. **Redes**, Vol. 1, nº 2, p. 17-73, 1996.

BECKERMAN, W. Sustainable development: is it a useful concept? **Environmental Values**, Vol. 3, p. 191-209, 1994.

BEDIN, S. B.; CARVALHO, D. F. Infra-estrutura energética e desenvolvimento setorial na Amazônia Legal Brasileira. **T & C Amazônia**, Vol. 3, nº 6, p. 48-54, 2005.

BENCHIMOL, S. **Amazônia**: formação social e cultural. Manaus: Valer, 1999.

BERENDSE, F. Competition between plant populations at low and high nutrient supplies. **Oikos**, Vol. 71, p. 253-260, 1994.

BERGH, J. C.; VERBRUGGEN, H. Spatial sustainability, trade and indicators: an evaluation of the Ecological Footprint. **Ecological Economics**, Vol. 29, p. 161-72, 1999.

BERK, R. A. A primer on robust regression. In: FOX, J.; LONG, J. S. (Ed.). **Modern methods of data analysis**. Newbury Park, CA: Sage Publications, 1990, p. 292-324.

BERRYMAN, A. A. The conceptual foundations of ecological dynamics. **Bulletin of the Ecological Society of America**, Vol. 70, nº 4, p. 230-236, 1989.

\_\_\_\_\_; MILLSTEIN, J. A. Are ecological systems chaotic? And if not, why not? **Trends in Ecology and Evolution**, Vol. 4, p. 26-28, 1989.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas**. 2 ed. Petrópolis: Vozes, 1975.

BOLDER, J. D.; GODFREY, B. J. **Rainforest cities**: urbanization, development, and globalization of the Brazilian Amazon. New York: Columbia University Press, 1997. 429p.

BÖRNER, J.; MENDOZA, A.; VOSTI, S. A. Ecosystem services, agriculture, and rural poverty in the Eastern Brazilian Amazon: interrelationships and policy prescriptions. **Ecological Economics**, Vol. 64, p. 356-373, 2007.

BOSCOLO, M.; VINCENT, J. R. Area fees and logging in tropical timber concessions. **Environment and Development Economics**, Vol. 12, p. 505-520, 2007.

BOSSEL, H. Deriving indicators of sustainable development. **Environmental Modelling and Assessment**, Vol. 1, p. 193-218, 1996.

BOULDING, K. E. The economics of coming spaceship Earth. In: DALY, H. E. (ed.). **Toward a Steady-State Economy**. San Francisco: Freeman & Co., 1973, p. 121-132.

BRANDÃO, A.; SOUZA JR., C. Mapping unofficial roads with Landsat images: a new tool to improve the monitoring of the Brazilian Amazon rainforest. **International Journal of Remote Sensing**, Vol. 27, nº 1, p. 177-189, 2006.

BRANDT, J.; PRIMDAHL, J.; REENBERG, A. Rural land-use and dynamic forces - analysis of driving forces in space and time. In: KRÖNERT, R. *et al.* (ed.). **Land-use changes and their environmental impact in rural areas in Europe**. Paris, UNESCO, 1999, p. 81-102.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Biodiversidade da Amazônia Legal**, 2004a. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso em 12/07/2009. Malha digital.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Águas; Ministério do Meio Ambiente. **Divisão Hidrográfica Nacional - Ottobacias do Brasil**. Brasília: ANA/MMA, 2003. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso em 12/07/2009. Malha digital.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. **Florestas do Brasil em resumo**. Dados de 2005 – 2009. Brasília: MMA/SBF, 2009.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Informe nacional sobre áreas protegidas no Brasil**. Brasília: MMA/SBF, 2007b. 124p. Série Áreas Protegidas do Brasil.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. O Brasil e a conservação da Floresta Amazônica. **INFORMMA - Informativo do Ministério do Meio Ambiente**. Edição Especial. Brasília: MMA, setembro de 2006a. 8p.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia Legal**. Operação Arco Verde. Brasília: MMA, 2009a, 50 p.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Precipitação anual média do Brasil (1960-1990)**. Brasília, MMA, 2005. Disponível em: [http://mapas.mma.gov.br/i3geo/ datadownload.htm](http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm). Acesso em 12/07/2009. (malha digital).

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Revisão Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade (prioridade de ação)**. Brasília: MMA/SBF, 2007d. Disponível em: [http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload\\_1.htm](http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm). Acesso em 10/12/2009. (Mapa digital).

\_\_\_\_\_. Ministério da Integração Nacional. **Subsídios para a definição da Política Nacional de Ordenação do Território – PNOT**. Versão preliminar. Brasília: MI/IIICA/UnB, 2006b, 249p.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. **Brasil em Ação: investimentos para o desenvolvimento**. Brasília: Presidência da República, 1996.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Grupo Permanente de Trabalho Interministerial para a Redução dos Índices de Desmatamento da Amazônia Legal. **Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal**. Brasília: Casa Civil/PR, 2004b.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. **Plano Amazônia Sustentável: diretrizes para o desenvolvimento sustentável da Amazônia Brasileira**. Brasília: MMA, 2007e. 112p.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Programa de Aceleração do Crescimento 2007-2010**. Brasília: Casa Civil/PR, 2007a. 82 slides. Disponível em <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 28/06/2009.

BRAY, D. B. *et al.* The institutional drivers of sustainable landscapes: a case study of the Mayan Zone in Quintana Roo, Mexico. **Land Use Policy**, Vol. 21, p. 333-346, 2004.

- BRIASSOULIS, H. Land-use policy and planning, theorizing, and modeling: lost in translation, found in complexity? **Environment and Planning B: Planning and Design**, Vol. 35, p. 16-33, 2008.
- BRING, J. A geometric approach to compare variables in a regression model. **The American Statistician**, Vol. 50, p. 57-62, 1996.
- BROADBENT, E. N. *et al.* Forest fragmentation and edge effects from deforestation and selective logging in the Brazilian Amazon. **Biological Conservation**, Vol. 141, p. 1745-1757, 2008.
- BROWN, J. C. *et al.* Soybean production and conversion of tropical forest in the Brazilian Amazon: the case of Vilhena, Rondônia. **Ambio**, Vol. 34, n° 6, p. 462-469, 2005.
- BROWN, J. H. *et al.* Complex species interactions and the dynamics of ecological systems: long-term experiments. **Science**, Vol. 293, p. 643-650, 2001.
- BÜRGI, M.; HERSPERGER, A. M.; SCHNEEBERGER, N. Driving forces of landscape change – current and new directions. **Landscape Ecology**, v. 19, p. 857-868, 2004.
- BUSH, G. L. Sympatric speciation in animals: new wine in old bottles. **Trends in Ecology and Evolution**, Vol. 9, p. 285-288, 1994.
- CALDAS, M. *et al.* Theorizing land cover and land use change: the peasant economy of Amazonian deforestation. **Annals of the Association of American Geographers**, Vol. 97, n° 1, p. 86-110, 2007.
- CÂMARA, G.; VALERIANO, D. M.; SOARES, J. V. **Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2006.
- CARNEIRO M. S. A construção social do mercado de madeiras certificadas na Amazônia brasileira: a atuação das ONG's ambientalistas e das empresas pioneiras. **Sociedade e Estado**, Vol. 22, n°. 3, p. 681-713. 2007.
- CARPENTER, S. R. *et al.* From metaphor to measurement: resilience of what to what? **Ecosystems**, Vol. 4, p. 765-781, 2001.
- CATTANEO, A. Inter-regional innovation in Brazilian agriculture and deforestation in the Amazon: income and environment in the balance. **Environment and Development Economics**, Cambridge, Vol. 10, p. 485-511, 2005.
- CERQUEIRA, R. *et al.* Fragmentação: alguns conceitos. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. (org.). **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: MMA, 2003, p. 23-40.
- CHAO, Y. E. *et al.* Dermal exposure to jet fuel JP-8 significantly contributes to the production of urinary naphthols in fuel-cell maintenance workers. **Environmental Health Perspectives**. Vol. 114, n° 2, p. 182-185, 2006.
- CHAPIN, F. S.; TORN, M. S.; TATENO, M. Principles of ecosystem sustainability. **The American Naturalist**, Vol. 148, n° 6, p. 1016-1037, 1996.
- CHOMITZ, K. M.; THOMAS, T. S. Determinants of land use in Amazonia: a fine-scale spatial analysis. **American Journal of Agricultural Economics**, Vol. 85, n° 4, p. 1016-1028, 2003.

COCHRANE, M. A. Synergistic interactions between habitat fragmentation and fire in evergreen tropical forests. **Conservation Biology**, Vol. 15, n° 6, p. 1515-1521, 2001.

\_\_\_\_\_. *et al.* Positive feedbacks in the fire dynamic of closed canopy tropical forests. **Science**, Vol. 284, p. 1832-1835, 1999.

COELHO, P. *et al.* A methodological framework for indicators of sustainable development at the regional scale: the case of a Portuguese region (Algarve). In: 12<sup>th</sup> Annual International Sustainable Development Research Conference, **Proceedings...** Hong Kong, 2006.

COSTA, F. A. Questão agrária e macropolíticas para a Amazônia. **Estudos Avançados**, Vol. 19, n° 53, p. 131-156, 2005.

COSTA, M. H.; FOLEY, J. A. Combined effects of deforestation and doubled atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations on the climate of Amazonia. **Journal of Climate**, Vol. 13, p. 18-34, 2000.

COSTANZA, R. (ed.). **Ecological Economics: the science and management of sustainability.** New York: Columbia Univ. Press, 1991.

\_\_\_\_\_. Toward an operational definition of ecosystem health. In: COSTANZA, R.; HASKEL, B. D.; NORTON, B. G. (Eds.). **Ecosystem Health: new goals for environmental management.** Washington: Island Press, 1992, p. 239-256.

DALY, H. E. In defense of a steady-state economy. **American Journal of Agricultural Economics**, Vol. 54, n° 4, p. 945-954, 1972.

\_\_\_\_\_. (ed.). **Toward a steady state economy.** San Francisco: Freeman & Co., 1973.

\_\_\_\_\_. Sustainable growth? No thank you. In: MANDER, J.; GOLDSMITH, E. (Ed.). **The case against the global economy.** San Francisco: Sierra Club Books, 1996, p. 192-96.

\_\_\_\_\_.; COBB, J. **For the common good.** Boston: Beacon, 1989.

DANELL, K. *et al.* Ungulates as drivers of tree population dynamics at module and genet levels. **Forest, Ecology and Management**, Vol. 181, p. 67-76, 2003.

D'ANTONA, A. O.; VANWEY, L. K.; HAYASHI, C. M. Property size and land cover change in the Brazilian Amazon. **Population and Environment**, Vol. 27, p. 373-396, 2006.

DARLINGTON, R. B. **Regression and linear models.** New York; McGraw-Hill, 1990.

DAVIDSON, E. A. *et al.* Effects of soil water content on soil respiration in forests and cattle pastures of Eastern Amazonia. **Biogeochemistry**, Vol. 48, p. 53-69, 2000.

DAVIDSON, R.; MACKINNON, J. G. **Estimation and inference in Econometrics.** New York: Oxford University Press, 1993.

DeFRIES, R. S.; FOLEY, J. A.; ASNER, G. P. Land-use choices: balancing human needs and ecosystem function. **Frontiers in Ecology and Environment**, Vol. 2, n° 5, p. 249-257 2004.

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS (DIEESE). **Estatísticas do meio rural 2008.** Brasília: MDA/NEAD/DIEESE, 2008.

DeROSNEY, J. **Le Macroscopie: vers une vision globale.** Paris: Senil, 1975.

DIAZ, M. C. V. *et al.* **Prejuízo oculto do fogo**: custos econômicos das queimadas e dos incêndios florestais da Amazônia. Belém: Instituto de Pesquisa Ambiental do Amazônia/Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2002.

DIETZ, T.; OSTROM, E.; STERN, P. C. The struggle to govern the commons. **Science**, Vol. 302, p. 1907-1912, 2003.

DOAK, D. F.; ESTES, J. A.; HALPERN, B. S. *et al.* Understanding and predicting ecological dynamics: are major surprises inevitable? **Ecology**, Vol. 89, n° 4, p. 952-961, 2008.

DRAPER, N.; SMITH, H. **Applied Regression Analysis**. New York: Wiley, 1981.

DRUMMOND, J. A. A extração sustentável de produtos florestais na Amazônia brasileira: vantagens, obstáculos e perspectivas. **Estudos Sociedade e Agricultura**, n° 6, p. 115-137, 1996.

EHRlich, P.; EHRlich, A. **The population bomb**. New York: Ballantine, 1969.

ELTAHIR, E. A. B.; BRAS, R. L. Precipitation recycling in the Amazon Basin. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, Vol. 120, p. 861-880, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS (EMBRAPA). **Mapeamento de solos do Brasil**. Brasília, EMBRAPA/IBGE, 2001. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso em 12/07/2009. Malha digital.

EWEL, J. J. Natural systems as models for the design of sustainable systems of land use. **Agroforestry Systems**, Vol. 45, p. 1-21, 1999.

FARMINOW, M. D. **Cattle, deforestation, and development in the Amazon**: an economic, agronomic, and environmental perspective. Wallingford-CC: CAB International Publishers, 1998.

FAUCHEUX, S.; NOËL, J. F. **Economia dos recursos naturais e do meio ambiente**. Lisboa: Instituto Piaget, 1995.

FERREIRA, A. M. M.; SALATI, E. Forças de transformação do ecossistema amazônico. **Estudos Avançados**, Vol. 19, n° 54, p. 25-44, 2005.

FERREIRA L. V.; VENTICINQUE, E.; ALMEIDA, S. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos Avançados**, São Paulo, Vol. 19, n° 53, p. 157-166, 2005

FOLKE, C. *et al.* Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. **Annual Review of Ecological and Evolutionary Systems**. Vol. 35, p. 557 – 581, 2004.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Forest Resources Assessment 2005**. Roma: FAO, 2005.

\_\_\_\_\_. **State of the World's forests 2007**. Roma: FAO, 2007.

FORMAN, R. T. T. **Land mosaics**: the ecology of landscapes and regions. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

\_\_\_\_\_. The missing catalyst: design and planning with ecology roots. In: JOHNSON, B. R.; HILL, K. (ed.). **Ecology and design**: frameworks for learning. Washington, DC: Island Press, 2002, p. 102-132.

FORRESTER, J. W. **Industrial Dynamics**. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology - MIT, 1961.

FU, Z.; ZHU, B.; DICKINSON, R. E. How do atmosphere and land surface influence seasonal changes of convection in the tropical Amazon? **Journal of Climate**, Vol. 12, p. 1306-1321, 1999.

GALTON, F. Family likeness in stature. **Proceedings of the Royal Society**, Vol. 40, p. 42-72, 1886.

GARCIA, R. A.; SOARES-FILHO, B. S.; MORO, S. Modelagem espacial do desmatamento Amazônico. XIV Encontro Nacional de Estudos Populacionais - ABEP. **Anais...** Caxambu, 20 a 24 de setembro de 2004.

GAZONI, J. L.; MOTA, J. A. Fatores político-econômicos do desmatamento na Amazônia Oriental. **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, Vol. 1, nº 1, p. 25-44, 2010a.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC): realidade e perspectivas. In: ALVAREZ, A. R.; MOTA, J. A. (Ed.). **Sustentabilidade Ambiental no Brasil**: biodiversidade, economia e bem-estar humano. Brasília: IPEA, 2010b, p. 359-384. Série Eixos Estratégicos do Desenvolvimento Brasileiro.

GEIST, H. J., LAMBIN, E. F. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. **BioScience**, Vol. 52, nº 2, p. 143-150, 2002.

GENIZI, A. Decomposition of  $R^2$  in multiple regression analysis with correlated regressors. **Statistica Sinica**, Vol. 3, p. 407-420, 1993.

GIAOUTZI, M.; NIJKAMP, P. **Decision support models for regional sustainable development**. Aldershot: Avebury, 1993.

GODFREY, B. J.; BROWDER, J. O. Disarticulated urbanization in Brazilian Amazon. **The Geographical Review**, Vol. 85, p. 441-445, 1996.

GODSCHALK, D. R. Land use planning challenges: coping with conflicts in visions of sustainable development and livable communities. **Journal of the American Planning Association**, Vol. 70, nº 1, p. 5-13, 2004.

GOMES, G. M.; VERGOLINO, J. R. **Trinta e cinco anos de crescimento econômico na Amazônia (1960/1995)**. Texto para Discussão nº 533. Brasília, Instituto de Pesquisa Econômica aplicada, 1997.

GOODLAND, R. The concept of environmental sustainability. **Annual Review of Ecological Systems**, Vol. 26, p. 1-24, 1995.

GRAHAM, M. H. Confronting multicollinearity in ecological multiple regression. **Ecology**, Vol. 84, nº 11, p. 2809-2815, 2003.

GRAYMORE, M. L. M.; SIPE, N. G.; RICKSON, R. E. Regional sustainability: how useful are current tools of sustainability assessment at the regional scale? **Ecological Economics**, Vol. 67, p. 362-372, 2008.

GRECO, S. *et al.* Rainfall and surface kinematic conditions over central Amazonia during ABLE 2B. **Journal of Geophysical Research**, Vol. 95, p. 17001–17014, 1990.

GREEN, P. E.; CARROLL, J. D.; DeSARBO, W. S. A new measure of predictor variable importance in multiple regression. **Journal of Marketing Research**, Vol. 15, p. 356-360, 1978.

GRIMM, N. B. *et al.* Integrated approaches to long-term studies of urban ecological systems. **BioScience**, Vol. 50, p. 571-584, 2000.

GUJARATI, D. **Econometria básica**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

GUNDERSON, L. H. Ecological resilience: in theory and application. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Vol. 31, p. 425-439, 2000.

\_\_\_\_\_. Managing surprising ecosystems in Southern Florida. **Ecological Economics**, Vol. 37, p. 371-78, 2001.

\_\_\_\_\_.; LIGHT, S. S. Adaptive management and adaptive governance in the Everglades ecosystem. **Policy Sciences**, Vol. 39, p. 323-334, 2006.

\_\_\_\_\_.; HOLLING, C. S. **Panarchy**: understanding transformations in human and natural systems. Washington: Island Press, 2002.

HABERL, H.; SCHANDL, H. Indicators of sustainable land use: concepts for the analysis of society-nature interrelations and implications for sustainable development. **Environmental Management and Health**, Vol. 10, n° 3, p. 177-190, 1999.

HARRIS, L. D. **The fragmented forest**: island biogeography theory and the preservation of biotic diversity. Chicago: University of Chicago Press, 1984.

HARRISON, P. **The third revolution**: environment, population and a sustainable world. London: Tauris, 1992.

HASSELMANN, F. *et al.* Technological driving forces of LUC: conceptualization, quantification, and the example of urban power distribution networks. **Land Use Policy**, Vol. 27, p. 628-637, 2010.

HATEM, F. Le concept de développement soutenable: une origine récente, une notion ambiguë, des applications prometteuses. **Économie Prospective Internationale**, n° 44, p. 34-43, 1990.

HOLLING, C. S. Resilience and stability of ecological systems. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Vol. 4, p. 1-23, 1973.

HOLMES, T. P. *et al.* **Custos e benefícios financeiros da exploração florestal de impacto reduzido em comparação à exploração florestal convencional na Amazônia Oriental**. Belém, Fundação Floresta Tropical – FFT, 2004.

HOPPE, P., RICKSON, R.E., BURCH, D. Governing rural landscapes and environments: the strategic role of local community and global corporate partnerships. In: CHESHIRE, L., HIGGINS, V., LAWRENCE, G. (Eds.). **International perspectives on rural governance**: new power relations in rural economies and societies. Routledge, London. 2007.

HOUGHTON, R. A. *et al.* The spatial distribution of forest biomass in the Brazilian Amazon: a comparison of estimates. **Global Change Biology**. Vol. 7, p. 731-746, 2001.

HUBBELL, S. P. *et al.* How many tree species are there in the Amazon and how many of them will go extinct? **PNAS**, Vol. 105, p. 11498-11504, 2008.

HUSTON, M. A. The three phases of land-use change: implications for biodiversity. **Ecological Applications**, Vol. 15, nº 6, p. 1864-1878, 2005.

IANNI, O. **A luta pela terra**. Petrópolis: Vozes, 1978.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico, 1959 a 2000**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 12/10/2009.

\_\_\_\_\_. **Contagem da População, 2003 a 2008**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 12/10/2009.

\_\_\_\_\_. **Censo Agropecuário, 2006**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 12/10/2009.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa Pecuária Municipal, 2003 a 2008**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 12/10/2009.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa da Produção Agrícola Municipal, 2003 a 2008**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 12/10/2009.

\_\_\_\_\_. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura, 2003 a 2008**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 12/10/2009.

\_\_\_\_\_. **Contas Nacionais, 2003 a 2007**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 12/10/2009.

\_\_\_\_\_. **Biomassas do Brasil, 2005**. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso em 12/07/2009. Malha digital.

\_\_\_\_\_. **Mapa de Vegetação do Brasil, 2002a**. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso em 12/07/2009. Malha digital.

\_\_\_\_\_. **Mapa do Potencial Agrícola do Brasil, 2002b**. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso em 12/07/2009. Malha digital.

\_\_\_\_\_. **Mapa dos Compartimentos de Relevo do Brasil, 2002c**. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso em 12/07/2009. Malha digital.

\_\_\_\_\_. **Sistematização das Informações sobre Recursos Naturais, 2006**. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso em 12/07/2009. Malha digital.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2001: the scientific basis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

\_\_\_\_\_. **Climate Change 2007: Synthesis Report - Summary for Policymakers**. Fourth Assessment Report, Cambridge Univ. Press, 2007.

KING, A.; SCHNEIDER, B. **The first global revolution**: a report by the Council of The Clube of Rome. New York: Pantheon Books, 1991.

KIRBY, R. K. *et al.* The future of deforestation in the Brazilian Amazon. **Futures**, Vol. 38, p. 432- 453, 2006.

KRUSKAL, W. H. Terms of reference: singular confusion about multiple causation. **Journal of Legal Studies**, Vol. 15, p. 427-436, 1986.

\_\_\_\_\_.; MAJORS, R. Concepts of relative importance in recent scientific literature. **The American Statistician**, Vol. 43, n° 1, p. 2-6, 1989.

LAMBIN, E.F.; GEIST, H.J.; LEPEERS, E. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. **Annual Review of Environmental Resources**, Vol. 28, n° 2, p. 205-246, 2003.

LAMBIN, E. F. *et al.* The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. **Global Environmental Change** , Vol.11, p. 261-269, 2001.

LATOUCHE, S. Pour une société de décroissance. **Le Monde Diplomatique**, p. 18-23, nov. 2003. Disponível em: <http://www.monde-diplomatique.fr/2003/11/LATOUCHE/10651>. Acesso em 15/05/2008.

LAURANCE, W. F. *et al.* Predictors of deforestation in the Brazilian Amazon. **Journal of Biogeography**, Vol. 29, p. 737-748, 2002.

LAURANCE, W. F.; BIERREGARD, R. O. **Tropical forest remnants**. Chicago: University of Chicago Press, 1997.

LEE, C. L.; HUANG, S. L.; CHAN, S. L. Biophysical and systems approaches for simulating land-use change. **Landscape and Urban Planning**, Vol. 86: 187-203, 2008.

LEES, A. C.; PERES, C. A. Rapid avifaunal collapse along the Amazonian deforestation frontier. **Biological Conservation**, Vol. 133, p. 198-211, 2006.

LELE, U. *et al.* **Brazil, forests in the balance**: challenges of conservation with development. Washington-DC: The World Bank, 2000.

LENTINI, M.; VERÍSSIMO, A.; PEREIRA, D. A Expansão Madeireira na Amazônia. **O Estado da Amazônia**, n. 2, p. 1-4, 2005.

LIANO, R. G. **O setor energético da Amazônia**: enfatizada a energia elétrica. Belém: UFPA/ELETRONORTE, 1981.

LIER, H. N. The role of land use planning in sustainable rural systems. **Landscape and Urban Planning**, Vol. 41, p. 83-91, 1998.

LEWINSOHN, T. M. (org.). **Avaliação do estado do conhecimento da diversidade biológica brasileira**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

LINDBLADE, K. A. *et al.* Land use change alters malaria transmission parameters by modifying temperature in a highland area of Uganda. **Tropical Medicine and International Health**, Vol. 5, n° 4, p. 263-274, 2000.

LINDBORG, R.; ERIKSSON, O. Historical landscape connectivity affects present plant species diversity. **Ecology**, Vol. 85, n° 7, p. 1840-1845, 2004.

LOIZOU, E.; MICHAILIDIS, A.; TZIMITRA-KALOGIANNI, I. Drivers of consumer's adoption of innovative food. In: The 113<sup>th</sup> Seminar of the EAAE - European Association of Agricultural Economists, **Proceedings...** A resilient European food industry and food chain in a challenging world. Creta, Grécia, 3 a 6 de setembro de 2009. 10p.

LÓPEZ, A. V. Amazonía contemporânea: fronteras y espacio global. **Iconos - Revista de Ciencias Sociales**, n° 26, p. 119-130, 2006.

LOVEELL, S. T.; JOHNSTON, D. M. Creating multifunctional landscapes: how can the field of ecology inform the design of the landscape? **Frontiers in Ecology and Environment**, Vol. 7, n° 4, p. 212-220, 2009.

LUI, G. H.; MOLINA, S. M. G Ocupação humana e transformação das paisagens na Amazônia brasileira. **Amazônica**, Vol. 1, n° 1, p. 200-228, 2009.

MACEDO, L. O. B. Modernização da pecuária de corte bovina no Brasil e a importância do crédito rural. **Informações Econômicas**, Vol. 36, n° 7, p. 83-97, 2006.

MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. (ed.). **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. Vol. II. Brasília: MMA/SBF, 2008. (Biodiversidade; 19).

MACHADO, R. B.; AGUIAR, L. M. S. Desmatamentos na Amazônia e conseqüências para a biodiversidade. In: BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia**. Brasília. MMA, 2001, p. 225-234.

MADDALA, K. **Introduction to Econometrics**. New York: John Wiley & Sons, 2001.

MALHI, Y. *et al.* Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. **Science**, v. 319, n°. 5860, p.169-173, 2008.

MARENGO, J. A. *et al.* The drought of Amazonia in 2005. **Journal of Climate**, Vol. 21, n° 3, p. 495-516, 2008.

MARGULIS, S. **Causas do desmatamento da Amazônia Brasileira**. Brasília: Banco Mundial, 2003. 100p.

MELLO, A. J. H.; ALVES, D. S. Padrões de desflorestamento no regime fundiário de fronteira da Amazônia brasileira. XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, **Anais...** Goiânia, 16 a 21 de abril de 2005, p. 3053-3060.

MELLO, N. A. **Políticas públicas territoriais na Amazônia Brasileira: conflitos entre conservação ambiental e desenvolvimento, 1970 a 2000**. São Paulo/ Nanterre: USP/ Paris X, 2002.

MERTENS, B. *et al.* Crossing spatial analyses and livestock economics to understand deforestation processes in the Brazilian Amazon: the case of Sao Felix do Xingu in South Para. **Agricultural Economics**, Vol. 27, n° 3, p. 269-294, 2002.

MICHALSKI, F.; PERES, C. A.; LAKE, I. R. Deforestation dynamics in a fragmented region of Southern Amazonia: evaluation and future scenarios. **Environmental Conservation**, Vol. 35, n° 2, p. 93-103, 2008.

MILLENNIUM ECOSYSTEMS ASSESSMENT (MEA). **World challenges and opportunities for business and industry**. Londres: WRI, 2005

MILLIKEN, W. Structure and composition of one hectare of central Amazonian “terra firme” forest. **Biotropica**, Vol. 30, nº 4, p. 530-537, 1998.

MIRANDA, E. E. **Quando o Amazonas corria para o Pacífico**: uma história desconhecida da Amazônia. Petrópolis: Vozes, 2007.

MISHAN, E. L. **The costs of economic growth**. London: Staples, 1967.

MOLDAN, B.; BILLHARZ, S.; MATRAVERS, R. (ed.). **Sustainability indicators**: a report on the project on indicators of sustainable development. New York: John Wiley & Sons, 1997.

MONTE-LUNA, P. *et al.*. The carrying capacity of ecosystems. **Global Ecology and Biogeography**, Vol. 13, p. 485-495, 2004.

MONTEIRO, M. A. Carvoejamento, desmatamento e concentração fundiária: repercussões da siderurgia no agrário regional. In: HOMMA, A. K. O. (org.). **Amazônia**: meio ambiente e desenvolvimento agrícola. Brasília: MMA, 1998, p. 187-220.

\_\_\_\_\_. Meio século de mineração industrial na Amazônia e suas implicações para o desenvolvimento regional. **Estudos Avançados**, Vol. 19, nº 53, p. 187-207, 2005.

MOONEY, H. A.; HOBBS, R. J. (ed.). **Invasive species in a changing world**. Washington: Island Press, 2000.

MORAN, E. F.; OSTROM, E. Seeing the forest and the trees: human-environment interactions in forest ecosystems. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology - MIT, 2005.

MORTON, D. C. *et al.* Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. **PNAS**, Vol. 103, nº 39, p. 14637-14641, 2006.

MOTA, J. A.; GAZONI, J. L. Plano Amazônia Sustentável: interações dinâmicas e sustentabilidade ambiental In: CARDOSO, J. C. (org.) **Brasil em Desenvolvimento**: Estado, Planejamento e Políticas Públicas. Brasília: IPEA, v.2, 2009, p. 471-489.

MOTA, J. A.; GAZONI, J. L. Sustentabilidade ambiental: conceitos, reflexões e limites. In: ALVAREZ, A. R; MOTA, J. A. (Ed.). **Sustentabilidade Ambiental no Brasil**: biodiversidade, economia e bem-estar humano. Brasília: IPEA, 2010, p. 17-49. Série Eixos Estratégicos do Desenvolvimento Brasileiro.

MUCHAGATA, M.; BROWN, K. Cows, colonists and trees: rethinking cattle and environmental degradation in Brazilian Amazonia. **Agricultural Systems**, Vol. 76, p. 797-816, 2003.

NAESS, A. Deep Ecology of Wisdom: explorations in unities of nature and cultures selected papers. In: GLASSER, H.; DRENGSON, A. (ed.). **The selected works of Arne Naess**. Dordrecht: Springer, 2005.

NAVEH, Z. Landscape ecology and sustainability. **Landscape Ecology**, Vol. 22, p. 1437-1440, 2007.

\_\_\_\_\_. Ten major premises for a holistic conception of multifunctional landscapes. **Landscape and Urban Planning**, Vol. 57, p. 269–284, 2001.

NEPSTAD, D. *et al.* Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. **Nature**, nº 398, p. 505-508, 1999.

NEPSTAD, D. *et al.* Inhibition of Amazon deforestation and fire by parks and indigenous lands. **Conservation Biology**, Vol. 20, nº 1, p. 65-73, 2006.

NORBERG, J. Linking nature's services to ecosystems: some general ecological concepts. **Ecological Economics**, Vol. 29, p. 183-202, 1999.

NORTON, B. G., ULANOWICZ, R. E. Scale and biodiversity policy: a hierarchical approach. **Ambio**, Vol. 21, nº 3, p. 244-249, 1992.

ODUM, H. T. **Environment, power, and society**. New York: Wiley, 1971.

\_\_\_\_\_. The Strategy of ecosystem development: an understanding of ecological succession provides a basis for resolving man's conflict with nature. **Science**, Vol. 164, p. 262-270, 1969.

OEHL, F. *et al.* Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of Central Europe. **Applied and Environmental Microbiology**, Vol. 69, nº 5, p. 2816-2824, 2003.

OESTERHEID, M.; SALA, E.; McNAUGHTON, S. J. Effect of animal husbandry on herbivore carrying capacity at a regional scale. **Nature**, Vol. 356, p. 234-236, 1992.

OPDAM, P.; STEINGRÖVER, E; van ROOIJ, S. Ecological networks: a spatial concept for multi-actor planning of sustainable landscapes. **Landscape and Urban Planning**, Vol. 75, p. 322-332, 2006.

OPSCHOOR, J. B. Institutional change and development towards sustainability. In: COSTANZA, R.; SEGURA, O.; MARTINEZ-ALIER, J. (ed.). **Getting down to Earth: practical applications of environmental economics**. New York: Island Press, 1992, p. 65-82.

OREN, D. C. Grande Carajás, international financing agencies, and biological diversity in southeastern Brazilian Amazonia. **Conservation Biology**. Vol. 1, nº 3, p. 222-227, 1987.

OSTROM, E. the challenge of common-pool resources. **Environment**, Vol. 50, nº 4, p. 10-20, 2008.

PAGE, S. E. *et al.*. The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997. **Nature**, Vol. 420, p. 61-65, 2002.

PAGLIA, A. P.; FONSECA, G. A. B.; CARDOSO DA SILVA, J. M. A fauna brasileira ameaçada de extinção: síntese taxonômica e geográfica. In: MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. (Ed.). **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. Vol. I. Brasília: MMA/SBF, 2008, p. 63-70.

PALMER, A. R. Ecological Footprints: evaluating sustainability. **Environmental Geosciences**, Vol. 6, nº 4, p. 200-204, 1999.

PERZ, S. G. *et al.* Unofficial road building in the Amazon: socioeconomic and biophysical explanations. **Development and Change**, Vol. 38, nº 3, p. 529-551, 2007.

PETRAITIS, P. S.; DUNHAM, A. E.; NIEWIAROWSKI, P. H. Inferring multiple causality: the limitations of path analysis. **Functional Ecology**, Vol. 10, p. 421-431, 1996.

PFAFF, A. S. P. What drives deforestation in the Brazilian Amazon? Evidence from satellite and socioeconomic data. **Journal of Environmental Economics and Management**, Vol. 37, p. 26-43, 1999.

\_\_\_\_\_. *et al.* Road investments, spatial spillovers, and deforestation in the Brazilian Amazon. **Journal of Regional Science**, Vol. 47, n° 1, p. 109-123, 2007.

PICKETT, S. T. A.; CADENASSO, M. L. The ecosystem as a multidimensional concept: meaning, model, and metaphor. **Ecosystems**, Vol. 5, p. 1-10, 2002.

PIKETTY, M. G. *et al.* Por que a pecuária está avançando na Amazônia Oriental? In: SAYAGO, D.; TOURRAND, J. F.; BURSZTYN, M. (org.). **Amazônia: cenas e cenários**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2004, p. 170-189.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Econometria: modelos e previsões**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

PINEDO-VASQUEZ, M. *et al.* Post-boom logging in Amazonia. **Human Ecology**, v. 29, n° 2, p. 219-239, 2001.

PORTELA, R.; RADEMACHER, I. A dynamic model of patterns of deforestation and their effect on the ability of the Brazilian Amazonia to provide ecosystem services. **Ecological Modelling**, Vol. 143, p. 115-146, 2001.

POTSCHIN, M.; HAINES-YOUNG, R. "Rio+10", sustainability science and Landscape Ecology. **Landscape and Urban Planning**, Vol. 75, p. 162-174, 2006.

PRATT, J. W. Dividing the indivisible: using simple symmetry to partition variance explained. In: PUKKILA, T.; PUNTANEN, S. (Ed.). **Second International Conference in Statistics, Proceedings...** Tampere, Finland: University of Tampere, 14 de agosto de 1987, p. 245-260.

PROGRAMA DAS NACOES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (PNUMA); ORGANIZACAO DO TRATADO DE COOPERACAO AMAZONICA (OTCA). **Perspectivas do meio ambiente na Amazônia** – GEO Amazônia. Lima: Universidad del Pacífico, 2008.

RAMALHO, Y. M. M.; BARA NETO, P. Eixos nacionais de integração e desenvolvimento. In: MMA (Ed.). **Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia**. Brasília: MMA, 2001. p. 351-368.

RAYNER, S. *et al.* A wiring diagram for the study of land use/cover change. In: MEYER, W. B. e TURNER, B. L. (org.). **Changes in land use and land cover: a global perspective**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994, p. 13-54.

REIS, E. J.; GUZMÁN, R. M. **An econometric model of Amazon deforestation**. Texto para Discussão n° 265. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 1992.

\_\_\_\_\_.; MARGULIS, S. **Perspectivas econômicas do desflorestamento da Amazônia**. Texto para Discussão n° 215. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 1991.

RIBEIRO, S. *et al.* Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova Economia**, Vol. 19, n. 1, p. 41-66, 2009.

RICHEY, J. E.; NOBRE, C.; DESSER, C. Amazon river discharge and climate variability: 1903 to 1985. **Science**, Vol. 246, p. 101-103, 1989.

RÖLING, N. The soft side of land: socio-economic sustainability of land use systems. **ITC Journal**, Vol. 3, n° 4, p. 248-262, 1997.

ROMEIRO, A. R. Economia ou economia política da sustentabilidade. In: MAY, P. H.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. (org.). **Economia do meio ambiente**. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2003, p. 1-29.

ROSENZWEIG, M. L. **Win-Win Ecology**: how the Earth's species can survive in the midst of human enterprise. Oxford: Oxford University Press, 2003.

ROULET, M. *et al.* Increase in mercury contamination recorded in lacustrine sediments following deforestation in the central Amazon. **Chemical Geology**, Vol. 165, n° 3/4, p. 243-266, 2000.

RUDEL, T. K. *et al.* Forest transitions: towards a global understanding of land use change. **Global Environmental Change**, Vol. 15, p. 23-31, 2005.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

\_\_\_\_\_. **Desenvolvimento**: incluyente, sustentável, sustentado. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.

SALA, O. E. *et al.* Biodiversity: global biodiversity scenarios for the year 2100. **Science**, Vol. 287, p. 1770-1774, 2000.

SALATI, E. Mudanças climáticas e o ciclo hidrológico na Amazônia. In: FLEISCHRESSER, V. (Ed.). **Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2001, p. 153-172.

\_\_\_\_\_. *et al.* **Amazônia**: desenvolvimento, integração e ecologia. São Paulo: Brasiliense, 1983.

SANT'ANNA, J. A. **Rede básica de transportes da Amazônia**. Texto para discussão n° 562. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 1998.

SANTOS, B. A. Recursos minerais da Amazônia. **Estudos Avançados**, Vol. 16, n° 45, p. 123-152, 2002.

SANTOS, M. **A natureza do espaço**: técnica e tempo - razão e emoção. São Paulo: Hucitec, 1997.

SANTOS, R. **História econômica da Amazônia**. São Paulo: Queros, 1980.

SAWYER, D. R. Evolução demográfica, qualidade de vida e desmatamento na Amazônia. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia**. Brasília: MMA, 2001, p.73 - 90.

\_\_\_\_\_. Possibilidades e limites de formas alternativas de exploração econômica da Amazônia brasileira. **Nova Economia**, Belo Horizonte, Vol. 1, n° 1, p. 91-108, 1990.

SAYAGO, D.; TOURRAND, J. F.; BURSZTYN, M. Um olhar sobre a Amazônia: das cenas aos cenários. In: SAYAGO, D.; TOURRAND, J. F.; BURSZTYN, M. (org.). **Amazônia: cenas e cenários**. Brasília: Universidade de Brasília, 2004, p. 17-28.

SCHEFFER, M. *et al.* Catastrophic shifts in ecosystems. **Nature**, Vol. 413, p. 591-596, 2001.

SCHEFFER, M.; CARPENTER, S. R. Catastrophic regime shifts in ecosystems: linking theory to observation. **Trends in Ecology and Evolution**. Vol. 18, p. 648-656, 2003.

SCHMIDHEINY, S. **Changing course**: a global business perspective on development and environment. Cambridge: MIT, 1992.

SERRA, M. A.; FERNÁNDEZ, R. G. Perspectivas de desenvolvimento da Amazônia: motivos para o otimismo e para o pessimismo. **Economia e Sociedade**, Campinas, Vol. 23, n° 2, p. 107-131, 2004.

SHEIKH, P. A.; MERRY, F. D.; MCGRATH, D. G. Water buffalo and cattle ranching in the lower Amazon Basin: comparisons and conflicts. **Agricultural Systems**, Vol. 87, p. 313-330, 2006.

SIEGERT, F. *et al.* Increased damage from fires in logged forests during droughts caused by El Niño. **Nature**, Vol. 414, p. 437-440, 2001.

SILVA DIAS, M. A. F. *et al.* Cloud and rain processes in biosphere-atmosphere interaction context in the Amazon region. **Journal of Geophysical Research**, Vol. 107, n° 20, p. 8072-8079, 2002.

SIMON, M. F.; GARAGORRY, F. L. The expansion of agriculture in the Brazilian Amazon. **Environmental Conservation**, Vol. 32, n° 3, p. 203-212, 2005.

SIMMONS, C. S. *et al.* The Amazon land war in the South of Para. **Annals of the Association of American Geographers**, Vol. 97, n° 3, p. 567-592, 2007.

SKOLE, D. L. *et al.* Physical and human dimensions of deforestation in Amazonia. **Bioscience**, Vol. 44, n° 5, p. 314-322, 1994.

SMITH, N. J. H. *et al.* **Amazonia**: resiliency and dynamism of the land and its people. Tokyo: United Nations University Press, 1995.

SMITH-ADOCK, S. *et al.* Culturally responsive school counseling for Hispanic/Latino students and families: the need for bilingual school counselors. **Professional School Counseling**, Vol. 10, p. 92-101, 2006.

STEININGER, M. K. Net carbon fluxes from forest clearance and regrowth in the Amazon. **Ecological Applications**, Vol. 14, n° 4, p. 313-322, 2004.

STONE, R. D. Tomorrow's Amazonia. **The American Prospect**, Vol. 18, n° 9, p. 2-5, 2007.

THEODOSIOU, G. *et al.* Rural areas development through endogenous potentials. In: The 118<sup>th</sup> Seminar of the EAAE - European Association of Agricultural Economists. Rural development: governance, policy design and delivery, **Proceedings...** Ljubljana, Slovênia, 25 a 27 de agosto de 2010. 8p.

THÉRY, H. Pesos e medidas da Amazônia. In: SAYAGO, D.; TOURRAND, J. F.; BURSZTYN, M. (org.). **Amazônia: cenas e cenários**. Brasília: Universidade de Brasília, 2004, p. 9-15

\_\_\_\_\_. Situações da Amazônia no Brasil e no continente. **Estudos Avançados**, Vol. 19, n° 53, p. 37-49, 2005.

THOMAS, D. R.; HUGHES, E.; ZUMBO, B. D. On variable importance in linear regression. **Social Indicators Research**, Vol. 45, p. 253-275, 1998.

THOMAS, R. D.; ZHU, P. C.; DECADY, Y. J. Point estimates and confidence intervals for variable importance in multiple linear regression. **Journal of Educational and Behavioral Statistics**, Vol. 32, p. 61-91, 2007.

TRIMBLE, S. W.; CROSSON, P. Land use; US soil erosion rates: myth and reality. **Science**, Vol. 289, p. 248-250, 2000.

TUOMISTO, H.; RUOKOLAINEN, K. The role of ecological knowledge in explaining biogeography and biodiversity in Amazonia. **Biodiversity and Conservation**, Vol. 6, p. 347-357, 1997.

TURNER, R. K. Environment, economics and ethics. In: PEARCE, D. W. (ed.). **Blueprint 2: greening the world economy**. Londres, Earthscan, 1991, p. 23-44.

TURNER, M. G. Landscape ecology: what is the state of the science? **Annual Review of Ecology and Systematics**, Vol. 36, p. 319-344, 2005.

TURNER, B. L. *et al.* A framework for vulnerability analysis in sustainability science. **Proceedings of the National Academy of Science**, Vol. 100, p. 8074-8079, 2003.

TURNER, B. L.; ROBBINS, P. Land-Change Science and Political Ecology: similarities, differences, and implications for sustainability science. **Annual Review of Environmental Resources**, Vol. 33, p. 295-316, 2008.

TURNER, B. L.; LAMBIN, E. F.; REENBERG, A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. **PNAS**, Vol. 104, n° 2: 20666–20671, 2007.

UHL, C.; VIEIRA, I. C. G. Ecological impacts of selective logging in the Brazilian Amazon: a case study from the Paragominas region of the State of Para. **Biotropica**, n° 21, p. 98-106, 1989.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Agenda 21: action plan for the next century**. Rio de Janeiro: UNCED, 1992.

VELICER, W. F. Suppressor variables and the semipartial correlation coefficient. **Educational and Psychological Measurement**, Vol. 38, P. 953-958, 1978.

VERÍSSIMO, A. *et al.* Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old Amazon frontier: the case of Paragominas. **Forest Ecology and Management**, Vol. 55, p. 169-199, 1992.

VITOUSEK, P. M. *et al.* Human domination of earth's ecosystems. **Science**, Vol. 277, p. 494-499, 1997.

WACKERNAGEL, M.; REES, W. Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: economics from an ecological footprint perspective. **Ecological Economics**, Vol. 20, n° 1, p. 3-24, 1997.

WALKER, B. H.; KINZIG, A.; LANGRIDGE, J. Plants attribute diversity, resilience and ecosystem function: the nature and significance of dominant and minor species. **Ecosystems**, Vol. 2, p. 95-113, 1999.

WALKER, R.; MORAN, E.; ANSELIN, L. Deforestation and cattle ranching in the Brazilian Amazon: External capital and household processes. **World Development**, 28(4), p. 683-699, 2000.

WALKER, R. *et al.* Land use and land cover change in forest frontiers: the role of household life cycles. **International Regional Science Review**, Vol. 25, n° 2, p 169-199, 2002.

WALSH, P. T. *et al.* Repeatability of nest morphology in African weaver birds. **Biological Letters**, Vol. 6, p. 149-151, 2010.

WARD, J. H. Partitioning of variance and the contribution or importance of a variable: a visit to a graduate seminar. **American Educational Research Journal**, Vol. 6, p. 467-474, 1969.

WARNER, K.; MOLOTCH, H. **Building rules**: how local rules shape community environments and economies. Boulder/CO: Westview, 2000.

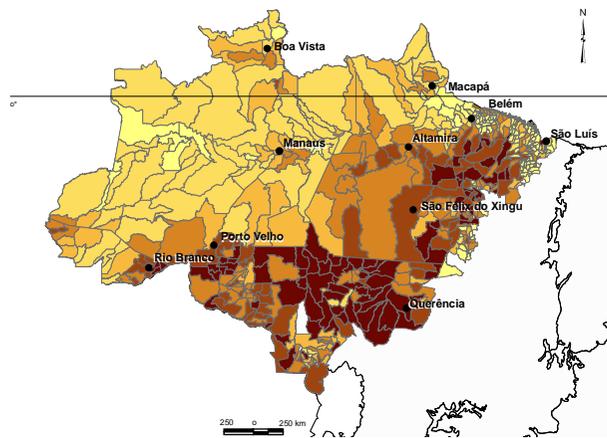
WEINHOLD, D.; REIS, E. Transportation costs and the spatial distribution of land use in the Brazilian Amazon. **Global Environmental Change**, Vol. 18, p. 54-68, 2008.

WOODRIDGE, J. M. **Introdução à Econometria**: uma abordagem moderna. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

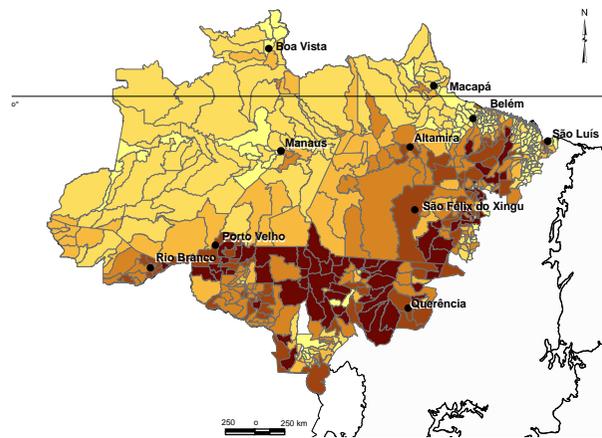
WORM, B. *et al.* Marine diversity shift linked to interactions among grazers, nutrients and propagates banks. **Marine Ecological Program Services**, Vol. 185, p. 309-314, 1999.

YOUNG, C. E. F. Public Policies and deforestation in the Brazilian Amazon. **Planejamento e Políticas Públicas**, n° 18, p. 201-223, 1998.

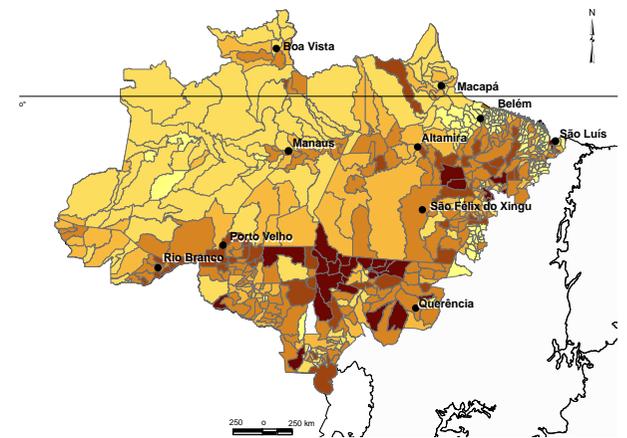
# APÊNDICE I – A EVOLUÇÃO DAS TAXAS DE DESMATAMENTO DOS MUNICÍPIOS DO BIOMA AMAZÔNIA



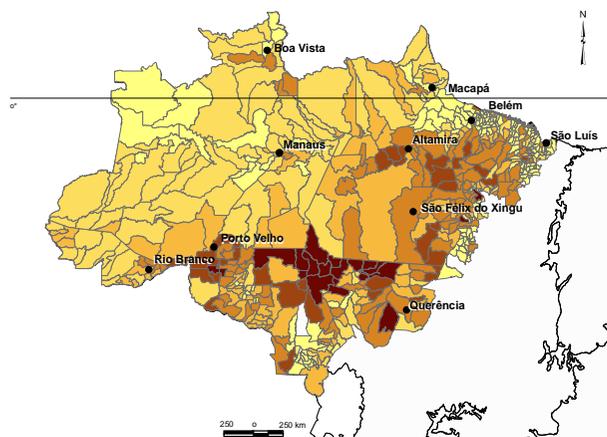
**2003/2004**



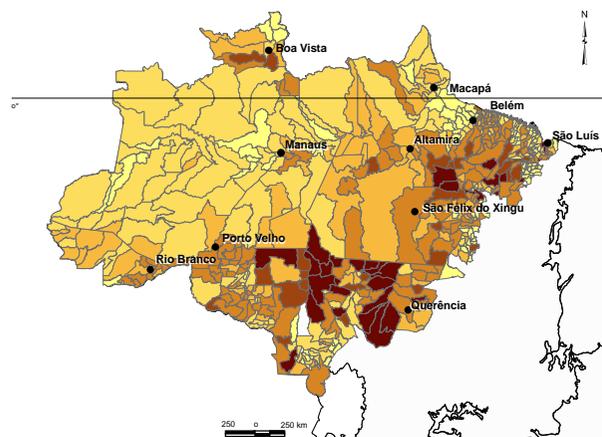
**2004/2005**



**2005/2006**

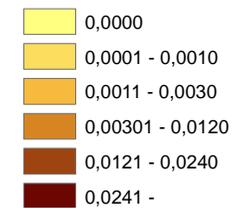


**2006/2007**



**2007/2008**

**TxDi\_2004-2008**



## APÊNDICE II – RESULTADOS DA REGRESSÃO POR MQO PARA 2003/2004

### Variables Entered/Removed

Model	Variables Entered	Var- Removed	Method
1	Fiscalização, Assentamentos, Madeira, Pecuária, Áreas_Protegidas, Agricultura <sup>a</sup>	.	Enter

a. All requested variables entered.

### Model Summary<sup>c,d</sup>

Model	R	R Square <sup>b</sup>	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,866 <sup>a</sup>	,750	,747	,047622

a. Predictors: Fiscalização, Assentamentos, Madeira, Pecuária, Áreas\_Protegidas, Agricultura

b. For regression through the origin (the no-intercept model), R Square measures the proportion of the variability in the dependent variable about the origin explained by regression. This CANNOT be compared to R Square for models which include an intercept.

c. Dependent Variable: TxDi\_2004\_2

d. Linear Regression through the Origin

### ANOVA<sup>c,d</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3,625	6	,604	266,417	,000 <sup>a</sup>
	Residual	1,206	532	,002		
	Total	4,832 <sup>b</sup>	538			

a. Predictors: Fiscalização, Assentamentos, Madeira, Pecuária, Áreas\_Protegidas, Agricultura

b. This total sum of squares is not corrected for the constant because the constant is zero for regression through the origin.

c. Dependent Variable: TxDi\_2004\_2

d. Linear Regression through the Origin

### Coefficients<sup>a,b</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standard Coefficients	t	Sig.	95,0% Confidence Interval for B		Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound	Tolerance	VIF
1	Pecuária	,007	,001	,430	12,594	,000	,006	,008	,403	2,482
	Agricultura	,140	,009	,595	16,167	,000	,123	,157	,347	2,885
	Madeira	,021	,003	,179	6,576	,000	,015	,027	,632	1,581
	Assentamentos	,024	,006	,112	4,021	,000	,012	,035	,607	1,649
	Áreas_Protegidas	-,039	,004	-,351	-9,739	,000	-,047	-,031	,360	2,774
	Fiscalização	-,003	,001	-,137	-5,325	,000	-,005	-,002	,709	1,410

a. Dependent Variable: TxDi\_2004\_2

b. Linear Regression through the Origin

### Residuals Statistics<sup>a,b</sup>

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	-,05676	,35762	,06700	,047469	554
Residual	-,141535	,179896	,003880	,049312	538
Std. Predicted Value	-2,607	6,122	,000	1,000	554
Std. Residual	-2,969	3,774	,081	1,035	538

a. Dependent Variable: TxDi\_2004\_2

b. Linear Regression through the Origin

## APÊNDICE III – RESULTADOS DA REGRESSÃO POR MQO PARA 2004/2005

**Variables Entered/Removed**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Fiscalização, Assentamentos, Madeira, Pecuária, Áreas_Protegidas, Agricultura <sup>a</sup>	.	Enter

a. All requested variables entered.

**Model Summary<sup>c,d</sup>**

Model	R	R Square <sup>b</sup>	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,865 <sup>a</sup>	,749	,746	,03962

a. Predictors: Fiscalização, Assentamentos, Madeira, Pecuária, Áreas\_Protegidas, Agricultura

b. For regression through the origin (the no-intercept model), R Square measures the proportion of the variability in the dependent variable about the origin explained by regression.

c. Dependent Variable: TxDi\_2005\_2

d. Linear Regression through the Origin

**ANOVA<sup>c,d</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2,510	6	,418	266,413	,000 <sup>a</sup>
	Residual	,842	536	,002		
	Total	3,351 <sup>b</sup>	542			

a. Predictors: Fiscalização, Assentamentos, Madeira, Pecuária, Áreas\_Protegidas, Agricultura

b. This total sum of squares is not corrected for the constant because the constant is zero for regression through the origin.

c. Dependent Variable: TxDi\_2005\_2

d. Linear Regression through the Origin

**Coefficients<sup>a,b</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95,0% Confidence Interval for B		Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound	Tolerance	VIF
1	Pecuária	,006	,000	,470	13,535	,000	,005	,007	,389	2,569
	Agricultura	,096	,007	,561	14,549	,000	,083	,109	,315	3,173
	Madeira	,017	,003	,182	6,345	,000	,012	,022	,572	1,749
	Assentamentos	,026	,005	,148	5,307	,000	,016	,036	,601	1,663
	Áreas_Protegidas	-,034	,003	-,420	-11,439	,000	-,040	-,028	,347	2,881
	Fiscalização	-,002	,000	-,125	-4,911	,000	-,003	-,001	,728	1,373

a. Dependent Variable: TxDi\_2005\_2

b. Linear Regression through the Origin

**Residuals Statistics<sup>a,b</sup>**

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	-,0704	,1998	,0549	,04025	554
Residual	-,09291	,12693	,00217	,04086	542
Std. Predicted Value	-3,112	3,600	,000	1,000	554
Std. Residual	-2,343	3,200	,055	1,030	542

a. Dependent Variable: TxDi\_2005\_2

b. Linear Regression through the Origin

## APÊNDICE IV – RESULTADOS DA REGRESSÃO POR MQO PARA 2005/2006

**Variables Entered/Removed**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Fiscalização, Madeira, Assentamentos, Pecuária, Áreas_Protegidas, Agricultura <sup>a</sup>		Enter

a. All requested variables entered.

**Model Summary<sup>c,d</sup>**

Model	R	R Square <sup>b</sup>	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,806 <sup>a</sup>	,650	,646	,035472

a. Predictors: Fiscalização, Madeira, Assentamentos, Pecuária, Áreas\_Protegidas, Agricultura

b. For regression through the origin (the no-intercept model), R Square measures the proportion of the variability in the dependent variable about the origin explained by regression. This CANNOT be compared to R Square for models which include an intercept.

c. Dependent Variable: TxDI\_2006\_2

d. Linear Regression through the Origin

**ANOVA<sup>c,d</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,249	6	,208	165,503	,000 <sup>a</sup>
	Residual	,672	534	,001		
	Total	1,921 <sup>b</sup>	540			

a. Predictors: Fiscalização, Madeira, Assentamentos, Pecuária, Áreas\_Protegidas, Agricultura

b. This total sum of squares is not corrected for the constant because the constant is zero for regression through the origin.

c. Dependent Variable: TxDI\_2006\_2

d. Linear Regression through the Origin

**Coefficients<sup>a,d</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.	95,0% Confidence Interval for B		Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound	Tolerance	VIF
1	Pecuária	,003	,000	,296	7,316	,000	,002	,004	,400	2,501
	Agricultura	,038	,010	,272	3,818	,000	,019	,058	,229	3,748
	Madeira	,009	,002	,116	3,676	,000	,004	,013	,659	1,518
	Assentamentos	,020	,004	,155	4,589	,000	,012	,029	,574	1,741
	Áreas_Protegidas	-,017	,003	-,206	-4,793	,000	-,023	-,010	,356	2,811
	Fiscalização	-,006	,002	-,276	-3,695	,000	-,010	-,003	,217	3,534

a. Dependent Variable: TxDI\_2006\_2

b. Linear Regression through the Origin

**Residuals Statistics<sup>a,b</sup>**

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	-,00648	,13642	,04420	,019005	554
Residual	-,092723	,135081	,000744	,036015	540
Std. Predicted Value	-2,666	4,852	,000	1,000	554
Std. Residual	-2,612	3,805	,021	1,014	540

a. Dependent Variable: TxDI\_2006\_2

b. Linear Regression through the Origin

## APÊNDICE V – RESULTADOS DA REGRESSÃO POR MQO PARA 2006/2007

**Variables Entered/Removed**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Fiscalização. Assentamentos, Madeira, Agricultura, Pecuária, Áreas_Protegidas <sup>a</sup>	.	Enter

a. All requested variables entered.

**Model Summary<sup>c,d</sup>**

Model	R	R Square <sup>b</sup>	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,785 <sup>a</sup>	,617	,613	,02929

a. Predictors: Fiscalização, Assentamentos, Madeira, Agricultura, Pecuária, Áreas\_Protegidas

b. For regression through the origin (the no-intercept model), R Square measures the proportion of the variability in the dependent variable about the origin explained by regression. This CANNOT be compared to R Square for models which include an intercept.

c. Dependent Variable: TXD2007\_2

d. Linear Regression through the Origin

**ANOVA<sup>c,d</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,731	6	,122	142,031	,000 <sup>a</sup>
	Residual	,454	529	,001		
	Total	1,185 <sup>b</sup>	535			

a. Predictors: Fiscalização, Assentamentos, Madeira, Agricultura, Pecuária, Áreas\_Protegidas<sup>a</sup>

b. This total sum of squares is not corrected for the constant because the constant is zero for regression through the origin.

c. Dependent Variable: TXD2007\_2

d. Linear Regression through the Origin

**Coefficients<sup>a,b</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95,0% Confidence Interval for B		Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound	Tolerance	VIF
1	Pecuária	,003	,000	,339	7,886	,000	,002	,003	,392	2,550
	Agricultura	,053	,008	,282	6,571	,000	,037	,068	,394	2,540
	Madeira	,009	,002	,166	4,663	,000	,005	,013	,571	1,751
	Assentamentos	,018	,004	,171	5,017	,000	,011	,025	,621	1,610
	Áreas_Protegidas	-,023	,003	-,396	-6,662	,000	-,030	-,016	,205	4,883
	Fiscalização	-,007	,002	-,296	-3,833	,000	-,011	-,004	,122	8,218

a. Dependent Variable: TXD2007\_2

b. Linear Regression through the Origin

**Residuals Statistics<sup>a,b</sup>**

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	-,0271	,1506	,0308	,02044	554
Residual	-,07703	,09172	,00208	,02996	535
Std. Predicted Value	-2,834	5,861	,000	1,000	554
Std. Residual	-2,627	3,128	,071	1,022	535

a. Dependent Variable: TXD2007\_2

b. Linear Regression through the Origin

## APÊNDICE VI – RESULTADOS DA REGRESSÃO POR MQO PARA 2007/2008

**Variables Entered/Removed**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Fiscalização_Ambiental, Assentamentos, Madeira, Agricultura, Pecuária, Áreas_Protegidas <sup>a</sup>	.	Enter

a. All requested variables entered.

**Model Summary<sup>c,d</sup>**

Model	R	R Square <sup>b</sup>	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,792 <sup>a</sup>	,628	,624	,035549

a. Predictors: Fiscalização\_Ambiental, Assentamentos, Madeira, Agricultura, Pecuária, Áreas\_Protegidas

b. For regression through the origin (the no-intercept model), R Square measures the proportion of the variability in the dependent variable about the origin explained by regression. This CANNOT be compared to R Square for models which include an intercept.

c. Dependent Variable: TxDi\_2008\_2

d. Linear Regression through the Origin

**ANOVA<sup>c,d</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,133	6	,189	149,434	,000 <sup>a</sup>
	Residual	,671	531	,001		
	Total	1,804 <sup>b</sup>	537			

a. Predictors: Fiscalização\_Ambiental, Assentamentos, Madeira, Agricultura, Pecuária, Áreas\_Protegidas

b. This total sum of squares is not corrected for the constant because the constant is zero for regression through the origin.

c. Dependent Variable: TxDi\_2008\_2

d. Linear Regression through the Origin

**Coefficients<sup>a,b</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95,0% Confidence Interval for B		Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound	Tolerance	VIF
1	Pecuária	,002	,000	,209	4,751	,000	,001	,003	,361	2,774
	Agricultura	,049	,008	,238	6,090	,000	,033	,065	,459	2,181
	Madeira	,010	,002	,159	4,581	,000	,006	,015	,584	1,713
	Assentamentos	,020	,004	,150	4,459	,000	,011	,028	,621	1,610
	Áreas_Protegidas	-,022	,004	-,303	-5,379	,000	-,029	-,014	,220	4,536
	Fiscalização_Ambiental	-,014	,002	-,458	-6,876	,000	-,018	-,010	,158	6,333

a. Dependent Variable: TxDi\_2008\_2

b. Linear Regression through the Origin

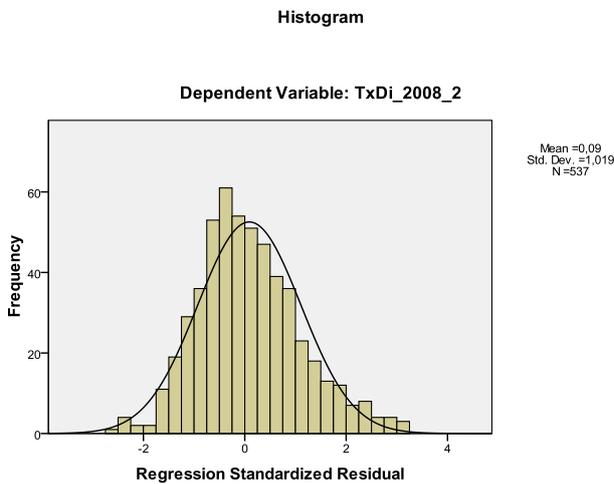
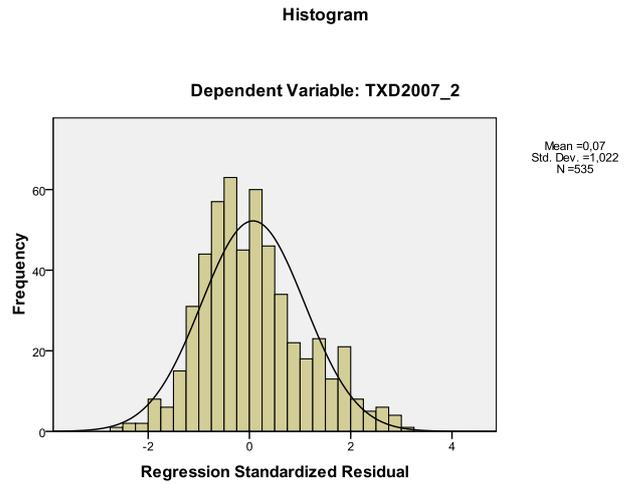
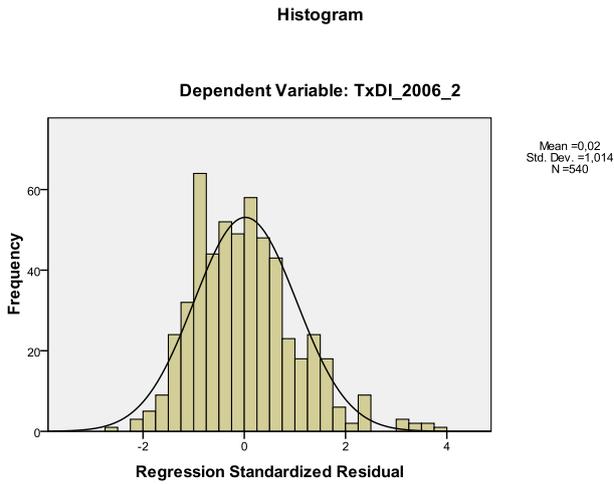
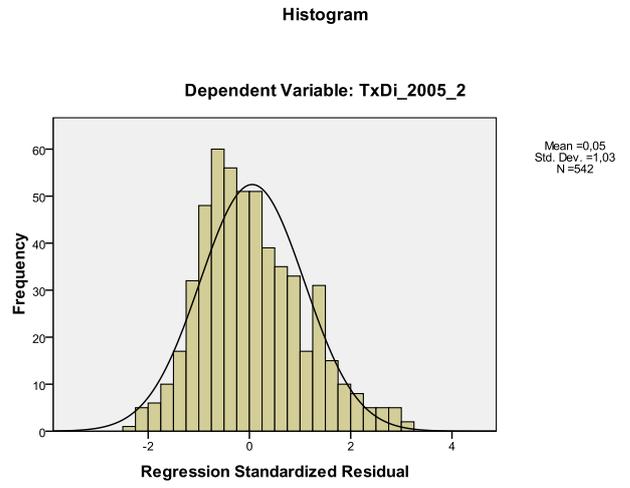
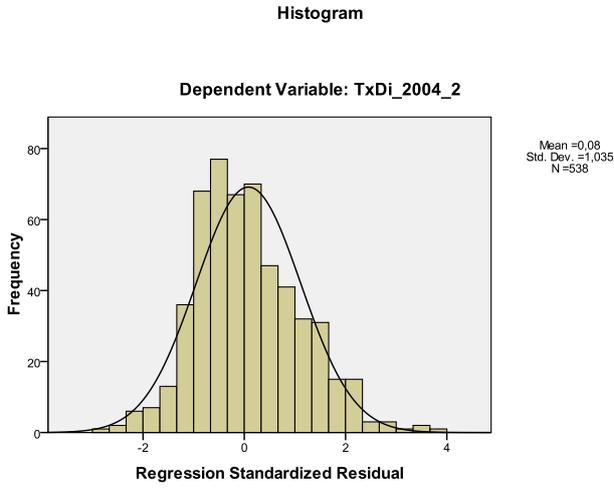
**Residuals Statistics<sup>a,b</sup>**

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	-,00328	,16577	,04151	,019696	554
Residual	-,092286	,110487	,003188	,036264	537
Std. Predicted Value	-2,274	6,309	,000	1,000	554
Std. Residual	-2,594	3,105	,090	1,019	537

a. Dependent Variable: TxDi\_2008\_2

b. Linear Regression through the Origin

# APÊNDICE VII – A DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS DA REGRESSÃO



## APÊNDICE VIII – RESULTADOS DOS TESTES DE NORMALIDADE (KS)

### 2003/2004

#### One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Standardized Residual
N		538
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	,0814021
	Std. Deviation	1,03453387
Most Extreme Differences	Absolute	,055
	Positive	,055
	Negative	-,038
Kolmogorov-Smirnov Z		1,285
Asymp. Sig. (2-tailed)		,074

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

### 2004/2005

#### One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Standardized Residual
N		542
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	,0547708
	Std. Deviation	1,03019858
Most Extreme Differences	Absolute	,058
	Positive	,058
	Negative	-,033
Kolmogorov-Smirnov Z		1,352
Asymp. Sig. (2-tailed)		,052

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

### 2005/2006

#### One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Standardized Residual
N		540
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	,0209617
	Std. Deviation	1,01436038
Most Extreme Differences	Absolute	,046
	Positive	,046
	Negative	-,037
Kolmogorov-Smirnov Z		1,078
Asymp. Sig. (2-tailed)		,196

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

## 2006/2007

### One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Standardized Residual
N		535
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	,0710504
	Std. Deviation	1,02169988
Most Extreme Differences	Absolute	,061
	Positive	,061
	Negative	-,042
Kolmogorov-Smirnov Z		1,312
Asymp. Sig. (2-tailed)		,054

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

## 2007/2008

### One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Standardized Residual
N		537
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	,0895920
	Std. Deviation	1,01917337
Most Extreme Differences	Absolute	,046
	Positive	,046
	Negative	-,027
Kolmogorov-Smirnov Z		1,057
Asymp. Sig. (2-tailed)		,214

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

## APÊNDICE IX – RESULTADOS DOS TESTES DE HOMOCEASTICIDADE (KB)

**2003/2004**

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2,529	1	2,529	1,644	,200 <sup>a</sup>
	Residual	824,511	536	1,538		
	Total	827,040	537			

a. Predictors: (Constant), ZRE2

b. Dependent Variable: ZPR2

**2004/2005**

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,667	1	,667	,401	,527 <sup>a</sup>
	Residual	897,357	540	1,662		
	Total	898,024	541			

a. Predictors: (Constant), ZRE2

b. Dependent Variable: ZPR2

**2005/2006**

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,335	1	,335	,182	,670 <sup>a</sup>
	Residual	992,885	538	1,846		
	Total	993,221	539			

a. Predictors: (Constant), ZRE2

b. Dependent Variable: ZPR2

**2006/2007**

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2,377	1	2,377	1,413	,235 <sup>a</sup>
	Residual	896,345	533	1,682		
	Total	898,721	534			

a. Predictors: (Constant), ZRE2

b. Dependent Variable: ZPR2

**2007/2008**

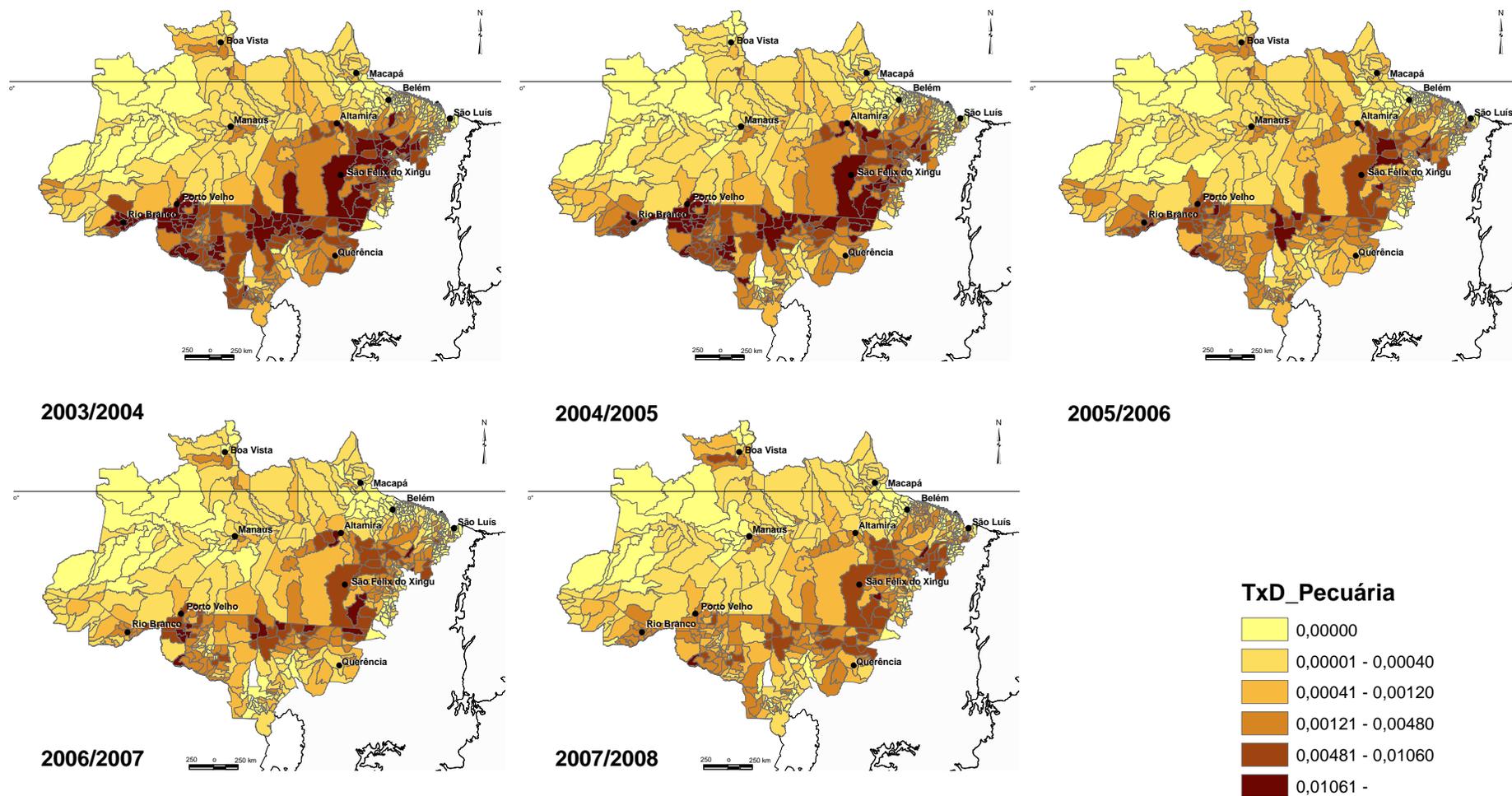
**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,160	1	,160	,113	,737 <sup>a</sup>
	Residual	756,772	535	1,415		
	Total	756,932	536			

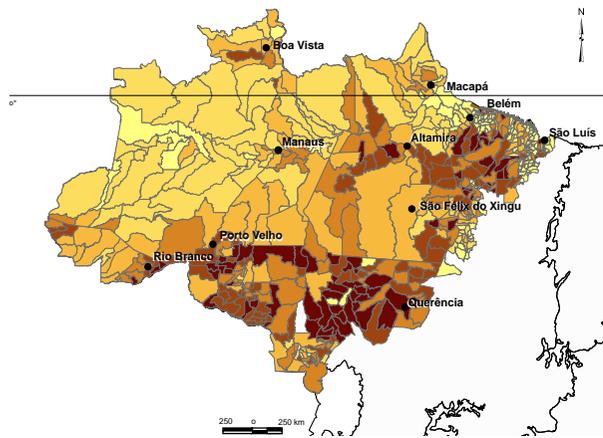
a. Predictors: (Constant), ZRE2

b. Dependent Variable: ZPR2

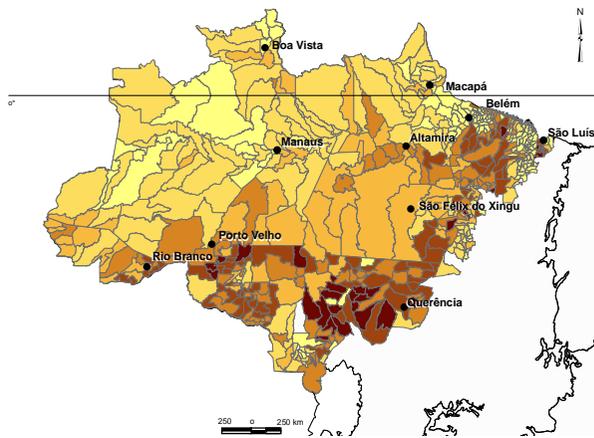
## APÊNDICE X – A EVOLUÇÃO DAS TAXAS DE DESMATAMENTO PROMOVIDO PELA PECUÁRIA BOVINA (ESTIMATIVAS)



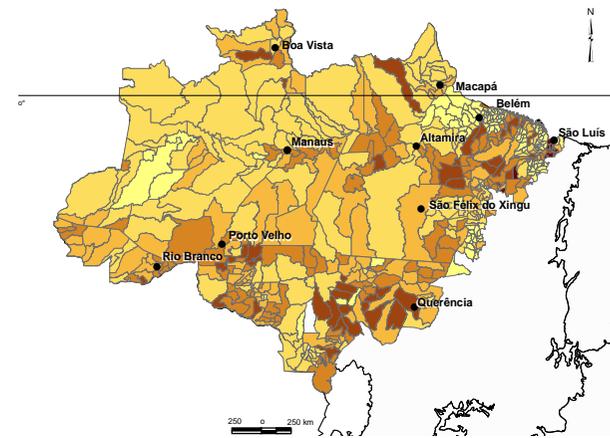
## APÊNDICE XI – A EVOLUÇÃO DAS TAXAS DE DESMATAMENTO PROMOVIDO PELA AGRICULTURA (ESTIMATIVAS)



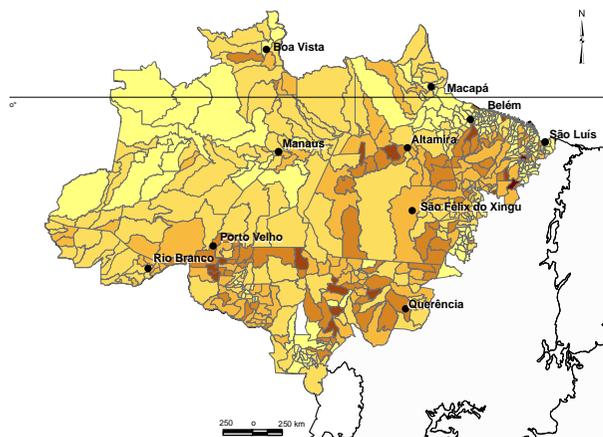
2003/2004



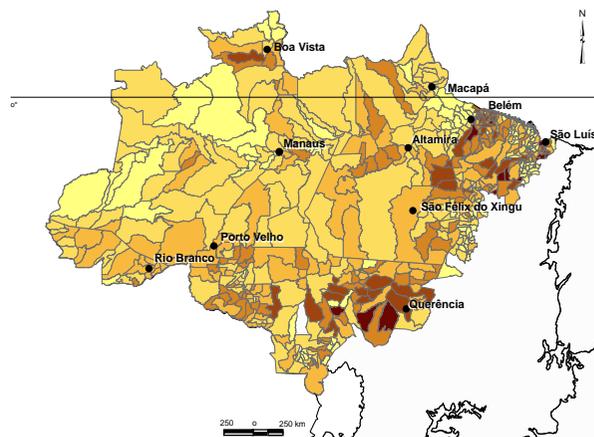
2004/2005



2005/2006

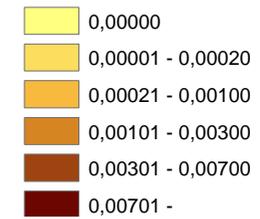


2006/2007

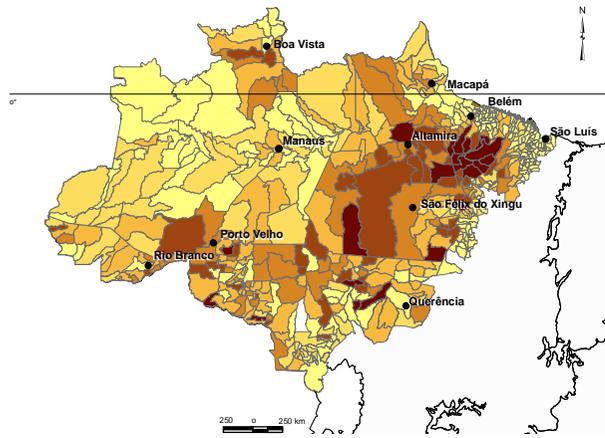


2007/2008

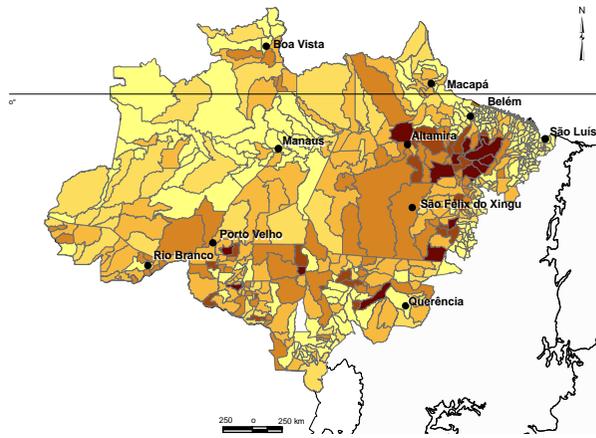
**TxD\_Agricultura**



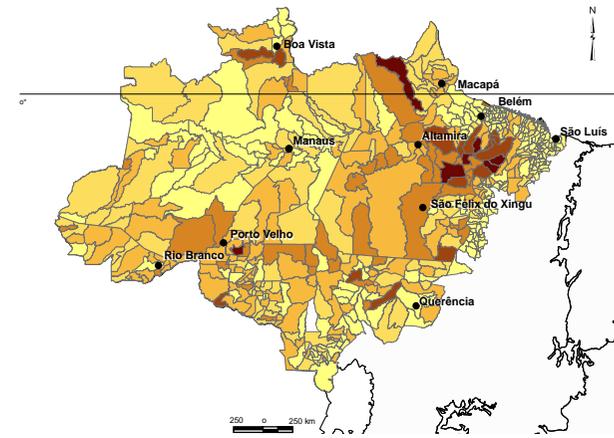
## APÊNDICE XII- A EVOLUÇÃO DAS TAXAS DE DESMATAMENTO PROMOVIDO POR EXTRAÇÃO DE MADEIRA (ESTIMATIVAS)



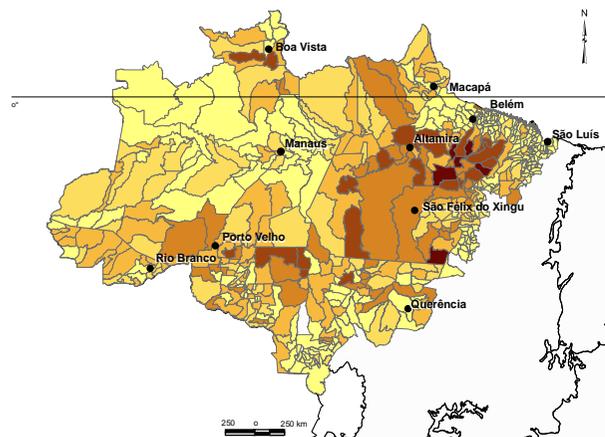
2003/2004



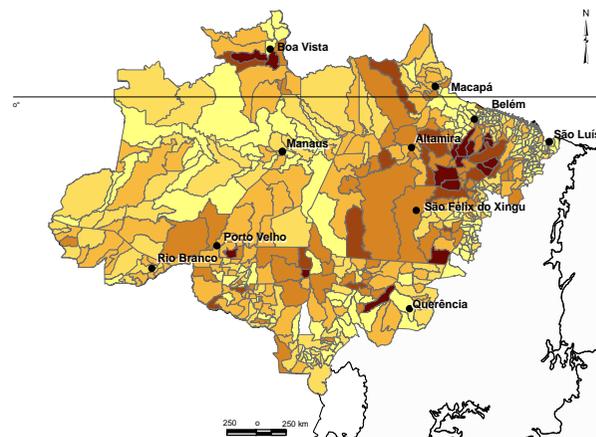
2004/2005



2005/2006

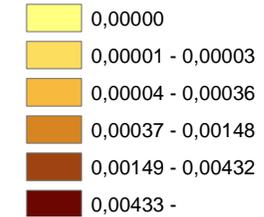


2006/2007

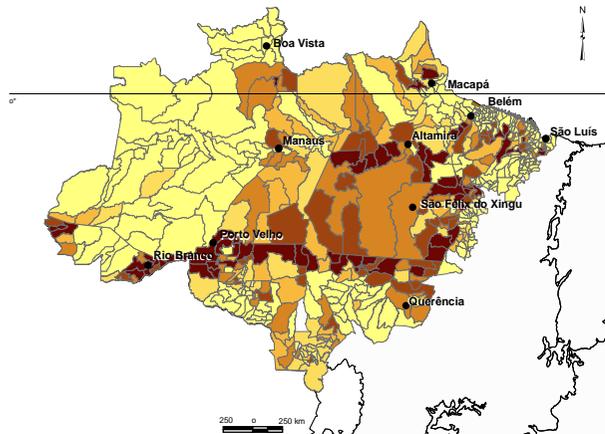


2007/2008

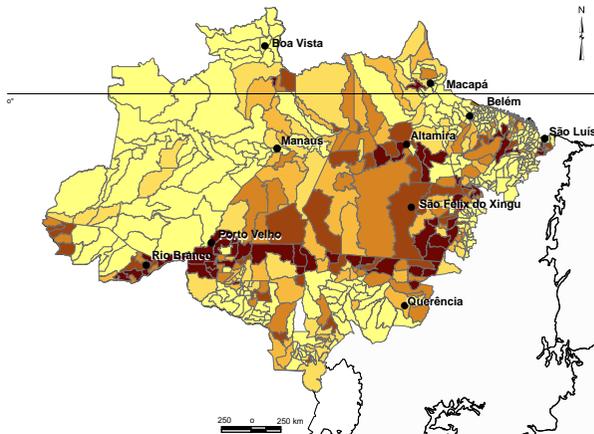
### TxD\_Madeira



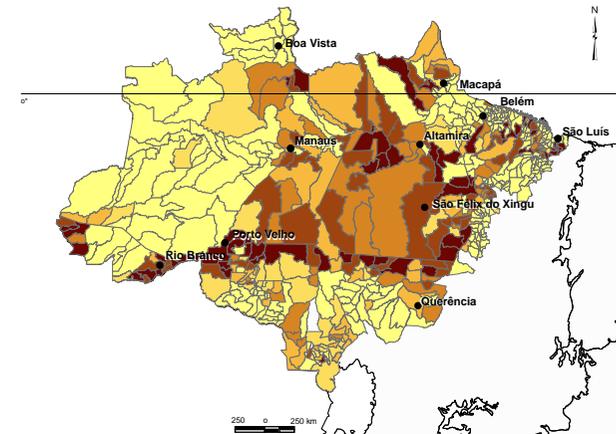
## APÊNDICE XIII- A EVOLUÇÃO DAS TAXAS DE DESMATAMENTO PROMOVIDO POR ASSENTAMENTOS RURAIS (ESTIMATIVAS)



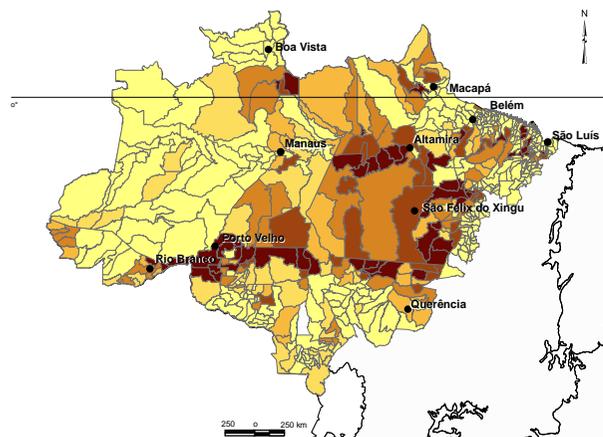
2003/2004



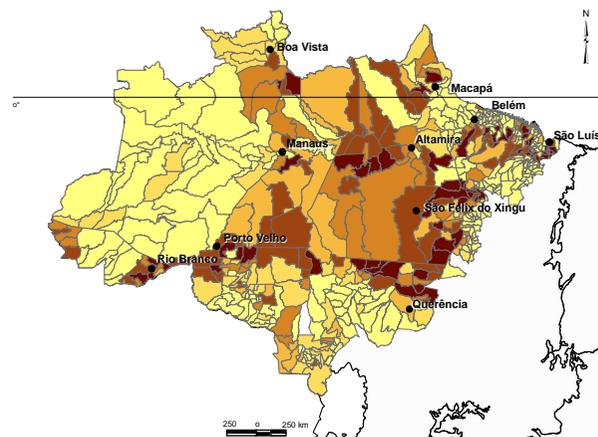
2004/2005



2005/2006

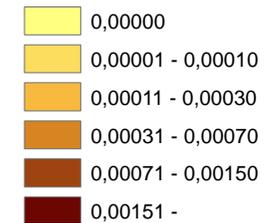


2006/2007

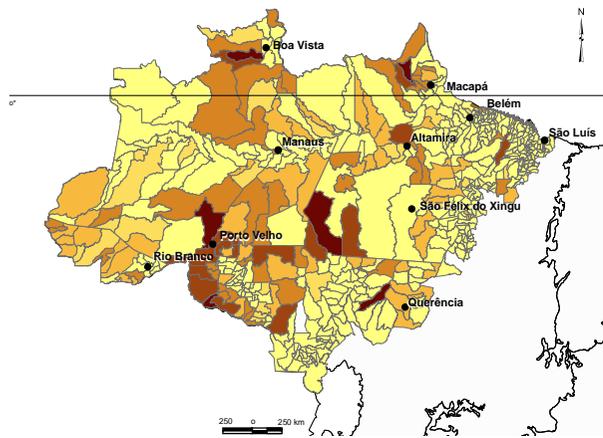


2007/2008

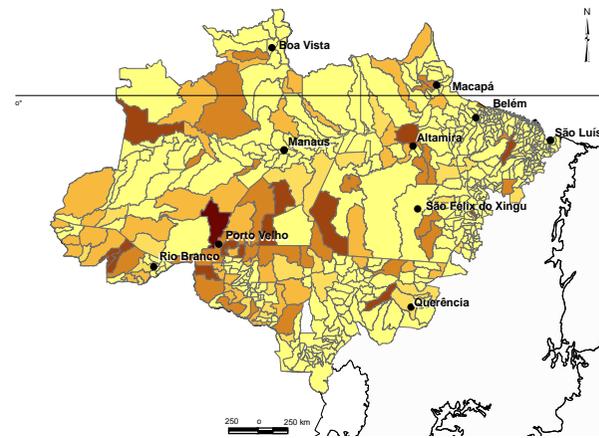
**TxD\_Assentamentos**



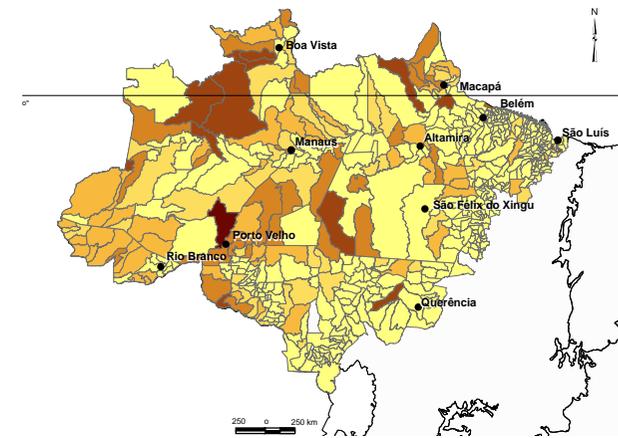
## APÊNDICE XIV- A EVOLUÇÃO DAS TAXAS DE DESMATAMENTO EVITADO POR ÁREAS PROTEGIDAS (ESTIMATIVAS)



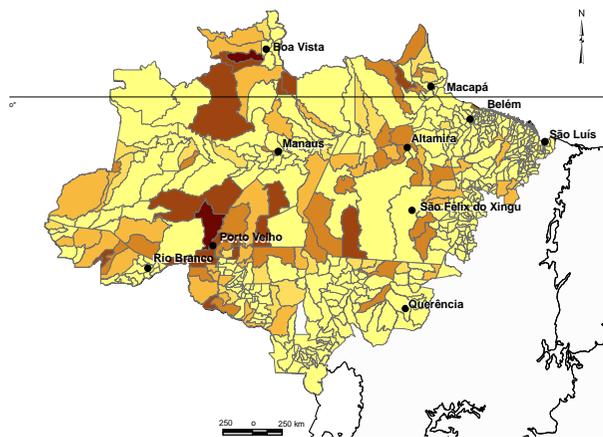
2003/2004



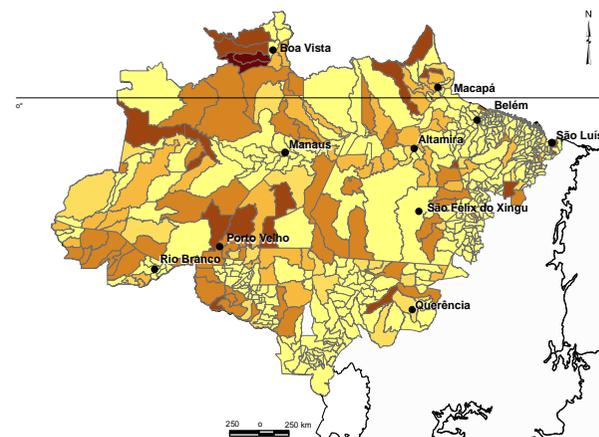
2004/2005



2005/2006

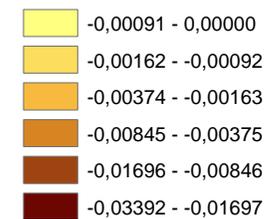


2006/2007

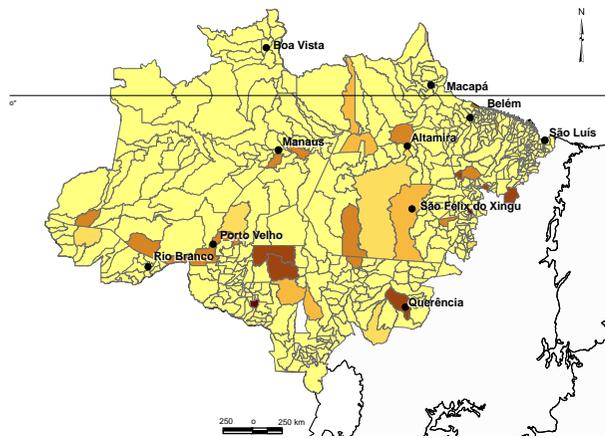


2007/2008

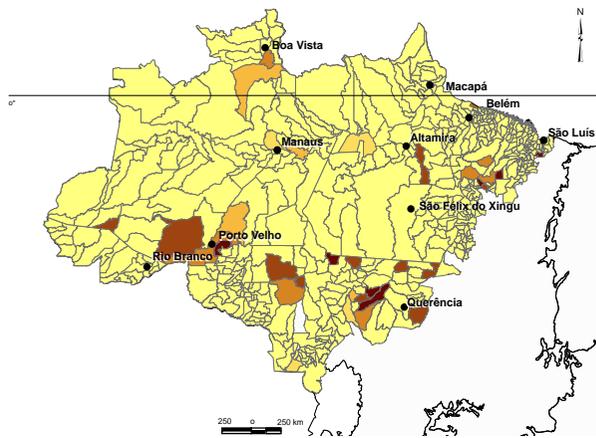
### TxD\_Áreas\_Protegidas



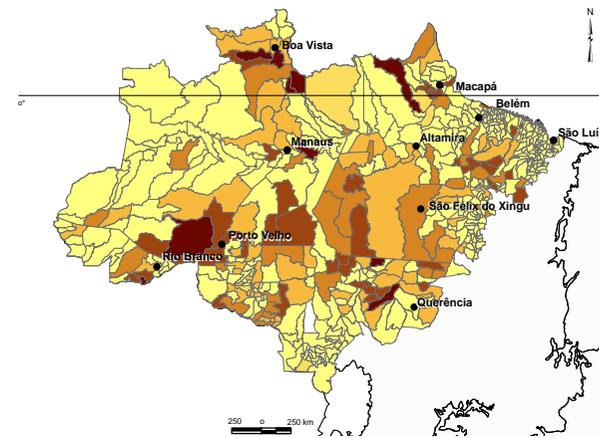
## APÊNDICE XV- A EVOLUÇÃO DAS TAXAS DE DESMATAMENTO EVITADO PELA FISCALIZAÇÃO AMBIENTAL (ESTIMATIVAS)



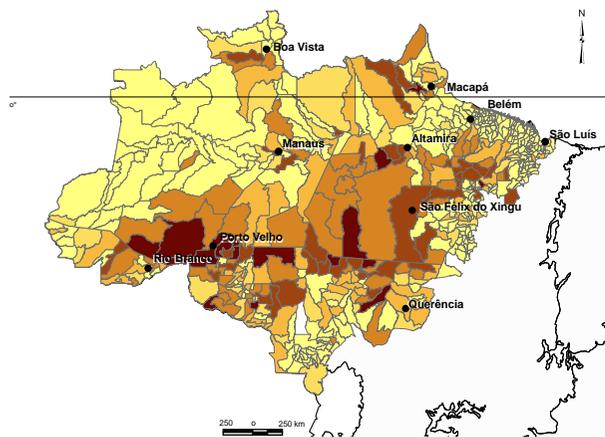
2003/2004



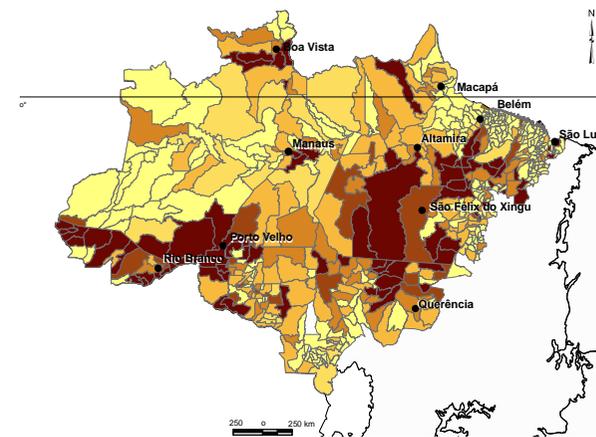
2004/2005



2005/2006



2006/2007



2007/2008

TxD\_Fiscalização\_Ambiental

