

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

“Pegada climática” do Uso da Terra: um diagnóstico do dilema entre o modelo de desenvolvimento agropecuário mato-grossense e mudanças climáticas no período 2001 - 2007

Diego Pereira Lindoso

Orientador: Saulo Rodrigues Pereira Filho

Dissertação de Mestrado

Brasília, DF. Setembro /2009.

Lindoso, Diego

“Pegada climática” do Uso da terra: Um diagnóstico do dilema entre o modelo de desenvolvimento agropecuário mato-grossense e as mudanças climáticas no período 2001-2007 / Diego Pereira Lindoso
Brasília, 2009.
219 p.: il.

Dissertação de Mestrado. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília, Brasília.

1. Mudanças Climáticas. 2. Biodiversidade. 3. Sustentabilidade.
4. Agricultura. I. Universidade de Brasília. CDS.
II. Título.

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

Diego Pereira Lindoso

“Pegada climática” do Uso da Terra: um diagnóstico do dilema entre o modelo de desenvolvimento agropecuário mato-grossense e as mudanças climáticas no período 2001 - 2007

Diego Pereira Lindoso

Dissertação de Mestrado submetida ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção de Grau de Mestre em Desenvolvimento Sustentável, área de concentração em Políticas Públicas e Gestão Ambiental, opção acadêmica.

Aprovado por:

Saulo Rodrigues Pereira Filho Doutor (CDS-UnB)
(Orientador)

Marcel Bursztyn, Doutor (CDS-UnB)
(Examinador Interno)

Mercedes Maria da Cunha Bustamante, Doutor (Instituto de Biologia - UnB)
(Examinador Externo)

Brasília – DF, 30 de abril de 2009.

Aos meus pais pelo amor e incondicional apoio a todos os meus sonhos
A Carolina Assis (*in memoriam*), querida amiga, a eterna lembrança de que o oceano
é mais profundo que a praia sobre a qual os pés caminham
A minha jovem bisavó Iracema (*in memoriam*), que nos relatos de tantos causos, histórias
e palavras sobre o rio dos anos, me ensinou sobre a dimensão do tempo
As gerações futuras, herdeiras de um legado aquecido, porém base da transformação

AGRADECIMENTOS

Agradecer é reconhecer que uma jornada nunca é feita só, mas em conjunto com várias pessoas que encontramos pelo caminho. Assim, neste trabalho, agradeço em especial:

À minha querida “rimã”, Larissa, que sempre soube me roubar um sorriso nos momentos mais tensos.

À Nalva, minha segunda mãe, pela atenção e cuidado despendidos ao longo de tantos anos.

Aos velhos e sempre amigos Igor, Rosa, Caio e André, companheiros de tantos momentos inesquecíveis e infinitas estórias pelo Brasil.

À Zizi, parceira de caminhada, que com paciência e carinho tanto me ensinou e desde sempre esteve ao meu lado com palavras de incentivo.

Ao Rodrigo, Ajuz, Mari, Guilherme e Xande, mais que companheiros de biologia, amigos de vida, sem os quais esta dissertação não seria possível.

Ao meu orientador, Saulo Rodrigues, pela atenção, incentivo, assim como pelas oportunidades únicas de aprendizado.

Aos professores do CDS e do Instituto de Biologia da UnB pelo conhecimento transmitido e inquietações despertadas

Ao Antônio, Arthur, Ana Paula, Maurício, William, Nilda e Rose, pelo apoio imprescindível em tantos momentos

Aos meus colegas de CDS que compartilharam comigo um pouco a utopia real da sustentabilidade, tendo trocado tão intensamente momentos e idéias.

À equipe do projeto Duramaz, Vicent Dubreuil, Vicent Nedelék, Laurent, Damien e Florian, além claro da família Dubreuil, agradáveis companhias por terras mato-grossenses e fonte inestimável de conhecimento que serviram de inspiração para este trabalho.

Aos amigos e companheiros de pesquisa Fábio Bakker, Bruno Furtado e Nathan Debortoli pela ajuda indispensável à realização deste trabalho. À Jô pela companhia pelas madrugadas insones brasilienses.

Ao Alberto, o mais candango dos paraibanos, assim como a querida Neuza pela compreensão e suporte em momentos fundamentais.

“O pecado capital da fé parecia residir no fato de preceder a vivência (...) Não é Deus que é um mito, mas o mito que é a revelação de uma vida divina no Homem.”
(Carl Gustav Jung)

“Whilst this planet has gone cycling on according to the fixed Law of gravity, from so simple a beginning endless forms most beautiful and most wonderful have been, and are being, evolved.” (Charles Darwin)

“Somos inevitavelmente centro de perspectiva em relação a nós mesmos (...)
Chegados (os cientistas) ao extremo das suas análises, já não sabem dizer se a estrutura por eles atingida é a essência da Matéria que estudam ou então o reflexo do seu próprio pensamento. Objeto e sujeito aliam-se e transformam-se mutuamente no ato do conhecimento. Quer queira quer não, a partir de então, o homem encontra-se e olha-se a si próprio em tudo o que vê.” (Pierre Teilhard de Chardin)

“A minha vida é andar por este país, para ver se um dia descanso feliz, guardando nas recordações, das terras por onde andei , andando pelos Sertões e dos amigos que lá deixei. Chuva e Sol, poeira e carvão, longe de casa sigo o roteiro, mais uma estação e alegria no coração” (Luis Gonzaga)

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo realizar uma avaliação preliminar dos *trade-offs* entre o atual modelo de desenvolvimento socioeconômico do centro-norte do MT, pautado na grande empresa agropecuária, e a manutenção dos serviços ecossistêmicos climáticos fornecidos pelas florestas e cerrados do estado, assim como estimar as contribuições de GEE da sojicultura, pecuária bovina extensiva e suinocultura. Para tal, elaborou-se a “pegada climática”, índice composto por dois indicadores: desmatamento acumulado e emissões de GEE por setor de uso da terra. Foram selecionados três municípios: Alta Floresta, Sorriso e Feliz Natal, cada um representando um estágio diferente de consolidação da fronteira agrícola, sendo o período analisado compreendido entre 2001 e 2007. Os indicadores foram construídos a partir de dados secundários, tanto oficiais, disponibilizados pelo INPE, IBGE, SEPLAN-MT, IBAMA, IPEA, MCT, quanto por aqueles fornecidos por ONGs (ICV e Imazon) e publicados na literatura especializada. O documento base, no que tange às emissões, foi o Primeiro Inventário Nacional de Emissões antrópicas de GEE, publicado em 2004 pelo MCT. Os resultados sugerem que os municípios em estágios iniciais de consolidação da fronteira agrícola são grandes emissores de GEE, devido ao desmatamento, enquanto aqueles de fronteira mais antiga, nos quais a agropecuária já se estabeleceu, as emissões são menos volumosas e associadas a setores de uso da terra. Contudo, apesar destes últimos geralmente apresentarem economias de baixo carbono, a devastação da maior parte da vegetação original em virtude de sistemas agropastoris resultaram em perdas significativas da capacidade das florestas e cerrados municipais manterem o fornecimento de serviços ambientais essenciais a mitigação das mudanças climáticas. Assim, apesar de não ter sido possível quantificar tais perdas, os resultados encontrados neste trabalho apontam para um modelo de desenvolvimento econômico potencialmente insustentável sob a perspectiva climática, demandando uma nova lógica de apropriação da natureza frente aos riscos que a questão climática representa para o equilíbrio dos sistemas naturais e construídos.

Palavras-chave: Mudanças Climáticas; Uso da Terra; Sustentabilidade; Desmatamento ; Mitigação

ABSTRACT

This work aims at performing a preliminary assessment of the trade-offs between the current agriculture development pattern in north of Mato Grosso and the climate dynamics. In order to fulfill this objective, the impacts of crops and cattle herds growth in ecosystem services provided by state's tropical forests and *savannas* (cerrados), as so the greenhouse-gas emissions from agriculture activities and deforestation were measured in three municipalities of north Mato Grosso between 2001-2007: Alta Floresta, Sorriso and Feliz Natal. A Climate Footprint was elaborated. This index was compounded by two indicators: total deforestation area and GHG emissions land use and land use change (deforestation) sectors. Each municipality represents a different stage of agricultural frontier consolidation. All data were secondary, provided by official agencies and ministries, as INPE, IBGE, SEPLAN-MT, IBAMA, IPEA, MCT, and also by those provided by important NGOs in the region (ICV and Imazon). Academic literature was also used, especially those which has adapted GHG's emissions measurement methodology to Brazilian reality and those which explains ecological aspects related to climate dynamics of cerrados and tropical forests. The first national inventory of anthropogenic emissions of greenhouse gases was used as a base document in what regards to GHE emissions. The results found suggest that municipalities in the early stages of agricultural consolidation are mostly emitters of greenhouse gases due to deforestation, while those of older border, where farming is already consolidated, the emissions are smaller and associated with land use activities. However, although the latter usually show a low carbon intensity economy, the devastation of most of the original vegetation associated with agriculture systems resulted in significant loss of municipal's forests and savannas, essential in maintaining the provision of ecosystem services responsible for addressing climate change. Thus, although it was not possible to quantify such losses, the results point to an economic development pattern potentially unsustainable climate perspective, requiring a new logic of appropriation of nature against the risks represented by climate change.

Key words: Climate changes; land use; deforestation; sustainability; mitigation policies

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1.1** HIERARQUIA DOS SISTEMAS TERMODINÂMICOS (ECOLÓGICOS, ECONÔMICOS E SOCIAIS) DA PERSPECTIVA DA ECONOMIA ECOLÓGICA. (ELABORAÇÃO AUTOR) 35
- FIGURA 1.2** TENDÊNCIA DAS CONCENTRAÇÕES DE CO₂. (B) COMPORTAMENTO DAS CONCENTRAÇÕES DE CO₂ NAS ÚLTIMAS 3 INTERGLACIAÇÕES (STAGE (ST.) 9.3, 7.5, 5.5). (C) TENDÊNCIA DAS CONCENTRAÇÕES DE GÁS CARBÔNICO DURANTE A ÚLTIMA INTERGLACIAÇÃO (HOLOCENO TARDIO – SATAGE 1), SEGUNDO TESTEMUNHOS COLHIDOS NO TAYLOR DOME E NO LAGO VOSTOK, ANTARTIDA. AGE (YR BP): PERÍODO (ANOS ANTES DO PRESENTE) (FONTE: RUDDIMAN, 2003)..... 39
- FIGURA 1.3** ESTIMATIVAS DA MÉDIA GLOBAL DO FORÇAMENTO RADIATIVO (FR) E FAIXAS, EM 2005, PARA O DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂), METANO (CH₄) E ÓXIDO NITROSO (N₂O) ANTRÓPICOS E OUTROS AGENTES E MECANISMOS IMPORTANTES, JUNTAMENTE COM A EXTENSÃO GEOGRÁFICA TÍPICA (ESCALA ESPACIAL) DO FORÇAMENTO E O NÍVEL AVALIADO DE COMPREENSÃO CIENTÍFICA (NCC). O FORÇAMENTO RADIATIVO ANTRÓPICO LÍQUIDO E SUA FAIXA SÃO APRESENTADOS. (FONTE: IPCC, 2007) 43
- FIGURA 1.4.** PAPEL DAS AÇÕES DE MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO NA REDUÇÃO DA JANELA DE IMPACTOS DIANTE DA PERSPECTIVA DE CRESCIMENTO DAS EMISSÕES DE GEE E AUMENTO DA VULNERABILIDADE SOCIOECONÔMICA DEVIDO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS (ADAPTADO DE PERRY, 2008)..... **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- FIGURA 1.5.** ANOMALIAS ANUAIS DA PRECIPITAÇÃO (100 MM/DIA) NA AMAZÔNIA BRASILEIRA CONSIDERANDO OS CENÁRIOS A2 (ESQUERDA) E B2 (DIREITA) DO TAR OBTIDO A PARTIR DA MÉDIA DOS TRÊS MODELOS REGIONAIS DO INPE (ETA/CPTEC/CPTEC, REGCM3 E HADRM3P) PARA O PERÍODO DE 2071-2100 EM RELAÇÃO A MÉDIA DE 1961-1990. OBSERVAR A TENDÊNCIA DE REDUÇÃO DAS CHUVAS NO NORTE DO MATO GROSSO (INSERIDO DENTRO DO CONTORNO EM VERDE). AS PROJEÇÕES REPRESENTAM A MEDIA ARITMÉTICA DOS CENÁRIOS PRODUZIDOS PELOS MODELOS REGIONAIS ETA/CPTEC/CPTEC. REGCM3 E HADRM3P (50 KM DE RESOLUÇÃO). FONTE: INPE 2007... 50
- FIGURA 1.6.** ANOMALIAS ANUAIS DE TEMPERATURA (PARA AMÉRICA DO SUL, PERÍODO 2071-2100 EM RELAÇÃO A 1961-90, PARA OS CENÁRIOS IPCC A2 (PESSIMISTA) E IPCC B2 (OTIMISTA)). AS PROJEÇÕES REPRESENTAM A MEDIA ARITMÉTICA DOS CENÁRIOS PRODUZIDOS PELOS MODELOS REGIONAIS ETA/CPTEC/CPTEC. REGCM3 E HADRM3P (50 KM DE RESOLUÇÃO). FONTE: INPE 2007 50
- FIGURA 1.7.** ZONAS DE RISCO CLIMÁTICO PARA O PLANTIO DA SOJA EM SOLO DE TEXTURA MÉDIA ENTRE OS DIAS 1-10 DE OUTUBRO, CONSIDERANDO AUMENTO DE 3 °C E INTENSIFICAÇÃO DAS CHUVAS EM 15%. SÃO APRESENTADAS TRÊS CLASSES DE ÍNDICE DE SATISFAÇÃO DAS NECESSIDADES DE ÁGUA. SÃO ELAS: APTA (VERDE), APTA COM RESTRIÇÕES (AMARELA) E INAPTA (VERMELHA). NORTE DO MATO GROSSO (QUADRADO NEGRO) E OESTE BAIANO (QUADRADO AZUL) E SUL MATO-GROSSENSE (QUADRADO CINZA) (FONTE: PELLEGRINO *ET AL.*, 2007). **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- FIGURA 1.8.** EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA FOTOSÍNTESE (QUANTUM YIELD OF PHOTOSYNTHESIS) EM FUNÇÃO DO AUMENTO DA TEMPERATURA (INCREASE IN TEMPERATURE) EM PLANTAS C3 E C4. NAS PLANTAS C3, O AUMENTO DA TEMPERATURA ELEVA A ATIVIDADE FOTOESPIRATÓRIA, A QUAL REDUZ A PRODUTIVIDADE LÍQUIDA DA FOTOSÍNTESE. JÁ AS PLANTAS C4, DEVIDO AOS MECANISMOS METABÓLICOS DE CONCENTRAÇÃO DE CO₂, TÊM SUA PRODUTIVIDADE LÍQUIDA POUCO AFETADA PELA FOTOESPIRAÇÃO, IMUNIZANDO A PRODUTIVIDADE FOTOSINTÉTICA DOS EFEITOS DELETÉRIOS DO AUMENTO DA TEMPERATURA. (FONTE: ACADEMIC.KELLOGG.CC.MI.US/HERBRANDSONC/BIO111/METABOLISM.HTM) 54
- FIGURA 2.1.** LOCALIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO: BRASIL (ESQUERDA); ESTADO DO MATO GROSSO EM VERDE (CANTO INFERIOR DIREITO); NORTE DO MATO GROSSO DELIMITADO PELA MOLDURA (CANTO SUPERIOR DIREITO) (FONTE: ADAPTADO DE SEPLAN-MT, 2007) **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- FIGURA 2.2.** EVOLUÇÃO DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL (MATO GROSSO, PARÁ E DEMAIS ESTADOS DA AMAZÔNIA LEGAL) ENTRE OS ANOS DE 1989 E 2008. (FONTE: PRODES/ INPE, 2008) 62
- FIGURA 3.1.** *BIOTIC PUMP* (BOMBA BIOLÓGICA) CRIADA PELOS GRADIENTES DE TEMPERATURA E UMIDADE ATMOSFÉRICA NA FLORESTA AMAZÔNICA. OS GRADIENTES RESULTAM DO FATO DA TAXA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO FLORESTAL SER MAIOR QUE A DOS OCEANOS (SETAS VERTICAIS), CRIANDO DIFERENÇAS DE PRESSÃO DE VAPOR, SUGANDO UMIDADE DOS OCEANOS E REGIÕES ADJACENTES (SETAS HORIZONTAIS). (ADAPTADO DE SHEIL *ET AL.*, 2009) 92

- FIGURA 3.2** CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA DA *SOUTH AMERICAN LOW LEVEL JET EAST OF THE ANDES* (SALLJ). MASSAS DE AR ÚMIDAS FORMADAS SOBRE O OCEANO ADENTRAM O CONTINENTE, TRAZIDAS POR VENTOS LESTES. AO SE DEPARAREM COM A CORDILHEIRA ANDINA, REORIENTA SEU TRAJETO PARA O SUL, ABASTECENDO A BACIA DO PRATA NO CENTRO-SUL BRASILEIRO E NORTES ARGENTINOS E PARAGUAIOS (FONTE: FEARNSIDE, 2004) **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- FIGURA 3.3.** COMPORTAMENTO SAZONAL DA PRECIPITAÇÃO NA PORÇÃO SUL DA BACIA AMAZÔNICA, A QUAL CORRESPONDE AO NORTE DO MATO GROSSO (P=PRECIPITAÇÃO; ET= EVAPOTRANSPIRAÇÃO) OBSERVA-SE UMA QUEDA ACENTUADA NAS PRECIPITAÇÕES NO INVERNO (MAIO A SETEMBRO), ENQUANTO A PARTICIPAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO NAS PRECIPITAÇÕES LOCAIS (LINHA PONTILHADA) AUMENTA CONSIDERAVELMENTE DURANTE O MESMO PERÍODO, EVIDENCIANDO A IMPORTÂNCIA DA VEGETAÇÃO PARA A MANUTENÇÃO DAS CHUVAS DURANTE A ESTIAGEM. (FONTE: MARENGO, 2006)..... **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- FIGURA 3.4** CONSEQÜÊNCIAS DO DESFLORESTAMENTO PARA O CICLO HIDROLÓGICO LOCAL. CASE 1: A FLORESTA DISSIPA A MAIOR PARTE DA ENERGIA QUE ENTRA NO SISTEMA POR MEIO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO (SETA DA ESQUERDA), SENDO QUE APENAS UMA PEQUENA FRAÇÃO (SETA DA DIREITA) ESTÁ DISPONÍVEL PARA AUMENTO DA TEMPERATURA DO AR; CASE 2: MESMO A TERRA DESNUDA APRESENTANDO ALTA REFLEXIVIDADE PARA A RADIAÇÃO SOLAR, QUASE TODA ENERGIA É USADA NO AUMENTO DAS TEMPERATURAS LOCAIS; APENAS PARTE É USADA NA EVAPOTRANSPIRAÇÃO. ASSIM, A PRESENÇA DA VEGETAÇÃO INFLUENCIA NA DISSIPAÇÃO DA ENERGIA SOLAR, AFETANDO DIRETAMENTE A CONTRIBUIÇÃO LOCAL DE UMIDADE PARA AS PRECIPITAÇÕES. (FONTE: MARENGO, 2006). 103
- FIGURA 3.5.** PERFIL DAS EMISSÕES DE METANO POR SETOR EM 1994 (FONTE: I INVENTÁRIO BRASILEIRO DE EMISSÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA, 2004) **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- FIGURA 3.6.** EMISSÃO BRASILEIRA DE ÓXIDO NITROSO POR SETOR EM 1994. (FONTE: 1º INVENTÁRIO BRASILEIRO DE EMISSÕES)..... 112
- FIGURA 4.1** ESQUEMA DA DISTRIBUIÇÃO DOS CUSTOS DA CONSERVAÇÃO EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO. NA LINHA SUPERIOR, REFERENTE AOS CUSTOS ATIVOS (*ACTIVE COSTS*), OS CÍRCULOS REFEREM-SE AS CONTRIBUIÇÕES DAS COMUNIDADES LOCAL, NACIONAL E GLOBAL PARA OS GASTOS DIRETOS COM A MANUTENÇÃO DAS RESERVAS TROPICAIS. NA LINHA INFERIOR, RELATIVA AOS CUSTOS PASSIVOS (*PASSIVE COSTS*), OS CÍRCULOS DESCREVEM A DISTRIBUIÇÃO DOS CUSTOS INDIRETOS DA CONSERVAÇÃO DE ÁREAS TROPICAIS ATRAVÉS DAS ESCALAS LOCAL, NACIONAL E GLOBAL; OS CUSTOS REAIS (LINHA SÓLIDA) PODEM SER MENORES QUE OS CUSTOS PERCEBIDOS (LINHA TRACEJADA) DEVIDO À POTENCIAL INSUSTENTABILIDADE DA FORMA COMO O HOMEM VEM SE APROPRIANDO DOS RECURSOS NATURAIS (FONTE: BALMOFORD E WHITTEN, 2008)..... **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- FIGURA 4.2** ESQUEMA DA ATUAL DISTRIBUIÇÃO DE CINCO TIPOS DE BENEFÍCIOS DA CONSERVAÇÃO PARA OS PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO. EM CADA LINHA, A ÁREA DE CÍRCULOS SÓLIDOS DESCREVE OS BENEFÍCIOS ATUAIS, ENQUANTO OS CÍRCULOS TRACEJADOS DESCREVEM POTENCIAIS BENEFÍCIOS SUSTENTÁVEIS NO FUTURO. A ÁREA TOTAL DO CÍRCULO REFLETE A DIMENSÃO DO BENEFÍCIO RELATIVO A OUTROS BENEFÍCIOS ATRAVÉS DAS ESCALAS: NACIONAL, LOCAL E GLOBAL. OS BENEFÍCIOS CONSISTEM NA POSSIBILIDADE DE EXPLORAÇÃO SUSTENTÁVEL DA BIODIVERSIDADE; ECOTURISMO; FORNECIMENTO DE SERVIÇOS AMBIENTAIS LOCALIZADOS E DISPERSOS; QUESTÕES SUBJETIVAS COMO PRESERVAÇÃO DE VALORES CULTURAIS E DIREITO DE EXISTÊNCIA DE ESPÉCIES DA FAUNA E FLORA. *CONSUMPTIVE USES*: USO PARA CONSUMO; *NATURE-BASED TOURISM*: ECOTURISMO; *LOCALIZED SERVICES*: SERVIÇOS AMBIENTAIS LOCALIZADOS; *DISPERSED SERVICES*: SERVIÇOS AMBIENTAIS DISPERSOS; *OPTION, EXISTENCE AND BEQUEST VALUES*: VALORES DE OPÇÃO, EXISTÊNCIA E LEGADO..... **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
- FIGURA 6.1** EMISSÕES DE CO₂ EQUIVALENTE (TONELADAS) ESTADUAIS PARA O ANO DE 2006. FORAM CONSIDERADOS COMO FONTE: QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS (ÁLCOOL HIDRATADO, GASOLINA, ÓLEO COMBUSTÍVEL, ÓLEO DIESEL, GLP), CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA, MUDANÇA DO USO DA TERRA (DESMATAMENTO DA AMAZÔNIA E FLORESTA ATLÂNTICA) E USO DA TERRA (FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO NA SOJICULTURA, FERTILIZANTES E DIGESTÃO ENTÉRICA BOVINA). (FONTE: LINDOSO ET AL., 2009)..... 139
- FIGURA 6.2** EMISSÕES BRUTAS DE CO₂ EQUIVALENTE A PARTIR DA MUDANÇA DO USO DA TERRA (DESMATAMENTO) E USO DA TERRA (PECUÁRIA: DIGESTÃO ENTÉRICA BOVINA, ANIMAIS EM PASTAGEM E DEJETOS DA SUINOCULTURA; AGRICULTURA: FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO NA SOJICULTURA) EM ALTA FLORESTA, SORRISO E FELIZ NATAL ENTRE 2001-2007. (FONTE: ELABORAÇÃO DO AUTOR) 141

FIGURA 6.3. EMISSÕES BRUTAS DE CO ₂ EQUIVALENTE A PARTIR DA MUDANÇA DO USO DA TERRA (DESMATAMENTO) E USO DA TERRA (PECUÁRIA: DIGESTÃO ENTÉRICA BOVINA, DEJETOS DA SUINOCULTURA E ANIMAIS EM PASTAGEM; AGRICULTURA: FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO NA SOJICULTURA) NO MATO GROSSO ENTRE 2001 E 2007	141
FIGURA 6.4. EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES ORIUNDAS DO USO DA TERRA EM CO ₂ EQUIVALENTE PARA ALTA FLORESTA, SORRISO E FELIZ NATAL (2001-2007). (FONTE: ELABORAÇÃO DO AUTOR)	142
FIGURA 6.5 OSCILAÇÃO DO PREÇO DASACA DE 60 KG DA SOJA NO MATO GROSSO E IGP EM SP, AMBOS NO ANTERIOR AO DESMATAMENTO E EVOLUÇÃO DAS TAXAS DE DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL (1995-2007). (FONTE: BARRETO ET AL., 2008)	146
FIGURA 6.6. PARTICIPAÇÃO (%) DO USO DA TERRA (PECUÁRIA BOVINA E SOJICULTURA) E MUDANÇA DO USO DA TERRA (DESMATAMENTO) NAS EMISSÕES BRUTAS DE CO ₂ EQUIVALENTE DOS SETORES CONSIDERADOS NESTE TRABALHO NO PERÍODO DE 2001-2007 PARA: (A) ALTA FLORESTA; (B) SORRISO; (C) FELIZ NATAL; (D) MATO GROSSO. (FONTE: ELABORAÇÃO DO AUTOR).....	150
FIGURA 6.7 PARTICIPAÇÃO (%) DE CH ₄ , CO ₂ E N ₂ O NAS EMISSÕES TOTAIS EM CO ₂ EQUIVALENTE TOTAIS PELOS SETORES DE USO DA TERRA E MUDANÇA DO USO DA TERRA CONSIDERADAS NESTE TRABALHO PARA O PERÍODO DE 2001-2007 (A) ALTA FLORESTA (B) SORRISO; (C) FELIZ NATAL; (D) MATO GROSSO.	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
FIGURA 6.8. ÍNDICE DE PERDA DE SERVIÇOS AMBIENTAIS CLIMÁTICOS (IPSC) PARA O MT, ALTA FLORESTA, SORRISO E FELIZ NATAL (2001-2007). (FONTE: ELABORAÇÃO DO AUTOR)	158
FIGURA 6.9 EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE EMISSÕES DE GEE PARA ALTA FLORESTA, SORRISO E FELIZ NATAL ENTRE 2001 E 2007. (FONTE: ELABORAÇÃO DO AUTOR)	158
FIGURA 6.10 EVOLUÇÃO DA “PEGADA CLIMÁTICA” PARA ALTA FLORESTA, SORRISO E FELIZ NATAL (2001-2007). (FONTE:ELABORAÇÃO DO AUTOR)	159
FIGURA 6.11 PARTICIPAÇÃO DAS ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS NO VALOR ADICIONADO BRUTO A PREÇO BÁSICO NO ESTADO DO MATO GROSSO ENTRE 2002 E 2006 EM VALORES DE MERCADO DE 2006 (FONTE: ADAPTADO DO ANUÁRIO SEPLAN-MT, 2007 E IBGE ESTADO, 2007). (FONTE: ELABORAÇÃO DO AUTOR)	161
FIGURA 6.12 EVOLUÇÃO DO PIB (A); DO DESMATAMENTO ENTRE 2001 E 2007 (B); DAS EMISSÕES DE CO ₂ ENTRE 2001 E 2007 (C) NO ESTADO DO MATO GROSSO ENTRE 2001 E 2006. (FONTE: SEPLAN-MT, 2007 E 2006; IBGE CIDADES, 2007, INPE, 2009)	162
FIGURA 6.13 EVOLUÇÃO DO PIB DE ALTA FLORESTA, SORRISO E FELIZ NATAL ENTRE 2001 E 2006. (FONTE: ADAPTADO DE SEPLAN-MT, 2002-2007). (FONTE: ELABORAÇÃO DO AUTOR)	163
FIGURA 6.14 REGRESSÃO LINEAR ENTRE O PIB AGROPECUÁRIO MATO-GROSSENSE E AS TAXAS DE DESMATAMENTO ENTRE OS ANOS COMPREENDIDOS ENTRE 1988 E 2005. (FONTE: ADAPTADO DO IBGE, 2007)	166
FIGURA 6.15 DESTINO NACIONAL EM 2005 DA CARNE ORIUNDA DE FRIGORÍFICOS NA AMAZÔNIA REGISTRADOS NO SIF (A); EVOLUÇÃO DAS EXPORTAÇÕES DE CARNE BOVINA DA AMAZÔNIA LEGAL E DO RESTANTE DO BRASIL ENTRE 2000 E 2006 (B); EVOLUÇÃO DAS EXPORTAÇÕES DE CARNE BOVINA DOS ESTADOS DA AMAZÔNIA LEGAL ENTRE 2000 E 2006 (C). (FONTE: BARRETO ET AL, 2008)	169
FIGURA 6.16 EXPORTAÇÕES DE SOJA BRASILEIRA E PRODUÇÃO DE SOJA NO MT ENTRE 2001 E 2006 EM 1.000 T. (FONTE: MAPA, 2009) (FONTE: ADAPTADO DO MAPA, 2009).....	170
FIGURA I. MODELO TRADICIONAL DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO SOBRE A FLORESTA. O PONTO DE INTERROGAÇÃO REFERE-SE ÀS INCERTEZAS DE QUEM OCUPA O PAPEL DE INTEGRADOR DO CONHECIMENTO PRODUZIDO PELA ACADEMIA.	180
FIGURA II MODELO ALTERNATIVO DE GESTÃO DO CONHECIMENTO SOBRE A FLORESTA BUSCANDO SINERGIAS ENTRE O ESTADO, SOCIEDADE CIVIL E CENTROS DE PESQUISA.....	180

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1. PROJEÇÃO DA REDUÇÃO NA ÁREA NACIONAL CAPAZ DE SATISFAZER AS NECESSIDADES MÍNIMAS DE ÁGUA PARA O CULTIVO DE MILHO, SOJA E ARROZ CONSIDERANDO O AUMENTO DE 3°C NA TEMPERATURA E INTENSIFICAÇÃO DAS CHUVAS EM 15% (RELATIVO A 1990).....	53
TABELA 1.2. PRODUÇÃO DE MILHO E SOJA (T/HA) PROJETADA EM RELAÇÃO AS PROJEÇÕES DE AUMENTO DAS CONCENTRAÇÕES ATMOSFÉRICAS DE CO ₂ (OBTIDAS A PARTIR DOS MODELOS GISS, CERES E SOYGRO).	55
TABELA 2.1. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS E GEOPOLÍTICOS DA REGIÃO CENTRO OESTE E RESPECTIVAS UNIDADES FEDERATIVAS (2000 E 2007). C (%): CRESCIMENTO DEMOGRÁFICO RELATIVO AO PERÍODO 2000 -2007. PARA O DF, O NÚMERO DE REGIÕES ADMINISTRATIVAS (RA) ESTÁ ENTRE PARÊNTESES. FONTE: IBGE CENSO 2000 E PNAD 2007.....	60
TABELA 2.2. COMPOSIÇÃO (PORCENTAGEM) DA POPULAÇÃO POR GÊNERO E URBANIZAÇÃO RESPECTIVA À REGIÃO CENTRO-OESTE E SUAS UNIDADES FEDERATIVAS (2000 E 2007).	61
TABELA 2.3. RENDIMENTO MENSAL E ESCOLARIDADE POR GÊNERO E ETNIA. OS NÚMEROS EM NEGRITO REFEREM-SE À TAXA DE CRESCIMENTO DO RENDIMENTO MÉDIO NOMINAL MENSAL ENTRE OS ANOS DE 2000 E 2006.....	62
TABELA 2.4. PRODUÇÃO ANIMAL: NORTE DO MATO GROSSO ESTADO (1); ESTADO DO MATO GROSSO (2); PARTICIPAÇÃO DO NORTE NA PRODUÇÃO ESTADUAL (1/2).....	63
TABELA 2.5. PRODUÇÃO DE <i>COMMODITIES</i> (2005): NORTE DO ESTADO DO MT (1); ESTADO DO MT (2); PARTICIPAÇÃO DO NORTE NA PRODUÇÃO ESTADUAL (1/2).....	64
TABELA 2.6. EVOLUÇÃO DA ESTRUTURA FUNDIÁRIA DO MATO GROSSO ENTRE 1998 E 2003.	65
TABELA 2.7. PREÇO DA TERRA EM R\$/HA ENTRE MARÇO-ABRIL (2002 E 2004) E JANEIRO E FEVEREIRO (2005) PARA OS TRÊS MUNICÍPIOS. PREÇO DA <i>COMMODITY</i> PRODUZIDA POR TIPO DE TERRA: BOI EM PASTAGEM (R\$/@) E SOJA EM TERRA AGRÍCOLA (R\$/SACA) PARA 2002 E 2004 (MARÇO-ABRIL) E 2005 (JANEIRO).....	67
TABELA 2.8. PROJETOS DE ASSENTAMENTOS RURAIS IMPLEMENTADOS PELO INTERMAT/INCRA ATÉ 2005 NO NORTE DO MATO GROSSO.	70
TABELA 3.1 ESTOQUE DE CARBONO (T C/HA) NA BIOMASSA AÉREA E NAS RAÍZES EM DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DE CERRADO.....	83
TABELA 3.2 FLUXO DE ÁGUA NA AMAZÔNIA (TRILHÕES DE M ³ /ANO) E COMPARAÇÃO COM A VAZÃO MÉDIA NA FOZ DO RIO AMAZONAS (%)	95
TABELA 3.4. PORCENTAGEM (%) DO ESTOQUE DE CARBONO INICIAL PERDIDO PARA A ATMOSFERA NA SUBSTITUIÇÃO DE FLORESTAS SEGUNDO DIFERENTES USOS DA TERRA PARA A VEGETAÇÃO E SOLO (PROFUNDIDADES DE ATÉ 1M).	99
TABELA 3.5. TAMANHO DO REBANHO BOVINO NOS TRÊS MUNICÍPIOS ANALISADOS: ALTA FLORESTA, SORRISO E FELIZ NATAL	109
TABELA 5.1. TEMPO DE RESIDÊNCIA E <i>GLOBAL WARMING POTENTIAL</i> (GWP) E RESPECTIVO HORIZONTE TEMPORAL	133
TABELA 5.2. FATOR DE EMISSÃO MÉDIO DE CO ₂ EQUIVALENTE PELA FERMENTAÇÃO ENTÉRICA DO REBANHO BOVINO BRASILEIRO A PARTIR DE UMA MÉDIA SIMPLES ENTRE DIFERENTES REFERÊNCIAS DA LITERATURA.	134
TABELA 5.3. SETORES DO USO DA TERRA E MUDANÇA DO USO DA TERRA CONSIDERADOS NESTE TRABALHO E SEUS RESPECTIVOS FATORES DE EMISSÃO DE GEE. (FBN – FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO)	135
TABELA 5.4. MÉDIA DAS EMISSÕES EM TONELADAS DE CO ₂ EQUIVALENTE PARA ALTA FLORESTA, SORRISO E FELIZ NATAL E MAIOR EMISSOR (COLNIZA, 2004) E MENOR EMISSOR (SORRISO, 2007) ESTADUAL DE GEE PARA O PERÍODO DE 2001-2007.....	136
TABELA 6.1 PARTICIPAÇÃO (%) DO DESMATAMENTO NAS EMISSÕES TOTAIS MUNICIPAIS DE CO ₂ EQUIVALENTE ENTRE 2001-2007.....	140
TABELA 6.2. FATORES DE EMISSÃO DE GEE PELO DESMATAMENTO (FLORESTA AMAZÔNICA) E POR ATIVIDADE DE USO DA TERRA E NÚMERO DE UNIDADES (CABEÇAS OU HECTARES) NECESSÁRIAS DE CADA ATIVIDADE PARA IGUALAR AS EMISSÕES DE UM HECTARE DE FLORESTA DESMATADA. OS VALORES SÃO DADOS EM CO ₂ EQUIVALENTE. FBN :FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO.	142
TABELA 6.3 EMISSÕES DE CH ₄ , CO ₂ E N ₂ O EM VALORES DE CO ₂ EQUIVALENTES POR SETOR DE USO DA TERRA E MUDANÇA DO USO DA TERRA (DESMATAMENTO) PARA O MUNICÍPIO DE ALTA FLORESTA PARA O PERÍODO DE 2001-2007 (FONTE: ELABORAÇÃO DO AUTOR).....	144

TABELA 6.4 EMISSÕES DE CH ₄ , CO ₂ E N ₂ O EM VALORES DE CO ₂ EQUIVALENTES POR SETOR DE USO DA TERRA E MUDANÇA DO USO DA TERRA (DESMATAMENTO) PARA O MUNICÍPIO DE SORRISO PARA O PERÍODO DE 2001-2007. (FONTE: ELABORAÇÃO DO AUTOR).....	144
TABELA 6.5 . EMISSÕES DE CH ₄ , CO ₂ E N ₂ O EM VALORES DE CO ₂ EQUIVALENTES POR SETOR DE USO DA TERRA E MUDANÇA DO USO DA TERRA (DESMATAMENTO) PARA O ESTADO DO MATO GROSSO PARA O PERÍODO DE 2001-2007. (FONTE: ELABORAÇÃO DO AUTOR).....	145
TABELA 6.6 . EMISSÕES DE CH ₄ , CO ₂ E N ₂ O EM VALORES DE CO ₂ EQUIVALENTES POR SETOR DE USO DA TERRA E MUDANÇA DO USO DA TERRA (DESMATAMENTO) PARA O MUNICÍPIO DE FELIZ NATAL PARA O PERÍODO DE 2001-2007. (FONTE: ELABORAÇÃO DO AUTOR).....	145
TABELA 6.7 . PARTICIPAÇÃO (%) DO USO DA TERRA (UT) E MUDANÇA DO USO DA TERRA (MUT) NAS EMISSÕES MUNICIPAIS (ALTA FLORESTA, SORRISO E FELIZ NATAL) E DO MATO GROSSO ENTRE 2001 E 2007	148
TABELA 6.8 BALANÇO DE CO ₂ (T C) ENTRE O QUE FOI EMITIDO (PASTAGENS E DESMATAMENTO) E O QUE FOI SEQUESTRADO PELOS REMANESCENTES DE FLORESTA EM CADA MUNICÍPIO E NO MT.	155
TABELA 6.9 CÁLCULO DA “PEGADA CLIMÁTICA” DE ALTA FLORESTA, SORRISO E FELIZ NATAL. IPSC: ÍNDICE DE PERDA DE SERVIÇOS AMBIENTAIS CLIMÁTICOS; IEGEE: ÍNDICE DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA; P. C: “PEGADA CLIMÁTICA”.	160
TABELA 6.10 INTENSIDADE DE CARBONO ANUAL E DO PERÍODO DO PIB MUNICIPAL (2001-2007) E ESTADUAL (2002-2006) EM TONELADAS DE CO ₂ EQUIVALENTES/ R\$ 1.000 PIB.	164
TABELA 6.11 INTENSIDADE DE CARBONO ANUAL E DO PERÍODO PARA PECUÁRIA (T CO ₂ / R\$ 1.000 DO VALOR ADICIONADO BRUTO A PREÇO BÁSICO DA PECUÁRIA E PESÇA), SOJICULTURA (T CO ₂ / R\$ 1.000 DO VALOR ADICIONADO BRUTO A PREÇO BÁSICO DA AGRICULTURA, SILVICULTURA E EXPLORAÇÃO VEGETAL) E DESMATAMENTO (T CO ₂ / R\$ 1.000 DO VALOR ADICIONADO BRUTO A PREÇO BÁSICO) PARA O MT (2002-2006).	164
TABELA 6.12 ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO MUNICIPAL E SUB-ÍNDICES EDUCAÇÃO, LONGEVIDADE E RENDA PARA SORRISO, ALTA FLORESTA, FELIZ NATAL E MATO GROSSO, E SUAS RESPECTIVAS POSIÇÕES NO CONTEXTO ESTADUAL E NACIONAL	167
TABELA 6.13 PRINCIPAIS PAÍSES IMP ORTADORES DE CARNE BRASILEIRA, TOTAL IMPORTADO (T) E RENDIMENTO DAS EXPORTAÇÕES (US\$ 1.000) NO ANO DE 2007	170

LISTA DE ABREVIATURAS

APP- Áreas de Preservação Permanente
CDS - Centro Desenvolvimento Sustentável
CQNUMC - Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima
DETER - Detecção de Desmatamento em tempo Real
DNIT - Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transporte
DS - Desenvolvimento Sustentável
FBMC - Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas (FBMC)
FBN – Fixação Biológica de Nitrogênio
GEE – Gases de Efeito Estufa
GWP - Global Warming Potential
IBEAGEE – I Inventário Brasileiro Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
ICV – Instituto Centro de Vida
Imazon – Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia
IDHM - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change
IPCC AR 4 – Four Assessment Report
IPCC TAR – Third Assessment Report
IPSC - Índice de Perda de Serviços Climáticos
ISA – Instituto Social Ambiental
LBA - Experimento de Larga Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia
LUPIS - Land Use Policies and Sustainable Development in Developing Countries
MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MC - Mudanças Climáticas
MCT - Ministério de Ciência e Tecnologia
MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MQO – Mínimos Quadrados Ordinários
OMM - Organização Meteorológica Mundial
PAC - Programa de Aceleração do Crescimento
PBMC - Painel Brasileiro sobre Mudanças Climáticas (PBMC)
PIB - *Produto Interno Bruto*
PNMC - Plano Nacional sobre Mudanças Climáticas (PNMC)
PRODES - Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia
PSA - Pagamento por Serviços Ambientais
REDD - Reduções das Emissões do Desmatamento e da Degradação
RL - Reserva Legal
SEMA-MT Secretaria de Meio Ambiente do Mato Grosso
SEPLAN/MT - Secretaria de Estado do Planejamento e Desenvolvimento do estado do Mato Grosso
SLAPR - Sistema de Licenciamento Ambiental em Propriedades Rurais
UC - Unidades de Conservação (UC)
UFMT - Universidade Federal do Mato Grosso
ZEE - Zoneamento Ecológico-Econômico

1. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....27

1.1. Desenvolvimento Sustentável – epistemologia da sustentabilidade.....	27
1.1.1. Desafios da sustentabilidade.....	29
1.2. Avaliação da Sustentabilidade.....	30
1.2.1. Indicadores.....	30
1.2.2. Sistemas de Avaliação da Sustentabilidade.....	31
1.3. Operacionalização do Conceito de Sustentabilidade.....	33
1.3.1. Economia Ecológica X Economia Neoclássica.....	33
1.3.2. Capital Natural X Serviços Ambientais.....	34
1.3.3. Metas e Objetivos de uma sustentabilidade climática – referências para a dissertação.....	36
1.4. Mudanças Climáticas.....	38
1.4.1. Conceituação.....	38
1.4.2. Paleoclimatologia: a luz do passado para entender o futuro.....	39
1.4.3. A ciência do Clima.....	42
1.4.4. O que pode ser feito? Os desafios da governança climática.....	46
1.4.5. Projeções climáticas para Amazônia no século XXI.....	48
1.4.5.1. Breve descrição das tendências de precipitação e temperatura observadas na Amazônia durante o século XX (1951-2002).....	49
1.4.5.2. Projeções do INPE para Amazônia (2071-2100).....	49
1.4.6. Projeções dos impactos das mudanças climáticas nos sistemas agroprodutivos brasileiros	
51	
1.5. Mudanças Climáticas na agenda política brasileira.....	56

2. DINÂMICA DO USO DA TERRA NO MATO GROSSO.....59

2.1. O Modelo de desenvolvimento econômico e desmatamento.....	62
2.2. Questão fundiária e conflitos sociais.....	65
2.3. O mercado de terras.....	67
2.4. Algumas políticas públicas de uso da terra relevantes para o MT.....	68
2.4.1. Plano Safra 2007/2008.....	68
2.4.2. Renegociação das dívidas rurais.....	69
2.4.3. Incentivos à produção de biocombustíveis.....	69
2.4.4. Projetos de Assentamento Rural.....	70
2.4.5. Criação de Unidades de Conservação e Terras Indígenas.....	71
2.5. Histórico dos municípios.....	71
2.6. BR 163 e sua área de Influência - eixo do desmatamento.....	73

2.7.	Monitoramento: SLAPR e controle do desmatamento	75
2.8.	Projeto Poço de Carbono – Fazenda São Nicolau	77
3.	PROCESSOS ECOSISTÊNCOS E REGULAÇÃO CLIMÁTICA.....	80
3.1.	Cerrado: estoque e sequestro de carbono	81
3.1.1.	Estoque	82
3.1.2.	Sequestro	84
3.1.3.	Queimadas e Estoque/Sequestro de Carbono	84
3.2.	Amazônia: estoque/sequestro de carbono.....	87
3.2.1.	Sequestro	88
3.2.2.	Estoque.....	89
3.3.	Amazônia: Ciclo Hidrológico.....	90
3.3.1.	Taxa de reciclagem: a bomba hídrica florestal	91
3.3.2.	O pequeno e o grande ciclo da água amazônica.....	92
3.3.2.1.	O pequeno ciclo: chuvas locais.....	92
3.3.2.2.	O grande ciclo: chuvas regionais.....	93
3.4.	IMPACTO DO DESMATAMENTO NOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS CLIMÁTICOS	97
3.4.1.	Desmatamento X Estoque/Sequestro de Carbono	98
3.4.2.	Desmatamento X Ciclo Hidrológico.....	99
3.4.3.	Desmatamento X Distribuição de Energia Solar.....	102
3.4.4.	Desmatamento X Emissões de CO ₂	104
3.4.5.	Desmatamento X Fragmentação Florestal.....	105
3.5.	USO DA TERRA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA OS SERVIÇOS AMBIENTAIS CLIMÁTICOS.....	107
3.5.1.	Pecuária.....	107
3.5.1.1.	Pecuária: emissões de Metano (CH ₄)	107
3.5.1.2.	Pecuária: emissões de gás carbônico (CO ₂).....	111
3.5.1.3.	Pecuária: emissão de óxido nitroso (N ₂ O).....	112
3.5.2.	Práticas Agrícolas.....	112
3.5.2.1.	Práticas agrícolas: Emissões de óxido nitroso (N ₂ O).....	112
4.	CUSTOS E BENEFÍCIOS DA CONSERVAÇÃO.....	117
4.1.	Considerações sobre conservação e financiamento	120
4.2.	Estado, Mercado e Sociedade	122
4.2.1.	Estado: Impostos e Taxas	123
4.2.2.	Mercado de Carbono	124
4.2.3.	Escolha individual: O cidadão como sujeito da Governança Climática	126
4.3.	Considerações Finais.....	127
5.	METODOLOGIA.....	128

5.1. Índice de Perda de Serviços Ecosistêmicos Climáticos (IPSC)	130
5.1.1. Subíndice desmatamento acumulado.....	130
5.1.2. Subíndice de fragmentação.....	131
5.2. Índice de emissões de GEE	132
5.2.1. Emissões de GEE oriundos da mudança do uso da terra (desmatamento).....	132
5.2.2. Emissões de GEE oriundos do uso da terra (agropecuária).....	133
5.2.2.1. Pecuária e Emissões de CO ₂ equivalentes	134
As emissões de GEE da pecuária bovina são calculadas neste trabalho a partir das emissões oriundas da digestão entérica bovina (CH ₄) e decomposição dos dejetos de animais em pastagem (N ₂ O). Já as emissões da suinocultura são constituídas pela digestão entérica suína e decomposição anaeróbica dos dejetos (CH ₄).....	
5.2.2.2. Agricultura e emissões de CO ₂ equivalente	135
fonte: adaptada do Primeiro Inventário Brasileiro (2004).....	135
5.2.3. Normalização do Índice de Emissões de GEE.....	136

5.3. Cálculo da “Pegada Climática”	137
---	------------

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 138

6.1. Emissões de Gases de Efeito Estufa	138
6.1.1. Emissões Municipais.....	140
6.1.2. Emissões de GEE e Mercado de <i>Commodities</i>	146
6.1.3. Emissões por tipo de gás	151
6.1.4. Sequestro de Carbono	154
6.2. Índice de Perda de Serviços Climáticos (IPSC)	157
6.3. Índice de Emissão de GEE	158
6.4. “Pegada climática”	159
6.5. Mato Grosso e o modelo econômico pautado na devastação: o dilema entre o sistema climático e o desenvolvimento socioeconômico	160
6.6. De quem é a responsabilidade?	167
6.7. Conclusões	170

REFLEXÕES E RECOMENDAÇÕES..... 175

1. Políticas de Ciência e Tecnologia	176
1.1 Modelos.....	176
1.1.1 Monitoramento dos estoques de carbono: desafios e potencialidades políticas.....	177
2. Políticas de mitigação e adaptação dos sistemas agroprodutivos	181

3. Política de Educação Ambiental: rompendo a inércia comportamental 189

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 191

INTRODUÇÃO

Há uma grandiosidade na vida, com suas inúmeras potencialidades, tendo sido originalmente insuflada em algumas poucas formas ou em uma única; assim, enquanto este planeta vem girando de acordo com a lei imutável da gravidade, a partir de um princípio tão simples, infinitas formas, das mais belas e maravilhosas, evoluíram e continuam evoluindo. (Darwin, 1858, p. 460, tradução do autor)

A ameaça de um colapso climático vem sendo propalada por muitos como a anunciação do fim dos tempos. Seitas religiosas, loucos e profetas apontam o fim do mundo como próximo, buscando nos extremos climáticos, como enchentes, secas e furacões, sinais divinos do cumprimento das profecias de São João no Apocalipse. Porém, Charles Darwin, com a leveza de um poeta, nos lembra, no último parágrafo de sua obra (*A origem das espécies por meio da seleção natural*) que a vida sempre encontrou formas de se perpetuar, a despeito do tempo e de condições adversas.

Nos últimos 600 milhões de anos, a vida já enfrentou cinco extinções em massa. A extinção do Permiano-Triássico, a 251 milhões de anos atrás, foi a mais devastadora observada nos registros fósseis, extinguindo mais de 90% da vida Terrestre. Porém foi seguida da irradiação adaptativa do terciário (período de intensa criatividade biológica) que originou os dinossauros (representados hoje pelas aves) e os mamíferos. Portanto, o mundo não vai acabar e a espécie humana dificilmente irá desaparecer.

Segundo diversos autores, estamos experienciando o sexto evento, também chamado de extinção do Holoceno, cujas causas são basicamente antrópicas. Podemos enxergar nas alterações climáticas provocadas pelas atividades humanas como uma manifestação do potencial de extinção que a nossa espécie representa. O “embranquecimento dos corais”, em decorrência do aumento das temperaturas globais e o nível do mar vêm comprometendo ecossistemas marinhos que comportam 90% da vida oceânica. O derretimento do Ártico vem reduzindo o hábitat de espécies de topo de cadeia como o urso polar (*Ursus maritimus*) e a raposa do ártico (*Alopex lagopus*). Projeções para a realidade nacional apontam a savanização da Amazônia, o desaparecimento de manguezais na costa e das florestas de Araucária no Sul do país como alguns dos possíveis impactos na biodiversidade brasileira. Em última análise, a mudança do clima representa uma ameaça à própria manutenção da civilização humana como a conhecemos. Diamond (2007) aponta oito processos que levaram sociedades humanas pretéritas ao colapso: *“desmatamento e destruição do hábitat, problemas com o solo (erosão, salinização e perda de fertilidade), problemas com o controle da água, sobrecaça, sobrepesca, efeitos da introdução de espécies exóticas e*

aumento per capita do impacto do crescimento demográfico.” (p. 18 e 19). Segundo o mesmo autor, quatro novas ameaças somaram-se a estas oito: mudanças climáticas, acúmulo de substâncias tóxicas no ambiente, escassez de energia e esgotamento da capacidade fotossintética do planeta.

O reconhecimento de que às mudanças climáticas previstas para o século XXI terão profundas conseqüências para as sociedades humanas vem ganhando espaço na agenda internacional, expresso em um ainda incipiente arranjo institucional global e iniciativas isoladas empreendidas por alguns países. Contudo, reflexões concernentes à mitigação e adaptação às mudanças climáticas também devem perpassar a escala regional e local, embasando a gestão e o planejamento público em médio e longo prazo.

Avaliações integradas dos *trade-offs* entre o desenvolvimento socioeconômico gerado por um determinado modelo produtivo/padrão de consumo e a manutenção de processos ecológicos fundamentais à regulação climática são ferramentas fundamentais no suporte à tomada de decisão que busquem estratégias de desenvolvimento mais sustentáveis que as atualmente adotadas.

A ““pegada climática””, proposta neste trabalho, pretende fornecer uma possível referência de avaliação que vislumbre os *trade-offs* entre ganhos socioeconômicos e os impactos na dinâmica climática.

O problema: Mudanças Climáticas e Colapso Civilizatório

As mudanças climáticas são inevitáveis; os esforços de mitigação das emissões buscam, na verdade, minimizar os impactos delas resultantes. Devemos entender quais são os riscos físicos existentes. (Nicholas Stern, 2008)

A expectativa que as temperaturas globais aumentem entre 1,8 °C e 4,0 °C ao longo deste século, assim como a provável intensificação de eventos extremos como secas, enchentes e ondas de calor (IPCC, 2007) impõem urgência em ações que visem à *adaptação* da sociedade, ao mesmo tempo em que exigem medidas para redução (*mitigação*) das contribuições antropogênicas para o agravamento da situação. Ainda que nos deparemos com a impossibilidade de impedir as mudanças climáticas, nos é dada a oportunidade de amenizar sua intensidade.

O INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), em parceria com instituições nacionais e internacionais, vem investindo recursos em ciência e tecnologia, visando compreender e monitorar as mudanças climáticas dentro do contexto brasileiro. Lançando mão de modelos próprios e de alguns utilizados pelo IPCC, o INPE projetou cenários climáticos ao longo deste século para as cinco regiões brasileiras. Para a

Amazônia, por exemplo, espera-se incrementos de 6°C a 8°C nas temperaturas médias entre 2071-2100, tendo como referencia as médias de 1961-1990 (Marengo, 2007). Este bioma ainda pode apresentar redução de até 20% no volume de chuvas, levando a savanização de parte da floresta no cenário mais pessimista, comprometendo a vazão fluvial e as atividades a ela relacionadas, como a pesca, abastecimento humano de água e geração de energia. O aporte de umidade atmosférica da Amazônia para a região centro-sul brasileira e demais países da América do Sul também poderia ser comprometido, especialmente no verão, trazendo prejuízos significativos para o setor agropecuário, abastecimento humano de água, geração de energia e conservação da biodiversidade.

Segundo o economista britânico Nicholas Stern, os danos econômicos e sociais resultantes são maiores que os custos necessários para mitigar e adaptar a tais intempéries. O comprometimento da receita global seria gradual e crescente à medida que a intensidade das mudanças fosse aumentando. De acordo com a Organização Meteorológica Mundial (OMM), o ano de 2005 apresentou 350 mil mortes relacionadas a desastres naturais meteorológicos, implicando prejuízos de US\$ 200 bilhões de naquele ano. A perspectiva do aumento da população de refugiados climáticos coloca desafios a gestão territorial global, uma vez que envolve o deslocamento de grandes contingentes humanos, tanto entre regiões de um mesmo país, como através das fronteiras nacionais. O caso do arquipélago de Tuvalu é emblemático. A maior parte do seu território encontra-se a 1m da linha da maré alta e, diante da ascensão do nível do mar esperado para o século XXI, o país corre o risco de desaparecer. Segundo a palavra do primeiro ministro de Tuvalu em assembléia na sede das Nações Unidas em 2003:

*Nós vivemos em constante medo dos impactos adversos das mudanças climáticas. Para uma nação formada por atóis de coral, o aumento do nível do mar e eventos climáticos mais severos constituem uma ameaça crescente a toda nossa população. O risco é real e sério, e não há diferença em relação a uma forma lenta e insidiosa de terrorismo contra nós. (Saufatu Sopoanga, primeiro ministro de Tuvalu em 2003)*¹

O comprometimento de grande parte do PIB mundial com a questão climática tornaria escassos os recursos destinados a outras questões não menos importantes, como o combate a fome e desigualdades sociais, as quais tendem a se intensificar devido às mudanças climáticas.

¹Disponível em www.tuvaluislands.com/warming.htm

Do ponto de vista da mitigação, Stern (2008) sugere a necessidade de reduzir em 50% as emissões globais para que em 2050 as concentrações de gás carbônico permaneçam em níveis abaixo do teto de 500 ppm, patamar considerado razoável por este diante das possibilidades de ação e controle de risco. Para outros autores, como Hansen *et al* (2008) o patamar é menor, em torno de 450 ppm. Contudo, independente do patamar seguro, ações para refrear as emissões humanas e preparar as sociedades para o impacto socioeconômico infligido pelas mudanças climáticas devem orientar a política mundial.

Por fim, é importante destacar o descompasso entre causas e conseqüências das alterações humanas na dinâmica climática. Os efeitos que hoje presenciamos são resultado de emissões humanas de décadas atrás. Sabendo que as contribuições antrópicas seguiram uma tendência firme de crescimento na segunda metade do século XX, é esperado que as emissões atuais serão responsáveis por eventos climáticos de proporções catastróficas ao longo do século XXI. A ausência de sincronidade entre causas e efeitos retarda a capilaridade da questão climática na pauta política e dificulta a sensibilização da população.

O problema: Brasil e Mudanças Climáticas

O Brasil tem mais da metade das suas emissões de CO₂ relacionadas ao uso da terra e conversão de vegetação nativa em sistemas agroprodutivos (Primeiro Inventário Brasileiro, 2004), colocando-se entre os cinco maiores emissores globais. Contudo, as medidas de redução das emissões nacionais não acarretariam em impactos significativos na economia. Diferentemente, os demais países que, ao lado do Brasil, ocupam as primeiras posições do ranking de emissões globais de GEE, deparam-se com uma situação mais delicada. Nestes, o grosso das emissões provém da matriz energética (principalmente de origem fóssil) e produção industrial, sendo o cumprimento das metas de redução potencialmente negativo à dinâmica econômica. É o caso tanto do Japão quanto da Austrália, os quais se mostraram resistentes em ratificar o protocolo de Kyoto², assim como dos EUA, que recusaram veementemente as metas diante da perspectiva de recessão econômica.

Contudo, algumas economias regionais dentro do território brasileiro são fortemente dependentes da produção agrícola. O norte do Mato Grosso é um dos exemplos emblemáticos desse contexto. A agropecuária responde diretamente por um terço do PIB estadual (IBGE, 2005), e indiretamente por outra parcela substancial

² Protocolo de Kyoto

associada a serviços e indústrias que prosperam em torno da atividade. Simultaneamente, cerrados e florestas são derrubados para dar lugar a novos pastos nas frentes pioneiras, deslocados pelo avanço da produção de grãos e biocombustíveis em outras regiões do estado e no centro-sul brasileiro.

Neste processo, serviços ambientais fundamentais à manutenção da dinâmica climática são comprometidos. Milhões de toneladas de dióxido de carbono são eliminados na atmosfera anualmente pelas queimadas; outros tantos milhões de toneladas de metano são produzidos pela digestão entérica bovina; a remoção da vegetação apaga da face da terra importantes estoques e sumidouros de carbono, essenciais a mitigação do aquecimento global; o ciclo hidrológico, tanto local quanto continental é impactado, uma vez que a floresta é importante fonte de umidade para as chuvas que chegam ao centro-sul brasileiro e países vizinhos, nos chamados Rios Voadores (Salati, 1984, Marengo, 2007). Outras tantas externalidades ambientais como perda de biodiversidade, aumento da erosão do solo, lixiviação de rios, contaminação por agroquímicos, também estão associados aos valores recordes da safra agrícola e exportação de carne mato-grossense. Os resultados deste trabalho irão mostrar que, por um lado, pelo menos para a realidade dos municípios do norte mato-grossense, grandes quantidades de emissão oriundas da mudança/uso da terra estão associadas a um baixo valor agregado à economia, sugerindo que reduções substanciais das emissões na região implicariam em baixo comprometimento do PIB estadual e municipal. Por outro lado, a devastação já empreendida na região privou o país e o mundo de importantes elementos ecossistêmicos relacionados à regulação climática.

Diante desse contexto e das perspectivas sombrias em longo prazo para as sociedades locais e globais, questiona-se se os ganhos socioeconômicos regionais compensam os impactos ambientais negativos, mais especificamente os impactos sobre a dinâmica climática. Contudo, uma resposta a este questionamento demanda referências palpáveis para ganhar confiabilidade e legitimidade política, capaz de influenciar o tomador de decisão nas suas escolhas.

Índices e indicadores podem refletir os *trade-offs* entre as dimensões da sustentabilidade através das escalas local-global, disponibilizando uma ferramenta consistente para entender a realidade e avaliar as conseqüências de alternativas políticas sobre a dinâmica do real.

A dissertação

Análises estatísticas apontam que as taxas de desmatamento e o PIB agropecuário apresentam uma estreita correlação no Mato Grosso, sugerindo que os

impactos econômicas positivas, assim como os benefícios sociais dela resultantes, estão associadas ao comprometimento da biodiversidade amazônica e savânica mato-grossense.

A hipótese aqui considerada é de que a sustentabilidade, dentro do atual modelo de produção em consolidação no estado, é fragilizada tanto pela incompatibilidade entre o desenvolvimento socioeconômico e a preservação dos serviços climáticos e ecossistêmicos, como pela forte dependência da economia local de um mercado de *commodities* instável. A oscilação do preço de gêneros agrícolas em função de uma série de fatores, como clima global, relação demanda/oferta, taxa de câmbio, entre outros, traz incertezas para a sustentabilidade de economias fortemente agrícolas.

Assim, para fins deste trabalho, parte-se do pressuposto que há *trade-offs* entre a dimensão socioeconômica e a dimensão climática. O comprometimento de serviços ambientais associados à regulação climática é inerente ao atual modelo de produção. Desta perspectiva, pretendemos elaborar uma “pegada climática” capaz de representar os *trade-offs* ao longo dos anos compreendidos no período 2001-2007.

Foram selecionados três municípios no norte do Mato Grosso: Alta Floresta, Sorriso e Feliz Natal. O primeiro representa um importante pólo da pecuária bovina no estado; o segundo desponta como principal produtor de soja nacional e o terceiro encontra-se na frente de expansão da fronteira agrícola, com grande parte da vegetação intacta e vizinho ao Parque Índigena do Xingu.

A dissertação se justifica na perspectiva de contribuir para a demanda por metodologias de avaliação de impacto na sustentabilidade que considerem a questão climática nos modelos que orientam a tomada de decisão.

Ademais, os anseios desta dissertação visam contribuir para o debate sobre estratégias de gestão climática para o Brasil, visto a urgência com a qual soluções devem ser buscadas para o problema que se apresenta como global e de conseqüências potencialmente catastróficas para as sociedades. Tal aspiração corrobora também com os objetivos gerais do Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (CDS/UnB) e do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do mesmo (PPGDS/CDS), os quais almejam “*contribuir para o debate interdisciplinar*”, essencial ao entendimento de uma problemática complexa como a climática e “*contribuir para o enfrentamento dos desafios do DS e para a tomada de decisão em políticas públicas socioambientais e de ciência e tecnologia*” (CDS, 2008).

A dissertação está dividida em seis capítulos. O primeiro capítulo discursa sobre desenvolvimento sustentável (DS), apresentando algumas conceituações e a

perspectiva da economia ecológica que embasará o conceito de DS adotado nesta dissertação. Também debate a importância de sistemas de indicadores na avaliação integrada da sustentabilidade, enfatizando a necessidade de quantificar aspectos da realidade para efetivar um processo de gestão. Ainda no mesmo capítulo, a questão climática será apresentada, trazendo informações relativas ao impacto humano na dinâmica climática, assim como aquelas concernentes aos riscos que as sociedades estão sujeitas. Buscou-se em organizações científicas e institutos de pesquisa de grande relevância internacional, como IPCC e INPE, assim como em autores consagrados no tema, como Hansen, Stern, Perry, Marengo, Fearnside e Nobre, dados legitimados que pudessem demonstrar os contextos climáticos esperados para o século XXI. Por fim, é feita uma breve apresentação da agenda política climática brasileira com o objetivo de explicitar o momento político fértil pelo qual às mudanças climáticas estão passando.

Por sua vez, o segundo capítulo consiste em um breve histórico da ocupação do Mato Grosso e dos municípios analisados neste trabalho, buscando relacioná-lo aos aspectos sociais e econômicos observados atualmente no período.

O terceiro capítulo é fundamental, pois apresenta a ecologia climática e os impactos negativos oriundos do uso da terra e mudança do uso da terra a ser representados pela “pegada climática”. Inicialmente são descritos os serviços ecossistêmicos relacionados à regulação climática fornecidos pelas florestas ombrófilas e cerrados, como o estoque/sequestro de carbono e manutenção do ciclo hidrológico, buscando fazer análises comparativas entre os dois biomas. O objetivo é explicitar a importância do indicador de desmatamento acumulado utilizado na construção da “pegada climática”. Em seguida, o capítulo identifica e discute os processos agroprodutivos relevantes na região pelas suas emissões de GEE.

O quarto capítulo discute a efetivação da conservação como estratégia de mitigação, identificando seus custos e benefícios, responsabilidades e instrumentos de gestão.

O quinto capítulo apresenta a metodologia utilizada para o cálculo da “pegada climática”, incluindo a construção dos dois indicadores que o compõem: índice de perda de serviços ambientais (IPSC) e o índice de emissões de gases de efeito estufa.

O sexto capítulo refere-se aos resultados, discussões e conclusões da dissertação, trazendo a “pegada climática” dos três municípios entre 2001 e 2006, confrontada-a à aspectos econômicos e sociais do estado e dos municípios. Dentre as principais constatações, podemos citar o desmatamento como a grande fonte de gases de efeito estufa no período analisado, a pecuária bovina como atividade

agroprodutiva de maior custo climático, uma vez que emite grande quantidade de GEE para um baixo valor agregado a economia. Observou-se também uma tendência de redução da quantidade e intensidade de carbono das economias municipais à medida que a fronteira agrícola se consolida.

Em Reflexões e Recomendações, um desdobramento das conclusões deste trabalho, uma reflexão sobre o dilema entre clima e o modelo de desenvolvimento agropecuário do Mato Grosso é empreendida, sugerindo algumas estratégias de gestão, como sinergias entre Estado, Sociedade e Academia na geração de conhecimento sobre a ecologia do carbono e a necessidade de revisão do código florestal brasileiro, o qual poderia incorporar critérios ecológicos (climáticos) na determinação da área das Reservas Legais.

No apêndice 1 será feito um breve relato das observações de campo colhidas ao longo de 2 semanas pela BR 163 em Julho de 2008 e que em grande medida influenciaram a realização deste trabalho.

1. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

1.1. Desenvolvimento Sustentável – epistemologia da sustentabilidade

O Desenvolvimento sustentável (DS) emerge nas últimas décadas do século XX como um discurso que busca amenizar os *riscos* da modernidade diante da dinâmica de suas dimensões institucionais e globalizantes (Giddens, 1991). É antes de tudo um conceito amplo, subjetivo, apropriado por diversos atores nos seus discursos para justificar os mais variados fins, muitas vezes divergentes entre si (Hopwood *et al.*, 2005, Pope, 2004, Baroni, 1992).

A palavra *desenvolvimento* refere-se ao desdobramento linear temporal de um processo, expansão ou realização de potenciais, frequentemente associado a progresso e a uma teleologia (Daly, 2004). É um termo essencialmente moderno, que surge e só faz sentido no contexto da modernidade. Foi construído sob os auspícios da apropriação reflexiva do conhecimento, a qual permite a modificação social pela incorporação nesta do conhecimento produzido sobre si própria, rompendo com o fixismo das sociedades pré-modernas (Giddens, 1991).

A economia neoclássica apropriou-se do termo para referir-se ao crescimento econômico. O critério de avaliação do desenvolvimento dos países passou a ser medido pela evolução de uma única variável: o PIB (Daly, 2004; Cavalcanti, 2003, Söderbauma, 2006). Contudo, o reducionismo unidimensional do conceito provocou reações na comunidade epistêmica e passou a ser duramente criticado a partir da década de 1970. O relatório Meadows (1972) abalou a perspectiva de um crescimento econômico infinito, mostrando que há limites para a voracidade humana sobre a transformação de capital natural em capital manufaturado. Trouxe para a luz da consciência coletiva os limites que a natureza impõe ao desenvolvimento.

Celso Furtado (1974) afirma que o desenvolvimento calcado no crescimento da economia é uma falácia, um mito capitalista. Os recursos naturais finitos não são suficientes para sustentar um padrão de consumo almejado pela maioria das sociedades. A fundamentação da expectativa marxista da evolução natural das sociedades capitalistas para socialistas é similar à criada pelo Capitalismo pós-guerra de uma transmigração das economias subdesenvolvidas para a esfera das desenvolvidas por meio da industrialização e crescimento econômico. As críticas nessa linha, abundantes nos últimos trinta anos, favoreceram o questionamento da

legitimidade do corolário econômico, de seus princípios e a criação de um ambiente favorável ao surgimento do conceito de *Desenvolvimento Sustentável*.

Mais recentemente (1990), a elaboração do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) pôs em destaque a perspectiva humana do desenvolvimento, preconizando desenvolvimento como “*uma expansão das capacitações humanas, uma ampliação de escolhas, um fortalecimento das liberdades e respeito*” (Fukuda-Parr e Kumar, 2007). Amartya Sen (2007) destaca que no desenvolvimento humano, a renda e a expansão da produção são meios e não fins do desenvolvimento (Sen, 2007, p. XXV). A conceituação amplia os horizontes do termo e incorpora outras dimensões que não apenas a econômica.

Perspectivas diferentes muito frequentemente são complementares, mascaradas sob uma atmosfera de antagonismos. Concepções de desenvolvimento mais ou menos compreensivas de um processo complexo confluem como tributários de um rio, formando corredeiras cada vez mais caudalosas até misturar-se ao oceano da realidade. A perspectiva, ou melhor, as perspectivas de desenvolvimento sustentável (DS) surgem ao longo deste processo como esforço integrador de olhares fragmentados. Mas antes, cabe uma breve discussão sobre o segundo termo em questão: *sustentabilidade*.

Sustentabilidade surge em contraposição a *insustentabilidade*, ameaça atualmente representada pelo risco de um colapso ambiental inerente ao modo imprevidente como o homem vem se apropriando da natureza. Podemos encontrar as raízes da *insustentabilidade* no aprimoramento das tecnologias de transformação dos recursos naturais, fortalecido após a associação entre a dimensão institucional, capitalismo e industrialismo (Giddens, 1990).

Após conceituar ambos os termos que o compõem, vejamos algumas idéias sobre o que é desenvolvimento sustentável. A definição de DS mais difundida atualmente é a encontrada no relatório Brundtland (1987), a qual enuncia DS como “*o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades*”. Cabe ressaltar novamente que o conceito de DS é muito amplo, o que abre espaço para diversas definições e nenhum consenso. A fornecida pelo relatório Brundtland, por exemplo, é vaga ao estabelecer objetivos genéricos sem especificar quais são tais necessidades ou como obtê-las (Bartelmus, 2005); contudo é um bom ponto de partida para analisar o DS sob a perspectiva da modernidade (Ness et. al, 2005) e é abrangente o suficiente para ter capilaridade no cenário político.

1.1.1. Desafios da sustentabilidade

Abaixo, segue alguns pontos importantes a serem discutidos e que refletem os desafios do DS.

A história não é teleológica; não caminha para um objetivo final e definitivo. É, antes de tudo, fruto da autoreflexão da sociedade (historicidade), cuja aquisição de conhecimento sobre si mesma introjeta novas práticas socialmente criativas (Giddens, 1991). A interação entre estas novas formas de conhecimento e outros sistemas sociais é imprevisível.

Explicita-se o desencaixe característico da modernidade, o qual encontra sua origem na separação tempo-espaço. Em outras palavras, ao se falar de DS, propõe-se um desenvolvimento que considere esta geração (presente) e as próximas gerações (futuro). Fica evidente a necessidade da reorganização social atual com vistas à manutenção das sociedades vindouras, destacando o desencaixe temporal das relações sociais. Na modernidade, o poderio propiciado pelo conhecimento humano e consolidado nos mecanismos de apropriação da natureza não é capaz de antever as conseqüências em longo prazo, de modo que as gerações têm que lidar com problemas cujas origens retrocedem no tempo e espaço, radicados nas ações de gerações precedentes. Esse desencaixe das causas e conseqüências compõe parte do descontrole da modernidade explicitado nos riscos e perigos que esta criou. Modificações na própria estrutura social são necessárias, demandando estabelecer caminhos factíveis a partir do cenário atual (Hopwood, 2005). Isso implica em considerar as contingências da realidade presente na elaboração de estratégias em médio e longo prazo visando transformar uma sociedade que ameaça sucumbir aos riscos criados pela sua própria dinâmica.

Outro desafio à *sustentabilidade* reside na subjetividade do termo (Baroni, 1992). O que afinal é ser sustentável? Nada é sustentável por si só. Exige um referencial contra o qual possa ser comparado ou parâmetros (metas) com os quais possa ser confrontado. Por exigir duas perspectivas, por definição é um conceito relativo e dependente. Portanto, buscamos um desenvolvimento mais sustentável que o atual ou menos insustentável que outros contextos co-existentis (Hardin e Barg, 1997). Tal fato repercute diretamente na construção subjetiva das ferramentas de avaliação da sustentabilidade (Söderbauma, 2006). É possível fazer aqui uma analogia com o escrito de Geertz (1986) sobre papel interpretativo da antropologia, aplicada também as demais ciências sociais. Toda análise, segundo suas palavras, “é escolher entre as

estruturas de significação (...) e determinar sua base social e sua importância” (Geertz, 1986, p. 19). Em outro trecho, afirma sobre o trabalho da etnografia, que “*o que chamamos de nossos dados são realmente nossa própria construção das construções de outras pessoas*” (p.19). O que é importante extrair desses trechos é a subjetividade das análises sociais também estão presentes no DS.

Por fim, o conceito de DS suscita dois questionamentos fundamentais: o que é para ser sustentado e o que é para ser desenvolvido? O US National Research Council (1999, apud Ness, 2005) identifica a *natureza, sistemas de suporte à vida e comunidade* como aspectos a serem sustentados, enquanto *pessoas, sociedade e economia* como aspectos a serem desenvolvidos. Sugere o componente intergeracional como elemento crítico na definição de metas para a sustentabilidade, uma vez que estabelece um horizonte de tempo de referencia. Alguns autores subordinam a conservação dos recursos naturais à manutenção dos sistemas de suporte à vida, enquanto outros, afirmam que tal atitude é antropocêntrica e reforçam que a natureza deve ser mantida pelo seu valor intrínseco em vez de simplesmente pelo seu valor utilitarista (Parris e Kates, 2003).

Em face das indagações e desafios acima discutidos, um ponto de reflexão é descoberto: não seria também o Desenvolvimento Sustentável um mito aos moldes propostos por Furtado para o desenvolvimento econômico (1974)? A sustentabilidade fica fragilizada em um contexto global cuja sociedade é caracterizada pelo crescimento da população e do consumo intensivo de energia e recursos naturais. Sem romper com o modelo hegemônico que pauta as relações homem-natureza, talvez o termo *Desenvolvimento Menos Insustentável* seja mais apropriado em algumas situações, mesmo que soe menos eloqüente.

1.2. Avaliação da Sustentabilidade

1.2.1. Indicadores

Um indicador é uma medida que resume informações relevantes de um fenômeno particular ou um substituto dessa medida (McQueen e Noak, 1988, apud Wiens, 2007). É uma variável que agrega e quantifica informações de tal forma que sua significância torna-se evidente, refletindo um atributo (qualidade, propriedade) de um sistema; não deve ser confundido com a própria realidade, mas sim entendido como uma abstração parcial que a representa.

Quanto a sua natureza pode ser quantitativa ou qualitativa. A primeira mensura aspectos objetivos da realidade enquanto a segunda considera parâmetros subjetivos.

Esta impõe desafios metodológicos, pois representar um aspecto qualitativo por meio de um valor ou categoria implica em assumir pressupostos subjetivos e arbitrários sujeitos a imprecisões e questionamentos. Quais critérios devem ser assumidos para valorar o grau de mobilização social de uma comunidade ou a qualidade de um processo participatório de decisão? Dificilmente haverá consenso na determinação de critérios universais em tais tópicos e cabe ao especialista traduzir em valores (mensurar) os aspectos qualitativos. A fim de enfrentar tal desafio, a lógica difusa (*fuzzy*) apresenta-se como um conceito a ser considerado. Ela reconhece à continuidade subjacente a fragmentação da realidade afirmando que há casos nos quais os conjuntos do mundo real não possuem limites definidos. Categorias que representam apenas extremos em um contínuo perdem a riqueza do intervalo (Santos, 2007). Durante o processo de normalização, as categorias localizadas nos extremos são representadas por 0 e 1, enquanto as pertencentes ao intervalo estão simbolizadas por valores fracionados que representam o grau de pertinência ao conjunto.

A transição para a sustentabilidade exige ferramentas para avaliar avanços e retrocessos em direção a metas e objetivos pré-estabelecidos (Ness, 2007). O aprimoramento de indicadores de desenvolvimentos sustentável (IDS) é uma resposta a crescente demanda por informações regulares com resolução espacial/temporal de qualidade para respaldar a tomada de decisão (Bartelmus, 2005).

Entretanto, as forças motrizes (*drivers*) e as respostas políticas (*response*) que influenciam o progresso rumo a sustentabilidade não são contempladas em uma definição que considere apenas a consolidação de metas e objetivos. A abordagem *pressure-state-response* adotada por alguns modelos buscam incorporar em sua análise indicadores de causa e reação dentro do contexto sob avaliação (Parris e Kates, 2003). É uma forma de considerar a inércia sócio-institucional que constrange as mudanças sociais. Os ecos desta perspectiva são encontrados no espaço que indicadores institucionais vêm assumindo.

1.2.2. Sistemas de Avaliação da Sustentabilidade

O quanto o indicador representa a realidade e a sua relevância e significado para a tomada de decisão depende do investigador e das limitações e objetivos da avaliação. (Bellen, 2007). Se por um lado busca-se construir modelos cuja elaboração seja suficiente para representar uma realidade complexa, por outro devem ser simples o suficiente para que a informação seja comunicada de forma compreensiva aos

usuários. É o tênue limiar existente entre um *indicador complexo* e sua *complexidade indicativa* (Rodrigues-Filho, 2009).

Ness *et. al* (2007) revisaram a literatura e identificaram três categorias para organizar as metodologias de avaliação da sustentabilidade. A primeira é composta por *indicadores e índices*, a segunda por *avaliações relacionadas a produto*, a qual agrupa avaliações de ciclos de vida e fluxos de matéria e energia; já a terceira constitui-se pelas *avaliações integradas*, relacionadas à avaliação de projetos e políticas públicas. Os modelos conceituais, AIA (Avaliação de Impacto Ambiental), análises de risco, análise multicritério (MCA), entre outros, pertencem à última categoria.

O eixo norteador de qualquer sistema de avaliação da sustentabilidade deve buscar: *integração* da natureza e sociedade, *aplicabilidade* em diferentes *escalas espaciais* e capacidade de contemplar *perspectivas temporais* desde curto à longo prazo. O objetivo é auxiliar o tomador de decisão a determinar as escolhas mais condizentes com sociedades sustentáveis (Ness *et. al.*, 2007).

Ademais, outros três aspectos devem ser considerados: *relevância* para o tomador de decisão, *credibilidade* quanto à metodologia e adequação científica adota na mensuração, assim como a confiabilidade das informações colhidas e *legitimidade* frente os atores envolvidos refletida pelo respeito a divergências ideológicas e de interesses. Esforços que privilegiem um desses atributos geralmente diminuem os outros (Parris e Kates, 2003). Outra característica fundamental refere-se à comunicação. A informação a qual os indicadores pretendem transmitir deve ser de fácil assimilação pelo tomador de decisão, retratando de forma didática a realidade em foco. Sistemas complexos e de metodologia pouco transparente podem desestimular a sua adoção.

Quanto às abordagens adotadas na escolha do conjunto de indicadores, duas merecem destaque: a **descendente** (*top down*) e a **ascendente** (*bottom up*). A primeira refere-se a um conjunto padrão de indicadores considerados por especialistas como fundamentais a qualquer contexto (Bellen, 2005). Ela permite generalizações e a comparação da sustentabilidade entre realidades distantes. A segunda envolve a participação dos atores envolvidos na seleção de indicadores chave, com contribuições que reflitam demandas locais e incorporando aspectos que muitas vezes são ignoradas pelos especialistas. Isso traz legitimidade à avaliação e facilita a aceitação dos resultados obtidos pelas comunidades. Outro possível benefício da abordagem ascendente é a contribuição para o desenvolvimento da capacidade da comunidade em responder a problemas futuros, tendo, portanto, um papel educativo

que transcende a ação avaliativa (Fraser *et al*, 2005). Se por um lado atende as especificidades locais, perde na sua replicabilidade e capacidade comparativa com outras realidades. Ambas as abordagens não devem ser vistas como antagônicas, mas antes como complementares e podem ser usadas em conjunto.

1.3. Operacionalização do Conceito de Sustentabilidade

Precisamos renunciar a todas as esperanças de encontrar qualquer coisa como uma teoria correta simplesmente porque nunca teremos acesso à totalidade da experiência. (Hugh Everett)

Uma etapa importante na elaboração de qualquer sistema de avaliação da sustentabilidade é a operacionalização do conceito de desenvolvimento sustentável. É nela que o pesquisador identifica as linhas gerais que irão orientar seus pressupostos e apresenta sua compreensão da realidade avaliada. Abaixo segue um esboço da referencia conceitual que será adotada neste trabalho.

1.3.1. Economia Ecológica X Economia Neoclássica

“Veni vidi vici” (Júlio César)

Duas abordagens do DS terão destaque: a sustentabilidade fraca e a sustentabilidade forte. A primeira defende que o capital manufaturado é capaz de substituir o capital natural. O avanço tecnológico irá permitir triunfar sobre as eventuais intempéries da natureza (Hoopwood *et. al.*, 2005). De forma implícita, é ela que pauta o atual modelo de desenvolvimento do MT, por mais que avanços tenham sido feitos na questão ambiental. A segunda advoga que a tecnologia será importante, porém insuficiente para substituir os serviços que emergem das interações ecológicas (Alier, 2007). Respectivamente, são as perspectivas da economia neoclássica e economia ecológica.

A Economia Ecológica emerge na segunda metade do século XX como campo científico na interface entre a economia e a ecologia. Entende o sistema econômico como subsistema de um ecossistema global e finito em seus recursos. Centra suas questões em torno de três eixos: a sustentabilidade da economia frente aos impactos ambientais dela resultantes; a demanda por energia e matéria; os impactos do crescimento demográfico (Cavalcanti, 2004). É a partir dessas três perspectivas que o economista ecológico problematiza a realidade. A “pegada climática” buscará contemplar os três aspectos na sua metodologia.

Em contrapartida, a economia clássica vê o sistema econômico isoladamente, comportando por si só os critérios condicionantes dos preços da produção e dos fatores responsáveis pela produção (Constanza, 1997). As conseqüências ambientais da apropriação humana da natureza não são em sua maioria incorporadas nos preços finais de mercado, sendo consideradas como *externalidades* indesejadas ou ignoradas. A economia ecológica busca justamente *internalizar* tais *externalidades* nos custos das cadeias produtivas (Alier, 2007).

A abordagem da sustentabilidade forte irá pautar este trabalho. O ecossistema será a categoria mais abrangente, contendo em seu interior a sociedade humana e, dentro desta, a economia. Não significa que uma dimensão seja mais importante que outra, mas sim que há uma relação de hierarquia quanto à complexidade, simbolizando a integração e inter-dependência entre elas.

1.3.2. Capital Natural X Serviços Ambientais

A Terra funciona como sistema fechado no que tange a matéria. São virtualmente os mesmos átomos que compõem e recompõem as infinitas formas de existência criadas e desmanchadas ao longo dos últimos cinco bilhões de anos. A energia solar fomenta a ininterrupta transmutação dessa matéria. Assim, o sistema termodinâmico Terra pode ser entendido como permanente fluxo de matéria e energia.

Eis que surge a espécie humana, manifestação da criatividade natural que tomou consciência de si e do meio o qual o cerca, aperfeiçoando as forma de uso da natureza, alocando cada vez mais energia e matéria para dentro dos sistemas por ele criados. Enquanto a população era pequena e a tecnologia incipiente, os ecossistemas eram capazes de regenerar os recursos naturais e processar os resíduos gerados pelas sociedades humanas. Porém o contexto atual, caracterizado pela globalização de padrões de consumo intensivos em energia e matéria, ameaça a capacidade dos ecossistemas em manter condições equilibradas ao suporte à vida, tanto a humana quanto a das outras espécies. A ciência da sustentabilidade abrange exatamente a interface entre o *capital natural* e os sistemas humanos.

O conceito de Capital costuma ser definido como estoque de matéria, energia ou informação existente em um determinado momento e espaço (Constanza, 1997). O *capital natural* compreende o próprio ecossistema ou seus componentes tomados isoladamente, enquanto *serviços ambientais* emergem da interação entre os sistemas antrópicos e fluxos de capital natural para produção do bem estar humano.

Constanza (1997) chamava a atenção para o fato de ser impossível substituir o capital natural por qualquer outro tipo de capital, uma vez que todos os demais estão subordinados em alguma medida àquele (abordagem da sustentabilidade forte) (figura 1.1). Assim, alega que o capital natural, no total, tem seu valor infinito. De modo semelhante, Alier (2006) aponta para a incomensurabilidade de valores, afirmando que qualquer tentativa de valorar um bem natural será subjetiva e parcial, dependendo dos critérios definidos *a priori* pelo sujeito da ação de valorar.

Contudo, dependendo da magnitude e natureza das alterações na qualidade e quantidade do capital natural, os custos da manutenção do bem estar humano podem ficar comprometidos (Constanza, 1997). Tal perspectiva inspira ares antropocêntricos, uma vez que subordina o direito a existência das demais formas de vida à manutenção satisfatória das necessidades humanas, colocando-nos como protagonista da organização biológica. Charles Darwin (1809-1882) retrucaria indignado se soubesse que a espécie humana foi posta em uma posição superior a das demais espécies. Chamaria a atenção para o fato da ascendência de cada ser vivo na terra retroceder a uma origem comum, nos lembrando que a interdependência não é uma máxima filosófica, mas sim um fato consolidado pelo passar das eras.

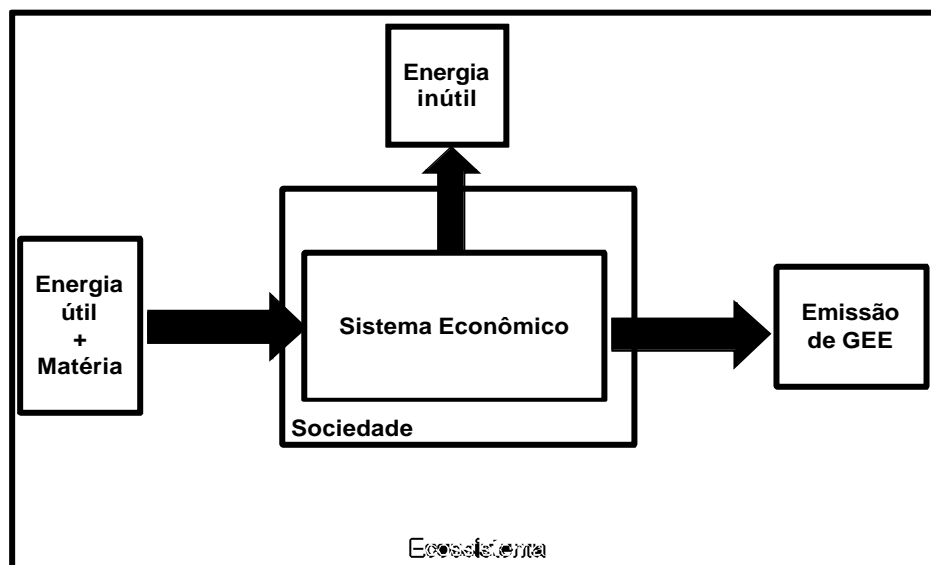


Figura 1.1 Hierarquia dos sistemas termodinâmicos (ecológicos, econômicos e sociais) da perspectiva da economia ecológica. (elaboração autor)

No que concerne à ética e a filosofia, esforços de valorização podem parecer arrogância humana, porém do ponto de vista pragmático, preocupado na obtenção de

resultados concretos e efetivos diante de potenciais catástrofes sócio-ambientais, é um caminho possível.

O uso de indicadores confronta-se com a mesma problemática da valorização, porém constrói-se a partir de outra perspectiva. Enquanto a valorização precifica os serviços ambientais buscando incentivar ou desencorajar certas atividades, os indicadores apontam a qualidade do estado ou das conseqüências de certas escolhas políticas, subsidiando a tomada de decisão. Ambos são instrumentos úteis na gestão ambiental e conservação dos serviços ecossistêmicos, podendo ser complementares em diversos contextos.

1.3.3. Metas e Objetivos de uma sustentabilidade climática – referências para a dissertação

Como já discutido acima, a conceituação de DS é ampla e ambígua. Metas e objetivos são artificiais e arbitrários, e atingi-los não significa necessariamente ser sustentável. Sugere-se também que nada é sustentável por si só e que uma referencia (seja outras realidades ou a mesma realidade confrontada contra si mesma ao longo do tempo) é sempre demandada para que uma avaliação sobre a sustentabilidade de um contexto seja efetuada (Rodrigues-Filho, 2009).

Porém, partiremos do princípio que há pressupostos fundamentais para que um sistema seja por si só considerado sustentável, independentemente da existência de um referencial. Para tal, seguimos o seguinte raciocínio.

Primeiro, coloca-se a pergunta: há algum aspecto básico que um sistema deva respeitar para ser considerado sustentável? Dentro da abordagem forte da sustentabilidade, percebemos que a sociedade e a economia são subsistemas da Biosfera. Alterações significativas no funcionamento desta afeta diretamente aquelas, apesar da recíproca nem sempre se aplicar. A manutenção dos serviços ambientais é condição fundamental para a manutenção das sociedades e economias em longo prazo (Holmberg *et al.*, 1999, Constanza, 1997; Alier, 2007).

Assim, assumimos aqui como condição necessária para um sistema ser sustentável a sua capacidade de manter o fornecimento de serviços ambientais e simultaneamente subsidiar o desenvolvimento humano. Porém, enquanto definir parâmetros para o desenvolvimento humano é um processo subjetivo, perpassando o

campo da ética e filosofia, a termodinâmica permite definir faixas de restrição quanto a sustentabilidade ecológica. A elas dá-se o nome de *resiliência ecossistêmica*³.

Resiliência é definida como a magnitude do distúrbio que um ecossistema pode sofrer antes de mudar o seu estado de equilíbrio. Em outras palavras, os ecossistemas vivem em um equilíbrio dinâmico, no qual os parâmetros bióticos e abióticos oscilam naturalmente ao longo do tempo em resposta as próprias relações ecológicas, mas raramente tem suas estruturas e funções impactadas substancialmente (Folke *et. al.*, 2004). Quando um determinado limiar é rompido, o ecossistema se organiza em um novo estado de equilíbrio, no qual novas funções e estruturas ecológicas são estabelecidas. O impacto para a biodiversidade ali presente é variável e geralmente catastróficos, pois tais mudanças são abruptas, deixando pouco tempo para adaptações evolutivas.

Espera-se, por exemplo, que a partir de uma determinada temperatura, a floresta amazônica inicie um processo de *die-back* (Marengo, 2007), no qual a vegetação florestal morre, dando lugar a formas savânicas mais adaptadas as novas condições de temperatura e umidade. Neste caso um limiar seria rompido e um estado de equilíbrio (Floresta) daria lugar a outro (Cerrado). Mas qual seriam tais limites? As incertezas são muito grandes e definir parâmetros máximos e mínimos seria andar sobre nuvens, mesmo tendo a certeza que tais limites existem. É importante ressaltar que nesta perspectiva as metas e objetivos não são estáticos, mas estão compreendidos em uma faixa de variação dependente da resiliência do sistema.

Portanto, consideraremos para esta dissertação que as metas e os objetivos da sustentabilidade implicam em um desenvolvimento cujas externalidades ambientais não sejam capazes de superar a capacidade dos ecossistemas em processá-las. A flexibilidade na variação dos parâmetros socioeconômicos e ambientais é normal e aceitável, mas sendo seus contornos desconhecidos, estará conceitualmente implícito.

Contudo, apesar de ressaltarmos que há limites ecossistêmicos, as lacunas científicas não nos permite definir referências quantificáveis para a fração de floresta que pode ser removida sem que os serviços ambientais climáticos sejam afetados de modo irreversível, resolvemos contrapor os municípios a eles próprios ao longo do tempo e em uma série histórica, assim como a outros municípios sujeitos a dinâmicas parecidas na mesma data.

A “pegada climática” dirá pouco sobre a real sustentabilidade das funções e estrutura do ecossistema originalmente presente no município, mas representará uma

sustentabilidade relativa a outras realidades, indicando os *trade-offs* entre o modelo produtivo e a perda da capacidade original de fornecimento de serviços climáticos.

1.4. Mudanças Climáticas

1.4.1. Conceituação

A questão climática, apesar de permear os meios acadêmicos há algumas décadas (MC), ganhou destaque popular a partir da publicação dos dois últimos relatórios (3º e 4º) do IPCC (2001 e 2007). Frequentemente, o termo aquecimento global é usado como sinônimo, apesar de tal aplicação ser inapropriada. Enquanto o aquecimento global refere-se ao aumento nas médias globais de temperatura, as mudanças climáticas são um termo mais abrangente, compreendendo alterações na distribuição de energia e umidade através da atmosfera e oceanos, os quais, em última análise, compõem o sistema climático.

A Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (CQNUMC) definem mudanças climáticas como qualquer mudança no clima decorrente da ação direta ou indireta de atividades humanas, alterando a composição atmosférica. Em outras palavras, refere-se qualquer modificação antrópica adicional a variabilidade natural do clima observável em períodos comparáveis de tempo. Contudo, é importante destacar que as contribuições antropogênicas não se restringem a emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera, apesar de este ser o principal impacto empreendido pelos países industrializados. A remoção de extensas áreas vegetais, como florestas tropicais, desequilibra o ciclo hidrológico e dissipação de calor pela superfície, além de emitir volumosas quantidades de CO₂, alterando a dinâmica climática. Ademais, o ser humano é parte integrante da natureza, atuando de forma sinérgica a outros fatores que determinam o clima.

Já o IPCC adota definição distinta. Segundo o painel, mudanças climáticas referem-se a qualquer mudança do clima ao longo do tempo, seja natural ou de origem antrópica (IPCC AR 4, 2007). Esta definição será a adotada neste trabalho, uma vez que a natureza não trabalha por compartimentos, sendo que ao observarmos extremos climáticos ou fenômenos atmosféricos pouco frequentes não é possível discriminar exatamente o que é de responsabilidade humana e o que resultou da variabilidade natural do clima. Podemos quantificar as contribuições humanas de gases de efeito estufa ou a variação do forçamento radiativo (explicado adiante), porém dificilmente determinaremos com exatidão qual a participação delas nas alterações observadas no clima. A única certeza em relação a sistemas complexos,

como o clima e processos ecológicos, é a mudança (Greenland *et al*, 2003) e corremos o risco de dar falsas impressões ao restringirmos mudanças climáticas apenas a mudanças devido à atividade humana.

1.4.2. Paleoclimatologia: a luz do passado para entender o futuro

A escala temporal é outro fator que não podemos desconsiderar. Por um lado, a variabilidade climática oscila em intervalos que vão desde décadas até milênios. Por outro, o homem começou a registrar sistematicamente variações nos parâmetros climáticos muito recentemente (a pouco mais de um século), sendo que afirmações baseadas nestes registros devem ser vistas com cautela. Testemunhos de gelo e outros dados paleoclimáticos vêm se mostrando útil na tentativa de estabelecer tendências pretéritas do sistema climático, para então subsidiar projeções mais confiáveis sobre o futuro.

Vejamos o comportamento dos últimos 100 mil anos. Todas as últimas quatro interglaciações, compreendidas neste intervalo, foram marcadas por um aumento atmosférico dos níveis de CO₂ (figura 1.2b), cujas concentrações do gás tinham um máximo coincidindo com o mínimo volume de gelo global. A partir desse máximo, inicia-se uma queda firme das concentrações pelos 10 mil anos seguintes, podendo apresentar breves períodos de estabilização antes de voltar a cair, mas jamais crescia novamente (figura 1.2b).

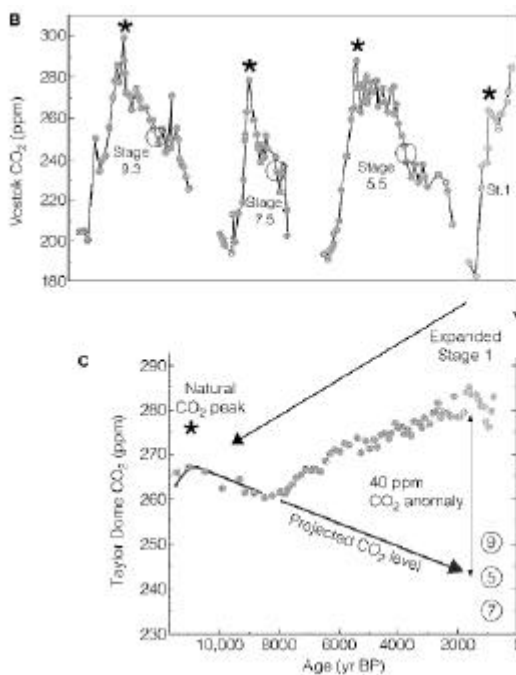


Figura 1.2 Tendência das concentrações de CO₂. (b) comportamento das concentrações de CO₂ nas últimas 3 interglaciações (stage (St.) 9.3, 7.5, 5.5). (c) tendência das concentrações de gás carbônico

durante a última interglaciação (Holoceno tardio – estágio 1), segundo testemunhos colhidos no Taylor Dome e no Lago Vostok, Antártida. Age (yr BP): período (anos antes do presente) (fonte: Ruddiman, 2003)

Em contrapartida, testemunhos de gelo⁴ demonstram que o comportamento da atual interglaciação em que vivemos, chamada de Holoceno, (figura 1.2b e 1.2c, estágio 1) apresentou um início congruente ao observado nas 3 últimas (figura 1.2, estágios 9.3, 7.5, 5.5.), apresentando um máximo de 268 ppm a cerca de 10 mil anos atrás (figura 1.2c), seguido de uma queda até próximo de 8 mil anos, quando atingiu o valor de 261 ppm. Entretanto, a partir deste ponto, houve um crescimento anômalo sem contraparte nos registros dos 100 mil anos anteriores, chegando à concentrações de 280 - 285 ppm no último milênio. Este comportamento indica que algum fator, inexistente nas três eras inter-glaciais anteriores, provocou uma guinada na tendência de queda esperada para as concentrações de CO₂. O mesmo comportamento foi observado para as concentrações de metano, para as quais também era esperado um máximo a cerca de 10.000 anos seguido de queda constante. Contudo, apesar de inicialmente ter seguido esta tendência, as concentrações deste gás apresentou crescimento anômalo a partir de 6.000 anos atrás.

Lançando mão de dados históricos e paleoclimáticos, assim como modelos computacionais, Ruddiman (2003) sugeriu que as emissões oriundas da agropecuária seriam a principal responsável pelo comportamento anômalo da concentração de ambos os gases, milênios antes da revolução industrial tida como marco do início das contribuições antropogênicas de GEE. Este autor ainda afirma que as emissões do uso da terra e mudanças do uso da terra pré-industriais foram tamanhas que retardaram a entrada em uma nova era glacial (Ruddiman *et al*, 2005).

Entretanto, tal hipótese não é unânime no meio acadêmico. Berger e Loutre (2002) apresentaram diferentes projeções que apontam para um longo período de aquecimento natural nos próximos 50.000 a 70.000 anos. Acredita-se que, em escala geológica, os ciclos climáticos são determinados pela insolação (quantidade de radiação que chega aos níveis mais altos da atmosfera). Esta, dentre outros fatores, está relacionada à excentricidade⁵ da órbita Terrestre; quanto maior a excentricidade, maior a variação da insolação. Uma variação acentuada na excentricidade da órbita terrestre durante os dois últimos ciclos glaciais foram acompanhados por grandes

⁴ Testemunho de gelo: cilindros de gelo que podem chegar a várias dezenas de metros que se formaram por sucessivos depósitos de neve em regiões como a Groelândia, Ártico e Antártida. Ao se congelar, bolhas de ar contendo amostras da atmosfera da época são preservadas, servindo de registro das concentrações de GEE em tempo pretéritos.

⁵ Excentricidade da órbita terrestre: medida que representa o afastamento de uma órbita da forma circular. Quanto maior a excentricidade, mais parecida com uma elipse. Quanto menor, mais aproxima-se de uma esfera.

variações na insolação (chegando a variações de $125\text{W}/\text{m}^2$)⁶, o que explicaria um período curto entre as glaciações. Projeções realizadas pelos autores apontam um período de aquecimento mais pronunciado para os próximos 130.000 anos, consequência de uma variação pequena da excentricidade Terrestre, o que poderia resultar em um intervalo inter-glacial mais prolongado antes da próxima glaciação. Em outras palavras, não poderíamos usar como referência os últimos 200.000 anos, como fez Ruddiman, pois não há tendências claras que indiquem este intervalo como o mais adequado para comparações com o atual.

Ademais, ainda há muitas incertezas em torno das tendências naturais para os próximos milhares de anos. Prospecções realizadas em registros glaciares nos mostram que a variação do clima não demonstrou um padrão uniforme no último milhão de anos, alternando ciclos caracterizados por pequenas amplitudes de temperatura com outros apresentando amplitudes maiores (Berger e Loutre, 2002).

Portanto, podemos identificar três hipóteses: a primeira, proposta por Ruddiman, defende que as atividades humanas vêm afetando a dinâmica climática desde o surgimento da agropecuária, a cerca de 10 mil anos atrás. Destaca-se, que a avaliação empreendida neste trabalho tem por objeto os sistemas agroprodutivos modernos da fronteira agrícola mato-grossense, os quais, em última análise, se encontram no extremo de um *continuum*⁷ cujas origens estão nos primórdios da agricultura da Ásia e Oriente Médio. A segunda hipótese, também proposta por Ruddiman, sugere que o planeta caminhava para uma nova era glacial – a qual deveria ter se iniciado há alguns milênios - mas que foi retardada graças às emissões de metano e gás carbônico das plantações e rebanhos das primeiras civilizações humanas. O comportamento das últimas três eras glaciais serviu de referência para as afirmações deste autor. A terceira hipótese, contrária a esta última, sugere que estaríamos, na verdade, vivenciando um período mais estável de oscilações climáticas, iniciando uma fase longa de aquecimento (pelas próximas dezenas de milhares de anos).

Assim, na hipótese de tendência de resfriamento global, as atividades humanas teriam evitado uma era glacial, a qual colocaria desafios diferentes dos quais se apresentam para as sociedades modernas na forma do aquecimento global. Já a

⁶ A título de comparação, estima-se que o forçamento radiativo das atividades humanas, que será explanado mais à seguir, contribua com $4\text{W}/\text{m}^2$ para o aquecimento global. Assim, podemos dimensionar o efeito das variações da excentricidade da órbita terrestre sobre o clima nos últimos 100 mil anos.

⁷ *Continuum*: série longa de elementos numa determinada seqüência, em que cada um difere minimamente do elemento subsequente, daí resultando diferença acentuada entre os elementos iniciais e finais da seqüência (*Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa*).

hipótese de uma tendência prolongada de aquecimento aponta o homem como um agente potencializador de um comportamento climático natural. Contudo, independentemente da Terra estar caminhando para uma nova era glacial ou passando por um período inter-glacial longo, é indiscutível que o homem vem alterando a dinâmica climática, resultando em perturbações potencialmente catastróficas para as sociedades.

1.4.3. A ciência do Clima

O espessamento da camada atmosférica de gases estufa vem alterando o balanço de energia da terra. O excedente cada vez maior de energia retida na atmosfera, principalmente na forma de calor, é distribuído por meio da circulação atmosférica e oceânica (AR 4 IPCC, 2007; Ruddiman, 2003). As massas de ar e água em movimento interagem com o relevo e biota, resultando em processos ecológicos, determinando o clima e respondendo pela manutenção de toda a biodiversidade Terrestre (Greenland, 2003). De acordo com o próprio IPCC (2007):

As mudanças na quantidade de gases de efeito estufa e aerossóis da atmosfera, na radiação solar e nas propriedades da superfície terrestre alteram o equilíbrio energético do sistema climático. Essas mudanças são expressas em termos do forçamento radiativo, que é usado para comparar a forma como os fatores humanos e naturais provocam o aquecimento ou esfriamento do clima global. (IPCC AR 4, 2007, p. 2)

Do texto acima, duas informações importantes merecem ser destacadas. A primeira refere-se ao fato das alterações climáticas não se restringirem a emissões de gases de efeito estufa, mas envolverem tanto fatores externos a Terra, como a radiação solar, a qual é dependente da inclinação da órbita terrestre, excentricidade e atividades solar, assim como o papel de alguns fatores antropogênicos como agentes que provocam o resfriamento da Terra. O aquecimento é o resultado líquido da interação deste diversos fatores (figura 1.3).

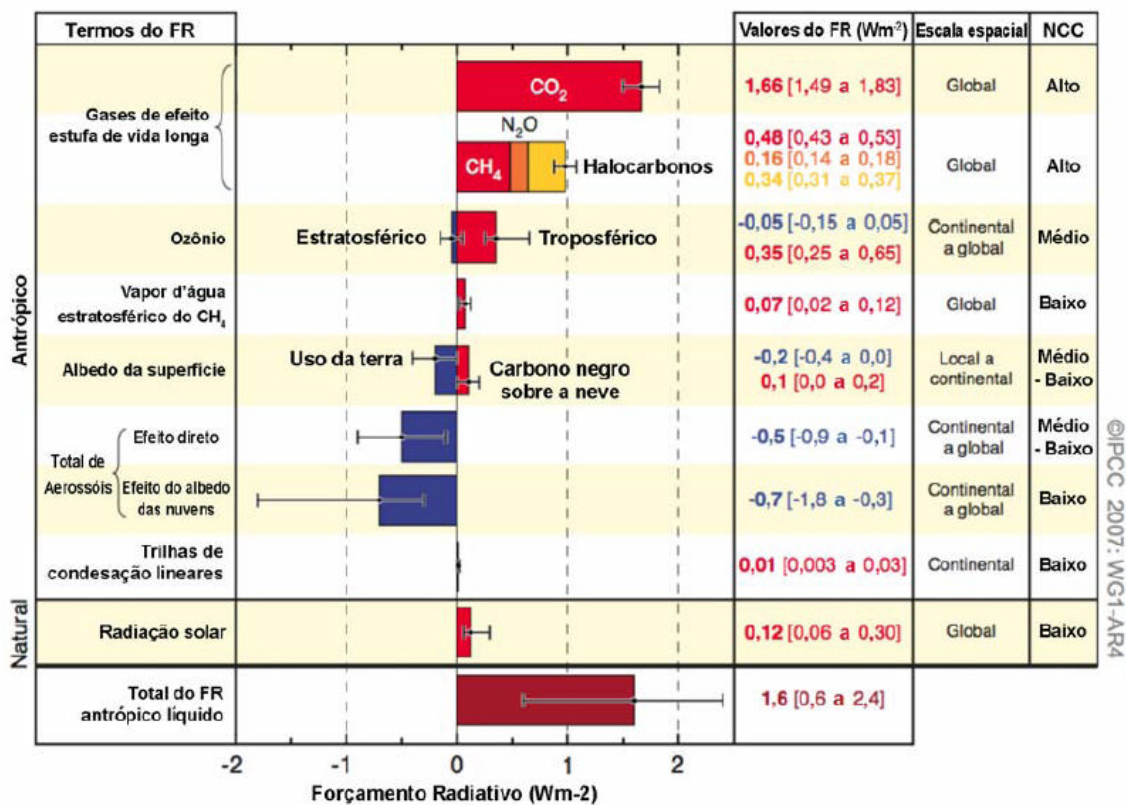


Figura 1. 3 Estimativas da média global do forçamento radiativo (FR) e faixas, em 2005, para o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) antropicos e outros agentes e mecanismos importantes, juntamente com a extensão geográfica típica (escala espacial) do forçamento e o nível avaliado de compreensão científica (NCC). O forçamento radiativo antropico líquido e sua faixa são apresentados. (fonte: IPCC, 2007).

A segunda informação importante diz respeito ao termo forçamento radiativo, o qual é a medida da influência de um fator na alteração do equilíbrio da energia que entra e sai do sistema Terra-atmosfera (IPCC AR 4, 2007). Valores positivos indicam que o fator contribui para o aquecimento do planeta e um valor negativo para o resfriamento. Na figura 1.3 observamos que o gás carbônico, metano, óxido nitroso e halocarbonos são os fatores que mais contribuíram para o forçamento radiativo de origem humana. Em contrapartida, o aumento do albedo pelo uso da terra contribui negativamente, uma vez que aumenta a porcentagem de radiação solar refletida pela superfície de volta para o espaço. Contudo, como será discutido no capítulo de metodologia, o aumento do albedo da superfície como consequência do desmatamento resulta na ascensão das temperaturas, pelo menos localmente, uma vez que a floresta dissipa grande parte do calor pela evapotranspiração. A figura 1.3 também destaca o nível de compreensão científica para cada fator, ressaltando as incertezas envolvendo a ecologia do clima. Como será pontuado nas considerações finais deste trabalho, investimentos públicos em ciência e tecnologia do clima deverão

compor uma das principais estratégias de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Por enquanto, o papel dos gases no forçamento positivo das temperaturas é o mais bem compreendido (NCC alto). É *muito provável*⁸ que fontes antrópicas sejam as responsáveis pelo aumento das concentrações de GEE atmosféricos observado a partir da revolução industrial (IPCC AR 4, 2007).

O CO₂ viu suas concentrações atmosféricas aumentarem de 280 ppm⁹ pré-industriais para 385ppm em 2008, ultrapassando em muito a faixa de amplitude observada para os últimos 650.000 anos (180-300ppm). As taxas de crescimento do gás se intensificaram nos últimos 10 anos, chegando a uma média de 2 ppm/ano. As duas principais fontes antropogênicas do gás são a queima de combustíveis fósseis e mudança/uso da terra.

Já o CH₄ cresceu de 715 ppb¹⁰ (pré-industrial) para 1774 ppb em 2005, superando a faixa natural apontada pelos testemunhos de gelo referentes aos últimos 650.000 anos (320 a 790 ppb). Segundo o IPCC (2007), o crescimento das taxas de emissão do gás reduziu a partir do início da década de 1990, mantendo-se praticamente constantes desde então. Como veremos neste trabalho, esta afirmação não pode ser feita para o Brasil, pelo menos para o estado do MT, que viu suas taxas de emissão de metano aumentarem vigorosamente a partir da desvalorização do real em 1999, impulsionadas pela expansão do rebanho bovino nacional, intercalando fases de intenso crescimento seguido com pequenas recaídas. As principais fontes antrópicas do metano são a agropecuária, desmatamento e queima de combustíveis fósseis.

Por fim, o óxido nitroso, cujas concentrações aumentaram de 270 ppb (pré-industrial) para 319 ppb na primeira década do século XXI. Ao contrário dos dois gases anteriores, os quais têm como principais fontes processos naturais, o N₂O tem nas atividades antrópicas mais de um terço de suas emissões, principalmente associada a agricultura (IPCC AR 4, 2007).

Sensibilidade Climática

Um conceito importante de ser desenvolvido aqui é o de sensibilidade climática (*climate sensitivity*). Ele é definido como o acréscimo de temperatura as médias globais caso as concentrações atmosféricas de CO₂ equivalente fossem duplicadas (IPCC AR4, 2007). Porém, segundo Shaeffer *et al.* (2008), a incerteza sobre o valor

⁸ Probabilidade maior que 90%.

⁹ ppm: partes por milhão (indica quantas moléculas de um determinado gás existe a cada 1 milhão de moléculas de ar)

¹⁰ Ppb: partes por bilhão (*idem*)

exato da sensibilidade climática é o principal obstáculo na elaboração de políticas climáticas.

Lançando mão de modelos matemáticos, um comitê organizado no âmbito da *National Academy of Science*, em 1979, estabeleceu o valor de $3^{\circ}\text{C} \pm 1,5^{\circ}\text{C}$ como referente à sensibilidade climática. Este valor também ficou conhecido como sensibilidade de Charney, em referência ao coordenador do comitê, passando a ser tradicionalmente usado pelo IPCC e vem sendo considerada em diversos outros documentos e estratégias políticas (Knutti e Meehl, 2006).

A fragilidade do modelo de Charney encontra-se no fato de só considerar as retroalimentações de resposta rápida (*fast feed-backs*) a duplicação de CO_2 , como o aumento de vapor de água atmosférico e redução do volume de gelo das calotas polares, porém desconsideram retroalimentações de resposta lenta (*slow feed-backs*) (Hansen *et al.*, 2008). Wigley (2005) aponta para o impacto da inércia térmica dos oceanos sobre as temperaturas globais em horizontes temporais mais longos. Segundo ele, mesmo que estabilizássemos as concentrações atmosféricas de GEE, o calor que está sendo lentamente absorvido pelos oceanos (o que ameniza o aquecimento global) e que será lentamente liberado nos próximos séculos, será mais um elemento que contribuirá para o aumento das temperaturas médias globais em longo prazo.

Dados paleoclimáticos podem agregar novos parâmetros, complementares aos modelos matemáticos, na definição de valores mais sólidos para a sensibilidade climática (Ruddiman *et al.*, 2005). Em trabalho recente, Hansen (2008), professor da *Columbia University* e pesquisador da NASA, estimou por meio de testemunhos de gelo e modelos matemáticos que, ao incorporar as retroalimentações climáticas de resposta lenta, a sensibilidade climática pode chegar a 6°C - o dobro considerado pelo IPCC em seu último relatório – e identificou a concentração de 450ppm de CO_2 atmosférico como limite acima do qual a superfície terrestre caminhará inevitavelmente para um cenário de ausência total de coberturas de gelo, o que implicaria em impactos imensuráveis aos sistemas humanos, uma vez que a maior parte da população do planeta localiza-se próxima a costa (Hansen *et al.*, 2008; Berger e Loutre, 2002). Este valor de concentração é o limiar (*tipping point*) após o qual o sistema climático transmuta-se para um novo estado de equilíbrio, sendo sua realização inexorável, mesmo que se efetive a redução das emissões antropogênicas (Folke *et al.*, 2004, Hansen *et al.*, 2008, Friedlingstein, 2005, Scheffer, 2001).

Atualmente (2008) as concentrações de CO_2 giram em torno de 385ppm, com taxa média de crescimento de 2 ppm/ano, o que implica que, se nada for feito,

chegaremos ao limiar de CO₂ proposto por Hansen em cerca de 30 anos. Um tempo muito curto diante da inércia comportamental da sociedade e político-institucional, principalmente quando falamos em escala global. Ele ainda ressalta que este limiar pode estar superestimado e há possibilidade das atuais concentrações já implicarem em efeitos deletérios irreversíveis.

Ademais, espera-se que o aumento das temperaturas intensifique a frequência e a força de eventos extremos como estiagens, cheias e ondas de calor, com incalculáveis prejuízos socioeconômicos, ambientais e psicológicos (Perry, 2008; IPCC AR 4, 2007). A elevação do nível do mar, a perda de biodiversidade e a proliferação de refugiados climáticos agregam mais desafios à sustentabilidade das gerações futuras.

Segundo a defesa civil brasileira, as enchentes que atingiram 207 municípios em sete estados nordestinos no primeiro semestre de 2009 resultaram em prejuízos de mais de 1 bilhão de reais, afetando 800 mil pessoas. Cenários semelhantes foram observados nas enchentes do vale do Itajaí em Santa Catarina e dos tributários do rio Amazonas no estado homônimo, também em 2009, com graves impactos na infraestrutura, perdas de vida e disseminação de doenças de vinculação hídrica. Ironicamente, estiagens atípicas assolaram o sul do país no mesmo período, comprometendo safras inteiras, tornando vulnerável a situação financeira de muitos agricultores. Mais recentemente, na primeira quinzena de setembro, chuvas intensas assolaram São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A maior região metropolitana do país parou: ruas alagaram, encostas deslizaram e inúmeras pessoas ficaram desabrigadas. Também foram registrados óbitos. Em Santa Catarina, na mesma semana, tempestades severas atingiram 28 municípios do estado, deixando no espaço de alguns dias 17.000 pessoas sem casa, entre desalojados e desabrigados, sendo a zona rural a mais afetada¹¹. É a segunda vez este ano que SC vê seu território severamente assolado por extremos climáticos.

1.4.4. O que pode ser feito? Os desafios da governança climática

Os potenciais danos econômicos e sociais resultantes são maiores que os custos necessários para mitigar e adaptar a tais intempéries. O economista britânico Nicholas Stern (2008) estimou que hoje seriam necessários investimentos anuais da ordem de 1% a 2% do PIB mundial nos esforços de mitigação e adaptação para evitar prejuízos anuais futuros que variam entre 5% e 25% do PIB, caso nenhuma medida

¹¹ Informações obtidas até 9 de setembro de 2009. Os números podem estar subestimados.

seja tomada. Há indícios, segundo o próprio Stern, que estes valores estão subestimados.

O desafio que se coloca não é impedir ou reverter a intensificação das mudanças climáticas, uma vez que estas já estão em curso e ainda far-se-ão sentidas pelos próximos séculos, independente dos esforços humanos hoje empreendidos. Resta-nos apenas gerenciar os riscos, reforçando as necessidades de redução das emissões humanas e, principalmente, adaptação preventiva às mudanças que virão (Holling e Meffe, 1996). Assim, uma governança climática deverá repensar os sistemas socioeconômicos e os padrões de consumo de tal forma que as concentrações de CO₂ e temperatura global não ultrapassem o limiar catastrófico. Apesar das incertezas em torno de um valor exato para este, modelos e registros paleoclimáticos sugerem sua proximidade.

De acordo com Martin Perry (2008), coordenador do grupo de trabalho II do último relatório do IPCC, de modo a evitar conseqüências catastróficas, a comunidade internacional tem até 2015 para organizar uma ação conjunta e coordenada que torne efetivas as estratégias de mitigação e adaptação. Assim, diminuímos a janela de conseqüências, minimizando ao máximo os impactos negativos que já são inevitáveis (figura 1.4). Não podemos esperar que a ciência do clima compreenda a exata influencia das atividades humanas sobre a dinâmica climática para agir. O princípio da precaução deve pautar a mobilização internacional, tanto da sociedade política quanto da sociedade civil e mercados, demandando uma governança na qual os três estabeleçam uma sinergia na busca de um modelo menos insustentável (Lemos e Agrawal, 2006). Um contexto político favorável e uma população consciente dos riscos ambientais devido a sua forma de vida são imprescindíveis para efetivar a sobrevivência da civilização sem rupturas catastróficas de sua estrutura.

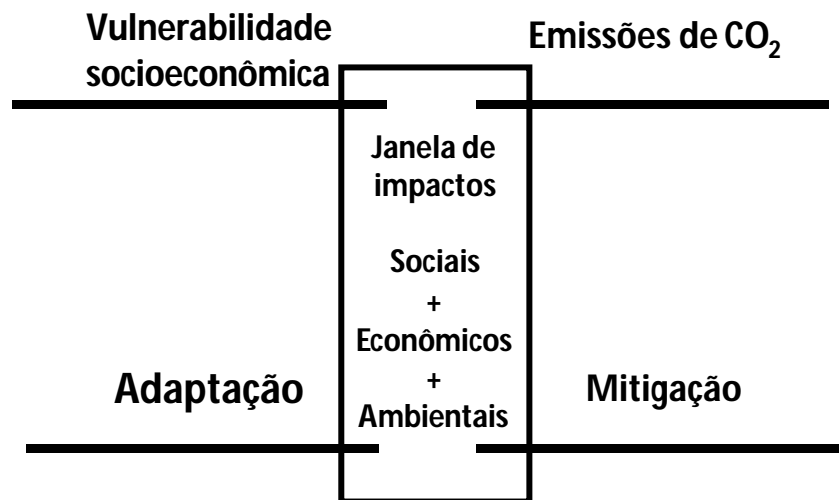


Figura 1.4. Papel das ações de mitigação e adaptação na redução da janela de impactos diante da perspectiva de crescimento das emissões de GEE e aumento da vulnerabilidade socioeconômica devido às mudanças climáticas (adaptado de Perry, 2008)

1.4.5. Projeções climáticas para Amazônia no século XXI

Sabe-se que o uso de modelos climáticos globais traz incertezas quanto às projeções de cenários futuros, fato inerente à dificuldade de contemplar toda a complexidade dos sistemas climáticos em programas computacionais. A incerteza aumenta quando se tenta aplicar modelos globais, cuja resolução compreende centenas de quilômetros, em escala regional, uma vez que a integração dos dados torna-se mais imprecisa. Portanto, técnicas de transferência de informações geradas em larga escala para escalas menores devem ser utilizadas nas avaliações regionais. Essa metodologia chama-se “*downscaling* dinâmico” e permite maior detalhamento espaço-temporal do clima.

O INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) simulou para regiões da América do Sul, principalmente para as brasileiras, cenários climáticos futuros, lançando mão de três modelos regionais (Eta/CPTEC/CPTEC, RegCM3 e HadRM3P) com resolução de dezenas de quilômetros, cujas condições de contorno¹² foram importadas do modelo global HadAM3P do Hadley Centre (UK). Cabe ressaltar que dentre os modelos globais usados pelo IPCC, os oriundos do Hadley Centre são os que projetam os climas mais secos e quentes para a Amazônia. As projeções feitas pelos modelos regionais do INPE abrangem a segunda metade do século XXI (2071-2100) e levam em conta os cenários de altas emissões (A2) e baixas emissões (B2) do

¹² Parâmetros iniciais que definem o funcionamento climático no qual o modelo será rodado.

terceiro relatório do IPCC, enquanto para avaliação de extremos climáticos utilizam os cenários do quarto relatório do IPCC.

1.4.5.1. Breve descrição das tendências de precipitação e temperatura observadas na Amazônia durante o século XX (1951-2002)

De modo geral, as regiões brasileiras apresentaram, ao longo da segunda metade do século XX, aumento nas temperaturas extremas, sendo que as mínimas tiveram uma ascensão (1,4°C/década) mais acentuada que as máximas (0,6°C/década), resultando em uma diminuição na amplitude térmica diária. O aumento médio da temperatura foi 0,4-0,6°C em quase todo país.

Quanto à precipitação na Amazônia, não foram observadas tendências de diminuição ou aumento das chuvas, mas sim períodos de pluviosidade mais intensos intercalados com outros mais brandos, relacionados a fenômenos climáticos periódicos, cujas origens residem na dinâmica atmosfera-oceano, tais como o El-Niño. Esse fato é corroborado pelas medições históricas das vazões dos rios da região, os quais apresentam volumes que variam periodicamente sem apresentar uma tendência clara. Entre 1903-2005, observou-se eventos extremos de seca nos anos 1925-26 (ano de El-Niño), 1963-64, 1997-98 e 2004-05 (CPTEC/Inpe e Inmet, 2005).

1.4.5.2. Projeções do INPE para Amazônia (2071-2100)

No trabalho realizado pelo INPE (2007), a região amazônica está compreendida entre as latitudes 4,5° N e 12° S, delimitação que abrange o norte do Mato Grosso, objeto de análise desta pesquisa. Os vários modelos globais utilizados no IPCC TAR (3º relatório IPCC, 2001) e AR4 (4º relatório IPCC, 2007) divergem sobre tendências de precipitação na região, sendo que alguns projetam uma redução da pluviosidade enquanto outros apontam para um aumento. Entretanto, a média dos modelos indica uma maior possibilidade de redução nas precipitações da Amazônia.

Já a média (ensemble) dos modelos regionais do INPE, considerando o cenário A2 (pessimista) do TAR, prevê uma variação entre a redução de 365mm/ano e o aumento de 365 mm/ano nas precipitações do norte mato-grossense em relação à média de 1961-1990, apesar da proximidade do sul do Pará, região para qual estima-se uma redução mais acentuada (365-730mm/ano); cenário semelhante configura-se para o cenário B2, no qual uma variação compreendida entre uma redução de 185

mm/ano e um aumento de 185 mm/ano também está prevista para os três modelos regionais do INPE (fig. 1.5).

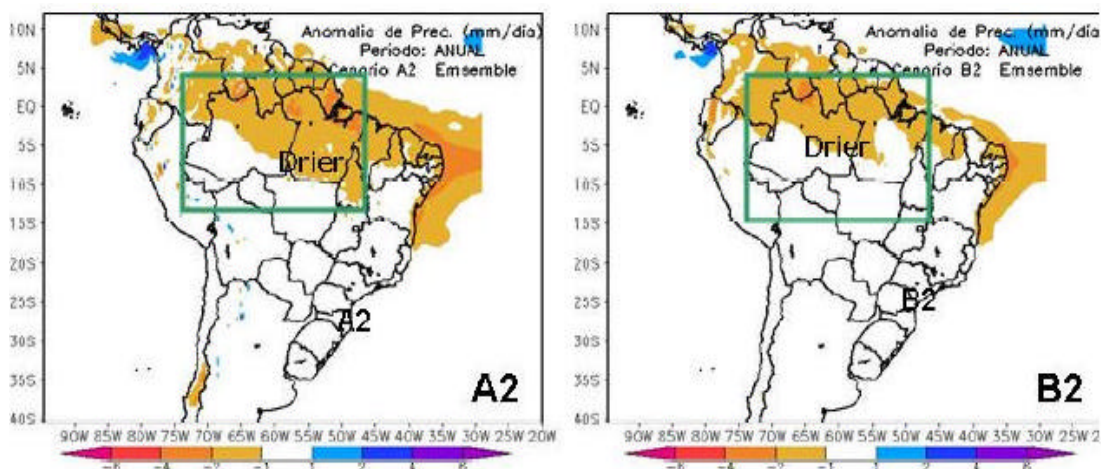


Figura 1.5. Anomalias anuais da precipitação (100 mm/dia) na Amazônia brasileira considerando os cenários A2 (esquerda) e B2 (direita) do TAR obtido a partir da média dos três modelos regionais do Inpe (Eta/CPTEC/CPTEC, RegCM3 e HadRM3P) para o período de 2071-2100 em relação a média de 1961-1990. Observar a tendência de redução das chuvas no norte do Mato Grosso (inserido dentro do contorno em verde). As projeções representam a media aritmética dos cenários produzidos pelos modelos regionais Eta/CPTEC/CPTEC, RegCM3 e HadRM3P (50 km de resolução). Fonte: Inpe 2007

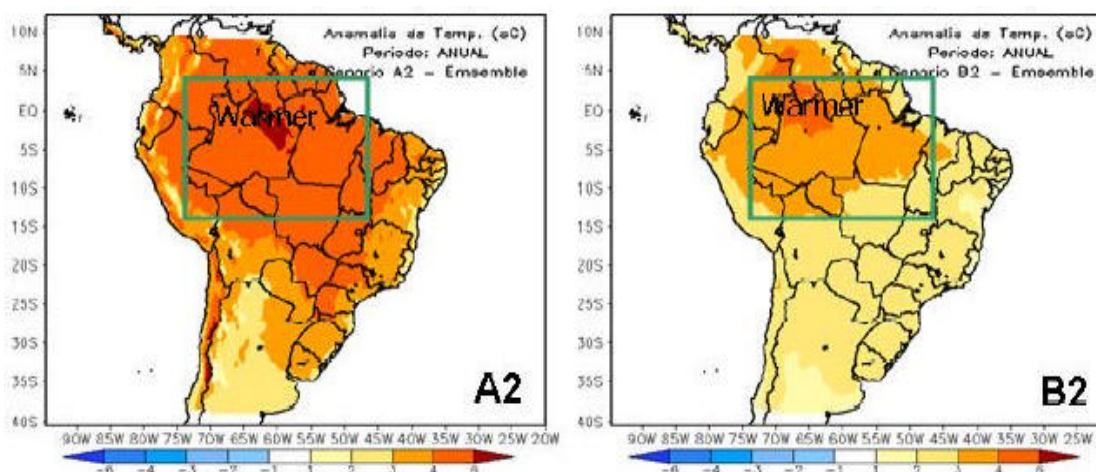


Figura 1.6. Anomalias anuais de temperatura (para América do Sul, período 2071-2100 em relação a 1961-90, para os cenários IPCC A2 (pessimista) e IPCC B2 (Otimista)). As projeções representam a media aritmética dos cenários produzidos pelos modelos regionais Eta/CPTEC/CPTEC, RegCM3 e HadRM3P (50 km de resolução). Fonte: INPE 2007

Quanto às temperaturas, todos os modelos projetam uma tendência de aquecimento conspícuo para o Brasil como um todo. Na figura 1.6, observamos que as anomalias de temperatura no norte do Mato Grosso irão variar entre 45°C (2071-2100) em relação às médias de 1961-1990, tendo como parâmetro o cenário A2 do TAR, enquanto nas condições do cenário B2, esse aumento poderá ser de 2-4°C.

Existem incertezas quanto às tendências de extremos climáticos para a Amazônia, principalmente devido à falta de dados confiáveis de longo prazo e acesso restrito a informações para regiões extensas (INPE, 2007).

1.4.6. Projeções dos impactos das mudanças climáticas nos sistemas agroprodutivos brasileiros

A agricultura brasileira possui uma histórica vulnerabilidade a desastres naturais, como secas e enchentes, as quais representaram prejuízos para o setor em anos marcados por estiagens mais prolongadas e chuvas acima do normal. A partir desta perspectiva, a obtenção de projeções que busquem identificar as prováveis respostas dos sistemas agroprodutivos e naturais às mudanças climáticas subsidiaria a elaboração de políticas públicas de adaptação e mitigação mais adequadas, reduzindo os impactos negativos (tanto socioeconômicos, quanto ambientais) ao permitir um planejamento antecipado, ponderando alternativas mais adequadas a um determinado cenário.

Por sua vez, as projeções dos impactos das mudanças climáticas nos sistemas agroprodutivos do norte do Mato Grosso devem incorporar em sua análise projeções referentes a outras regiões do Brasil, pois os sistemas agrícolas brasileiros são interdependentes, sendo a dinâmica em áreas distantes intimamente relacionadas refletindo no aumento ou redução da pressão exercida pela agricultura e pecuária sobre os cerrados e florestas mato-grossenses.

As modelagens aqui apresentadas para a agricultura brasileira foram feitas por Pelegrino e Assad (2007), tomando por base três projetos anteriores: o primeiro resultou na criação de uma rede nacional de informações agrometeorológicas que mantivesse um sistema de gerenciamento e divulgação dos dados sobre o clima (Agritempo). Os outros dois foram *zoneamentos de risco climático* para algumas culturas brasileiras, empreendidos por Assad (2002) e Marin (2006). Ambos produziram em seus trabalhos mapas de Índices de Satisfação das Necessidades de Água (ISNA), indicador diretamente associada à chance de sucesso de uma cultura (Pelegrino *et al.*, 2007). Usando os mesmos modelos e considerando as projeções das mudanças climáticas globais apresentadas pelo TAR IPCC (2001), simularam-se cenários agrícolas futuros para aumentos de temperatura de 1°C, 3°C e 5,8°C e aumentos de precipitação de 15%. A figura 1.7 apresenta as zonas de risco climático para a cultura de soja no cenário de aumento de 3°C, o qual possivelmente irá se concretizar.

Nas projeções de aumento de 1°C nas temperaturas, o território mato-grossense apresenta quase que a totalidade dos solos aptos ao cultivo do gênero, indicando disponibilidade de água suficiente para o estabelecimento da espécie. Neste

cenário, o total nacional de áreas aptas ao cultivar gira em torno de 310 milhões de hectares, enquanto cerca de 930 milhões são considerados aptos com restrições.

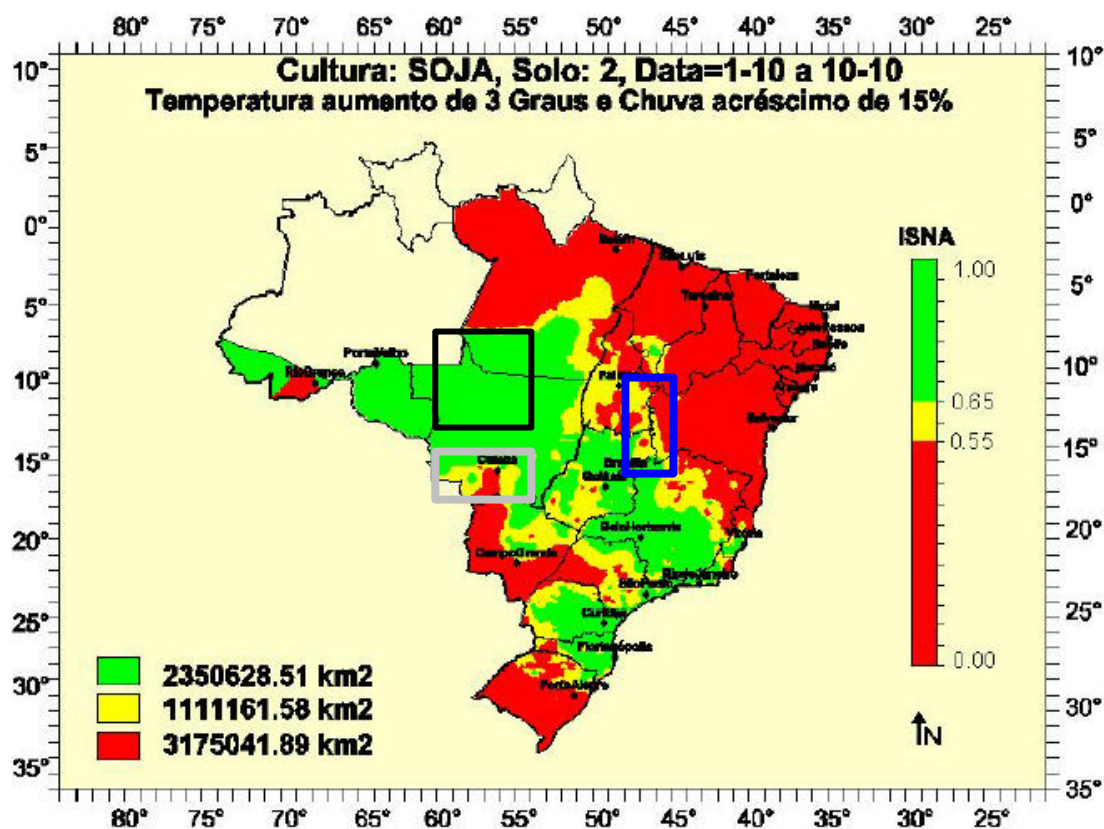


Figura 1.7. Zonas de risco climático para o plantio da soja em solo de textura média entre os dias 1-10 de outubro, considerando aumento de 3 °C e intensificação das chuvas em 15%. São apresentadas três classes de índice de satisfação das necessidades de água. São elas: apta (verde), apta com restrições (amarela) e inapta (vermelha). Norte do Mato Grosso (quadrado negro) e oeste baiano (quadrado azul) e sul mato-grossense (quadrado cinza) (fonte: Pellegrino *et al.*, 2007).

Já o aumento de 3°C na temperatura (figura 1.7) representaria uma redução de 25% das áreas brasileiras aptas à soja em relação ao primeiro cenário (1°C), assim com um acréscimo de 19,6 % e 21,5% nas áreas classificadas como aptas com restrição e inaptas, respectivamente. Observa-se na projeção que o Mato Grosso está localizado entre duas frentes de expansão de áreas com restrições hídricas – uma avançando do nordeste e outra expandindo-se a partir do sudoeste do MS - as quais empurram as áreas consideradas aptas para o plantio da leguminosa para uma estreita faixa concentrada nos estados do centro-oeste brasileiro, comprometendo a produção em áreas nas quais atualmente o grão está bem estabelecido, tal qual o oeste baiano, estimulando a procura de áreas mais propícias ao cultivo da soja por atores capitalizados, potencialmente aumentando a pressão sobre os remanescentes da vegetação original do MT.

Por fim, tendo como referencia o cenário de aumento de 5,8°C, uma redução de 50% na área nacional tida como apta ao plantio de soja é esperada, enquanto as consideradas aptas com restrição e inaptas cresceriam 32,7% e 46,1%, respectivamente. As projeções indicam que neste cenário as condições de restrição hídrica expandem-se através no centro-oeste, isolando as áreas aptas em duas sub-regiões. Uma destas compreende o estado de Rondônia e o centro-norte do Mato Grosso, apontando este recorte espacial como uma das poucas áreas do território nacional capaz de satisfazer as necessidades hídricas do cultivo da soja sob as condições consideradas, tornando-a atraente a consolidação da sojicultura, sugerindo a intensificação da pressão agropecuária sobre vegetação natural por ela abrangida em relação ao cenário anterior (3°C). Segundo Pellegrino *et al.* (2007) estamos próximos da elevação na temperatura considerada no primeiro cenário (1°C), enquanto o aumento de 3°C apresentado no segundo é dado como muito provável. Tomando como referência este último cenário, os mesmos autores projetaram a redução da área nacional apta ao cultivo para outros gêneros agrícolas, tais quais arroz e milho. Tais projeções estão indicadas na tabela 1.1

Tabela 1.1. Projeção da redução na área nacional capaz de satisfazer as necessidades mínimas de água para o cultivo de milho, soja e arroz considerando o aumento de 3°C na temperatura e intensificação das chuvas em 15% (relativo a 1990).

Gênero Agrícola	Redução da área apta ao cultivo
Arroz	18%
Milho	7%
Soja	39%

fonte: Pellegrino *et al.*, 2007

A partir destas projeções, alguns cenários para o zoneamento agroclimático podem ser traçados. Espera-se nas regiões temperadas (sul brasileiro) uma concentração das chuvas durante o verão e primavera (como observamos em dezembro (verão) de 2008 e janeiro (verão) e setembro (primavera) de 2009), enquanto os invernos seriam mais secos, acentuando a sazonalidade caracterizada por estiagens mais prolongadas. Diante destas projeções, espécies anuais, que apresentam alta produtividade em curtos períodos de tempo, seriam favorecidas em médias e altas latitudes (sul-sudeste brasileiro), enquanto espécies perenes adaptar-se-iam melhor em climas tropicais com uma sazonalidade menos pronunciada.

Mudanças Climáticas e metabolismo fotossintético vegetal

Durante o processo fotossintético, moléculas orgânicas altamente energéticas são produzidas a partir da combinação entre gás carbônico e água, armazenado a luz

solar em ligações químicas. Contudo, o funcionamento de tal processo metabólico não é homogêneo entre as espécies vegetais. Quanto à eficiência, podemos distinguir duas classes de plantas: C3 e C4. A soja, o algodão e a maior parte das espécies nativas do norte do MT pertencem ao primeiro grupo, enquanto o milho, a cana-de-açúcar e grande parte das gramíneas usadas como pasto, ao segundo. Apesar de compartilharem um arcabouço metabólico comum, cada uma das classes possui estratégias específicas para otimizar a conversão de CO₂ atmosférico em formas orgânicas (carboidratos), respondendo de maneira diferente ao aumento das concentrações deste gás (tabela 1.2) e a variações de parâmetros ambientais, como temperatura e umidade (figura 1.8)

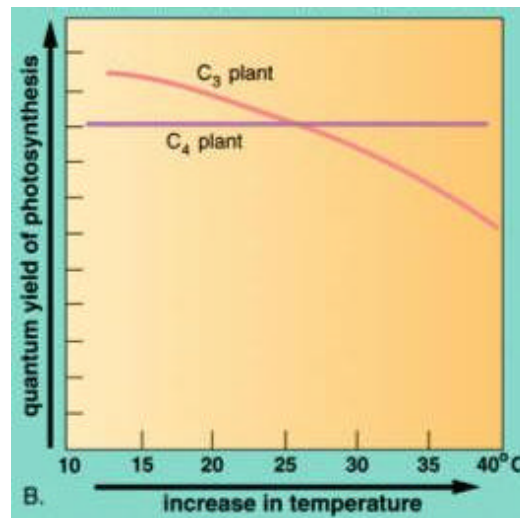


Figura 1.8. Eficiência energética da fotossíntese (quantum yield of photosynthesis) em função do aumento da temperatura (increase in temperature) em plantas C3 e C4. Nas plantas C3, o aumento da temperatura eleva a atividade fotorespiratória, a qual reduz a produtividade líquida da fotossíntese. Já as plantas C4, devido aos mecanismos metabólicos de concentração de CO₂, têm sua produtividade líquida pouco afetada pela fotorespiração, imunizando a produtividade fotossintética dos efeitos deletérios do aumento da temperatura. (fonte:academic.kellogg.cc.mi.us/herbrandsonc/bio111/metabolism.htm)

Há uma expectativa que espécies C4, devido suas características metabólicas, sejam favorecidas em climas mais quentes (figura 1.8) e secos previstos pelo INPE, o que explicaria a redução menos pronunciada da área adequada ao cultivo do milho (7%) quando comparada à soja (39%) (Pellegrino *et al.*, 2007). Também devemos levar em conta a expectativa da proliferação de doenças e pragas com o aumento da temperatura e umidade (Hamada, 2005).

Fertilização Atmosférica por CO₂

Agregando maior complexidade as projeções, devemos considerar a fertilização atmosférica pela tendência de crescimento das concentrações atmosféricas de CO₂, a

qual pode ter impactos diversos no metabolismo de plantas C3 e C4. Neste parâmetro, as plantas C3 levam vantagem em concentrações elevadas de CO₂. As C4 funcionam com maior eficiência em baixas concentrações do gás quando comparada as plantas C3, porém saturam sua atividade em valores menores que as C3.

Quanto à produtividade, Siqueira *et. al* (2000), utilizando modelos GISS (NASA), CERES e SOYGRO, projetou o impacto do aumento das concentrações atmosféricas de CO₂ na produção nacional de soja e milho. Foram consideradas a concentração do gás observada em 1995 e as esperadas em 2010, 2030, 2050 e 2060. Os resultados estão resumidos na tabela 1.2.

Tabela 1.2. Produção de milho e soja (t/ha) projetada em relação as projeções de aumento das concentrações atmosférica de CO₂ (obtidas a partir dos modelos GISS, CERES e SOYGRO).

Cenário para as concentrações de CO ₂ em ppm (ano)	Produção de grãos de soja (t/ha)	Produção de grãos de milho (t/ha)
330 ppm (1995)	2,86	5,92
405 ppm (2010)	2,95	5,59
460 ppm (2030)	3,16	5,34
530 ppm (2050)	3,46	4,96
555 ppm (2060)	3,60	4,94

fonte: Siqueira *et al.*, 2000.

Observa-se que a fertilização atmosférica de carbono eleva a produtividade da soja em 26%, enquanto a do milho é reduzida em 16%, quando comparamos a produção projetada para 2060 com a de 1995.

Se por um lado o trabalho de Pellegrino *et al.* (2007) anteriormente apresentado aponta o milho, dentre as espécies consideradas, como aquela mais resistente aos cenários de restrição hídrica, tendo, portanto, a redução menos significativa da área nacional propícia ao cultivo (7%), as projeções de Siqueira *et al.* (2000) indicam que esta espécie terá sua produtividade por área comprometida pela fertilização atmosférica de carbono, contrabalanceando os ganhos devido a maior aptidão a ambientes quentes e secos. Já a soja apresenta comportamento oposto. Enquanto para o primeiro autor haverá uma redução de 39% nas áreas propícias ao seu cultivo, o segundo sugere ganho de 26% na produtividade por área em função do incremento das concentrações atmosféricas de CO₂. Portanto, vemos que as variações esperadas para alterações em aspectos distintos do sistema climático exercem pressões antagônicas na adaptabilidade das culturas agrícolas as mudanças esperadas pelos modelos.

É importante ressaltar que a simulação destes cenários não incorpora nas suas condições iniciais diversos aspectos relevantes para a projeção de cenários

agroclimáticos, uma vez que a modelagem ainda não contempla toda a complexidade da interação entre o sistema climático e os sistemas agroprodutivos. Desconsideram também os impactos das estratégias de adaptação e mitigação, como o aprimoramento das técnicas de manejo e melhoramento genético, assim como a própria adaptação fisiológica das plantas às novas condições. Entretanto, mesmo aquém do ideal, as simulações são úteis ao fornecerem referencial para o planejamento de estratégias de adaptação e mitigação envolvendo o uso da terra.

1.5. Mudanças Climáticas na agenda política brasileira

O Brasil tem mais da metade das suas emissões antropogênicas relacionada à soma das contribuições da devastação de florestas e cerrados em áreas agroprodutivas com aquelas emitidas pelo setor agropecuário (Primeiro inventário Brasileiro, 2004; Lindoso *et al*, 2009), colocando o país entre os maiores emissores globais de GEE.

No âmbito internacional, o Brasil é um dos signatários da Comissão-Quadro das nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (CQNUMC), comprometendo-se com o esforço global para estabilização dos níveis atmosféricos de gases do efeito estufa. Este tratado reconhece a responsabilidade comum, porém diferenciada entre os países membros, tendo a responsabilidade histórica como fator determinante na ponderação das metas de redução das emissões de GEE que cada país deve atingir individualmente. O ato internacional foi incorporado à ordem jurídica brasileira e promulgado em 1998 pelo decreto 2.652, entrando em vigor a partir de então no âmbito nacional e explicitando o compromisso legal do governo brasileiro em implementar o acordo.

Em 2008 foi apresentada à primeira versão do Plano Nacional sobre Mudanças Climáticas (PNMC), que incorporou, após pressões da sociedade civil, metas de redução do desmatamento da Amazônia, além de outras associadas à matriz energética. A sua elaboração contemplou a participação da sociedade civil tanto por meio das conferências estaduais e nacionais sobre mudanças climáticas, assim como pelo diálogo entre seus representantes e o governo no âmbito do Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas (FBMC), outro instrumento importante na gestão climática brasileira.

Alguns projetos de lei sobre uma Política Nacional de Mudanças Climáticas já tramitaram no Congresso. A mais recente é a PL 5.415/09, apresentada pelo deputado Rocha Loures (PMDB/PR). A comissão Interministerial sobre Mudanças Climáticas, responsável pela elaboração do plano, também é outro elemento fundamental na

logística da política climática. Composta por representantes de nove ministérios¹³, tem entre suas atribuições avaliar estratégias de mitigação e adaptação, subsidiar a posição do governo em negociações, estabelecer critérios de adicionalidade para os projetos de MDL, assim como promover a articulação entre diferentes atores da sociedade civil. Outra iniciativa importante foi a criação da Rede-Clima em 2008, a qual reúne cerca de 10 instituições de pesquisa nacionais, dentre as quais o CDS, cujo objetivo é *“produzir e disseminar conhecimento e tecnologia para que o Brasil possa responder às demandas e desafios provocados pelas mudanças climáticas”* (INPE, 2009)¹⁴ e explicitar ao governo nacional a necessidade de interagir com os governos locais (Nobre, 2009). Simultaneamente, foi lançado em 2009 o Painel Brasileiro sobre Mudanças Climáticas (PBMC). Inspirado no IPCC, o painel irá produzir relatórios técnico-científicos visando dar suporte a tomada de decisão.

Em âmbito estadual, algumas unidades da federação já começaram a organizar uma rede institucional de enfrentamento às MC. São Paulo, por exemplo, está inventariando suas emissões e já debate o estabelecimento metas de mitigação abrangendo a região metropolitana da capital do estado. Bahia, Pernambuco, Minas Gerais e Mato Grosso também estão empreendendo esforços, como elaboração de planos estaduais de enfrentamento às MC e Fóruns estaduais para discussão do tema, além de ações isoladas de mitigação e investimentos em ciência do clima em escala local.

Durante a I Jornada sobre MC e Consumo Sustentável realizada em Brasília pelo ICLEI (2009), diversos gestores públicos estaduais e municipais, como Eduardo Jorge e Ronaldo Vasconcelos – respectivos secretários de meio ambiente de SP e MG - colocaram que um dos principais gargalos para efetivar a gestão climática é a disponibilidade de metodologias de avaliação da interação sociedade-clima e para monitorar avanços e retrocessos de políticas concernentes a problemática, mais uma destacando a importância de indicadores de sustentabilidade e sistemas de avaliação integrada no suporte a tomada de decisão concernente ao clima.

Em escala local, algumas cidades já apresentaram progressos. O município de Apuí, no estado do Amazonas, possui um Plano de Ação Climática e Desenvolvimento Sustentável, contendo metas de redução do desmatamento, recuperação de áreas degradadas, gestão da energia e educação ambiental. No Mato Grosso, o município

¹³ Ministérios membros da Comissão Interministerial sobre Mudanças Climáticas: Relações Exteriores; Ciência e Tecnologia; Casa Civil; Orçamento e Gestão; Agricultura e Abastecimento; Transportes; Minas e Energia; Meio Ambiente; Desenvolvimento, Indústria e Comércio; Projetos Especiais. É presidida pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, tendo o Ministério do Meio Ambiente na vice presidência.

¹⁴ Disponível em www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=1420

de Lucas do Rio Verde e Cuiabá fazem parte da ANAMMA (Associação Nacional dos Órgãos Municipais de Meio Ambiente), importante espaço para troca de informações e capacitação ambiental dos gestores locais e que poderá ser um espaço de divulgação e troca de experiência sobre ações de mitigação e adaptação entre gestores locais, catalisando as reformas adequadas.

A articulação de instrumentos de planejamento e gestão já consolidados em diferentes setores da esfera pública, como o ordenamento territorial, ações e políticas de combate e controle do desmatamento, assim como políticas de eficiência energética, serão insumos fundamentais para a efetivação da gestão climática. O desafio não será criar novas agências ou órgãos específicos para a questão climática, mas reorganizar a estrutura política já existente. Este é, antes de tudo, um desafio institucional, pois a comunicação falha existente entre as diversas instâncias do executivo são barreiras conhecidas na gestão pública. Portanto, a construção de um quadro político-institucional consistente em nível municipal é imprescindível para que as reflexões globais e nacionais sobre as medidas necessárias para o enfrentamento das mudanças climáticas possam tornar-se realidade, uma vez que é no âmbito local que tais as ações irão concretizar.

2. DINÂMICA DO USO DA TERRA NO MATO GROSSO

O norte do Mato Grosso (figura 2.1) destaca-se no cenário nacional como expoente da produção agropecuária, tendo participação fundamental na dinâmica econômica do estado. Até 1970, o extrativismo, assim como a pecuária e a agricultura tradicional eram as atividades econômicas predominantes na região. Apesar de não fornecerem uma base econômica estável, tais atividades causavam pouco impacto no ecossistema local. No início da década de 1970, o governo militar lançou o Plano de Integração Nacional (PIN), seguido de outras políticas fundiárias de incentivo, visando ocupar os espaços vazios da Amazônia legal e diminuir as tensões sociais geradas pela modernização da agricultura em outras regiões do Brasil (Passos, 2002).

A construção de uma infra-estrutura viária, com destaque no norte do MT para BR 163 (Cuiabá-Santarém), associada às políticas públicas de crédito e incentivos fiscais, consolidou ao longo das décadas de 1970 e 1980 a ocupação da região e expansão sobre áreas de floresta primária e cerrado (Soares-Filho, 2005). As pequenas propriedades, inicialmente predominantes, deram lugar a empreendimentos agrícolas de grande escala, voltados para o mercado externo de *commodities*.

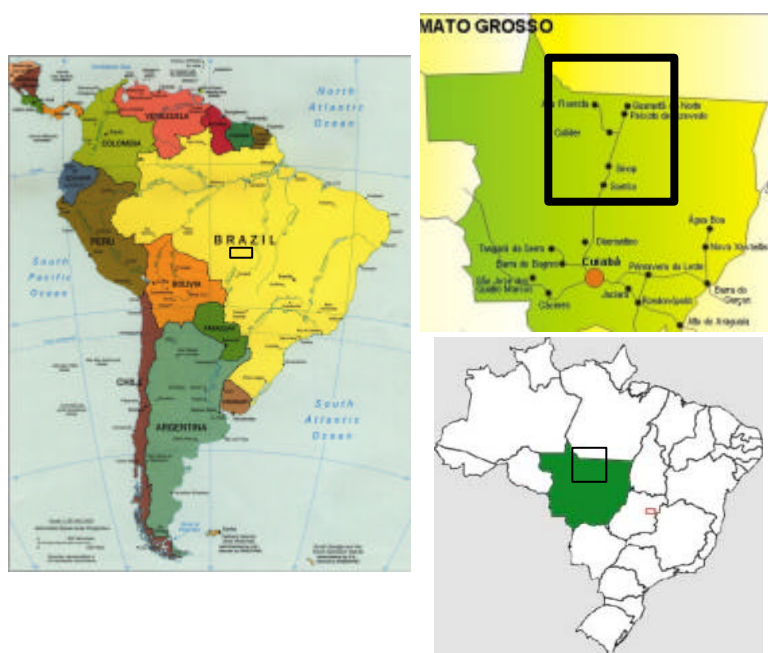


Figura 2.1. Localização do estudo de caso: Brasil (esquerda); Estado do Mato Grosso em verde (canto inferior direito); Norte do Mato Grosso delimitado pela moldura (canto superior direito) (fonte: adaptado de SEPLAN-MT, 2007)

Como consequência, o estado observou grande fluxo imigratório nas últimas décadas, sendo mais intensa em 1970, quando a população cresceu a uma média de

6,59% ao ano, reduzindo progressivamente as taxas durante as décadas de 1980 (5,4% ao ano), 1990 (2,37% ao ano) (Cunha, 2006). No período abrangido por este trabalho (2001 e 2007), a população do estado cresceu a uma média de 2% ao ano, acima da média nacional e dos demais estados do centro-oeste, a exceção do DF (tabela 2.1). Este comportamento sugere que o estado ainda funciona como um importante pólo nacional de atração demográfica.

Em visita de campo em julho de 2008 a região este fato ficou evidente em Sorriso. Na margem leste da BR 163, que atravessa a cidade, encontra-se o que é chamado localmente de Sorriso Novo, no qual bairros constituídos de habitações precárias vêm se expandindo à medida que imigrantes nordestinos, especialmente maranhenses, chegam ao município a procura dos empregos que emergem a partir do desenvolvimento da sojicultura (vide apêndice 1). Na margem oeste encontra-se Sorriso Velho, povoada principalmente pelos colonizadores de origem sulista (RS, SC e PR), os quais que se estabeleceram na região na década de 1970 e 1980.

Tabela 2.1. Aspectos Demográficos e Geopolíticos da Região Centro Oeste e respectivas Unidades Federativas (2000 e 2007). C (%): crescimento demográfico relativo ao período 2000 -2007. Para o DF, o número de Regiões Administrativas (RA) está entre parênteses. Fonte: IBGE Censo 2000 e PNAD 2007.

Território	Área (Km ²)	População Total (habitantes)			Densidade Populacional (habitantes/Km ²)		Total de Municípios	
		2000	2007	C(%)	2000	2007	2000	2007
Brasil	8.514.876	169.872.856	183.987.291	8,3	20,0	21,6	5559	5564
Centro-Oeste	1.606.368	11.638.658	13.222.854	13,6	7,3	8,2	463	466
Distrito Federal	5.801	2.051.146	2.455.903	19,7	354	423	1 (19) ¹	1 (29) ¹
Goiás	340.086	5.004.197	5.647.035	12,9	14,7	16,6	246	246
Mato Grosso	903.357	2.505.245	2.854.642	14,0	2,8	3,2	139	141
Mato Grosso do Sul	357.124	2.078.070	2.265.274	9,0	5,8	6,3	77	78

Fonte: IBGE Censo 2000 e PNAD 2007.

Outro aspecto que chama a atenção é a baixa densidade demográfica do estado em comparação à realidade brasileira e da região Centro-Oeste, refletindo um processo de ocupação ainda em consolidação. Este fato é reforçado pelo total e tamanho de alguns municípios. Apesar do MT ter apresentado, em 2007, o dobro de municípios em relação ao MS, quando consideramos a extensão territorial de ambos os estados percebemos que, proporcionalmente, o MT apresenta menor densidade municipal. Ademais, o tamanho de municípios como Colniza, cujo território

compreende 28.000 Km² (cerca de 5 vezes o território do DF), evidencia a ocupação incipiente em algumas regiões, especialmente no extremo norte e noroeste do estado.

Tabela 2.2. Composição (porcentagem) da população por gênero e urbanização respectiva à região Centro-Oeste e suas Unidades Federativas (2000 e 2007).

Território	População urbana (%)		População Rural (%)		População Masculina (%)		População Feminina (%)	
	2000	2007	2000	2007	2000	2007	2000	2007
Brasil	81,2	83,5	18,8	16,5	49,2	48,8	50,8	51,2
Centro-Oeste	86,7	86,8	13,3	13,2	49,9	49,6	50,1	50,4
Distrito Federal	95,6	94,2	4,4	5,8	47,8	47,8	52,2	52,2
Goiás	87,8	89,5	12,2	10,5	49,8	49,7	50,2	50,3
Mato Grosso	79,4	75,9	20,6	24,1	51,4	51,0	48,6	49,0
Mato Grosso do Sul	84,1	85,9	16,0	14,1	50,1	49,6	49,9	50,4

Fonte: Censo IBGE 2000 e PNAD 2007.

A expansão da população rural entre 2000 e 2007 (tabela 2.2) contrapõe a tendência que vinha sendo observada nas décadas anteriores, ao longo das quais o grau de urbanização do estado aumentou de 38,8% em 1970 para 79,4% em 2000 (Cunha, 2006). Provavelmente este comportamento se deve ao aquecimento do mercado de *commodities* e expectativa da pavimentação da BR 163, incentivo que atraiu milhares de pessoas para a região. A bonança econômica trazida pela agropecuária também pode ser vista na evolução do rendimento mensal por gênero (tabela 2.3). Enquanto no Brasil e nos estados do Centro-Oeste (CO) a renda da população de pretos e pardos cresceu a taxas substancialmente maiores que aquela dos brancos entre 2000 e 2006, no MT o rendimento nominal da população branca teve acréscimo (220%) semelhante à de pretos e pardos (218%) mantendo a mesma relação de desigualdade de 2000 – enquanto nos demais estados e Brasil esta relação diminuiu - e muito superior a dos brancos dos demais estados do CO e Brasil (tabela 2.3). Este comportamento é esperado, uma vez que os atores capitalizados, donos dos grandes latifúndios e que se beneficiaram da alta do preço da soja e boi gordo entre 2000 e 2004, são originários do sul brasileiro, caracterizado pela ascendência européia pouco miscigenada.

Tabela 2.3. Rendimento mensal e escolaridade por gênero e etnia. Os números em negrito referem-se à taxa de crescimento do rendimento médio nominal mensal entre os anos de 2000 e 2006.

	Masculino		Feminino		Masculino/ Feminino		Branco		Preto ou Pardo		Branco/ Preto	
	2000	2006	2000	2006	2000	2006	2000	2006	2000	2006	2000	2006
Brasil	714	1038 45%	482	690 43%	1,5	1,5	406	1124 176%	162	592 265%	2,5	1,9
Centro-Oeste	779	1156 48%	525	795 51%	1,5	1,5	491	1283 161%	239	756 216%	2,0	1,7
Distrito Federal	1259	2014 70%	908	1493 64%	1,4	1,4	838	2361 181%	370	1287 248%	2,3	1,8
Goiás	663	948 40%	399	621 56%	1,7	1,5	365	983 169%	202	648 221%	1,8	1,5
Mato Grosso	724	1037 43%	458	634 38%	1,6	1,6	395	1266 220%	199	633 218%	2,0	2,0
Mato Grosso do Sul	697	1261 80%	425	648 52%	1,6	1,6	367	1066 190%	184	630 242%	2,0	1,7

fonte: IDS-IBGE 2008, dados referentes a 2006 e IPEA data, dados referentes a 2000

2.1. O Modelo de desenvolvimento econômico e desmatamento

Originalmente, o Estado do Mato Grosso tinha 527 mil Km² de floresta, dos quais 37% já haviam sido desmatados até 2005. O Mato Grosso, constituinte do chamado arco do desflorestamento, apresentou o maior desmatamento entre os estados da Amazônia Legal entre 1989 e 2008 (figura 2.2), sendo mais intenso nas propriedades rurais e menos intenso nos assentamentos e áreas protegidas (Micol *et al.*, 2008). A atividade madeireira, associada à especulação imobiliária, vem substituindo a floresta por pastos e cultivos de cereais e grãos, principalmente na frente de expansão da fronteira.

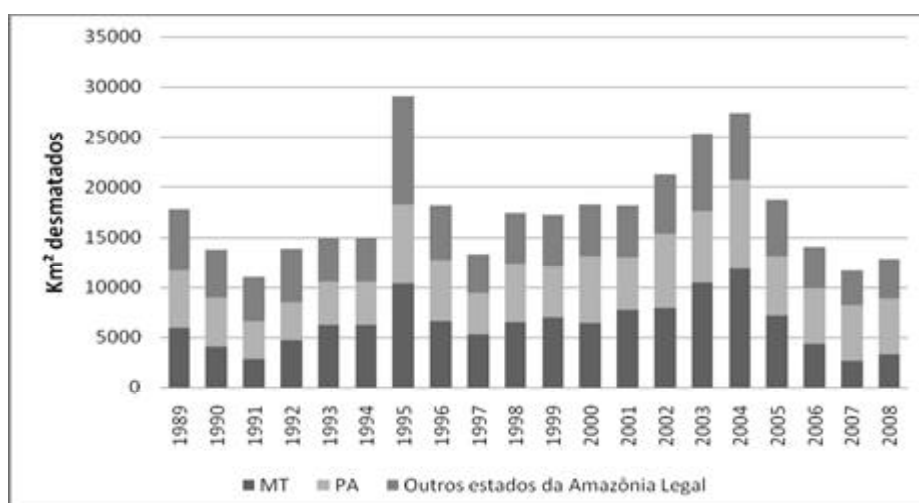


Figura 2.2. Evolução do desmatamento na Amazônia Legal (Mato Grosso, Pará e demais estados da Amazônia Legal) entre os anos de 1989 e 2008. (fonte: PRODES/ INPE, 2008)

Segundo IBGE (2005), o número de cabeças de gado na Amazônia subiu de 27 milhões em 1990 para 64 milhões em 2003, sendo os estados do Mato Grosso, Tocantins e Rondônia responsáveis por 86% desse contingente. Só o MT apresentava em 2006 cerca de 26 milhões de cabeças de gado (MAPA, 2009), das quais 40% encontravam-se no norte do estado, estimulando o estabelecimento de pólos frigoríficos e laticínios na região (tabela 2.4).

Tabela 2.4. Produção animal: norte do Mato Grosso Estado (1); estado do Mato Grosso (2); participação do norte na produção estadual (1/2)

Produção	Região norte do estado (1)	Mato Grosso (2)	Participação% (1/2)
Aves	4.922.749	21.115.447	23,31
Suínos (cabeças)	796.928	1.359.824	58,6
Bovinos (cabeças)	10.712.771	26.651.500	40,2
Total	16.432.448	49.126.771	40,7

fonte: IBGE – pesquisa pecuária municipal, 2006

Alguns estudos afirmam que a pecuária é o principal motor do desmatamento na Amazônia, tendo sua expansão fundamentada na viabilidade financeira dos médios e grandes pecuaristas (Margulis, 2003; Veiga *et al.*, 2004; Barreto *et al.*, 2005; Barreto *et al.*, 2008, Brandão, 2005). Como veremos nos resultados deste trabalho, além de motor do desmatamento, é a atividade que mais emite gases de efeito estufa por unidade de área. Alguns autores afirmam que os agentes intermediários, que se antecipam a criação de gado e são diretamente responsáveis pelo desmate, têm seu custo de oportunidade parcialmente compensado pela garantia de venda futura das terras para os pecuaristas (Browder, 1988; Hecht, 1992, Margulis, 2003). Estima-se que os custos ambientais da pecuária na Amazônia sejam de U\$ 100/ano/ha, superando o retorno econômico avaliado pelo Banco Mundial em U\$ 75/ano/ha (Margulis, 2003). A avicultura e suinocultura também são de grande relevância na produção animal da região, sendo que o norte mato-grossense compreendeu 58% da criação de suínos do estado, gerando toda uma estrutura-suporte a esta atividade, desde a produção de ração para porcos até produtos veterinários.

A agricultura também assume um papel fundamental na compreensão dos problemas do uso da terra na região. O desenvolvimento econômico dos municípios norte mato-grossense deve-se em grande parte à expansão agrícola, especialmente da soja, milho e algodão. Diante de um mercado mundial de alimentos em franco crescimento, associado ao aumento internacional dos preços das *commodities*, a perspectiva de ampliar as exportações brasileiras de produtos agrícolas vem impulsionando cultivos em direção à floresta. A safra nacional 2007/2008 apresentou

produção recorde, com crescimento de 7,8% em relação ao período anterior, com destaque para a soja, cuja safra foi de 59, 5 milhões de toneladas (IBGE, 2009). Em 2005, o Mato Grosso respondeu por mais de 17 milhões de toneladas de soja, proporção significativa diante da produção brasileira (IBGE, 2006), sendo que quase 70% desse valor (tabela 2.5) provêm do centro-norte do estado.

Tabela 2.5. Produção de *commodities* (2005): norte do estado do MT (1); estado do MT (2); participação do norte na produção estadual (1/2).

Produto (toneladas)	Região norte (1)	Mato Grosso (2)	Participação % (1/2)
Arroz	1.690.640	2.262.863	74,71
Algodão	657.861	1.682.839	39,09
Milho	2.452.656	3.483.266	70,41
Soja	12.124.773	17.761.444	68,26
Feijão	47.017	66.122	71,10
Girassol	15.693	22.207	70,66
Total	16.988.640	23.595.902	72,00

fonte: IBGE – pesquisa pecuária municipal, 2006

Os recursos gerados com a agropecuária representaram cerca de 30% do PIB agropecuário do estado em 2005 (IBGE, 2007) sendo que a participação do centro-norte, região na qual a devastação é mais intensa, corresponde por cerca de três quartos da produção estadual. Além dos ganhos diretos, a emergência da região como pólo agrícola atraiu empreendimentos relacionados ao agronegócio, concentrando empresas que comercializam agroquímicos, máquinas agrícolas e agroindústrias, dinamizando a economia local. Entretanto, a mecanização do campo, inerente à produção em larga escala, tem exigido qualificação e menos mão de obra, resultando, por um lado, no aumento de investimentos e, por outro, na ampliação do desemprego (Cavalcante e Fernandes, 2006).

A viabilidade econômica da agricultura de exportação encontra-se no estabelecimento de uma infra-estrutura de escoamento e armazenagem da produção. No caso mato-grossense, a armazenagem foi fundamental na competitividade da sojicultura, pois permitiu a manutenção de um baixo teor de umidade nos grãos (Becker, 2006). Durante a década 1990, o BNDS (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) respaldou os investimentos privados em infra-estrutura de armazenagem ao longo da BR163, próximos aos grandes centros produtivos. Formas tradicionais de comercialização foram substituídas por novas, tais como a aquisição antecipada de insumos agrícolas em troca de parte da produção futura, estabelecendo uma relação de dependência entre os produtores rurais e as grandes agroexportadoras. Nesse contexto, duas empresas ganham destaque: A Bunge Brasil e a Cargill Brasil.

A primeira, de origem holandesa, adquiriu diversas empresas nacionais do ramo agrícola ao longo da década de 1990. Construiu silos e instalações industriais nos principais corredores de escoamento agrícola do país, focando suas operações na compra de grãos e venda de fertilizantes para os produtores rurais, aprofundando a relação de dependência destes com as grandes empresas do setor e influenciando no ordenamento territorial brasileiro (Becker, 2006). A logística de escoamento adotada pela empresa fundamenta-se na terceirização do transporte, principalmente ferroviário, associado a investimentos significativos na construção de terminais portuários e aquisição de vagões.

Já a Cargill é uma empresa diversificada, de origem norte-americana, atuando desde o setor produtivo, passando pela indústria de alimentos, mercado financeiro e exportação de gêneros agrícolas. Possui uma extensa rede de escoamento para o mercado internacional nos principais portos brasileiros, com destaque para o de Santarém (PA). Este será diretamente beneficiado pela pavimentação da BR163, concentrando o escoamento hidroviário da produção agrícola do Mato Grosso, barateando sensivelmente os custos de frete.

2.2. Questão fundiária e conflitos sociais

O Mato Grosso apresenta grande concentração fundiária, reflexo de seu histórico de ocupação. Em 2003, apenas 8% das propriedades eram classificadas como grandes (acima de 2.000 hectares). Contudo, compreendiam 60% da área de estabelecimentos agropecuários. Em contrapartida, as pequenas propriedades, que respondiam por 60% dos estabelecimentos, abrangiam apenas 6% da área total rural (tabela 2.6) (Cavalcante e Fernandes, 2006). Apesar do número de imóveis com mais de 2.000 ha ter aumentado em 10% entre 1998 e 2003, a área total dos mesmos decresceram 16%, sugerindo uma redução no tamanho médio dos latifúndios. Já os grupos média e pequena propriedade observaram, respectivamente, crescimento de 25% e 22% tanto na área quanto no número de imóveis. Cabe destacar que em 2003 foram registradas três propriedades com mais de 100.000 ha, enquanto em 1998 totalizavam 13. Apenas para dar uma idéia da dimensão destas 13, a soma de suas áreas é 70% maior que o território de Sorriso. A redução observada destes “hiper latifúndios” entre 1998 e 2003 representa a repartição de cerca de 1.200.000 ha. A tabela 2.6 apresenta a evolução da estrutura fundiária no Mato Grosso entre 1998 e 2003.

Tabela 2. 6. Evolução da estrutura fundiária do Mato Grosso entre 1998 e 2003.

Grupos de Área	1998		2003		1998-2003
	Imóveis	Área (ha)	Imóveis	Área (ha)	Evolução (área)
Pequena 1-200 (ha)	56.729	3.649.538	69.393	4.447.893	(+) 22 %
Média 200-2.000 (ha)	29.555	19.175.332	36.815	23.927.402	(+) 25%
Grande 2.000-100.000 (ha)	8.428	49.989.572	9.318	42.012.889	(-) 16%
total	94.712	72.814.442	115.526	70.388.184	-

Fonte: Cavalcante, 2006

A presença ineficiente do Estado e a comunicação falha entre o sistema de cadastramento (INCRA) e de registro legal (Cartório) facilitou a ação de grileiros, favorecendo a ocupação ilegal de terras públicas, a abertura de estradas clandestinas e o desmatamento florestal. A corrupção em diversos níveis institucionais, incluindo órgãos fiscalizadores e cargos da burocracia estadual, contribuiu para o agravamento da situação. Adicionalmente, a expectativa da pavimentação da BR163 levou a uma intensa migração para a região, impulsionando a grilagem e a especulação fundiária, resultando no adensamento dos conflitos sociais.

Programas de Reforma Agrária implementados na região pelo INCRA resultaram no assentamento de diversas famílias, muitas das quais oriundas de outras regiões do país (Torres, 2005). Frequentemente estes assentamentos são estabelecidos em regiões de difícil acesso e desprovidas de infra-estrutura adequada. Observa-se em alguns assentamentos a exploração dos recursos madeireiros e, posteriormente a sua exaustão, a venda ilegal das terras, com conseqüente aumento da concentração fundiária na região (Micol *et al*, 2008).

A questão indígena também é de relevância para o entendimento dos conflitos sociais. As terras indígenas sofrem pressão das áreas agrícolas localizadas em seu entorno, ocorrendo muitas vezes desrespeito de seus limites por parte de pequenos agricultores e garimpeiros, além da abertura de estradas cortando as reservas e retirada clandestina de madeira.

A exploração mineral tem pouca expressividade atualmente, com alguns pontos isolados de garimpo. Após ter seu auge nos anos de 1980, a atividade arrefeceu no início da década de 1990, devido à exaustão das reservas, queda do preço do ouro e falta de incentivo governamental (Cunha, 2006). O contingente humano atraído à região por esta atividade migrou para outras áreas, especialmente para o Pará, ou alocou-se em outros setores da economia local, como agricultura e pecuária, sendo responsáveis por parte da intensa urbanização observada nas últimas décadas no norte do MT (Cunha *et al*, 2002). Em algumas regiões onde a atividade persiste, conflitos pontuais entre garimpeiros e indígenas, especialmente no noroeste do

estado, onde jazidas de diamantes estão presentes, explicitam o desrespeito pelos limites das terras indígenas e a tensão presente na região.

Diversas Unidades de Conservação (UC) municipais, estaduais e federais, tanto de uso sustentável quanto de proteção integral, associada à terras indígenas, foram criadas como forma de conter o desmatamento e preservar a biodiversidade do Bioma Amazônico. Entretanto, a efetividade da conservação esbarra na fiscalização insuficiente e na impunidade dos atores que desrespeitam a legislação ambiental (Micol *et al.*, 2008). Estudo realizado em parceria pelo IBAMA/ WWF aponta que tal ineficiência não se deve propriamente à incapacidade dos administradores, mas sim à falta de infra-estrutura e deficiência quantitativa de recursos humanos e financeiros.

2.3. O mercado de terras

O mercado de terras, tanto legal quanto ilegal, é um setor lucrativo no Mato Grosso. O valor da terra é um dos principais fatores que pesam na decisão do proprietário rural entre a conservação e o desmatamento (Micol *et al.*, 2002).

Tabela 2.7. Preço da terra em R\$/ha entre março-abril (2002 e 2004) e janeiro e fevereiro (2005) para os três municípios. Preço da *commodity* produzida por tipo de terra: boi em pastagem (R\$/@) e soja em terra agrícola (R\$/saca) para 2002 e 2004 (março-abril) e 2005 (janeiro)

Tipo de terra		¹ Alta Floresta	² Sorriso	³ Feliz Natal	Preço da <i>commodity</i>
Mata/Cerrado	2002	330 (29%) ¥	720 (26%)	630 (29%)	-
	2004	593 (27%)	2.498 (22%)	1738 (25%)	-
	2005	601(27%)	1.873 (28%)	1.441 (30%)	-
Pastagem (boi)	2002	1.137	990	517	40
	2004	2.158	3.042	2.281	56
	2005	2.186	3.026	1.513	60
Terra agrícola (soja)	2002	760	2.700	2.160	25
	2004	1.955	10.863	6.952	55
	2005	1.585	6.485	4.755	33

Fonte: adaptado FNP, 2005; Micol *et al.*, 2008

¹ O valor da terra agrícola de soja refere-se à Guarantã e Matapuá, municípios próximos à Alta Floresta.

² Valores do cerrado agrícola e pastagem referem-se à Nova Ubiratã e à Nova Mutum, respectivamente, ambos municípios vizinhos a Sorriso.

³ Valores de terra agrícola de soja/algodão referente à Nova Ubiratã, município vizinho.

¥ Entre parênteses está quantos % o valor do hectare de matas e cerrados nos municípios em questão vale tendo como referencia áreas já abertas e tratadas para a agricultura.

Terras desnudas e já preparadas para agropecuária são mais caras que as cobertas por vegetação (FNP, 2009). O preço é um parâmetro volátil, que não só flutua

entre anos diferentes, como também entre meses de um mesmo ano (tabela 2.7). Podemos entender o preço da terra como representação do custo de oportunidade da conservação, o que tem implicações para as estratégias futuras de fortalecimento dos estoques e sumidouros de carbono. Os dados apresentados na tabela 4 foram obtidos a partir da FNP¹⁵, uma das principais consultorias de estatísticas agropecuárias no Brasil. O histórico para o período não é disponibilizado de graça, o que limitou a coleta de dados secundários anuais para a dissertação. Contudo, a consultoria permite o acesso aos valores da terra por micro-regiões, para os meses de março-abril de 2002 e 2004 e janeiro-fevereiro de 2005.

Observa-se que as áreas mais caras ocupadas por vegetação estão em Sorriso e Feliz Natal, chegando a valores máximos em 2004, ano no qual o preço da soja atingiu o valor máximo no período. Assim, podemos inferir que o preço das áreas ainda com a vegetação original reflete a pressão que a agropecuária exerce sobre os remanescentes de florestas e cerrados dentro de cada município. O mesmo se aplica as terras ocupadas por sistemas agropastoris. Destaca a variação do preço do hectare de terra agrícola em Sorriso, o qual subiu cerca de 400% em dois anos, impulsionado pela subida dos preços da soja no mercado internacional, seguido de uma queda de 41% em 2005, em resposta ao decréscimo do valor da *commodity*. É interessante notar que o comportamento do desmatamento no estado segue comportamento semelhante, sugerindo uma correlação entre preço das *commodities*, valor das terras e desmatamento.

2.4. Algumas políticas públicas de uso da terra relevantes para o MT

2.4.1. Plano Safra 2007/2008

O governo destinou R\$ 12 bilhões, por meio do Pronaf (Programa Nacional de Agricultura Familiar), para a agricultura familiar na safra 2007/2008, incluindo incentivos fiscais para produção e subsídios para implementação de fontes renováveis de energia e substituição de fontes fósseis de combustível, assim como a ampliação da assistência técnica e apoio à comercialização. Dentre as linhas de crédito, a linha “Pronaf Floresta” sobressai-se, financiando sistemas agroflorestais, o extrativismo sustentável, o manejo florestal e a elaboração do plano de manejo. Os recursos poderão ser utilizados na recomposição e manutenção de Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reservas Legais.

¹⁵ Disponível em www.fnp.com.br/prodserv/relatorios/pdf/29.pdf

2.4.2. Renegociação das dívidas rurais¹⁶

O governo federal apresentou em 27 de maio de 2008 os termos de renegociação das dívidas rurais contraídas, potencialmente beneficiando 2,8 milhões de contratos de crédito rural, responsáveis por um saldo devedor de R\$ 75 bilhões. O intuito por trás dessas medidas é estimular a produtividade agropecuária, reduzindo o endividamento do pequeno e grande produtor, permitindo, assim, o acesso a novos financiamentos. Entre as ações propostas, destaca-se a redução da dívida, a prorrogação de prazos e o tratamento diferenciado a municípios que decretaram estado de calamidade. Cabe destacar as medidas de incentivo a preservação ambiental, as quais incluem a utilização de florestas cultivadas como penhor nas garantias das operações de crédito rural e financiamentos florestais; taxas de juros anuais baixas (4%) para operações florestais com recursos dos fundos constitucionais e concessão de subvenção direta a agricultores envolvidos na atividade extrativista.

2.4.3. Incentivos à produção de biocombustíveis

Os Biocombustíveis vêm assumindo uma participação cada vez maior na Matriz Energética Nacional (MEN). O governo, por meio de políticas públicas, busca alavancar a produção das matérias primas do etanol e biodiesel, assim como a incorporação destes combustíveis na dinâmica energética nacional. A expansão da tecnologia *total flex* (motores que funcionam tanto a gasolina quanto e a álcool) a partir de 2003, associado à perspectiva de ampliação do mercado internacional de biocombustíveis, estimularam o aumento na produção nacional de etanol. As decisões políticas para o setor sucroalcooleiro estão subordinadas ao Conselho Interministerial do Açúcar e Álcool, com atribuições normativas, dentro das quais se destaca a obrigatoriedade de adição de etanol anidro a gasolina.

Um recente diagnóstico (2007) realizado pelo ISPN (Instituto Sociedade, População e Natureza) demonstrou o avanço da cana sobre áreas de alta prioridade de conservação no centro-sul do país. A expansão se dá sobre o segundo maior bioma brasileiro, o Cerrado, o qual, ao contrário da Amazônia, não possui um sistema de vigilância efetivo e nem políticas públicas que se adiantem na reorientação na distribuição territorial do cultivo feito pelo capital privado. Diversas usinas de processamento de cana estão sendo construídas nos estados de Minas Gerais, Goiás,

¹⁶ www.fazenda.gov.br/portugues/releases/2008/maio/r270508b.pdf

Mato Grosso do Sul e São Paulo, vindo somar as outras que já existiam. De acordo com as tendências observadas, espera-se que o avanço se estenda futuramente aos estados do Mato Grosso e Tocantins, nos quais algumas usinas já estão em construção. O deslocamento de outras atividades agropecuárias para frente de expansão da fronteira é um potencial efeito colateral oculto no avanço canavieiro.

2.4.4. Projetos de Assentamento Rural

Com a mecanização da agricultura e esgotamento de atividades como garimpo e extração madeireira, parte do contingente ocioso inseriu-se em projetos de reforma agrária no norte do Mato Grosso.

O Instituto de Terras de Mato Grosso (Intermat) em parceria com o Incra desenvolve Projetos de Assentamentos (PA) rurais. Até 2005, 8 municípios do norte do estado foram contemplados, beneficiando 3.092 famílias (Tabela 2.8). Além dos projetos de redistribuição fundiária, em 2006 foram disponibilizados para mais de mil famílias o Crédito Instalação modalidade Materiais de Construção previstos no programa federal de reforma agrária. São valores de R\$ 7 mil para serem utilizados na construção de habitações dentro dos lotes explorados pelos assentados, totalizando um orçamento que ultrapassa R\$ 2 milhões.

Tabela 2.8. Projetos de assentamentos rurais implementados pelo Intermat/Incra até 2005 no norte do Mato Grosso.

Município	Nº de famílias Beneficiadas	Area (ha)
Alta Floresta	93	2.447
Apiacás	237	9.843
Aripuanã	195	66.000
Canabrava do norte	86	10.885
Colniza	279	332.446
Nova Canaã do Norte	137	25.851
Novo Mundo	1852	336.987
Porto alegre do Norte	213	21.175
Total	3092	805.634

fonte: Ministério do Desenvolvimento Agrário

Contudo, cabe destacar que a redistribuição de terras, por si só, não é suficiente. Os assentados devem ter acesso à infra-estrutura de produção e escoamento para efetivar a sua estada na terra. Do contrário, políticas de reforma agrária acabam resultando em nova concentração fundiária à medida que os beneficiados vendem suas terras para atores mais capitalizados. Segundo Micol *et al.*(2008), o desmatamento abrange 49% das áreas destinadas aos assentamentos de reforma

agrária, proporcionalmente maior que o observado nas propriedades rurais do Mato Grosso. Mesmo respondendo por apenas 5% do território do estado, explicita-se a necessidade em entender a dinâmica dos assentamentos, tendo como objetivo combater o desmatamento no Mato Grosso.

2.4.5. Criação de Unidades de Conservação e Terras Indígenas

Em 2009, um mosaico de territórios indígenas e Unidades de Conservação (de proteção integral e uso sustentável) pontilham o norte do Estado. Algumas que merecem destaque são:

? **Parque nacional de Juruena:** criado em 2006, o parque abrange 1,9 milhões de hectares. É o quarto maior parque nacional brasileiro, fazendo parte do Corredor de Conservação do sul do Amazonas, um mosaico de unidades de conservação que visa conter o avanço do desmatamento.

? **Parque Nacional Indígena do Xingu:** criado em 1961, apresenta área de 2.800.000 há, comportando 5500 índios de quatorze etnias distintas.

? **Estação Ecológica Iquê:** localizada no noroeste mato-grossense, a reserva conta com 224.890 ha, contínua com a área indígena dos Enauenê-Nauê. A unidade sofre com a presença de garimpeiros de diamantes em seu entorno e dentro dos próprios limites, provocando desmatamento e poluição da bacia hidrográfica.

2.5. Histórico dos municípios

Alta Floresta

Localizado no bioma amazônico, o território de Alta Floresta abrange 8.947 Km². O município emancipou-se no final de 1979, quatro anos após a chegada do pioneiro e fundador da cidade, o paulista Ariosto da Riva. Este, em empreendimento particular, comprou 400.000 ha na área onde hoje é Alta Floresta. Estas terras deram origem, mais tarde, aos municípios de Alta Floresta, Apiacás e Paranaíta (Ribeiro, 2001). Por meio de propaganda, buscou colonos no Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do sul, adotando o café um dos primeiros cultivos no município. Ariosto também criou a IDECO (Integração, Desenvolvimento e Colonização), empresa com a qual viabilizou a colonização privada do município.

No final da década de 1970 e início dos anos 1980 garimpeiros e colonos entram em choque, após a descoberta de ouro na região. Havia um sentimento de repúdio da

atividade por parte dos pioneiros, que viam no garimpo uma ameaça aos valores e objetivos defendidos pelos colonos (Ribeiro, 2001). A existência das jazidas de ouro era conhecida por Ariosto desde 1972, porém este a guardou em segredo. Contudo, a informação vazou em 1979, resultando em conflitos e mortes entre garimpeiros e colonos (Torres, 2005).

A população do município chegou ao auge no final de 1980 e início de 1990 (66.926 pessoas), coincidindo com a alta do ouro no mercado, seguindo de queda significativa nos anos seguintes, estabilizando em 49.140 (2007). Atualmente, a pecuária é sua principal atividade, apesar da agricultura familiar também ter destaque na região. Alta Floresta é um pólo regional, sendo o município referência no norte do MT e sul do Pará.

Sorriso

Sorriso apresenta área de 9.346 Km², comportando uma população de 55.134 habitantes em 2007. Sua ocupação, às margens da BR 163, foi empreendida pela colonizadora Feliz em 1977 (Hubert-Moy, 2002), emancipando-se do município de Nobre em 1986. Desalojando a população indígena local (a qual foi em parte realocada no Parque Indígena do Xingu), ondas migratórias do sul (SC, RS e PR) desenvolveram a agropecuária na região, consolidando a sojicultura como base econômica do município. Localizado na bacia do Teles Pires, encontra-se na zona de transição entre cerrado e floresta ombrófila, vegetação caracterizada por árvores de 15 a 20 metros, com troncos finos e copas pequenas (Maitelli *et al.*, 2002). A população triplicou entre 1991 e 2005, especialmente após 2000, quando o mercado de *commodities* disparou seus preços. Apresentou o maior IDH do estado em 2000 e figurou entre os maiores produtores mundiais de soja em 2006.

Feliz Natal

Emancipado em 1989, o município abrange 11.448 Km² e contava, em 2007, com 10.279 habitantes, a menor população dos três municípios aqui analisados. Feliz Natal tem o início da sua colonização datando do final da década de 1970, empreendida pelo empresariado do setor madeireiro de Sinop, município vizinho e importante centro da atividade no centro-norte do estado. Seguiram-se os colonos agropecuários, em empreendimento particular, com destaque para Antonio Domingos Debastiani, o qual se tornou o primeiro prefeito.

A pecuária e a sojicultura atualmente destacam-se como principais atividades econômicas, sendo que esta última apresentou expansão substancial na última década.

Seu território compreende cerca de 500 mil hectares do parque Indígena do Xingu, compondo parte da bacia do rio homônimo. Boa parte da vegetação original permanece intacta, sendo apenas uma pequena parte já desmatada (15%). Contudo, a proximidade a centros agrícolas pujantes, como Sorriso e Nova Ubiratã, vêm pressionando os remanescentes florestais do município.

2.6. BR 163 e sua área de Influência - eixo do desmatamento

Segundo Soares Filho (2005), a pavimentação de rodovias leva a um aumento das taxas de desmatamento e abre novas frentes de ocupação. De modo a estimar as possíveis conseqüências do asfaltamento das rodovias amazônicas, o autor realizou simulações para avaliar a relações entre a pavimentação e a evolução da devastação do bioma. As projeções apontam o leste e o sudeste amazônico (regiões nas quais se localizam o norte do MT e sudeste do Pará) como as regiões potencialmente mais afetadas.

Os resultados sugerem que em um cenário de pavimentação com baixa governança, as áreas florestadas localizadas fora dos limites das Unidades de Conservação e Reservas Indígenas terão praticamente desaparecido até 2050 do norte do Mato Grosso e sul do Pará. Entretanto, considerando um cenário de pavimentação com boa governança, fundamentada na ampliação das áreas protegidas integradas a uma fiscalização rigorosa e eficiente, as projeções indicaram uma redução de até 62% do desmatamento previsto no cenário pessimista de *business as usual*.

Conclusões semelhantes foram observados em modelagem realizada pela equipe do LUPIS Brasil (subprojeto Clima - CDS/UnB) para o mesmo ano (2025) e sob cenários semelhantes. Partindo do princípio que a BR 163 estará totalmente pavimentada em 2025, a pesquisa empreendida por Rodrigues-Filho *et al.* (2009) assumiu que o mercado tem um papel de igual importância a efetividade das políticas pública, sendo que em um contexto na qual o mercado de *commodities* está desaquecido e as políticas de combate e controle do desmatamento funcionam, a taxa de desmatamento no MT cai substancialmente em relação as médias históricas, apesar do desmate legal aumentar.

Portanto, diante da perspectiva de redução dos custos com frete em decorrência da pavimentação completa da BR 163 (Ojima, 2006), a distância que os remanescentes florestais estarão da rodovia será um forte fator de risco. A infraestrutura de escoamento é determinante na lucratividade da produção agrícola e

influencia diretamente o custo de oportunidade da Conservação¹⁷. A proximidade com rodovias torna mais interessante aos proprietários dar um fim agroprodutivo a terra do que manter a floresta em pé.

Em 2003, de um total de 240 mil Km de estradas mapeadas por sensoriamento remoto óptico na Amazônia Legal, verificou-se que apenas 10% eram estradas oficiais, enquanto 71% eram não oficiais. Do total de estradas não oficiais, 87% encontravam-se no MT, PA e RO (Brandão Júnior *et al.*, 2007), exatamente os estados que são campeões do desmatamento (INPE, 2009), estando adicionalmente entre os maiores emissores nacionais de GEE (Lindoso *et al.*, 2009).

Brandão Júnior *et al.* (2007) concluiu que o risco de desmatamento em um raio de 50 km em torno das estradas oficiais aumenta exponencialmente da borda para o centro. Além destes limites, a probabilidade de desmatamento se estabiliza, atingindo valores próximos a zero. Já para as estradas não oficiais, o autor observou um raio de 5Km como zona de risco, corroborando a hipótese que grande parte do desmatamento ocorre ao redor das estradas não oficiais. Em outras palavras, as estradas abertas pelos próprios madeireiros e proprietários de terra, em sua maioria esmagadora ignoradas pelo Estado, são as principais vias do desmatamento. Devido à rápida proliferação das estradas, extensão da malha e acesso restrito, os esforços de fiscalização por terra são ineficientes, sendo o sensoriamento remoto a nova esperança do monitoramento.

Com orçamento previsto no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), o DNIT (Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transporte) prevê a finalização do asfaltamento da BR 163 até 2010. A licença ambiental prévia foi expedida em 2005, permitindo o início do asfaltamento pelo departamento do trecho entre o norte do Mato Grosso e Santarém, no Pará. O objetivo é integrar o eixo rodoviário com o hidroviário, permitindo um meio mais rápido de escoamento para a produção agrícola e a comunicação entre a Zona Franca de Manaus e o centro-sul brasileiro. Essas metas estão de acordo com as premissas do PAC que condicionam a aceleração do crescimento econômico e produtivo, assim como a superação das desigualdades regionais e sociais ao investimento em infra-estrutura. A pavimentação das diversas rodovias que cortam o Bioma Amazônico, incluindo a BR 163, faz parte de um projeto de integração do sistema rodoviário brasileiro com o de outros países sul-americanos, como Chile e Peru, permitindo o acesso de produtos brasileiros aos portos do Pacífico.

¹⁷ O custo de oportunidade, no caso, refere-se a “perda econômica ocasionada pela renúncia à opção de converter a floresta para um uso agropecuário” (Micol *et al.*, 2008, p.74).

Neste contexto, instrumentos de gestão ambiental, como o próprio estudo de impacto ambiental e relatório de impacto ambiental, passam a ser ferramentas mitigatórias do progresso e não subsídio para o planejamento. Em outras palavras, após a decisão ser tomada, a questão ambiental entra na pauta, não como aspecto estratégico, mas como empecilho. Medidas que objetivam mitigar os eventuais impactos ambientais são vistas como suficientes para tornar o empreendimento “ecologicamente correto”, muitas vezes apresentadas como resultado de sinceras preocupações do governo com a problemática ambiental (ex.: Plano BR 163 sustentável). A crítica não se refere às ações mitigatórias em si, uma vez que são imprescindíveis, mas sim à apropriação delas em um discurso oficial sob uma roupagem verde.

2.7. Monitoramento: SLAPR e controle do desmatamento

Diante do processo de ocupação que vem se consolidando no estado, alavancado pela crescente demanda por *commodities* no mercado internacional e por incentivos públicos, seja na construção de infra-estrutura, seja por meio de incentivos financeiros, os remanescentes de floresta do MT estão sob constante pressão. Neste contexto, o monitoramento do uso da terra faz-se mister em uma gestão eficiente do território estadual.

O Mato Grosso conta, desde 2000, com o mais sofisticado sistema de monitoramento e controle do desmatamento em propriedades rurais do país: o SLAPR (Sistema de Licenciamento Ambiental em Propriedades Rurais). Sob responsabilidade da Secretaria estadual de Meio Ambiente, o sistema permite o monitoramento e fiscalização do desmatamento nas propriedades. Em contrapartida ao licenciamento ambiental para desmate dentro do autorizado por lei, o proprietário rural deve disponibilizar imagens de satélites georeferenciadas do seu estabelecimento, discriminando às áreas destinadas a Reserva Legal, Preservação Permanente (APP) e produção. Isso implica em regularização da terra frente ao órgão ambiental responsável. Desta forma, o monitoramento periódico do uso da terra por meio de sensoriamento remoto irá permitir o estabelecimento de propriedades prioritárias para a fiscalização

O Instituto Sócio Ambiental (ISA), 2005, ao avaliar o funcionamento do instrumento no período 2003-2004, verificou que o desmatamento das propriedades cadastradas no SLAPR foi maior que a observada nas propriedades não vinculadas ao sistema, tanto na reserva legal quanto na área licenciada para o corte, sugerindo que o instrumento falhou no objetivo de reduzir o desflorestamento das propriedades

cadastradas. Porém, o SLAPR, sozinho, não tem efetividade nenhuma. Articulado com o aumento da infra-estrutura e logística dos órgãos fiscalizadores, assim como incentivos econômicos a recuperação e manutenção das Reservas legais e APPs, poderá contribuir para o controle do desmatamento dentro das propriedades, onde boa parte dos remanescentes florestais e de cerrado encontram-se.

Algumas linhas de crédito atualmente já restringem seus contratos à condição de cadastro no SLAPR, evidenciando os primeiros esforços para incentivar a adesão ao sistema. Se o conjunto de ferramentas for articulado com eficiência, será possível identificar os produtores desmatadores e responsabilizá-los legalmente pelo crime ambiental, o que provavelmente terá impacto sobre as taxas de desmatamento e, conseqüentemente, sobre as emissões de gases de efeito estufa.

No Mato Grosso, o desmatamento das propriedades privadas correspondem a 95% de todo o desmatamento acumulado do estado (Micol *et al*, 2008). Em áreas de Floresta, estima-se que haja um passivo de 74 mil Km² de reserva legal, uma vez que 39% da área total das propriedades localizadas no bioma já foi devastada, 19% acima do teto estabelecido por lei (20%). Já o Cerrado apresenta uma situação distinta. Os remanescentes mato-grossenses do bioma representam um ativo florestal de 19%, contando com cerca de seis milhões de hectares disponíveis para desmate legal dentro dos limites estabelecidos pelo Código Florestal. Neste contexto, é razoável que um rigor maior no cumprimento da legislação relativo a Reserva Legal e APPs dentro do bioma Amazônico desloque a expansão das atividades agropecuárias para regiões de Cerrado, promovendo a degradação de um bioma tão importante quanto à floresta amazônica, porém de menor relevância na pauta política nacional e internacional. O ministro Carlos Minc, em pronunciamento recente no rádio (9 de setembro de 2009) apontou o desmatamento do Cerrado como duas vezes maior que o da floresta Amazônica, apesar da atenção despendida a aquele ser muito menor.

Portanto, os esforços na contenção do desmatamento da floresta devem incorporar em seu planejamento estratégias de controle do vazamento para outros biomas como o Cerrado cuja conservação já é crítica. O SLAPR tem propriedades cadastradas de ambos os biomas, porém o monitoramento do Cerrado encontra limitações tanto do ponto de vista técnico e metodológico quanto de investimentos na sua consolidação, sendo o sistema de vigilância da Amazônia muito mais avançado. Entre 2001-2004, 6116 propriedades foram cadastradas no SLAPR, totalizando uma área de cerca de 15 milhões de hectares. Este valor corresponde a 17% do território do Mato Grosso. Contudo, outros 54,8 milhões de hectares encontram-se em propriedades não cadastradas.

Por outro lado, mesmo o passivo florestal total das propriedades rurais localizados na Amazônia mato-grossense ser maior que o ativo total, ainda existem propriedades onde o teto de 20% ainda não foi atingido e que irão contribuir para o desmatamento independentemente do fortalecimento da fiscalização ou regularização fundiária, uma vez que está respaldado pela constituição. A área sob essa condição representa cerca de 40 mil Km² de floresta. Segundo Souza *et al.* 2007 (apud Micol *et al.*, 2008), o desmatamento legal representa 10 a 20% do desmatamento observado e acumulado até 2007. É esperado que políticas efetivas aumentem a pressão sobre tais áreas e, portanto, devemos levar em conta a intensificação do desmate legal simultaneamente a maior rigidez da fiscalização do desmate ilegal.

2.8. Projeto Poço de Carbono – Fazenda São Nicolau

Uma vez identificada a existência de um mecanismo promissor no monitoramento do desmatamento, o PSA pela conservação torna-se um dos caminhos possíveis visando a mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Valores que cubram o custo de oportunidade de não converter áreas florestais em pastos ou campos agrícolas e, eventualmente, fomentem a recuperação de áreas degradadas devem pautar os investimentos necessários. Micol *et al.*, 2008, estimou entre R\$ 24 e R\$ 168/ha/ano o custo da conservação em propriedades rurais no Mato Grosso.

A fim de tornara efetivo o Pagamento de Serviços Ambientais (PSA) no Mato Grosso, alguns projetos pilotos de conservação vem sendo desenvolvidos na região. O projeto Poço de Carbono, locado na fazenda São Nicolau é uma experiência que poderá ser útil na definição de potencialidades e dificuldades que projetos dessa natureza podem apresentar. Localizada no noroeste do Mato Grosso, a fazenda compreende uma área de 12 mil hectares dentro da qual o projeto Poço de Carbono, pautado na conservação e recuperação florestal, está em curso.

São 2.500ha destinados ao manejo, proteção e recuperação de pasto-capoeira, além de mais 7.000 ha de florestas nativas em enriquecimento de espécies, compondo um total de 9,5 mil hectares de seqüestro e estoque de carbono na forma de biomassa vegetal (Campos, 2001). Os demais 2.500ha consistem de Áreas de Proteção Permanente (APP), as quais não são incluídas no pagamento de serviço ambiental, uma vez que já são previstas por lei. Este aspecto merece destaque, pois respeita a *adicionalidade* e *caráter voluntário* exigidos atualmente no mercado de carbono de MDL. Espera-se captar dois milhões de toneladas de carbono nos próximos 40 anos, gerando um total de 25 empregos permanentes e mais 50 temporários, trazendo simultaneamente benefícios sociais, ambientais e econômicos.

Financiado pela montadora de automóveis Peugeot, o projeto é executado pela Agência Francesa de florestas (ONF - *Office National de Forêt*), e pela ONG Pró-Natura, contando com um orçamento de 12 milhões de dólares. Está previsto transferência de tecnologia e capacitação da população local para o uso da biodiversidade florestal.

Porém, é necessário chamar a atenção para alguns pontos do projeto sujeitos a críticas. O primeiro é o fato de não apresentar um plano para a continuidade da conservação após o fim do projeto. Um esforço neste sentido exige estratégias de desenvolvimento que perpetuem o uso sustentável da biodiversidade, fomentando a manutenção do seqüestro e estoque de carbono pela área preservada. Do contrário, findo os 40 anos previstos no projeto, a área encontrar-se-á vulnerável ao desmatamento (Campos, 2001).

Outro ponto refere-se ao fato do cálculo dos créditos não considerar uma linha de base relativa ao desmatamento evitado, ou seja, determina-se o valor pago por crédito simplesmente pela multiplicação da área passível de conservação (10 mil hectares) e o valor estimado de 200 t/ha para o estoque de carbono. Em outras palavras, é como se as emissões evitadas pelo projeto contrapor-se-iam ao total desflorestamento da área na ausência de sua implementação. Contudo, sabemos que a dinâmica do desmatamento não se processa desta forma e outros usos da terra, como sistemas agroprodutivos e exploração madeireira, não derrubam uma área contínua tão extensa no período de um ano, sendo o desmatamento evitado na fazenda Peugeot, portanto, menor que o considerado na remuneração pela conservação.

Por fim, o risco de vazamento do desmatamento¹⁸ para áreas vizinhas a projetos de conservação ainda é de difícil quantificação, explicitando a cautela que se deve ter diante dos benefícios propiciados pelos REDD (Reduções das Emissões do Desmatamento e da Degradação).

O projeto piloto desenvolvido pela Peugeot no Mato Grosso ainda apresenta aspectos questionáveis que podem comprometer os benefícios climáticos que a remuneração pelos serviços propiciados pela conservação pode trazer. Porém, é uma experiência piloto que subsidia reflexões sobre a potencialidade do pagamento por serviços ambientais referentes à REDD nos esforços nacionais de mitigação das mudanças climáticas. Portanto, não cabe fazer juízos de valor negando ou afirmando projetos neste sentido. Devemos, da forma mais imparcial possível, avaliar os

¹⁸ Expansão do desmatamento para áreas não contempladas pelo projeto de PSA.

benefícios e desvantagens de todas as alternativas que visem mitigar e adaptar as sociedades às mudanças climáticas, escolhendo aquelas cujos *trade-offs* sejam o menor possível. O que não podemos é esperar atingir um contexto ideal em um mundo diverso.

3. PROCESSOS ECOSISTÊMICOS E REGULAÇÃO CLIMÁTICA

A racionalidade desenvolvimentista que permeou a política brasileira ao longo do século XX¹⁹ enxergou nos Cerrados e florestas ombrófilas obstáculos a modernização brasileira, sendo até hoje a substituição destes por sistemas agroprodutivos vista como sinônimo de progresso e único modelo de desenvolvimento.

Assim, o descaso e a ignorância em relação aos serviços ambientais proporcionados por ambos os biomas empobreceu a riqueza natural frente aos olhos humanos, uma vez que não produzia valores econômicos. Como resultado, gerou-se um passivo ambiental para a geração atual, a qual se vê obrigada a lidar com problemas criados décadas antes de seu nascimento, ao mesmo tempo em que repensa seu legado para o futuro. As externalidades climáticas negativas da dinâmica socioeconômica, como emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e redução de estoques naturais de carbono, despontam com um dos principais desafios para a manutenção das sociedades do século XXI.

A ciência do clima verificou que o CO₂ liberado para atmosfera por fontes naturais e antrópicas é absorvido e estocado nas teias tróficas por meio do processo fotossintético ou dissolvido nos oceanos na forma de ácido carbônico (Ometto *et. al*, 2005). Porém, a partir dos registros históricos, observa-se que o volume emitido de GEE ao longo das últimas duas décadas é maior que a capacidade de absorção dos sumidouros naturais, resultando em acúmulo atmosférico médio do gás de 2ppm por ano (Hansen *et. al*, 2008).

Fortalecer sumidouros de carbono, com destaque para as florestas tropicais e cerrados, é estratégia chave na governança climática a ser consolidada nos acordos internacionais pós Copenhague. Ademais, a enorme quantidade de água bombeada pela vegetação para a atmosfera é peça chave na dinâmica hidrológica sul americano, sendo o comprometimento de seu funcionamento sinônimo de prejuízos incalculáveis para os sistemas naturais e socioeconômicos do continente, agregando maior complexidade a gestão climática dos riscos relativos às mudanças climáticas.

No contexto brasileiro, ações de combate e controle do desmatamento ilegal, assim como a recuperação de áreas degradadas, concomitantemente ao cumprimento de um código florestal inteligente²⁰ são aspectos fundantes em uma ainda ausente

¹⁹ A marcha para o oeste empreendida por Getúlio Vargas na década de 1930 e os investimentos em infra-estrutura e políticas de colonização devastadora sob o discurso integrar para não entregar do governo militar são exemplos históricos de como tal racionalidade foi e é indissociável do processo de desenvolvimento econômico e social brasileiro.

²⁰ Sugere-se neste trabalho que um código florestal inteligente seria um código que não se limita ao estabelecimento de porcentagens de preservação. Apesar de o atual código prever encostas, topo de

política nacional sobre mudanças do clima, a qual ainda se encontra em fase de elaboração.

Avanços devem ser feitos no entendimento do sistema climático e sua interface com os sistemas biológicos, de tal forma que as ações de mitigação e adaptação lancem mão de estratégias planejadas de modo a aproveitar e manter os processos ecossistêmicos em benefício tanto da sociedade humana quanto dos sistemas naturais.

Assim, este capítulo visa apresentar os principais serviços ecossistêmicos associados à regulação climática desempenhada pelo cerrado e Amazônia, assim como destacar os principais impactos negativos exercidos pelo desmatamento e pelas atividades agropecuárias mato-grossenses de relevância na dinâmica climática. Para tal, foi realizada na primeira parte deste capítulo uma extensa revisão da literatura para: 1) identificar os processos ecológicos relacionados à regulação climática local, regional e global 2) entendê-los no contexto ecossistêmico em que se inserem (floresta ombrófila ou cerrado); sempre que possível, apresenta-se quantificações do balanço de carbono e aspectos do ciclo hidrológico.

Na segunda parte do capítulo, a ação humana será analisada. As implicações do desmatamento, agricultura e pecuária no balanço de carbono, distribuição de energia e ciclo hidrológico serão apresentadas e, sempre que possível, acompanhadas por quantificações.

Estas informações servirão de subsídio teórico para a construção do modelo ecológico que representa a realidade a ser mensurada pela “pegada climática”, uma vez que esta pretende integrar em sua comunicação tanto o impacto nos serviços ecossistêmicos climáticos quanto as emissões de gases de efeito estufa.

3.1. Cerrado: estoque e sequestro de carbono

Campos e savanas ocupam 40% da superfície terrestre (Bailey, 1996), respondendo por 30-35% da produção primária global (Field *et al.*, 1998), o equivalente a 0,14 t C/ha/ano (Grace *et al.*, 2006).

morros e margens de corpos hídricos como áreas de proteção ambiental (APAs), e dada a liberdade de disposição da reserva legal a vontade do proprietário. Porém, sabendo que um ecossistema fragmentado tem qualidade inferior no fornecimento de serviços ambientais quando confrontada com área igual, porém contínua. Destaca-se também a diversidade de capacidade de estoque e sequestro das diversas fisionomias de cerrado e florestas, sendo este critério útil no estabelecimento de cotas de preservação que otimizem os serviços ambientais reduzindo os trade-offs entre clima e sistemas agroprodutivos. Em resumo, um código florestal apoiado pela engenharia ecológica.

Diferentemente da floresta Amazônica, onde grande parte do carbono se encontra na biomassa viva e aérea, os estoques do cerrado estão concentrados nos solos e raízes (Bustamante e Oliveira, 2008; Abdala et al., 1998; Castro e Kauffman, 1998, Grace *et. al*, 2006).

O Cerrado, com uma área original em torno de 2 milhões de hectares, é um mosaico de fitofisionomias que abrangem desde formações abertas dominadas por gramíneas a formações florestais densas. Seus remanescentes desaparecerem a uma taxa de 1,1% ao ano desde 1985, sendo substituídos por sistemas agropastoris (Machado *et. al.*, 2004, Brannstrom, 2008). Apenas a pecuária ocupava 67% de toda área antropizada do bioma, apesar da expansão de grãos (Moreira, 2000) e cana-de-açúcar ter se intensificado na última década.

Estudos sobre o balanço de carbono e hidrológico diante da perspectiva das mudanças climáticas são mais escassos no Cerrado que os realizados para a Amazônia. Grupos de pesquisa da Universidade de Brasília despontam como importantes atores nacionais no que tange a produção científica sobre o cerrado. Abaixo segue uma revisão de algumas estimativas de sequestro e estoque para o bioma.

3.1.1. Estoque

Primeiramente, é importante ter claro a distinção entre biomassa estocada e carbono estocado, apesar de ambos estarem intimamente relacionados e, sempre que for pertinente a análise, o teor C deve ser inferido a partir de dados sobre a biomassa e vice-versa. Biomassa refere-se a toda matéria constituinte de um organismo, enquanto teor de C apenas ao peso relativo do elemento químico carbono.

A quantidade de carbono que compõem a biomassa vegetal varia entre espécies e entre as partes de uma mesma planta (raízes, tronco, folhas e galhos). De acordo com Silveira *et al.* (2008), o carbono é responsável por 50% da fitomassa, enquanto 6% é composto por hidrogênio e 44% por oxigênio. De modo geral, tais valores de C mantêm-se na faixa entre 46% e 52% da biomassa em vegetações tropicais. Higuchi e Carvalho (1994) encontraram valores de 48%, enquanto Wang *et al.* (2008) deparou-se com 45% da biomassa composta de C em formações florestais chinesas. Já o IPCC (2007) considera a fração de C igual a 47%. A quantidade dos demais elementos químicos, como N, K, P, é insignificante para o peso total da biomassa, apesar de fundamentais para a fisiologia vegetal.

Devido à heterogeneidade do bioma, a sazonalidade climática e da vegetação, a frequência de queimadas e metodologias de estimativas, os valores de biomassa encontrados para o cerrado variam entre si (Bustamante e Oliveira, 2008). Estimativas para a biomassa aérea observaram uma ampla variação para os estoques de biomassa de acordo com a densidade da fitofisionomia em questão.

Ademais, ao confrontar a biomassa subterrânea com a aérea (TBSA), observou-se que o estoque de C no cerrado é entre 1,3 a 5,6 superior nas raízes quando comparadas à biomassa aérea (Grace *et al.*, 2006, Castro e Kauffman, 1998).

Tabela 3.1 Estoque de carbono (t C/ha) na biomassa aérea e nas raízes em diferentes fitofisionomias de Cerrado.

Fitofisionomia	Estoque de carbono (t C/ha)		Referência
	Aéreo	Raízes	
Campo limpo	1,89	-	Ottmar <i>et al.</i> , 2001
	2,75	-	Castro e Kauffman, 1998
Cerrado denso	36,5	-	Ottmar <i>et al.</i> , 2001
	14,7	-	Castro e Kauffman, 1998
Cerrado <i>sensu stricto</i>	13,0	20,5 -22,0	Abdala <i>et al.</i> , 1998; Paiva e Faria, 2007

Contudo, o grosso do estoque de C no bioma não se encontra nem na biomassa aérea nem na subterrânea, mas sim na matéria orgânica do solo (MOS). Calcula-se que neste compartimento ecossistêmico estejam armazenados entre 211 e 321 t C/ha (Abdala *et al.*, 1998; Castro, 1996, Rezende 2002). Brossard *et. al* (1997) encontrou valores entre 226 t C/ha e 297 t C/ha estocados na MOS, metade contida nos primeiros 50cm de solo, sendo de 30-55 toneladas na forma de carvão. Paiva e Faria (2007) acharam em cerrado *sensu stricto* estoques subterrâneos de 271 t C/ha até 2m de profundidade, correspondendo a 88,7% do estoque total, enquanto as raízes responderam por 22 t C/ha (7,3%) e a biomassa aérea pelos 4 % restantes.

Portanto, o estoque de carbono no cerrado brasileiro é heterogêneo e estabelecer valores médios para o bioma pode levar a erros significativos nas estimativas. A densidade da vegetação, que varia desde campos dominados por gramíneas até formações florestais fechadas como *cerradão*, é um dos aspectos fundamentais na caracterização dos estoques. Deve-se levar em conta também o fato das raízes e da MOS serem os maiores estoques, sendo alterações nestes compartimentos mais relevantes que a remoção da biomassa aérea.

3.1.2. Sequestro

O fluxo de carbono no cerrado é marcado por uma sazonalidade pronunciada. O bioma é um potente sumidouro na época das águas e atua como fonte durante um breve período no fim da seca (Grace *et al.*, 2006, Bustamante *et al.*, 2008).

No auge da estação chuvosa, a produtividade líquida pode chegar a 75% da apresentada pelas florestas tropicais úmidas (Grace *et al.* 2006). Estudos em campo (Miranda *et al.*, 1997) apontam as plantas C₄, representadas no bioma pelas gramíneas nativas, como responsáveis por 40% da produtividade primária, apesar de terem sua área foliar prejudicada na estiagem. Este grupo de plantas irá, potencialmente, se beneficiar da fertilização atmosférica de carbono, alterando o balanço do elemento no bioma e podendo fomentar a expansão de formações mais abertas em áreas adjacentes fragilizadas, como áreas antes ocupadas por florestas.

Algumas estimativas da literatura para o cerrado apontam taxas anuais de sequestro 0,1 - 0,3 t C/ha/ano (Rocha *et al.*, 2002). Outras sugerem para um sequestro de 2,5 t C/ha/ano (Miranda *et al.*, 1997). Novamente, estes valores variam diante da diversidade de ecossistemas característico deste bioma.

Como fonte natural de carbono para a atmosfera, a respiração dos solos é um componente importante do balanço de carbono, sendo fortemente afetada pela oscilação da temperatura e umidade, resultando em pronunciada sazonalidade ao longo do ano. Quanto ao metano, os solos do cerrado são bem drenados, sendo pouco freqüentes ambientes anóxicos propícios a produção de metano. Apesar haver lacunas quanto estimativas para o balanço de CH₄, estudos sugerem que os solos do cerrado atuam como sumidouros do gás (Bustamante *et al.*, 2008). Assim, o Cerrado desempenha importantes serviços ambientais do ponto de vista climático, não só estocando carbono, mas também atuando como sumidouro tanto de CO₂ quanto de CH₄.

3.1.3. Queimadas e Estoque/Sequestro de Carbono

O bioma convive com o fogo a pelo menos 32 mil de anos (Vicentini, 1993, Walter, 2008), obrigando a vegetação a se adaptar a periodicidade e intensidade com que as queimadas ocorrem (Coutinho, 1990).

O estrato arbóreo-arbustivo tem 60% do combustível disponível consumido, enquanto mais de 90% do estrato herbáceo costuma ser queimado (Miranda *et al.*, 2004; Walter *et al.*, 2008) . Tal comportamento encontra-se em estratégias adaptativas pacientemente moldadas pelas mãos cegas da seleção natural. O estrato

arbóreo-arbustivo desenvolveu camadas espessas de suberina (cortiça), as quais são excelentes isolantes térmicos. Já o estrato herbáceo frequentemente apresenta órgãos subterrâneos tuberosos, também chamados de xilopódios, que mantêm a planta viva, mesmo após a parte aérea ser removida pelo fogo ou estresse hídrico, permitindo sua rebrota em pouco tempo sob condições de umidade propícias (Coutinho, 1990). Em algumas espécies, observa-se intensificação da floração após as queimadas.

A presença do fogo no cerrado cria ciclos ecológicos curtos, dando dinamicidade às trocas de carbono entre os compartimentos de estoque e atmosfera. Neste aspecto, vale à pena demorar-se um pouco mais, pois explicita a faceta temporal do balanço do carbono, tão importante quanto à sua distribuição espacial. Dependendo da topografia, profundidade e qualidade do solo, o processo sucessional natural de uma paisagem do cerrado consiste em estágios pioneiros de formações vegetais mais abertas, dominadas por gramíneas, seguido por estágios gradativamente mais densos, com estrato lenhoso ganhando importância (Moreira, 2000).

O processo implica no acúmulo lento de biomassa e, conseqüentemente, de carbono no sistema. Entretanto, a vegetação está sujeita a queimadas regulares, que podem ocorrer em intervalos curtos (de poucos anos), atingindo o ecossistema em estágios de complexidade baixa ou intermediária, até períodos mais extensos, compreendendo algumas décadas, impactando ecossistemas próximos ao clímax. Durante o intervalo entre uma queima e outra, a biomassa aérea começa a se concentrar gradativamente na forma de biomassa morta, principalmente na liteira, camada altamente comburente (Miranda *et. al.*, 2004). Associada à alta temperatura e baixa umidade da matéria orgânica, a quantidade de combustível determina a intensidade do fogo e a taxa de transformação de matéria orgânica em CO₂ atmosférico.

Contudo, diferentemente da floresta Amazônica, a remoção da biomassa aérea compromete uma pequena parte do estoque total, uma vez que nos cerrados, como já descrito, a maior parte dos estoques de carbono encontram-se no subsolo, na forma de raízes e MOS pouco alterados pelo fogo, enquanto na floresta a parte aérea compreende quantia substancial dos estoques. Ademais, parte do carvão produzido na combustão é incorporada ao solo dos cerrados, encontrando uma forma estável de armazenar carbono, o qual, de outra forma, seria liberado na atmosfera pela respiração vegetal ou decomposição.

Após a queima, a biomassa aérea em formações abertas entra em franca recuperação, absorvendo rapidamente uma boa fração das emissões oriundas da queima. A produtividade primária em áreas recém queimadas assume valores maiores

que em áreas semelhantes, porém protegidas do fogo (Andrade, 1998, Dias, 1994; Meirelles, 1981, apud Miranda *et al.*, 2004).

Para que a biomassa herbácea retome valores equivalentes aos do pré-fogo são necessário 18 meses (Batmanian e Haridassan, 1985). Formações mais fechadas levam mais tempo que formações abertas, porém substancialmente menor que o estimado por Lima *et al.* (2007) ao estudar a recomposição da biomassa original em área de floresta primária removida por corte raso seguida de fogo próximo a Manaus (40 - 60 anos)

A discussão acima aponta para diferenças marcantes entre a dinâmica do ciclo do carbono entre florestas e cerrado após perturbações como desmatamento e queimadas. Ressalta-se a necessidade de transcender análises quantitativas de estoque, sequestro e emissões de gases de efeito estufa, foco freqüente da literatura, mas incorporar especificidades temporais de cada tipo ecossistêmico analisados.

A alta resiliência do cerrado sugere que o bioma está mais adaptado aos impactos antrópicos, desde que seja dada a oportunidade para a recuperação do mesmo. A intensificação dos eventos extremos esperados com as mudanças climáticas, tal qual estiagens mais pronunciadas, acompanhada do aumento das médias de temperatura e fertilização de carbono, a qual favorece espécies C4 (ex.: gramíneas), podem indicar que ecossistemas de cerrado obtenham vantagens adaptativas em relação à formações florestais na competição por áreas desmatadas intencionalmente ou resultantes da própria morte da floresta em decorrência de alterações ambientais.

Em viagem a campo realizada pelo projeto Duramaz (Rennes/França) em parceria com o projeto LUPIS (CDS/UnB) em julho de 2008, o autor desta dissertação teve a oportunidade de observar em áreas de transição entre cerrado e Amazônia, próximas ao município de Sorriso (MT), a presença de espécies vegetais pioneiras de Cerrado, como a Lobeira (*Solanum lycocarpum*), assim como espécies zoológicas de formações abertas, típicas de cerrado, como as emas (*Rhea americana*), colonizando as frentes de desmatamento e cultivos agrícolas que já haviam se instalado.

Tal observação não pretende afirmar que o cerrado já está avançando sobre a Amazônia. É um simples relato, resultante da observação *in loco* de como o processo de savanização da floresta poderia ocorrer em médio-longo prazo, fomentado pela sinergia entre ação humana e condições climáticas mais favoráveis as formações abertas.

3.2. Amazônia: estoque/sequestro de carbono

Apesar das florestas tropicais úmidas abrangerem apenas 8% da superfície terrestre (cerca de 12 milhões de Km²), armazenam 40% da biomassa (240 Gt C)²¹ e respondem por 50% da produção primária (Williams *et al.*, 1998, Houghton, 2005 a, Gibbis *et al.*, 2007). Segundo Houghton (2005 b), se as tendências atuais de desmatamento se mantiverem, a devastação das florestas tropicais irá liberar entre 85-130 bilhões de C nos próximos 100 anos ou 468 bilhões de CO₂.

Tian *et al.* (2000) estima que na década de 1980 a Bacia Amazônica estocava cerca de 127 Gt C em sua fitomassa, sendo 75% na vegetação e 25% na matéria orgânica do solo. A Amazônia brasileira por si só armazena 70 Gt deste carbono, 55% do estocado na bacia como um todo e 10-15% da biomassa terrestre (Houghton *et al.* 2001). É um valor substancial diante do que é estimado para as florestas brasileiras (54 e 82 Gt C), as quais em conjunto compreendem o maior estoque nacional de carbono florestal do mundo (Gibbs *et al.*, 2007). Portanto, o Brasil guarda em seu território um patrimônio natural global imensurável, o que justifica o debate sobre a participação internacional no financiamento da sua conservação, desde que a soberania nacional sobre estes recursos não seja ameaçada.

Apenas a título de comparação, estima-se que a área original da mata Atlântica (1,36 milhão de Km²) armazenasse 7-14 Gt C à época em que aqui aportaram caravelas portuguesas (Vieira, 2008). Apesar do desmatamento inicial sofrido pelo bioma, a devastação concentrou-se nos últimos 150 anos, reduzindo a área original em cerca de 80% (Dean, 1997), respaldado pelo discurso do progresso. Ferrovias e estradas fomentaram o crescimento urbano e a expansão dos sistemas agroprodutivos, substituindo as seculares matas densas que se estendiam até o litoral.

Atualmente, sob outra roupagem, a devastação da Amazônia repete dinâmica semelhante a da mata Atlântica, ganhando escala e eficiência em decorrência do desenvolvimento das tecnologias de desmatamento e produção agropecuária. Porém, houve um simultâneo avanço do conhecimento científico sobre a ecologia florestal, permitindo que a sua preservação seja priorizada em detrimento da sua exploração tendo em perspectiva os riscos climáticos que se projetam no futuro.

Sabe-se que o papel das florestas tropicais como fonte ou sumidouro de carbono depende da temperatura e umidade circundante (Williams *et al.*, 1998), assim como o estoque depende do estágio de sucessão ecológica que um determinado fragmento se

²¹ Gt C: uma gigatonelada é equivalente a um bilhão de toneladas

encontra, agregando complexidade na análise do papel da floresta como fonte ou sumidouro de CO₂.

Uma floresta madura, perto do seu clímax, armazena grande quantidade de carbono em sua biomassa. O volume de carbono absorvido é acompanhado de grandes quantidades de CO₂ emitidas pela respiração da planta, apesar de estudos apontarem que o saldo ainda é positivo, fixando mais carbono que emitindo. As altas taxas de crescimento das espécies pioneiras em áreas de regeneração implicam em intensa absorção de carbono atmosférico, constituindo sumidouros de relevância.

Inferese-se, portanto, que a floresta é um superorganismo heterogêneo, sendo a intensidade da participação de diferentes trechos florestais no estoque e sequestro de carbono variável, trazendo novos elementos na definição de estratégias de conservação com vistas à mitigação.

A quantificação dos estoques e sumidouros florestais lança mão de metodologias *diretas*, de maior precisão, nas quais o valor é *determinado* pela pesagem direta da biomassa, ou por meio de *estimativas*, as quais utilizam métodos indiretos baseados em fatores relacionados à biomassa (Silveira *et al.*, 2008), tais quais diâmetro na altura do peito (DAP), análises dos fluxos de carbono e técnicas de sensoriamento remoto (Silveira *et al.*, 2008; Matos e Kirchen, 2008, Gibbs *et al.*, 2007). Este último mostra-se promissor e deve ocupar lugar de destaque em uma gestão climática efetiva e eficiente para o século XXI. Este aspecto será melhor explorado nas reflexões e recomendações no final deste trabalho.

3.2.1. Sequestro

Projetos do LBA (Experimento de Larga Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia) vêm demonstrando que a floresta Amazônica como um todo é um importante sumidouro global de carbono (Valentini, 2008). Modelos matemáticos apontam que a biomassa da bacia Amazônica aumentou 3,1 Gt C entre 1985 e 2000, quantidade suficiente para sobrepor as emissões de CO₂ oriundas do desmatamento no mesmo período (Tian *et al.*, 2000). Há indícios que este comportamento está associado ao fenômeno conhecido como fertilização atmosférica de CO₂, no qual o aumento das concentrações do gás disponibiliza mais substrato para o crescimento vegetal, acelerando as taxas de ganho de biomassa (Tian *et al.*, 2008; Ruddiman, 2003, Bala *et al.*, 2006). A disponibilidade de água e temperatura são fatores que também vem influenciando a capacidade de sequestro da floresta, sendo que os

meses de estiagem e anos mais secos (El Niño) reduzem substancialmente tal capacidade (Tian *et al.*, 2008; Malhi *et al.*, 1998)

Diversos autores vêm corroborando o papel de sumidouro da Amazônia, estimando valores de sequestro que variam entre 1 e 9 t C/ha/ano em florestas não perturbadas, evidenciando a heterogeneidade característica do bioma (Malhi, 1998; Nobre e Nobre, 2002, Higuchi *et al.*, 2004; Philips *et al.*, 1998, Grace *et al.*, 1995, Aguiar, 2006).

O ganho intensivo de biomassa nas áreas de regeneração florestal (capoeiras) também constitui importante elemento na equação do balanço de carbono. O Primeiro Inventário Brasileiro de emissões estimou em cerca de 244 milhões de toneladas de C (4,5 t C/ha/ano) o sequestro realizado pela regeneração de trechos de floresta amazônica para entre 1988 e 1994. Este valor é cerca de 20% do total emitido pelo desmatamento da Amazônia no período em questão (819 milhões de toneladas de C). Alguns autores chegaram a valores semelhantes, entre 5,6 e 7,0 t C/ha/ano (Lima *et al.* 2007). Os resultados explicitam a necessidade de projetos de reflorestamento com espécies nativas como estratégia de mitigação.

3.2.2. Estoque

Apesar de destacar-se como sumidouro, o carbono estocado na biomassa de florestas em recuperação ainda é substancialmente menor que em uma floresta madura. Lima *et al.* (2007), analisando a taxa de recuperação da biomassa em florestas secundárias na região de Manaus, observou que, passados 10 anos da abertura da clareira (corte raso), 39% da biodiversidade florestal reconstituía-se, enquanto apenas 16% da biomassa original era recuperada, sendo necessários 51 anos para que a biomassa de um floresta primária (estimada pelo autor em 339,7 t /ha) fosse atingida.

Outros autores chegam a valores semelhantes para o estoque (biomassa aérea) em florestas ainda não perturbadas. Matos e Kirchner, 2008 observaram biomassa variando entre 272 e 402 t /ha, com média de $343,06 \pm 34,35$ t/ha em floresta Ombrófila Densa de Terra Firme próximas a Manaus. Já Laurance *et al.* (1999) encontraram valores entre 231 e 492 t /ha, com média de 356 ± 47 t /ha, enquanto Lima *et al.*, 2007 depararam-se com estoques entre 190 e 540 t/ha, com média de 339 t/ha.

Em revisão literária, Gibbs *et al.* (2007) encontrou valores de carbono contidos na biomassa aérea da Amazônia entre 130 t C/ha e 200 t C/ha, resultados coerentes com as estimativas de biomassa para o bioma sugerido pelos outros autores.

Quanto à biomassa contida nas raízes, a literatura é escassa e chega a resultados variáveis (Silva, 2007), desde 27 t C/ha em Klinge (1973) e 22 t C/ha em Fearnside (1994), até 61 t C/ha (Fearnside, 1994). Diferentemente do cerrado, onde as raízes abrem caminho a profundidades superiores a 10 m, o sistema radicular das árvores da Amazônia é, em geral, superficial, exceto pelas raízes pivotantes que podem chegar até 8 m (Nepstad *et al.*, 1994; Canadell *et al.*, 1996).

Outro componente importante do sistema de estoque é o solo. A partir de amostras colhidas na Amazônia brasileira no âmbito do projeto RADAMBRASIL (1973-1983), Moraes *et al.* (1995) estimou que os solos armazenavam cerca 47 Gt C (bilhões de toneladas de carbono) até 1 m de profundidade, com média de 94 t C/ha. Trumbore *et al.* (1995) considerou os estoques até 8m de profundidade, observado valores de 276 t C/ha em solos de Paragominas (PA). Os solos, portanto, se colocam como o principal componente de estoque de carbono tanto no bioma cerrado, quanto no amazônico.

Há fortes evidências que a substituição da floresta por sistemas agropecuários desestabilizam o equilíbrio do carbono do solo, fomentando a liberação de grande quantidade de CO₂ e CH₄ para atmosfera, principalmente em decorrência do aumento da temperatura da camada compreendida no primeiro metro e redução da profundidade da rizosfera (Fearnside, 2009; Salimon *et al.*, 2003, Fearnside *et al.*, 2002). Este tópico será na segunda parte deste capítulo.

3.3. Amazônia: Ciclo Hidrológico

Além da regulação do ciclo do carbono, os cerrados e florestas participam da engrenagem que movimenta as massas de umidade por sobre o continente sul-americano. Abaixo, segue uma breve explanação sobre a importância da floresta na manutenção do ciclo hidrológico, perpassando o nível local ao continental, ressaltando o comprometimento de mais um serviço ambiental em decorrência da substituição da vegetação original por pastagens e cultivos agrícolas. Por falta de estudos específicos para a interação entre os fluxos atmosféricos de umidade e cerrados, a importância destes não será discutida, apesar de ser indiscutível. Contudo, cabe observar que o bioma cerrado ocupa uma posição central no continente, sendo responsável por captar parte da água exportada da Amazônia e redistribuir à grandes bacias hidrográficas sul-americanas como (Prata, São Francisco e Tocantins-Araguaia).

3.3.1. Taxa de reciclagem: a bomba hídrica florestal

A água armazenada no solo encontra caminho pelas raízes e atinge a atmosfera através das folhas. Árvores de maior porte podem transpirar centenas de litros em um único dia, sendo a taxa evapotranspirativa da floresta como um todo maior que a dos oceanos (Sheil *et al.*, 2003).

O volume de água eliminada pelas folhas, em geral, é maior que a absorção pelas raízes, resultando em uma rápida depleção durante o dia dos estoques de água armazenados nos tecidos vegetais, os quais são, por sua vez, repostos durante a noite (Goldstein *et al.* 1998, Sheil 2003). Alguns estudos apontam que florestas tropicais transpiram entre $1\text{m}^3/\text{m}^2/\text{ano}$ (Gordon *et al.*, 2005) e $2\text{m}^3/\text{m}^2/\text{ano}$ (Loescher *et al.*, 2005). Isso equivale a dizer que um hectare de floresta (1 milhão m^2) libera anualmente entre 10 e 20 milhões de litros, volume suficiente para encher entre 4 e 8 piscinas olímpicas.

Parte dessa água retorna pela precipitação a localidade de origem. O processo, no qual a evapotranspiração de uma fonte terrestre contribui para as chuvas locais, é chamado de *reciclagem*. A taxa de reciclagem varia de acordo com a formação vegetal, topografia e sazonalidade regional.

No Sahel africano, por exemplo, a vegetação pode responder por até 90% das precipitações locais, o que coloca a remoção da vegetação como grande ameaça a manutenção das populações que vivem na margem sul do Saara (Saveniji, 1995), em sua maioria pobre e sem acesso a tecnologias de adaptação. Já no meio oeste americano a reciclagem responde por até 50% das chuvas no verão (Bosilovich e Schubert, 2002), enquanto na região do Nilo a cerca de 30% (Mohamed *et al.*, 2005).

Salati (1978) estimou a taxa de reciclagem da vegetação amazônica em 50%, ou seja, metade da água das chuvas provém da própria região onde foi precipitada. São as famosas chuvas de fim de tarde que assolam pontualmente as regiões mais úmidas da Amazônia. Estudos mais recentes (Eltahir e Bras 1994, Brubaker *et al.* 1993, Costa/Foley, 1999, apud Marengo 2006;) indicam que tais contribuições variam sazonalmente, assumindo valores entre 20 – 60%, de tal modo que as formações vegetais contribuem de forma substancial para a umidade atmosférica e sua remoção ameaça o regime hídrico local.

3.3.2. O pequeno e o grande ciclo da água amazônica²²

O mesmo mecanismo ecossistêmico, reproduzido em duas escalas diferentes (local e regional) é responsável por fomentar a circulação de água pela atmosfera na Amazônia. Semelhante a duas engrenagens, o pequeno e o grande ciclo hidrológico criados por gradientes de pressão e energia interagem para sugar umidade para atmosfera, recrutando água tanto da vegetação abaixo quanto de áreas adjacentes mais úmidas como os oceanos (figura 3.1).

O mecanismo ecológico é complexo, mas merece uma breve explicação tendo em vista legitimar o uso, neste trabalho, da área remanescente florestal como indicadores de qualidade dos serviços ambientais.



Figura 3.1. *Biotic pump* (Bomba biológica) criada pelos gradientes de temperatura e umidade atmosférica na floresta Amazônica. Os gradientes resultam do fato da taxa de evapotranspiração florestal ser maior que a dos oceanos (setas verticais), criando diferenças de pressão de vapor, sugando umidade dos oceanos e regiões adjacentes (setas horizontais). (adaptado de Sheil et al., 2009)

3.3.2.1. O pequeno ciclo: chuvas locais

A formação de uma gotícula de chuva depende de dois fatores: a presença de umidade e um núcleo de condensação de nuvens (NCN) (Artaxo, 2003). A floresta contribui com ambos os elementos (Bonan, 2008, Artaxo, 2003). Primeiro, analisemos o aporte de vapor de água oriundo da vegetação para depois explanarmos sobre os NCN.

O ar perto da superfície da floresta tem uma pressão de vapor²³ que excede bastante a pressão do ar mais acima. Associado à diferença de pressão criada pelo declínio da temperatura (resultante do aumento da altitude), gradientes hídricos e

²² Em ecologia, o pequeno ciclo está associado a água que evapora e precipita sem passar por sistemas bióticos, enquanto no grande ciclo pelo menos um dos compartimentos é um organismo. Neste trabalho, a conceituação de ambos os termos referem-se à escala em que ocorre (local - pequeno e regional-grande).

²³ **Vapor de pressão:** propriedade física de um líquido que reflete a tendência de vaporização. Quanto maior a pressão de vapor, mais volátil é o líquido. É intimamente dependente da temperatura.

térmicos são criados, levando o ar mais quente e rico em vapor de água (maior pressão) próximo ao dossel a ascender a altitudes maiores, onde o ar é mais frio e seco (menor pressão). A queda da temperatura com o ganho de altitude condensa o vapor e parte da água precipita novamente sobre a floresta abaixo. Quanto maior a área florestada, mais intensa é a bomba de umidade (Makarieva e Gorshkov, 2007).

Simultaneamente, a vegetação libera partículas orgânicas voláteis que, devido ao tamanho e peso, ficam suspensas no ar e ascendem junto à umidade posta em movimento pelos gradientes anteriormente descritos, as quais podem funcionar como NCN. Um NCN (núcleo de condensação de nuvens) geralmente consiste em uma minúscula partícula de aerossol, em torno da qual o vapor de água condensa-se, agregando novas moléculas, crescendo até chegar a um peso e tamanho crítico nos quais precipita como gota de chuva. A maior parte dos aerossóis encontra na própria vegetação sua origem, formando um conjunto sortido de moléculas microscópicas suspensas no ar, tais como terpenos²⁴, grãos de pólen, algas, bactérias, entre outras moléculas. Sem elas, a formação das chuvas pode ser comprometida.

3.3.2.2. O grande ciclo: chuvas regionais

A transformação do vapor de água em gota de chuva reduz a quantidade de umidade atmosférica local, criando um segundo gradiente de pressão regional (vácuo), o qual atrai, por sua vez, umidade de áreas adjacentes onde a quantidade de umidade é maior (Sheil et. al, 2009; Makarieva e Gorshkov, 2007). Está criada uma bomba biológica regional (*biotic pump*). É uma espécie de esteira biológica de umidade que leva água dos oceanos para regiões mais internas do continente (figura 3.1).

Se esta hipótese, apresentada por Makarieva e Gorshkov (2007), estiver certa, duas tendências de precipitação relacionadas à existência de cobertura vegetal são esperadas à medida que nos afastamos da costa em direção ao interior. Em uma, espera-se que em transectos lineares e contínuos de solo exposto a partir da costa para o interior, o volume precipitado tende a cair exponencialmente, enquanto na outra, supondo o mesmo transecto, porém florestado, não são esperadas alterações. Esta esteira mantida pela floresta frequentemente é referida com o nome de rios voadores.

²⁴ **Terpenos:** moléculas menores que 2 micrômetros e que, após oxidadas, crescem até atingirem tamanho suficiente para funcionarem como núcleos de condensação

3.3.2.2.1. Rios Voadores: o grande ciclo hidrológico sul americano

Pesquisas ao longo dos últimos quarenta anos vêm demonstrando que as massas de ar formadas próximas ao equador sobre o oceano cruzam o continente sul-americano de leste a oeste (figura 3.2). Em baixas latitudes precipitam sua umidade ao mesmo tempo em que são reabastecidas pelo aporte hídrico oriundo da vegetação (Marengo, 2006, Salati, 1978; Salati, 1984, Sheil *et al.*, 2009, Bonan, 2008, Ferreira *et al.*, 2005). A marcha prossegue até encontrarem a cordilheira dos Andes, a qual reorienta a umidade para latitudes sul mais elevadas, trazendo pluviosidade para o centro-sul brasileiro, nortes da Argentina e *chaco* Paraguai (figura 3.2).



Figura 3.2 Circulação Atmosférica da *South American Low Level Jet east of the Andes (SALLJ)*. Massas de ar úmidas formadas sobre o oceano adentram o continente, trazidas por ventos lestes. Ao se depararem com a cordilheira Andina, reorienta seu trajeto para o sul, abastecendo a bacia do Prata no centro-sul brasileiro e nortes argentinos e paraguaios (fonte: Fearnside, 2004).

Parte da água precipitada durante o trajeto escorre superficialmente para os rios, retornando ao oceano, enquanto a maior parte é retida pela vegetação e volta à atmosfera por meio da evapotranspiração (tabela 3.2). Dessa perspectiva, a floresta funciona como reservatório hídrico, o qual impede o retorno prematuro da água para os oceanos e permite o avanço da umidade a áreas mais internas do continente, as quais, do contrário, seriam mais áridas.

Esse curso percorrido pela umidade de norte a sul do continente constitui o chamado Jato de baixa altitude sul americano (LLJ), o qual José Marengo chamou de *Rios Voadores*, pois se estima que o volume de água transportado seja próximo a vazão do Rio Amazonas. A tabela 3 sugere que a água exportada por tais fluxos aéreos para outras regiões do continente sul americano corresponde a 52% da vazão do Amazonas em sua foz (Fearnside, 2004). Interações estabelecidas entre os *Rios*

Voadores e outros Biomas brasileiros, como o Pantanal e o Cerrado, ainda são pouco compreendidas.

Tabela 3.2 Fluxo de água na Amazônia (trilhões de m³/ano) e comparação com a vazão média na foz do rio Amazonas (%).

Descrição	Fluxo (m ³ /ano)		Comparação (%) *
	Fearnside, 2004	Vila Nova <i>et. al</i> 1976	
Do Atlântico para Amazônia por ventos Alísios	10 ± 1	-	152%
Vazão Média do rio Amazonas em sua foz	6,6	-	100%
Precipitação na bacia hidrográfica do Amazonas	15,05	14,4	228%
Evapotranspiração	8,43	8,9	128%
Vapor levado por ventos para outras regiões (<i>Rios Voadores</i>)	3,4 ± 1	-	52%

Fonte: adaptado de Fearnside, 2004 e Filgueiras, 2005

*Comparação referente apenas ao valores sugeridos por Fearnside, 2004

3.3.2.2.1.1. Sazonalidade dos Rios Voadores

Os rios voadores são constantes o ano todo, mas apresentam maior intensidade no verão (novembro a março), alimentado pelos ventos equatoriais, enquanto no inverno (maio a setembro), perdem força. Durante esta estação, o centro-sul do continente recebe massas de ar provindas do Atlântico subtropical, as quais trazem quantidade significativamente menor de umidade quando comparada a dos rios voadores.

Observações empíricas demonstram que enquanto o pico pluviométrico da bacia amazônica ocorre de janeiro a abril, o período de maior vazão dos rios é entre maio e agosto, refletindo o papel da floresta na contenção, armazenagem e liberação gradual da água. Costa *et al.* (2003, apud Marengo 2006) identificou aumento nas médias anuais e no volume máximo de água despejado perto da foz do Amazonas pelo rio Tocantins nos últimos 40 anos, apesar dos valores de precipitação não terem sofrido alterações significativas no mesmo período. Entre 1960 e 1995 o acréscimo à vazão chegou a 25% da média histórica, coincidindo com o aumento nas taxas de desmatamento na área de abrangência da bacia, sugerindo uma correlação direta entre as duas dinâmicas. O mesmo destino pode aguardar tributários amazônicos que tem suas cabeceiras em território mato-grossense, como o Xingu e Tapajós.

Durante a estiagem, a contribuição da reciclagem para as precipitações locais ganha importância frente às massas de ar oceânicas, mantendo umidade no interior do continente, mesmo que menor quando comparado a estação chuvosa. No norte do Mato Grosso, durante os meses de seca, a participação da umidade oriunda da vegetação nas precipitações locais é mais significativa que durante o verão (figura 3.3), contribuição fundamental na manutenção das chuvas durante períodos em que o aporte de umidade oceânica diminui (Marengo 2006).

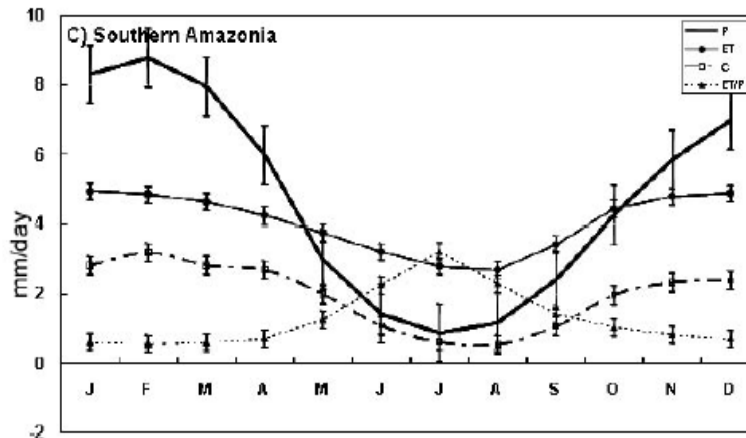


Figura 3.3. Comportamento sazonal da precipitação na porção sul da bacia amazônica, a qual corresponde ao norte do Mato Grosso (P= precipitação; ET= evapotranspiração). Observa-se uma queda acentuada nas precipitações no inverno (maio a setembro), enquanto a participação da evapotranspiração nas precipitações locais (linha pontilhada) aumenta consideravelmente durante o mesmo período, evidenciando a importância da vegetação para a manutenção das chuvas durante a estiagem. (fonte: Marengo, 2006)

Aqui se coloca uma questão crucial: os impactos do desmatamento no ciclo hidrológico são diversos em função da região considerada. Há regiões cujo regime de chuvas e vazão dos rios são mais vulneráveis ao desmatamento que outras. Assim, estratégias de adaptação e mitigação às mudanças climáticas para o norte do MT – região na qual a remoção da mata irá resultar em estiagens mais pronunciadas - não devem ser idênticas às do norte de Roraima – região na qual a proximidade com o mar cria um aporte mais constante de umidade - mas incorporar as especificidades que o local exerce no ciclo hídrico da bacia.

A tabela 3.3 resume os serviços ecossistêmicos climáticos fornecidos pelas florestas e cerrados apresentados acima e, quando disponíveis, quantificações dos parâmetros ecológicos relacionados (estoque de carbono, sequestro de carbono e evapotranspiração).

Tabela 3.3 Participação dos cerrados e florestas no balanço do carbono e ciclo hidrológico local e regional. Os valores referentes aos três compartimentos de estoque de carbono discriminados não foram obtidos para a mesma área, mas fazem referência aos valores mínimos e máximos obtidos a partir de estudos pontuais em diferentes localidades. Desta forma, o valor total apresentado como estoque de C é fruto do somatório de um mosaico de referências. Porém, é satisfatório visando dimensionar o volume de carbono envolvido no balanço.

	Cerrado	Amazônia	Referência
Estoque de C	235 - 380 t C/ha	413-557 t C/ha	
Biomassa aérea	2 – 36 t C/ha	115 - 220 t C/ha	Ottmar et al. (2001), Abdala et al. (1998); Castro e Kauffman (1998); Laurance <i>et al.</i> ² (1999); Matos e Kirchener (2008); Lima et al. ² (2007); Gibbs et al. ² (2007)
Biomassa raízes	11 - 47 t C/há	22-61 t C/ha	Grace et al. (2006), Castro e Kauffman (1998), Abdala et al., (2008), Miranda et al. (2004), Klinge ² (1973), Nepstad <i>et al.</i> (1994); Fearnside (1994)
Matéria Orgânica do Solo	221-297 t C/há	94 t C/ha (até 1m) 276 t C/ha (até 8m)	Abdala et al. (1998), Castro (1996), Rezende (2002), Brossard et al. (1997), Moraes <i>et al.</i> ² (1995), Trumbore <i>et al.</i> ² (1995)
Sequestro de Carbono	0,1-2,5 t C/ha/ano	1-9 t C/ha/ano	Rocha <i>et al.</i> (2002), Miranda et al. (1997), Malhi ² (1998); Nobre e Nobre ² (2002); Higuchi <i>et al.</i> ² . (2004); Philips <i>et al.</i> ² . (2008); Grace <i>et al.</i> ² (1996), Aguiar ² (2006)
Sequestro de Metano (Solo)	(?)	27,5 kg CO ₂ equivalente /ha/ano	Fernandes <i>et al.</i> (2002)
Emissões de CO₂ (Desmatamento)	19.063 t CO ₂ /Km ² (59 t C/ha)	41.507 t CO ₂ /Km ² (90 t C/ha)	Primeiro Inventário Brasileiro (2004)
Taxa de Reciclagem	(?)	20-60%	Marengo <i>et al.</i> (2006); Salati <i>et al.</i> (1984); Makarieva e Gorshkov (2007)
Umidade exportada (centro-sul brasileiro)	(?)	3,4 x 10 ¹² m ³ /ano (50% da foz do Amazonas)	Fearnside (2004)

² estudos para relativos ao balanço de carbono da Amazônia

3.4. IMPACTO DO DESMATAMENTO NOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS CLIMÁTICOS

A premissa que o modelo agroprodutivo que vem se consolidando no MT implica em *trade-offs* com a regulação climática já foi mencionada diversas vezes até aqui. Tal premissa é corroborada por tratamentos estatísticos utilizando regressão linear para buscar correlações entre o PIB agropecuário e as taxas de desmatamento. Os resultados desta regressão serão apresentados mais a frente, porém se pode adiantar

que apontam para uma forte correlação entre ambos os parâmetros para o período compreendido entre os anos de 1988 e 2005.

A seguir, são apresentados alguns dos impactos do desmatamento no funcionamento dos ciclos biogeoquímicos (ciclo da água e ciclo do carbono) e distribuição de energia solar pela superfície terrestre de modo a explicitar a importância do desmatamento na compreensão da contribuição antropogênicas de Feliz Natal, Sorriso e Alta Floresta para as mudanças climáticas.

3.4.1. Desmatamento X Estoque/Sequestro de Carbono

Anteriormente discutiu-se o papel desempenhado pelas florestas tropicais e cerrados brasileiros no que tange o sequestro e estoque de carbono. A substituição destas paisagens por sistemas agroprodutivos insere novos ecossistemas artificialmente construídos pelo homem, menos diversos, dependentes de introdução de elementos externos, como agrotóxicos e fertilizantes, e que, frequentemente, sobre-exploram a capacidade ecológica local (Shiva, 2002). A vegetação resultante é um conjunto modesto de poucas espécies, geralmente monoculturas exóticas (originalmente de climas temperados) adaptadas ao contexto brasileiro com vistas a maximizar a produção (Diamond, 2007).

Uma plantação, independente do cultivo agrícola e do reducionismo da diversidade, não deixa de ser um sistema biológico complexo, também detentor de redes de fluxos de matéria e energia. Porém, rompem a idéia de ciclo e podem mascarar a realidade se contabilizadas no balanço do carbono local, uma vez que o carbono seqüestrado é incorporado às cadeias produtivas humanas, nas quais eventualmente é quebrado em CO₂, seja pela combustão automotiva, seja na combustão celular.

Contudo, a biomassa refugada após a colheita pode permanecer no solo ou ser utilizadas de outra forma, sugerindo formas de manejo como possíveis contribuintes para amenizar os *trade-offs* entre agropecuária e clima, apesar de não eliminá-los.

Assim, conclui-se que tanto a capacidade de estoque ²⁵ quanto de sequestro fica comprometida pela permuta da vegetação original por sistemas agropastoris.

²⁵ A capacidade de estoque como um serviço ambiental climático só ganha substância ao levarmos em conta uma escala temporal, uma vez que se refere a capacidade da floresta em manter o C imobilizado na forma de biomassa, impedindo a sua liberação para a atmosfera e conseqüente contribuição para o aquecimento global. Os ciclos de sucessão ecológica são longos na Amazônia, enquanto no cerrado são mais curtos devido a periodicidade do fogo, tendo, portanto, implicações distintas para a manutenção temporal dos estoques de carbono.

A tabela 3.4 adaptada de Houghton (2005a) apresenta o impacto sobre os estoques de carbono da biomassa aérea e subterrânea, quando da substituição de florestas por pastos e cultivos agrícolas.

Tabela 3.4. Porcentagem (%) do estoque de carbono inicial perdido para a atmosfera na substituição de florestas segundo diferentes usos da terra para a vegetação e solo (profundidades de até 1m).

Uso da Terra	Vegetação (%)	Solo (%)
Terra cultivada	90-100	25
Pasto	90-100	12
Terras degradadas	60-90	12-25
Rotação de Cultura	60	10
Florestas degradadas	25-50	< 10
Atividade madeireira	10-50	< 10
Plantações	30-50	<10
Reservas Extrativistas	0	0

Fonte: Houghton, 2005 b

Alternativas produtivas podem tornar-se interessantes ao incorporarmos os custos ambientais ao modelo tradicional de agricultura, sendo factíveis na proposta de um novo modelo de desenvolvimento para Amazônia distinto do mais do mesmo que atualmente avança sobre a floresta.

Um caminho possível de ser trilhado são os sistemas agroflorestais (SAF), cuja exploração gera renda e emprego, além de manter 96% da biomassa originalmente encontrada em florestas primárias e 62% mais biomassa que florestas em regeneração (Santos, 2004).

Este modelo tem alta potencialidade na pequena agricultura, porém quando falamos em propriedades de soja e milho que chegam a algumas dezenas de milhares de hectares, expressivas no MT, outro modelo mais adequado a escala deve ser pensado e implementado. É um desafio a engenharia ecológica refletir sobre alternativas que minimizem os impactos da agropecuária extensiva e predadora frente às mudanças climáticas.

3.4.2. Desmatamento X Ciclo Hidrológico

A remoção de trechos da vegetação compromete as precipitações locais e, dependendo da extensão do desmate, com implicações regionais e até continentais. Do ponto de vista local, além de reduzir significativamente a reciclagem de umidade pelas plantas, a retirada da vegetação associada a queimadas altera a disponibilidade de núcleo de condensação de nuvens. Do ponto de vista regional, compromete

aspectos básicos dos sistemas de suporte a vida humana e natural, como abastecimento de água e geração de energia.

Alteração na disponibilidade de Núcleos de Condensação de Nuvens

Durante as queimadas, intensas no período de estiagem da Amazônia central, a quantidade de material particulado oriundo da combustão da biomassa amplia-se dramaticamente.

Observações realizadas no município de Alta Floresta (MT) apontam um aumento de cerca de 40 a 50 vezes nas concentrações de aerossóis em relação aos valores normalmente encontrados (Artaxo, 2003). As conseqüências climáticas e ecológicas são inúmeras: as partículas contidas na fumaça retêm até 30% da radiação solar, reduzindo a quantidade de energia disponível para a fotossíntese, assim como a utilizada na evapotranspiração da umidade retida pela floresta.

Na ausência de queimadas, as baixas concentrações de aerossóis disponibilizam poucos núcleos de condensação, os quais rapidamente agregam quantidade suficiente de moléculas de água para formar gotas de chuva que, sob a ação da gravidade, precipitam próximo ao local de gênese (nesse caso as nuvens são baixas, com altitudes variando entre 3 e 4 mil metros). Na presença de queimadas, há uma disponibilidade muito grande na fumaça e fuligem de partículas finas, aumentando a competição por núcleos de condensação à medida que as térmicas²⁶ ascendem. Desse modo, as gotas de chuva são formadas lentamente e atingem altitudes entre 10 e 15 mil metros, na qual congelam, formando nuvens chamadas *cúmulos-nimbus* (Artaxo, 2003). Estas costumam ser transportadas por centenas de quilômetros antes de liberarem sua umidade na forma de pequenas pedras de gelo, que geralmente derretem à medida que caem. Este fenômeno altera a dinâmica das precipitações locais, reduzindo as chuvas em uma estação que já é caracterizada pela estiagem.

Redução das precipitações locais

Nobre e Gash (1997), lançando mão de modelos computacionais, observaram uma potencial redução de 20% nas precipitações e aumento das temperaturas locais caso toda a floresta Amazônica fosse substituída por pastos. Mesmo o corte seletivo impacta a taxa de reciclagem, pois reduz a área do dossel que intercepta a água antes que atinja o solo e escorra para os rios (Ferreira *et al*, 2005) .

²⁶ Massas de ar geradas pelo aquecimento do ar próximo ao solo e que ascendem a medida que expandem seu volume.

Rosolem (2005), utilizando modelos de sistemas atmosféricos regionais para projetar o impacto local do desmatamento nas precipitações, verificou uma redução de 7% das chuvas locais em transectos de 16 km x 16 km às margens da BR 163. Alterações na distribuição diária das chuvas também foram observadas.

Alteração da dinâmica hidrológica sul americana

Pesquisas recentes apontam que o desmatamento das formações florestais nas últimas décadas reduziu em 5% o aporte global de vapor de água da vegetação para a atmosfera. Isso representa menos 3.000 Km³/ano de umidade evapotranspirada em um universo de 67.000 Km³/ano (Sheil e Murdiyarso, 2009).

A área desmatada e a extensão dos fragmentos remanescentes podem afetar a bomba biótica que mantém a esteira hídrica atmosférica entre a Amazônia e o centro-sul do continente, descrita anteriormente como *Rios Voadores* (Romeiro, 2009; Fearnside, 2009b, Cabral, 2009, Farley, 2009).

Como consequência, elementos associados à disponibilidade de recursos hídricos, como abastecimento humano de água, a geração de hidroenergia e a produção de alimentos encontram-se potencialmente vulneráveis em médio e em longo prazo (Lobell *et al.* 2008, Freitas, 2009; Salati, 1984), explicitando a urgência de reflexões concernentes a mitigação e adaptação às alterações na quantidade e distribuição das chuvas.

As possíveis implicações para a realidade brasileira colocam questões fundamentais para o planejamento estratégico do país em longo prazo, tendo em vista tanto a importância que o setor agropecuário assume, uma vez que é responsável por parte substancial do saldo positivo da balança comercial, assim como a alta dependência da matriz energética nacional da hidroeletricidade (Freitas, 2009).

A crise energética que marcou o país entre junho de 2001 e fevereiro de 2002 deve-se à combinação de sucessivos anos com baixa precipitação e falta de planejamento estratégico para suportar a demanda crescente por energia. As quedas anuais consecutivas do volume de água dos reservatórios da região Centro-Oeste e Sudeste anunciaram a crise com anos de antecedência. As duas regiões, CO e SE, que em 2007 respondiam por quase metade do potencial hidrelétrico em operação/construção (Freitas, 2009), viram a capacidade dos seus reservatórios despencarem de 85% em março de 1998 para cerca de 35% no mesmo mês de 2001 (Bardelin, 2004).

Em resposta, a campanha de racionamento organizada pelo governo resultou, no segundo semestre de 2001, em redução de 20% da demanda nacional por

eletricidade, tendo o mesmo período do ano anterior como referência (Bardelin, 2004). Em um esforço coletivo ímpar na história do país, a população brasileira mostrou ser capaz de se mobilizar em torno de um interesse comum. Compreender o mecanismo que disparou tal capital social latente dos brasileiros pode ser útil ao combate de outros problemas ambientais. Será que as ameaças climáticas serão capazes de repetir semelhante mobilização? Infelizmente o processo parece tomar curso apenas quando a crise apresenta-se como iminente.

Sabemos que: 1) a água exportada pela Amazônia para o centro-sul brasileiro, no qual se encontram as cabeceiras das principais bacias da região, conta com cerca de 3 milhares de trilhões de litros de água (Fearnside, 2004) e que 2) a vegetação amazônica, cerrados e pantanal estão envolvidos na manutenção de tal fluxo. Sabemos também que o aumento das temperaturas globais possivelmente irá afetar os ciclos hidrológicos sul americano, intensificando os eventos extremos de secas e enchentes. Ademais, o crescimento populacional e a expansão da população com acesso a modelos de consumo mais elaborados irão contribuir sobremaneira para o incremento da demanda por energia elétrica.

Portanto, diante destes fatos, reforça-se a afirmação anteriormente feita de que a geração de hidroenergia e o abastecimento humano de água no contexto brasileiro mostram-se vulneráveis às mudanças climáticas em médio-longo prazo. Desta perspectiva, cabe questionar a legitimidade dos investimentos públicos em certas obras de infra-estrutura energética na Amazônia, como as usinas do Madeira e a integração do sistema rodoviário brasileiro com a malha de outros países visando o acesso ao Pacífico. Os *trade-offs* ambientais podem custar mais caro ao Brasil e ao restante do continente do que os benefícios comerciais e econômicos resultantes.

Simultaneamente, o próprio setor agroprodutivo, motor do desmatamento, está ameaçado. As extensas plantações de milho, soja, algodão e cana de açúcar que se dispõem sob o trajeto percorrido nos céus brasileiros pelas águas amazônicas encontram-se vulneráveis no que tange a disponibilidade de recursos hídricos para irrigação e manutenção da sazonalidade necessária ao sucesso dos cultivos anuais. É importante destacar que a vulnerabilidade não se refere apenas a impactos na quantidade de chuvas, mas também em sua distribuição ao longo do ano (aspecto qualitativo).

3.4.3. Desmatamento X Distribuição de Energia Solar

Para os modeladores do clima, algumas mudanças nas propriedades físicas da superfície são essenciais na análise do impacto do desmatamento na distribuição de

energia através do ecossistema local (Sheil et al., 2009, Bonan, 2008; Aguiar, 2006). A figura 3.4 permite comparar a distribuição de calor em uma área com cobertura vegetal e outra exposta.

O equador recebe quantidade privilegiada de energia solar o ano todo, a qual, ao incidir sobre a superfície terrestre segue diferentes caminhos, dependendo das propriedades físicas das superfícies envolvidas (Ricklefs, 1996). A capacidade de reflexão de superfícies mais claras (albedo próximo a 1) é maior que as mais escuras (albedo mais próximo a 0). As calotas polares, por exemplo, possuem albedo virtualmente igual a 1, atuando como imensos espelhos, refletindo a maior parte da radiação incidente, o que atribui a elas um papel de resfriamento global (IPCC AR4, 2007). Já superfícies cobertas por cinzas e carvão após queimadas observam um albedo em torno de 0 (zero), absorvendo praticamente toda a radiação incidente (Artaxo, 2003; Miranda *et al.*, 2004).

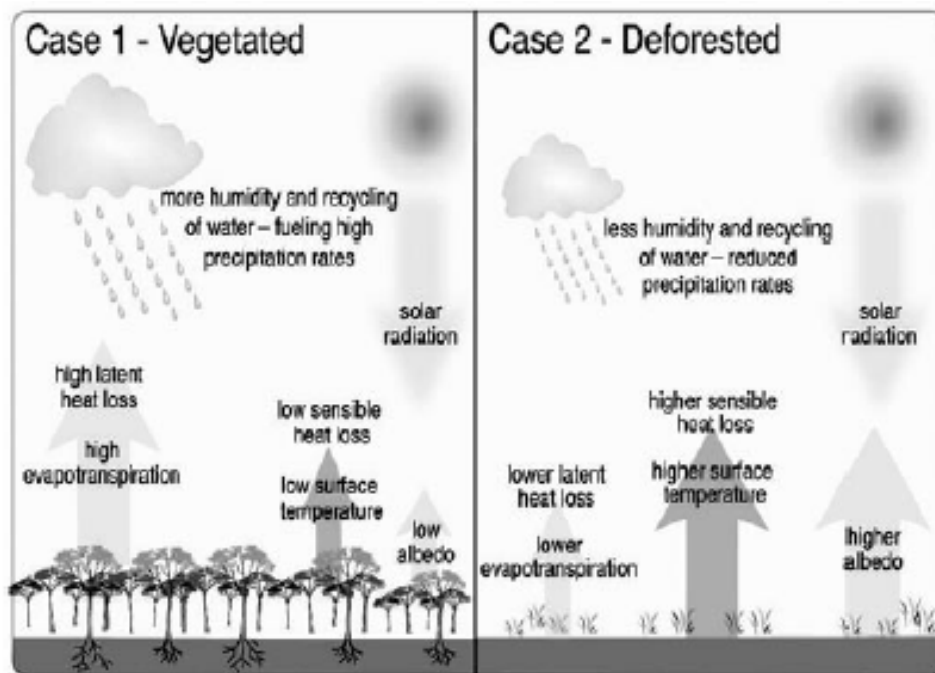


Figura 3.4 Conseqüências do desflorestamento para o ciclo hidrológico local. Case 1: a floresta dissipa a maior parte da energia que entra no sistema a por meio da evapotranspiração (seta da esquerda), sendo que apenas uma pequena fração (seta da direita) está disponível para aumento da temperatura do ar; Case 2: mesmo a terra desnuda apresentando alta reflexividade para a radiação solar, quase toda energia é usada no aumento das temperaturas locais; apenas parte é usada na evapotranspiração. Assim, a presença da vegetação influencia na dissipação da energia solar, afetando diretamente a contribuição local de umidade para as precipitações. (fonte: Marengo, 2006).

Em áreas florestadas, a cobertura vegetal tem baixo albedo quando comparada a áreas desnudas (Marengo, 2006). Assim, seria esperado que a superfície florestada aquecesse mais, pois mais calor é retido no sistema. Porém, devido à grande quantidade de água armazenada na vegetação amazônica, a maior parte da energia é perdida na forma de calor latente (figura 3.4, caso 1), ou seja, utilizada para romper as

fracas interações químicas entre as moléculas de água líquida, volatizando vapor de água para atmosfera no processo de evapotranspiração, sem resultar em aumento das temperaturas locais (Bonan, 2008, Feddema, 2005). Aguiar (2006), no âmbito do LBA, observou que a evapotranspiração respondeu pelo destino de 75- 85% da radiação solar incidente na estação chuvosa em floresta tropical no sudeste amazônico, sobrando apenas 25-15% para aquecer a temperatura do ar e da superfície.

Tal fenômeno está intimamente relacionado à bomba hídrica biótica anteriormente descrita, pois é a energia solar que põem em movimento e determina a intensidade da evapotranspiração (Marengo, 2006; Salati, 1984; Bonan, 2008; Aguiar, 2006).

Assim, a imensa quantidade de umidade evapotranspirada diariamente atua como grande refrigerador local e global (Feddema, 2005), pois permite que a maior parte do calor excedente absorvido pela superfície seja dissipada pela floresta sem aumento substancial das temperaturas locais e globais (calor sensível) (Bonan, 2008).

As áreas desnudas, por sua vez, apresentam valores altos para o albedo, o que implica em maior reflexão da energia incidente quando comparado a mesma área caso fosse florestada (Marengo, 2006). Porém, a baixa umidade estocada no sistema, resulta em perdas modestas de energia na forma de calor latente (evapotranspiração) e grande na forma de calor sensível, ao contrário da floresta, o que explica o aquecimento relevante do ar próximo a superfície do solo em pastagens e campos agrícolas, especialmente durante o pousio. Mais uma vez chama-se a atenção para o fato que não basta avaliarmos aspectos quantitativos, como o total de radiação retida no sistema, mas também a qualidade da dissipação da energia pelo ecossistema.

Portanto, alterações do albedo da superfície resultantes do desmatamento implicam em impactos climáticos locais e regionais, representados pelo aumento nas temperaturas e redução das precipitações locais em decorrência de distúrbios na dinâmica de dissipação de energia do sistema (balanço entre calor latente e sensível).

3.4.4. Desmatamento X Emissões de CO₂

Por fim, o desmatamento implica em remoção de carbono de compartimentos estáveis, como solo e vegetação, resultando eventualmente na liberação de CO₂, seja de forma imediata na combustão pirogênica ou na lenta decomposição da biomassa morta.

A partir de uma abordagem descendente (*top down*) das informações disponibilizadas no Primeiro Inventário Brasileiro nacional, chegamos a um fator de

emissão de 41.507 t CO₂/Km² para desmatamentos na Amazônia e 19.063 t CO₂/Km² para desmatamentos no Cerrado. No inventário foram considerados apenas a perda de biomassa aérea.

Fearnside *et al.* (2009b) coloca que entre 2006-2007 o desmatamento da Amazônia mato-grossense foi de 2.040 Km² e dos cerrados estaduais, 300 Km². Segundo o mesmo autor, tais perdas representaram emissões da ordem de 66 milhões t C - equivalente (237 milhões t CO₂ equivalente)²⁷ e 1,8 milhões t C equivalente (6,4 milhões t CO₂ equivalente), respectivamente. Partindo destes dados, chegamos a fatores de emissão de 116.640 t CO₂ equivalente/Km² para o primeiro bioma e 76.680 t CO₂ equivalente/Km² para o segundo. Estes fatores destoam dos utilizados no Primeiro Inventário Brasileiro, chegando a ser cerca de 3 vezes maior. A explicação para essa discrepância, além de alguns aspectos metodológicos, foi o fato do trabalho de Fearnside considerar em seus cálculos tanto as emissões do carbono oriundo da biomassa aérea quanto da subterrânea, além de outros gases de efeito estufa, como metano e óxido nitroso.

3.4.5. Desmatamento X Fragmentação Florestal

A fragmentação florestal é um indicador de estrutura de paisagem, relacionando-se diretamente com a densidade de estradas nos município do norte mato-grossense. Sugere-se neste trabalho que índices de fragmentação florestal também são úteis na determinação da qualidade dos serviços ecossistêmicos climáticos.

O efeito de borda resultante do isolamento dos remanescentes em pequenas manchas inicia um processo de morte das árvores a partir das margens em direção ao centro, uma vez que o ar seco vindo das áreas desmatadas adjacentes criam condições desfavoráveis as espécies amazônicas condicionadas à alta umidade, reduzindo os estoques de carbono e aumentando a liberação de CO₂ pela decomposição da necromassa (Luizão e Nascimento, 2005). Compromete-se também o resfriamento evapotranspirativo responsável por amenizar as temperaturas (Bonan, 2008).

Adicionalmente, a fragmentação implica no isolamento de populações de animais e plantas que erodem a biodiversidade local (Nascimento e Laurance, 2006, Aquino *et al.*, 2008), criando barreiras à troca de genes entre indivíduos da mesma

²⁷ 1 tonelada de C = 3,6 toneladas de CO₂ (adaptado do I Inventário Brasileiro de emissões antropogênicas de gases de efeito estufa a partir de uma abordagem *top down*)

espécie (Klink *et al.*, 2008), ao mesmo tempo em que permite o avanço de formações vegetais mais abertas.

Populações locais de determinadas espécies podem desaparecer em decorrência da fragmentação de seu habitat (Aquino *et al.*, 2008). Espécies como a imponente castanheira do Pará tem a dispersão das suas sementes associada basicamente a uma espécie animal: a cutia (*Dasyprocta aguti*). Diante do desaparecimento desta e de outras espécies chave, quais seriam as repercussões para a manutenção da floresta? Portanto, não basta proteger determinadas áreas se a estrutura ecológica que a suporta não for mantida. É provável que, em muitos municípios brasileiros, os remanescentes já tiveram quase que toda a sua capacidade de prover serviços naturais comprometida, sendo os resquícios da vegetação original apenas testemunhos do que ali existiu um dia. Tanto o número de fragmentos quanto a distância entre si são dois parâmetros de mensurar a perda de qualidade dos serviços ambientais.

Soares-Filho (2001) afirma que índices de estrutura de paisagem, como a fragmentação, podem informar sobre dinâmicas de ocupação espacial, refletindo estruturas fundiárias específicas. O autor observou que à medida que lotes são divididos e estradas construídas, as taxas de desmatamento aumentam, assim como a fragmentação.

Em municípios onde pequenas propriedades predominam, os fragmentos são maiores em número e menores em tamanho quando comparados a áreas dominadas por latifúndios, onde as manchas de vegetação tendem a serem maiores, porém em menor quantidade (Soares-Filho, 2001; Brannstrom, 2006). Contudo, a proximidade dos fragmentos no primeiro caso facilita a manutenção dos processos ecológicos e a troca genética entre populações.

Assim, os 80% de Reserva Legal preservado em uma propriedade de 20 ha tem capacidades ecossistêmicas diferentes dos 80% de RL em uma propriedade de 15 mil ha. Considerações neste nível têm implicações no debate sobre quais critérios devem pautar o código florestal. Até quando iremos continuar pautando a lei em porcentagens vazias de significado ecológico? A pergunta mais coerente deveria ser: qual a engenharia ecológica de reserva legal que melhor se aplica a cada município? As especificidades locais implicam em dinâmicas de ocupação e fragmentação próprias, de modo que as reservas legais deveriam ser pensadas no conjunto de propriedades e não individualmente. Seria isso factível? Depende. Bem articulados, os instrumentos de comando e controle, associados a instrumentos econômicos (como taxas e PSA) e

posições mais assertivas do consumo consciente poderiam criar condições favoráveis para o desenrolar de uma alternativa menos insustentável que a atual.

3.5. USO DA TERRA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA OS SERVIÇOS AMBIENTAIS CLIMÁTICOS

3.5.1. Pecuária

Fearnside e Barbosa (apud Fernandes *et al.*, 2002) estimam que 75% de toda área desmatada da Amazônia Brasileira a partir de 1970 já foi, em algum momento, utilizada como pasto. No MT, cerca de 26 milhões de cabeças de gado, das quais 10,5 milhões (40%) encontravam-se no norte do estado (IBGE, 2006).

3.5.1.1. Pecuária: emissões de Metano (CH₄)

As emissões brasileiras antropogênicas de metano estão relacionadas principalmente a atividade pecuária. Observa-se na figura 3.5 que a fermentação entérica do gado bovino foi a principal fonte brasileira de metano (68%) em 1994. As emissões oriundas da fermentação entérica de outros rebanhos e dejetos de animais compreendem outros 6%. A fatia compreendida por estes dois setores (digestão entérica e dejetos de animais) responde por grande parte das contribuições da atividade pecuária para as emissões nacionais de GEE do setor. Ademais, existem evidências que apontam que a substituição de florestas por pastagens (mudança do uso da terra) altera o metabolismo do solo, fomentando a eliminação de CH₄.

Estima-se que as emissões globais oriundas da pecuária totalizem 80 milhões de toneladas de metano (22% das emissões antrópicas de metano), sendo que, no Brasil, a atividade é responsável por 9,2 milhões de toneladas de metano (cerca de 12,0% das emissões mundiais do setor), correspondendo a 96% das emissões agrícolas nacionais (Embrapa, 2003). Desta fração, a maior parte é de bovinos e apenas uma pequena parcela corresponde a outras categorias de animais (bubalinos, muare, caprinos, suínos, eqüinos e asininos).

Diante da relevância da agropecuária na economia do MT, entende-se que a digestão entérica bovina compreende a fatia majoritária das emissões de metano nos municípios. Portanto, os outros setores de importância no cenário nacional, a exceção de animais em pastagem e dejetos suínos, serão desconsiderados nos inventários municipais, ou por não se aplicarem ao contexto da região ou por serem insignificantes diante da importância da pecuária bovina.

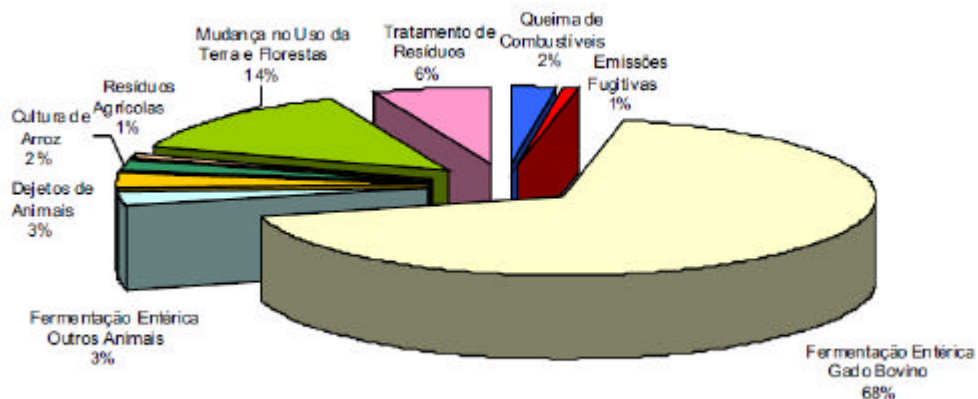


Figura 3.5. Perfil das emissões de metano por setor em 1994 (fonte: I Inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa, 2004)

Fermentação Entérica e Dejetos de Animais

De modo a digerir um material de difícil processamento como o é a biomassa vegetal, diferentes estratégias fisiológicas apareceram ao longo da evolução. A mais comum é a associação entre animais e bactérias/protozoários. Essa parceria é fundamental, uma vez que não existem animais com aparato metabólico capaz de digerir a celulose, apesar de a molécula compor quase a totalidade do peso seco vegetal. Contudo, tal simbiose, consolidada ao longo de milhões de anos pela evolução biológica, tem como subproduto o gás metano.

Os bovinos pertencem ao grupo dos ruminantes (alce, veado, girafa, carneiro, entre outros), cuja característica básica é a presença de um estômago composto por quatro câmaras digestivas (Randal *et. al*, 2000). O primeiro compartimento, conhecido como rúmen, contém os microrganismos que digerem as fibras vegetais por meio da fermentação metanogênica, disponibilizando elementos essenciais a dieta do animal e liberando CH₄ (Pough *et al.*, 1999).

Outros herbívoros apresentam estômago simples e cecos²⁸ localizados na porção final do tubo digestório, dentro do qual microrganismos também fermentam o material vegetal. Os eqüinos destacam-se nesse grupo, também conhecidos como pseudo-ruminante, e, assim como os bovinos, tem alto fator de emissão por cabeça. Porém, dentro do recorte espacial deste trabalho, as populações de cavalos e semelhantes são pouco expressivas diante dos milhões de bovinos e suínos criados no norte do estado, sendo, portanto, desconsideradas na construção do indicador.

²⁸ Equivalente ao apêndice na espécie humana

Já os suínos, cujas emissões entéricas são modestas frente aos ruminantes e pseudo-ruminantes, têm a liberação de metano principalmente relacionado à decomposição anaeróbica dos seus dejetos em condições de confinamento. A destinação inadequada dos resíduos também pode resultar em impactos ambientais locais significativos, como poluição do solo e corpos de água.

Enquanto a população dos animais domesticados era pequena, as emissões eram comportadas pelo ecossistema e seus efeitos climáticos pouco significativos. Porém, o tamanho atual dos rebanhos ameaça a capacidade ecológica de suportar as emissões de metano do setor. Portanto, no que tange às emissões da pecuária, há dois fatores chave a serem considerados na construção dos indicadores: o *fator de emissão* de metano característico de cada espécie domesticada e a relevância do efetivo de cada espécie na realidade dos municípios estudados. No norte do Mato Grosso duas espécies destacam-se: a pecuária bovina e a suinocultura.

O gado desponta no cenário regional em ambos os quesitos, apresentando populações municipais numerosas (tabela 3.5) e digestão intensiva em CH₄ (tabela 3.6). A pecuária no Mato Grosso é majoritariamente extensiva, estando o rebanho disperso em grandes áreas contínuas de pastagem. Uma vez que a decomposição do material sólido no ambiente aberto das pastagens está associada à baixa liberação de CH₄, iremos desconsiderar as contribuições dos dejetos da criação extensiva de gado. Contudo, chama-se a atenção para o peso das emissões dos dejetos animais em municípios brasileiros em que o confinamento é adotado.

Tabela 3.5. Tamanho do rebanho bovino nos três municípios analisados: Alta Floresta, Sorriso e Feliz Natal

<i>População do rebanho bovino em Alta Floresta, Sorriso e Feliz Natal 2001-2007</i>			
	Alta Floresta	Sorriso	Feliz Natal
2001	539.676	68.000	15.066
2002	569.134	66.723	13.401
2003	657.834	62.908	11.130
2004	723.871	65.148	9.980
2005	753.434	57.829	11.291
2006	732.246	62.666	14.158
2007	748.572	71.226	13.022

Fonte: IBGE, 2007

Diversas iniciativas procuraram mensurar as emissões do gás metano pela digestão entérica bovina. A Embrapa (2003) realizou estudos com gado Nelore no município de Nova Odessa (SP). Os resultados apontaram para uma emissão média de 42,85 Kg de CH₄/animal/ano. Considerando o fato do CH₄ ser um gás estufa 25 vezes mais potente que o CO₂ (IPCC, 2007), podemos estimar que a contribuição por

cabeça de gado gire em torno de 1.066 Kg CO₂-equivalente/cabeça/ano, próximo ao valor de 1.265 Kg CO₂-equivalente/ha/ano encontrado por Fernandes *et al.* (2002).

A qualidade nutricional do alimento, o sexo e a idade do animal mostraram influência sobre o volume de metano emitido por cabeça (Embrapa, 2003; Primeiro Inventário Brasileiro, 2004).

Quanto à suinocultura, tanto a digestão entérica quanto a decomposição dos dejetos foram consideradas nos inventários municipais realizados neste trabalho. Apesar de pouco expressiva em termos absolutos, os dejetos suínos podem ser processados em biodigestores, abrindo uma oportunidade de mitigação que simultaneamente apresenta potencial de geração de energia e neutraliza as emissões de metano (Souza *et al.*, 2005).

O uso de indicadores permite identificar fragilidades e oportunidades de mitigação em sistemas produtivos. Apesar da dissertação não contemplar o potencial de mitigação em cada sistema, recomenda-se que futuras pesquisas no tema avaliação da sustentabilidade climática incorporem este aspecto.

Compactação do solo em pastos

A compactação do solo pelo gado diminui a difusão do oxigênio através do mesmo, criando condições anóxicas nas quais vias metabólicas produtoras de metano são favorecidas. Steudler *et al.* (1996 apud Fernandes *et al.*, 2002) afirma que o fator determinante na regulação da balança de metano é a porcentagem de poros presentes no solo preenchidos por água. Em valores abaixo de 35-40%, o solo atua como sumidouro de CH₄, enquanto, em valores acima, desempenha o papel de fonte. Ademais, o pH do solo, a qualidade e quantidade de matéria orgânica são fatores críticos que influenciam a produção biológica do gás. Assim, o balanço entre o consumo e a produção de metano pelos microrganismos presentes no solo irá definir se certo uso do solo é fonte ou sumidouro de metano.

As técnicas de manejo devem incorporar esta questão, optando por práticas que reduzam a compactação do solo e permita a infiltração satisfatória da precipitação. Estimativas feitas por Fernandes *et al.* (2002) para uma área de floresta em Rondônia apontam a vegetação como sumidouro de metano, apresentando consumo 110mg CH₄/ m²/ ano. Já as mensurações feitas para o pasto registraram emissão de 120mg CH₄/ m²/ano (Fernandes *et al.*,2002) sugerindo o papel deste uso da terra como fonte. Uma análise mais cuidadosa evidencia que a substituição da floresta pela atividade pecuária resultou em uma emissão líquida de 230mg CH₄/ m²/ano na área de estudo, considerando não só o que foi emitido pelo pasto, mas também o que deixou de ser

fixado. Pesquisas realizadas nas planícies da Costa Rica chegaram a mesma conclusão, apontando uma emissão líquida de 682mg CH₄/m²/ano dos pastos em comparação a floresta (Keller et. al., 1993), três vezes maior que as medições de Rondônia.

Convertendo os resultados para as unidades adotadas neste trabalho, obtemos emissões de 1,2 Kg de CH₄/ha/ano oriundos do solo das pastagens, equivalente a 30 kg de CO₂ equivalente/ha/ano. Cabe assinalar que uma avaliação mais acurada exigiria não só considerar a emissão, mas também o volume que deixou de ser incorporado à biota subterrânea.

3.5.1.2. Pecuária: emissões de gás carbônico (CO₂)

Pastagens e implicações no balanço do CO₂

Dependendo do manejo adotado, as pastagens podem funcionar tanto como sumidouro ou como fonte de carbono. A prática comum de abertura de novas áreas de pasto por meio de queimadas altera as características químicas e físicas do solo, uma vez que as cinzas introjetam uma grande quantidade de nutrientes antes armazenados na biomassa vegetal, assim como aumentam o pH tipicamente ácido do Cerrado e Amazônia.

Esta fertilização inicial, benéfica para a produtividade pecuária, em poucos anos é perdida por meio da lixiviação e incorporação dos minerais na biomassa vegetal e da microbiota encontrada no solo, sendo a perda de fósforo o principal fator limitante da atividade em médio e longo prazo. Segundo Fernandes *et. al* (2002), os pastos emitem proporcionalmente mais CO₂ que a floresta intacta, especialmente durante a estação chuvosa, na qual as taxas de respiração do solo aumentam significativamente. Medições feitas no Estado de Rondônia registraram em florestas não modificadas emissões oriundas do solo de 139mg CO₂/m²/h durante a estação chuvosa e 59mg CO₂/m²/h ao longo da estação seca, enquanto nos pastos, durante as mesmas estações, as emissões foram 188 – 317mg CO₂/m²/h e 50-69mg CO₂/m²/h, respectivamente (Fernades *et. al.*, 2002).

Outros autores realizaram mensurações parecidas em diferentes pontos da bacia, chegando a valores diferentes (Wanner, 1970, Keller *et. al*, 1993, Fernandes 1999, Gallon 2006), porém observando o mesmo comportamento sazonal, com maior emissão durante as chuvas e uma contribuição maior dos pastos em relação à floresta.

3.5.1.3. Pecuária: emissão de óxido nitroso (N₂O)

Animais em Pastagem

A pecuária extensiva, como já assinalada, é uma atividade disseminada na região, especialmente em Alta Floresta. A incorporação no ciclo do nitrogênio dos dejetos animais depositados no pasto, principalmente do rebanho bovino, foi à principal fonte brasileira do gás em 1990 e em 1994 (figura 4.3). Explicita-se que o processo digestivo do gado contribui duas vezes para o incremento atmosférico de gases estufa: tanto no processamento do alimento (digestão entérica) quanto na decomposição dos dejetos em pastagem.

3.5.2. Práticas Agrícolas

3.5.2.1. Práticas agrícolas: Emissões de óxido nitroso (N₂O)

A agropecuária respondeu por 91,5% das emissões brasileiras de N₂O em 1994 (figura 3.6), sendo que duas categorias destacam-se: animais em pastagem e manejo das culturas agrícolas. O primeiro já foi tratado no tópico referente à pecuária. Já no que diz respeito ao segundo, apenas a *fixação biológica* associada à cultura de soja será considerada (5 % do total nacional). Os demais setores foram desconsiderados devido a pouca expressividade no contexto norte mato-grossense ou a ausência de dados consubstanciados.

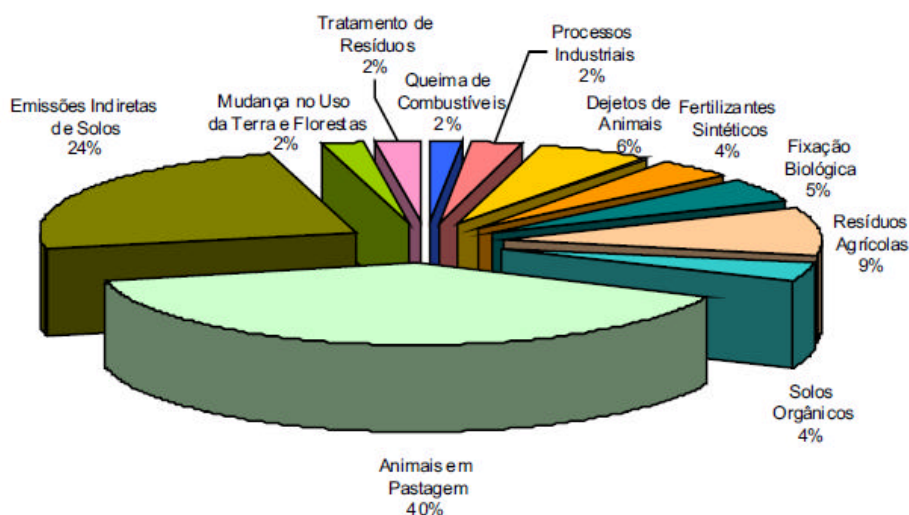


Figura 3.6. Emissão brasileira de óxido nitroso por setor em 1994. (fonte: 1º inventário Brasileiro de Emissões).

Sojicultura: Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)

O nitrogênio é um dos principais constituintes da matéria viva, participando da estrutura básica das proteínas e ácidos nucleicos (DNA e RNA). A maioria dos seres vivos é incapaz de utilizar o nitrogênio na sua fórmula mais abundante, o N₂ atmosférico (80% da composição do ar). Sendo assim, virtualmente toda a biodiversidade terrestre depende de um pequeno punhado de espécies de bactérias capazes de absorver o N₂ atmosférico e transformá-lo em formas assimiláveis que adentram a teia alimentar por meio dos produtores (Raven, 2001).

Assim como as emissões de metano estão relacionadas a associações entre microrganismos celulolíticos (capazes de quebrar a celulose) e ruminantes, outras formas de cooperação biológica respondem por grande fatia das emissões de óxido nitroso agrícola. Neste contexto, destaca-se a simbiose entre duas espécies de bactéria do gênero *Bradyrhizobium* (*B. japonicum* e *B. elkanii*), fixadoras de nitrogênio, e a soja (*Glycine max*) (Santos, 2007). Acredita-se que estas espécies de microrganismos não são nativas do Brasil, apesar de ocorrerem naturalmente nos solos nacionais, provavelmente trazidos ao país junto com a importação da soja no século XIX (Lopes, 1971). De modo a incrementar a produção, estirpes geneticamente modificadas vêm sendo inoculadas no solo, incorporando-se as raízes da planta. As bactérias fundem-se ao sistema radicular, constituindo nódulos lenhosos nos quais encontram proteção e as condições ambientais ideais para a fixação de N. Alguns autores apontam para a alternância entre pastagem e sojicultura como estratégia para recuperar a fertilidade do solo esgotada em poucos anos pela pecuária extensiva (Brandão, 2005; Pavanelli, 2007).

A cultura de soja tem alta demanda por nitrogênio, uma vez que apresenta elevado teor protéico (cerca de 40% da biomassa seca). Estima-se que sejam necessários cerca de 240 Kg N para obter uma produtividade de 3.000 Kg de soja /ha (Pavanelli, 2007). O volume de fertilizante nitrogenado capaz de responder a essa demanda inviabiliza economicamente a sojicultura, porém a sua substituição pela fixação biológica pode suprir de forma satisfatória as necessidades da planta, desde que os procedimentos para uma boa inoculação sejam empreendidos. Visando aumentar a produtividade brasileira do grão, a empresa brasileira de pesquisa agropecuária (Embrapa) vem investindo recursos no desenvolvimento de linhagens bacterianas mais eficientes no processo de fixação de N, assim como mais resistentes a estresse ambiental e adaptadas a realidades ambientais específicas.

Contudo, as externalidades climáticas geradas no processo são significativas. A fixação biológica respondeu, em 1994, por 5% das emissões agrícolas nacionais do

gás. Esses dados referem-se apenas à soja, uma vez que era o único cultivo no qual a inoculação é rotineira. Soma-se a este fato a lacuna de dados para as demais culturas que apresentam relações interespecíficas semelhantes. Na época (1994), a área cultivada da leguminosa correspondia a 11,5 milhões de hectares. Na safra 2007/2008, esta área praticamente dobrou, chegando a 21,5 milhões de hectares e a colheita de 60 milhões de toneladas (IBGE, 2009). Estes valores colocaram o Brasil na segunda posição mundial entre os países produtores da *commodity*, respondendo por 20% da safra mundial e 60% da sul americana. No mesmo período, o Mato Grosso colheu cerca de 18 milhões de toneladas (30% da produção nacional / 6% da produção mundial) lançando mão de 5,68 milhões de hectares (Embrapa soja, 2008)²⁹. Em municípios como Sorriso, um dos maiores produtores mundiais do grão, o peso das emissões de N₂O oriundas da sojicultura ganha dimensões substanciais. A partir da abordagem descendente e dos dados de emissões totais do setor e área de soja nacional contidos no Primeiro Inventário Brasileiro, chegamos a um fator de emissão para a fixação biológica de nitrogênio na sojicultura de 0,002 t N₂O/ha/ano ou 0,59 t CO₂ equivalente /ha/ano.

Fertilizantes sintéticos

O uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos é outro componente de grande peso na liberação de óxido nitroso da atividade agropecuária (figura 4.3). De forma semelhante à fixação biológica, os fertilizantes são processados por microrganismos presentes no solo, tendo como subproduto o óxido nitroso. Estimativas feitas em pesquisas em latosolo vermelho de Cerrado mostram que as emissões de óxido nitroso variam de acordo com o tipo de fertilizante, espécie de planta e temperatura do solo (Carvalho, 2008). O milho, por exemplo, emitiu 10 vezes mais que a cultura de feijão quando a mesma quantidade de fertilizante foi aplicada.

Assume-se aqui que o melhor caminho para o cálculo das emissões totais de N₂O deve partir da interação entre a montante de fertilizante consumida pelo recorte espacial e o respectivo perfil das culturas agrícolas. Estes dados já estão disponíveis para os estados e para o Brasil, apesar da baixa resolução temporal. Contudo, não foram encontrados na literatura acadêmica e oficial dados sobre o consumo municipal de fertilizantes para o período analisado neste trabalho.

Um caminho para sanar este gargalo seria adotar uma abordagem *ascendente*, lançando mão de informações sobre a demanda que cada cultura tem por N e o perfil

²⁹ Disponível no sítio www.cnpsa.embrapa.br/index.php?cod_pai=16&op_page=294. Acessado em 28/06/2009.

agrícola municipal. O indicador resultante apontaria a intensidade de fertilizantes por hectare ou por toneladas de produção. Esta abordagem seria satisfatória se as necessidades por N fossem homogêneas e independentes do contexto no qual o cultivo se insere.

Segundo o IDS_IBGE (2008), o preço dos insumos, a disponibilidade de linhas de crédito rural, mudanças cambiais e a própria capitalização do produtor são aspectos que impactam diretamente o total de fertilizantes consumido por um determinado território. Explicita-se aqui uma oportunidade única para a governança climática brasileira em condicionar o cumprimento de critérios ambientais ao aporte de recursos públicos ao agronegócio. Além disso, há alguns aspectos técnicos e outros relativos à fertilidade natural do solo e relevo a serem considerados (Embrapa, 2006).

Segundo a Embrapa, o milho de sequeiro exige uma adubação de 40 a 80 kg N/ha/ano, enquanto em agricultura irrigada pode demandar entre 100 a 150 kg/ha/ano. O plantio direto e a rotação de cultura, dentre outras estratégias de manejo impactam as necessidades de nitrogênio. O plantio da safrinha, prática que se disseminou na última década pelo norte do Mato Grosso, especialmente no pólo agrícola que abrange Sorriso, Lucas do Rio Verde e Sinop, é uma mudança cultural que também redefinem o aporte de fertilizantes

Portanto, a quantidade de nitrogênio é determinada por uma série de fatores ecológicos e sócio-políticos, agregando substancial complexidade à representatividade do indicador seguindo a metodologia ascendente. Diante de tantas variáveis e incertezas em sua utilização, optou-se por desconsiderar este indicador, mas sem deixar de enfatizar a sua importância e a urgência da sistematização do consumo anual em nível municipal caso queiramos avançar com os esforços de mitigação climática no setor uso da terra.

Outras fontes agrícolas de N₂O não consideradas

A decomposição dos resíduos agrícolas, o cultivo em solos orgânicos, emissões indiretas óxido nítrico do uso de fertilizantes e adubação com esterco animal somaram 23% das emissões brasileiras relacionadas aos solos agrícolas em 1994. Porém, as incertezas e lacuna de informações consolidadas em nível nacional se potencializam quando descemos à escala municipal. De modo a reduzir eventuais fragilidades da metodologia de cálculo do índice e manter sua simplicidade, os quatro setores não foram contabilizados.

A mesma situação aplica-se as emissões oriundas da lixiviação e escoamento superficial de nitrogênio. Ademais, o escoamento e infiltração da água da chuva e da irrigação carregam N para os rios e riachos, causando impactos negativos na qualidade dos recursos hídricos e liberando óxido nitroso para a atmosfera ao longo do caminho (Primeiro Inventário Brasileiro, 2004; Carvalho, 2008). Sem uma referência do total de fertilizantes usado pelo município, é difícil derivar as emissões desta fonte. Mais uma vez, a abordagem ascendente encontra obstáculo frente à complexa rede causal que determina a dinâmica da lixiviação. Espera-se que o manejo da erosão hídrica reduza as emissões deste gás pelos sistemas agrícolas.

O potencial de mitigação referente aos solos agrícolas concentra-se em formas de gestão da terra menos intensivas em GEE. A implementação do plantio direto e conservação das matas ciliares são estratégias possivelmente positivas nos esforços de mitigação. Para tal, é necessário, por um lado, pesquisas que objetivam mapear e quantificar as fontes dos gases de efeito estufa (GEE), e por outro o desenvolvimento de alternativas mais sustentáveis.

4. Custos e Benefícios da Conservação

Uma vez destacado a importância da conservação da floresta e cerrados para a manutenção dos processos ecossistêmicos relacionados à regulação climática, cabe discutir quais e a quem cabe os custos desta conservação diante dos benefícios econômicos que alimentam a devastação dos remanescentes de vegetação.

Por fim, a segunda parte do capítulo reflete sobre custos e benefícios da manutenção dos serviços ecossistêmicos, identificando as responsabilidades que cabe a população local, nacional e global pela conservação. Para tal, será feita uma breve explanação sobre alguns instrumentos econômicos potencialmente úteis em uma gestão climática que vise resultados de curto prazo, repensando o papel que cabe ao mercado, Estado e sociedade civil no processo.

Balmoford e Whitten (2008) distinguem dois tipos de custos para a Conservação: custos *imediatos ou ativos* e custos *indiretos ou passivos*. O primeiro diz respeito aos gastos diretos com a implementação e manutenção das áreas de conservação, incluindo a infra-estrutura e recursos humanos necessários. Geralmente tais custos são arcados pelos governos nacionais e locais por meio de agências e órgãos ambientais e, de forma mais tímida, por ONGs. No Brasil, organizações governamentais, como ICMBio e IBAMA, ambos vinculados ao MMA, assim como as Secretarias Estaduais de Meio Ambiente, estão diretamente envolvidas no processo. Recursos internacionais também fomentam a conservação em diversas regiões brasileiras, tendo ONGs como braços executores. O projeto Poço de Carbono, por exemplo, financiado pela Peugeot, tem como braço executor a ONG Pró-Natura, responsável por administrar os investimentos.

O segundo tipo de custo refere-se às externalidades econômicas e sociais negativas oriundas da própria conservação. Uma delas diz respeito ao custo-oportunidade, ou seja, quanto se deixou de ganhar pela renúncia de alternativas em favor da conservação. Dessa perspectiva, os custos recaem principalmente sobre os atores locais, os quais poderiam estar usando a área sob conservação para outros fins economicamente ou socialmente mais interessantes (figura 4.1).

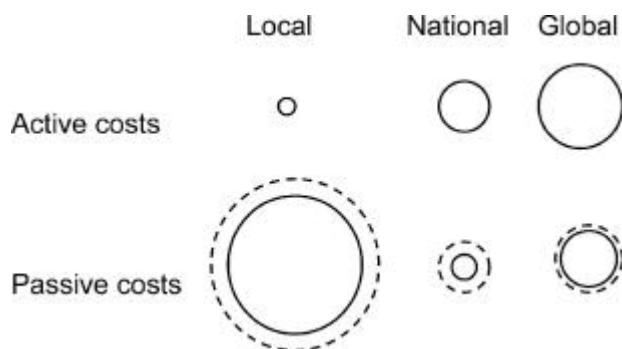


Figura 4.1 Esquema da distribuição dos custos da conservação em países em desenvolvimento. Na linha superior, referente aos custos ativos (*active costs*), os círculos referem-se as contribuições das comunidades local, nacional e global para os gastos diretos com a manutenção das reservas tropicais. Na linha inferior, relativa aos custos passivos (*passive costs*), os círculos descrevem a distribuição dos custos indiretos da conservação de áreas tropicais através das escalas local, nacional e global; os custos reais (linha sólida) podem ser menores que os custos percebidos (linha tracejada) devido à potencial insustentabilidade da forma como o homem vem se apropriando dos recursos naturais (fonte: Balmoford e Whitten, 2008)

Por sua vez, com a conservação, o governo federal também deixa de arrecadar divisas por meio de impostos que seriam angariados caso outras atividades mais lucrativas fossem implantadas (figura 4.1).

É exatamente o que ocorre no Mato Grosso, no qual a agropecuária possui grande respaldo do governo federal, uma vez que contribui sobremaneira para o PIB estadual e nacional, apesar de pautado na devastação da floresta. Cria-se uma dependência de um modelo ambientalmente perverso, porém positivo de outras perspectivas embasadas em análises superficiais sobre ganhos e perdas.

Kremer *et. al* (2008) avaliaram os custos e benefícios econômicos da implementação do *Masoala National Park Integrated Conservation and Development Program (ICDP)*, em Madagascar, levando em conta o pagamento pelo seqüestro de carbono propiciado pela conservação. Dentre os resultados, os autores observaram que nas escalas locais e globais a conservação gera um saldo econômico e ambiental positivo, mas, em escala nacional, o benefício líquido é negativo, principalmente devido ao custo-oportunidade relativo à escolha pela não concessão madeireira e uso da área para o cultivo de arroz, os quais renderiam recursos substanciais para o País.

Quanto aos benefícios da conservação, podemos fazer uma análise semelhante. Ao contrário da tradicional exploração irracional dos recursos florestais liderada pela grande empresa agropecuária e pela indústria madeireira, a conservação propicia simultaneamente ganhos econômicos oriundos do uso sustentável da biodiversidade e de atividades como o Ecoturismo, ao mesmo tempo em que preserva a regulação dos serviços ambientais localizados e dispersos (estes últimos serão o foco deste trabalho), considerando inclusive questões éticas e culturais, aspectos subjetivos que, por sua natureza imaterial, não são incorporados nos custos da devastação (Balmoford e Whitten, 2008). Financiar a conservação pautada apenas em um desses

elementos pode ter o mesmo efeito perverso que a forma tradicional de apropriação da natureza, correndo-se o risco de sobrecarregar o ecossistema com vistas do lucro mascarado por intenções conservacionistas. Um conjunto de atividades, como, por exemplo, ecoturismo, exploração sustentável da biodiversidade florestal e PSA pode ser um caminho que viabilize a conservação. Na figura 4.2 observamos como os benefícios da Conservação se distribuem de forma diferente através das escalas local, nacional e global.

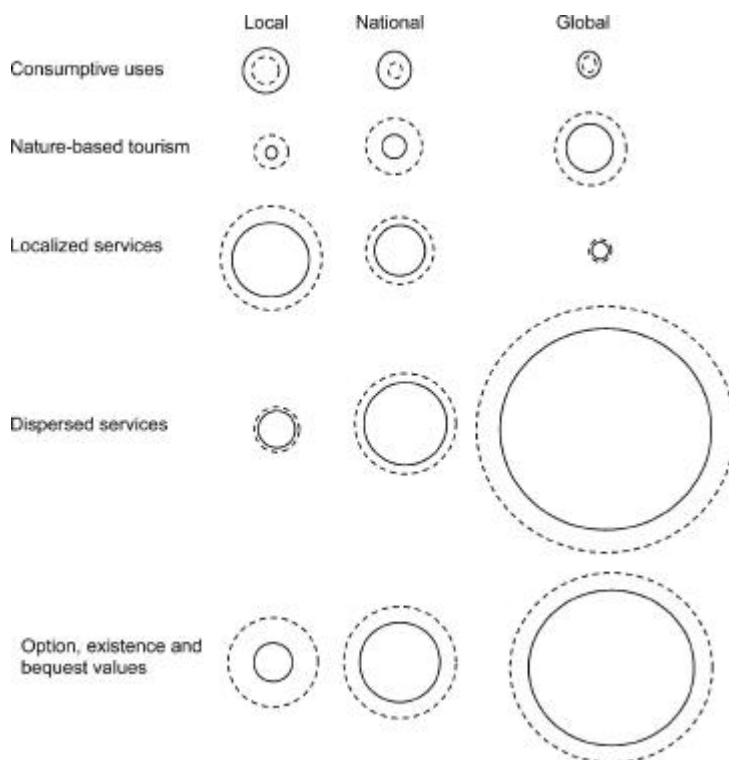


Figura 4.2 Esquema da atual distribuição de cinco tipos de benefícios da conservação para os países em desenvolvimento. Em cada linha, a área de círculos sólidos descreve os benefícios atuais, enquanto os círculos tracejados descrevem potenciais benefícios sustentáveis no futuro. A área total do círculo reflete a dimensão do benefício relativo a outros benefícios através das escalas: nacional, local e global. Os benefícios consistem na possibilidade de exploração sustentável da biodiversidade; ecoturismo; fornecimento de serviços ambientais localizados e dispersos; questões subjetivas como preservação de valores culturais e direito de existência de espécies da fauna e flora. *Consumptive uses*: uso para consumo; *Nature-based tourism*: ecoturismo; *Localized services*: serviços ambientais localizados; *Dispersed services*: serviços ambientais dispersos; *Option, existence and bequest values*: valores de opção, existência e legado (fonte: Balmoford e Whitten, 2008)

O benefício em escala global relativo à manutenção dos serviços ambientais dispersos destaca-se frente aos demais. De fato, a manutenção de certos processos ecológicos, como a regulação climática propiciada pela conservação das florestas tropicais é compartilhada pelo mundo inteiro, uma vez que são grandes sumidouros e estoques de carbono, assim como fonte de umidade para outras regiões. Outros serviços, como contenção da erosão e ciclagem não são menos importantes, porém tem alcance mais localizado.

Portanto, tendo em mãos as figuras 4.1 e 4.2, observa-se que enquanto os maiores custos recaem sobre atores locais, os maiores beneficiários encontram-se dispersos globalmente, o que nos leva a alguns questionamentos sobre quem deve pagar pela Conservação.

4.1. Considerações sobre conservação e financiamento

Partindo da premissa que o atual modelo de produção agropecuária que vem se consolidando no MT nas últimas décadas é insustentável e implica em *trade-offs* com a regulação climática, faz-se fundamental identificar instrumentos e mecanismos que possam reorientar ou pelo menos amenizar tais *trade-offs*. Uma vez que os instrumentos econômicos apresentam-se como potenciais alternativas em curto prazo, o desenvolvimento de sistemas integrados de indicadores podem contribuir diretamente na elaboração de parâmetros que suportem a internalização dos custos climáticos nos valores econômicos das atividades humanas e orientem alocação de recursos pela gestão pública.

Políticas coercitivas por si só não são suficientes, uma vez que tem efeito inibitório insuficiente sobre infrações ambientais e, geralmente, lidam apenas com as conseqüências, abalando pouco a estrutura que subjaz o problema. Além do mais, os custos ativos da conservação tendem a encarecer à medida que a população cresce e a pressão sobre os recursos naturais aumenta. Uma solução mais efetiva deve buscar estabelecer novas relações sociais e econômicas menos insustentáveis no que concerne a apropriação dos recursos florestais e do cerrado.

Assim, pagar o custo de oportunidade pela conservação florestal seria um instrumento econômico que potencialmente asseguraria a redução das emissões de gás do efeito estufa oriundas da conversão de florestas em paisagens antropizadas ao trabalhar a própria lógica econômica responsável por elas (Kremer *et. al.*, 2008, Micol *et. al.*, 2008). O custo de tal conservação deve ser compartilhado por todos os beneficiados, perpassando atores locais, nacionais e globais. O grande gargalo encontra-se em persuadir os favorecidos a contribuir com a manutenção dos serviços ambientais, uma vez que se encontram distantes das áreas de conservação e, portanto, pouco sensibilizados com a sua importância (Balmoford e Whitten, 2008). Associa-se a isso a ignorância do funcionamento ecossistêmico compartilhada pela maioria esmagadora da população mundial, preocupada em lidar com problemas mais urgentes como a própria sobrevivência, e a racionalidade econômica que orienta as decisões individuais e coletivas. Configura-se, portanto, um contexto socioeconômico e, por que não dizer, da psique coletiva (Jung, 1957), que se apresenta como um

obstáculo de difícil transposição, constrangido por uma imensa inércia institucional e comportamental.

No curto prazo, as esperanças residem na conscientização da elite política e econômica global, capazes de tomar decisões com amplo espectro de ação. Balmoford e Whitten (2008) ratificam em seu artigo tal ponto de vista, explicitando a necessidade do suporte à conservação das florestas tropicais a partir da comunidade global. Países como a Noruega e Austrália já reconhecem essa responsabilidade em sua agenda política internacional, disponibilizando fundos milionários que devem ser empregados ao longo dos próximos anos na pesquisa e conservação das florestas tropicais, tendo em vista as mudanças climáticas. A Noruega, em particular, tem como um dos focos apoiar estudos sobre projetos pilotos do PSA na Amazônia brasileira para avaliar sua viabilidade.

Em paralelo, a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas vem discutindo a incorporação de projetos de conservação nas estratégias econômicas pós-Kyoto visando à mitigação das emissões. A reunião das partes prevista para o fim de 2009, em Copenhague, será crítica na definição do novo compromisso global em resposta às mudanças climáticas, sendo grandes as expectativas que mecanismos envolvendo PSA ganhem destaque nos acordos.

Contudo, algumas fragilidades práticas ainda apresentam-se incômodas aos defensores do PSA e respaldam a argumentação dos críticos do instrumento. O receio de criar-se uma relação de dependência por parte das comunidades locais dos recursos providos do PSA é latente. Em outras palavras, associar a não destruição das florestas a ganhos econômicos pode ter um efeito negativo sobre a conservação em longo prazo, pois poderia estar estimulando o desmatamento na ausência de compensação financeira ou anular todos os benefícios após findarem os financiamentos do PSA.

Não obstante, a continuidade da conservação uma vez terminado o projeto é umas das principais fragilidades do PSA e merece reflexão profunda antes de validar o mecanismo (Balmoford e Whitten, 2008). Outra questão é o risco de se fomentar migrações para áreas sujeitas a compensação por serviços ambientais, aumentando a pressão sobre a biodiversidade florestal em vez de promover sua conservação. Assim, as boas intenções iniciais podem reverter-se em efeitos deletérios ao ecossistema, demandando planejamento e regulamentação que privilegiem as populações autóctones e não tornem as áreas de conservação pólos imigratórios, ao exemplo do observado no Mato Grosso e Rondônia durante as décadas de 1970 e 1980. Os mecanismos de transferência dos recursos das fontes para os recebedores é outro

ponto que merece atenção, exigindo práticas que busquem equidade e efetividade no processo.

Uma resolução satisfatória para a questão climática reside na cooperação entre a sociedade global, exigindo sinergia entre as ações do Estado, Mercado e Sociedade (Lemos e Agrawal, 2006).

4.2. Estado, Mercado e Sociedade

Além de atuar como doador de volumosas quantias para fundos climáticos globais e investir diretamente em pesquisas relacionadas ao tema, os Estados tem papel crítico na regulação do Mercado, outra força fundamental na governança climática global e cuja voracidade impacta diretamente na intensidade com a qual a natureza é explorada pelo homem.

A atual crise econômica explicita os perigos de um mercado sem os olhos e as mãos do Estado. Ao contrário do que alardearam alguns idealistas anacrônicos, não foram as fundações do capitalismo que tiveram suas estruturas abaladas, mas sim o paradigma do livre comércio, do Estado mínimo neoliberal, da confiança cega na mão invisível do mercado, regulando a si próprio e capaz, assim, de garantir a saúde econômica e social (Bava, 2008). A ignorância consciente por parte das elites políticas dos perigos associados ao enfraquecimento do Leviatã levou a atual crise. De modo reativo, os Estados intervieram no mercado como há muito não se via, transferindo trilhões de dólares do Capital público para o setor privado a fim de mitigar as conseqüências da crise. Do ponto de vista ambiental, as conseqüências são ambíguas. Se por um lado uma recessão global implica na redução do crescimento econômico e, por conseguinte, da pressão sobre os recursos naturais, por outro, parte do capital que estava sendo mobilizado para políticas e pesquisas relativas às questões ambientais e, em especial, para as mudanças climáticas, foi redirecionado na contenção de um colapso econômico com impactos sociais imensuráveis.

Abriu-se uma oportunidade de retomar o crescimento econômico e reduzir o desemprego por meio do que muitos chamaram de *New Deal* verde (UNEP, 2009) fomentado o desenvolvimento por meio do fomento a práticas produtivas mais sustentáveis. Porém, visando aquecer a economia e diminuir o impacto nas vagas de trabalho, o governo brasileiro, como nunca antes na história deste país, resolveu reduzir o IPI dos carros, estimulando as vendas de automóveis. A alternativa adotada pelo governo potencializou a proliferação de um transporte individual, emissor de gases de efeito estufa e responsável por infindáveis congestionamentos, sem ao menos criar condicionantes ambientais para a consolidação de indústria

automobilística mais limpa, como fez a gestão Obama. A oportunidade se transformou em retrocesso, e a medida paliativa de hoje, imediatista e reducionista, pode contribuir para o aumento das contribuições brasileiras de CO₂, aumentando a inércia comportamental e nos aproximando um pouco mais do colapso.

Ademais, a perspectiva de redução do crédito internacional nos próximos anos pode interferir negativamente nas estratégias de mitigação e adaptação que envolva instrumentos econômicos na sua execução, porém não justifica a negação da utilidade destes na gestão climática em curto prazo.

Existe uma série de instrumentos focados no Mercado que podem fomentar cadeias produtivas menos intensivas em carbono ou gerar recursos que possam ser destinados ao PSA pela regulação climática. O fortalecimento do Estado frente ao mercado é essencial nesse processo, regulando setores e direcionando o desenvolvimento por meio das regras do próprio mercado, como o estabelecimento de ecotaxas que modifiquem a relação entre os custos e benefícios de atividades intensivas em carbono, resultando na alteração da tomada de decisão dos atores individuais e de mercado (Lemos e Agrawal, 2006).

4.2.1. Estado: Impostos e Taxas

Além de agregarem complexidade aos critérios de escolha, as ecotaxas também recolhem divisas que podem financiar projetos de mitigação e adaptação como a própria compensação financeira dos atores responsáveis pela conservação florestal.

O ICMS ecológico, por exemplo, é uma iniciativa que alguns estados brasileiros tomaram, destinando parte dos impostos arrecadados sobre circulação de mercadoria e serviços para os municípios que tenham ações ambientais em seus territórios. Normalmente, os estados consideram a contribuição de cada município para a economia estadual como principal critério na hora de redistribuir o quinhão correspondente do ICMS. A proposta do ICMS ecológico é agregar critérios ambientais à esta distribuição, sem aumentar a arrecadação. Portanto, não é mais uma forma de taxaço; é, antes de tudo, uma modalidade de pagamento por serviços ambientais que redireciona recursos já existentes aos municípios que contemplem em seus limites certas práticas ambientais³⁰. O Rio de Janeiro, por exemplo, definiu a efetiva implementação de Unidades de Conservação, inclusive RPPNs, coleta e destinação dos resíduos sólidos e qualidade dos recursos hídricos como critérios na redistribuição dos 25% do ICMS destinados as municipalidades (lei Estadual nº 5100, 2007). Isso

³⁰ Informações obtidas no sítio www.lcmsecologico.com.br, consultado no dia 11/01/2009.

não implica que tais divisas serão reinvestidas na área ambiental, mas já é um incentivo a adoção pelas prefeituras de parâmetros ambientais a fim de aumentar os seus orçamentos, resultando em adequações que transcendem a conservação da biodiversidade e os serviços por esta prestada, mas também impacta positivamente no planejamento e gestão urbana.

Novas taxas sobre produtos e serviços também podem ser estratégias interessantes. Na Costa Rica, país referência no que tange ao PSA, a taxaço do petróleo vem contribuindo para o pagamento de U\$ 40 por hectare de remanescente de floresta conservado para proprietários rurais que assim procedam (Castro, 1998 apud Balmoford e Whitten, 2008). Outras cadeias produtivas intimamente relacionadas ao petróleo também podem ser oneradas, como a indústria automobilística e construção civil. Cabe a ressalve que medidas desse tipo exigem simultaneamente alternativas como transporte público de qualidade e materiais de construção menos intensivos em carbono.

Outra taxa que merece ser citada é a Tobin. Proposta em 1972 pelo Nobel James Tobin previa uma alíquota incidente sobre as transações financeiras internacionais, variando entre 0,1% e 0,25%, cujo objetivo consistia em reduzir a especulação do mercado financeiro, (Neto, 2007). Além de regular a especulação inconseqüente, prática responsável pela crise econômica de 2008, a arrecadação seria depositada em um fundo e investida na redução da pobreza e suas vertentes.

De forma semelhante, parte dos recursos poderia ser redirecionada a conservação ou a outras propostas de cunho ambiental. Considerando as alíquotas acima apresentadas e que, em 2002, as transações financeiras globais giravam diariamente em torno de U\$ 1,5 trilhões (Neto, 2007), seriam arrecadados entre U\$ 500 – 1.300 bilhões anualmente, um valor muito superior aos U\$ 16 bilhões estimados como suficientes para cobrir os custos ativos e passivos da Conservação (Balmoford e Whitten, 2008). A questão climática tem apelo significativo na comunidade internacional para justificar taxaço dessa ordem.

4.2.2. Mercado de Carbono

Mercados de carbono apresentam-se como outra forma de angariar fundos para estratégias de mitigação às mudanças climáticas. O princípio que subjaz tal abordagem consiste no reconhecimento dos limites ecossistêmicos em comportar as externalidades ambientais negativas geradas pela apropriação humana da natureza, buscando, portanto, estabelecer tetos de emissão que orientem o seu uso. É uma

forma de amenizar os custos associados à mitigação, diminuindo o preço exigido por unidade de redução ao remunerar práticas que do contrário não seriam tomadas caso não houvesse incentivos econômicos (Sandor, *et. al*, 2002, Napster, 2008).

Alguns críticos analisam de forma superficial o mercado de carbono dentro do contexto de Kyoto, afirmando que tem pouca efetividade, pois permite aos países emissores do Anexo 1 “pagarem” pelo direito de emitir gases do efeito estufa. Tal afirmação não está tão longe da realidade e alerta para perigos ocultos nesta proposta, porém há outras perspectivas a serem analisadas a partir da mesma constatação. As metas de redução estabelecidas no Protocolo de Kyoto para os países industrializados exigem mudanças drásticas na matriz energética e tecnológica que suporta a produção e, por conseguinte, a economia destes países. As adequações a esses requisitos demandam tempo e dinheiro, tendo que ser visto dentro de uma perspectiva de médio-longo prazo. Assim, a geração de créditos por meio de projetos de MDL ou outras formas de flexibilização propostas no protocolo permite uma redução líquida global das emissões, apesar de individualmente alguns países terem incrementado suas contribuições. Paralelamente, fomenta escolhas de tecnologias menos intensivas em carbono nos países em desenvolvimento.

Sistemas pautados em mercados que comercializam créditos relacionados ao cumprimento de metas pré-determinadas são chamados sistemas *Cap-and-trade* (cadernos NAE, 2005). O resultado líquido das contribuições individuais, seja de empresas ou setores da economia, seja de países, associadas a transações envolvendo permissões, devem atingir tetos estabelecidos *ex ante*. De um ponto de vista pragmático, o resultado é eficiente.

O mercado de SO₂ instituído nos EUA na década de 1990 é um caso bem sucedido das potencialidades dos sistemas *cap-and-trade*. Tendo como objetivo amenizar as conseqüências das emissões de dióxido de enxofre, os créditos comercializados, também referidas como *permissões de emissões*, viabilizaram a redução significativa do volume de SO₂ nos EUA a um custo anual de US\$ 1-2 bilhões, significativamente menor que a economia com saúde pública estimados em US\$ 12-40 bilhões (Sandor *et. al* , 2002). Adicionalmente, incentivaram-se soluções e inovações tecnológicas mais eficientes e menos custosas. É um exemplo que pode subsidiar a construção de mercados de carbono. Algumas estimativas apontam que os créditos de carbono mobilizarão cerca de US\$ 10 bilhões em 2010, sendo que 10% deste valor corresponderia ao Brasil (Banco Mundial, MIT e UNCTD, 2004, apud cadernos NAE, 2005).

Entretanto, a emergência de uma nova economia que incorpore o mercado de carbono no enfrentamento da questão climática, pautada em uma gestão global, encontra dificuldades na incorporação de realidades ecológicas e sociais locais (Adger *et. al*, 2001, apud Brown, 2003). Tal dificuldade resulta em parte do fato dos mercados não surgirem espontaneamente, mas sim impostos de cima para baixo, criados por instituições globais e nacionais, ignorando especificidades locais como relações tradicionais de direito a propriedade e uso da biodiversidade.

Outro desafio crítico é a construção de uma rede institucional que proporcione uma interação equitativa e satisfatória entre os atores envolvidos e estabeleça projetos de desenvolvimento sustentável nas comunidades locais. A maioria dos estudos até aqui empreendidos no assunto focaram aspectos técnicos e de custos de projetos, porém tiveram pouca ênfase no aspecto institucional e, mesmo quando este foi alvo de pesquisas, centrou-se em arranjos institucionais na escala internacional e nacional, com pouca atenção dada a interface entre atores nacionais, engenheiros de projeto e comunidades locais (Brown *et. al*, 2003).

Atualmente, há um receio por parte dos mercados de carbono em incorporar projetos de Conservação como estratégias de mitigação das mudanças climáticas devido a uma série de incertezas na verificação e monitoramento das emissões evitadas, assim como o perigo de vazamento do desmatamento para outras regiões que não sejam contempladas por projetos de tal magnitude. Portanto, os programas chamados em conjunto de Reduções das Emissões do Desmatamento e da Degradação (REDD) não encontraram espaço no protocolo de Kyoto, apesar de ter grande potencialidade nos acordos internacionais pós 2012.

4.2.3. Escolha individual: O cidadão como sujeito da Governança Climática

Por fim, da perspectiva econômica, o cidadão pode atuar como sujeito na gestão climática global. Uma vez que a lógica do mercado esteve sempre baseada na relação entre demanda e consumo, a exigência por parte dos consumidores de produtos que sejam menos insustentáveis do ponto de vista climático pode promover modificações significativas no padrão de emissões de gases do efeito estufa, principalmente em uma economia globalizada que vem se consolidando ao longo dos últimos cinquenta anos.

Mais uma vez o uso de indicadores pode fazer contribuições significativas ao fornecer informações que subsidiem a tomada de decisão do consumidor sensível a

questão climática. Para a efetividade da ação individual, sistemas de certificação e rotulagem devem ser desenvolvidos a contento, de modo a garantir o comprometimento das cadeias produtivas de mercadorias e serviços com a mitigação das mudanças climáticas (Lemos e Agrawal, 2006; Balmoford e Whitten, 2008).

4.3. Considerações Finais

Os cerrados e florestas desempenham serviços ambientais climáticos fundamentais aos sistemas socioeconômicos globais, continental e local, sendo imensurável o seu valor. A devastação de ambos os biomas ameaça a manutenção dos processos ecossistêmicos responsáveis, tendo consequências perversas em longo prazo para a civilização caso a inação seja a opção. Um conjunto de instrumentos de gestão é demandado com urgência, sendo aqueles de natureza econômica potencialmente os mais efetivos em curto prazo.

Devemos entender que o modelo produtivo devastador atualmente adotado no Mato Grosso é fruto de uma escolha social. Enquanto houver mercado consumidor para os bens assim produzidos, o modelo perpetuar-se-á. Se por um lado temos a inércia político- institucional reforçada pela ingerência da elite rural brasileira, por outro temos a ignorância da população sobre as cadeias causais entre seu consumo e a depleção do capital natural. O Estado, em parceria com mercado e sociedade civil tem por função dar corpo à guinada do modelo de sociedade necessária.

Indicadores aparecem como coadjuvantes ao dar suporte à decisão política e individual, assim como permitir monitorar avanços e retrocessos na gestão climática. O próximo capítulo irá tratar dos indicadores que irão compor a “pegada climática” dos municípios estudados.

5. METODOLOGIA

Uma vez identificado os processos ecossistêmicos responsáveis pela regulação climática e de relevância a este trabalho, assim como os efeitos deletérios associados ao aumento das concentrações atmosféricas dos gases de efeito estufa e remoção da vegetação, o passo seguinte na realização do objetivo desta dissertação é buscar indicadores que possam:

?Refletir os impactos negativos do modelo agroprodutivo norte mato-grossense na manutenção de tais processos ecossistêmicos.

?Mensurar parte significativa das emissões dos três principais gases de efeito estufa (CH_4 , CO_2 e N_2O) pela mudança do uso da terra (desmatamento) e uso da terra (desmatamento);

Tendo em vista estes dois aspectos, um Índice de Perda de Serviços Ecossistêmicos Climáticos (IPSC), representado pelo desmatamento municipal acumulado, e um índice de emissões de GEE foram construídos e integrados em um único índice chamado “pegada climática”.

A metodologia deste trabalho conta unicamente com dados secundários recolhidos em ampla revisão da literatura tanto acadêmica quanto naquela disponibilizada por órgãos e agências oficiais nacionais e internacionais. O intuito foi obter parâmetros quantitativos consolidados para balizar a construção dos respectivos indicadores.

O *Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa*, que doravante será referenciado como Primeiro Inventário Brasileiro, será o principal documento referência para a elaboração da metodologia de cálculo das emissões de GEE adotada neste trabalho. Entregue à Convenção Quadro das Nações Unidas (CQUNMC) em 2004, o inventário fez parte da primeira comunicação nacional prevista em acordos anteriores no âmbito da convenção. Tem como referência os anos de 1990 e 1994, contando adicionalmente com estimativas para o período compreendido entre 1986 e 1995. A metodologia seguiu as orientações sugeridas pelo *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (1996), o qual estabelece os parâmetros referência para os inventários nacionais, buscando homogeneizar os procedimentos de mensuração e fornecer instrumentos comparativos entre realidades internacionais.

Diante da legitimidade política nacional e internacional apresentada pela metodologia, respaldada por um regime ratificado por mais de 170 países no âmbito da ONU, é imprescindível considerar os fatores de emissão sugeridos pelo guia do

IPCC e que foram incorporados pelo Primeiro Inventário Brasileiro (2004) na elaboração de inventários municipais.

A divulgação do *segundo inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa* está prevista para o segundo semestre de 2009, apesar de incertezas sobre a data exata. Segundo a secretária de mudanças climáticas, Suzana Kahn, em palestra recente no congresso nacional a membros da sociedade política, acadêmica e civil³¹, o segundo inventário tem entre seus destaques mensurações mais elaboradas para quantificar as emissões do uso da terra.

A taxa de desmatamento, fornecidas pelo INPE, será o elemento da realidade utilizado para avaliar as conexões entre a dinâmica dos sistemas agro-econômicos mato-grossense e as externalidades negativas para a regulação climática associadas a eles (perda de serviços ecossistêmicos climáticos e emissões de GEE)

Explicita-se que o desmatamento de um hectare em Sorriso não é igual à remoção de um hectare em Alta Floresta no que tange emissões, estoque e sequestro de carbono, assim como no que se refere à regulação do ciclo hidrológico. Na verdade, há uma gradação entre as formações vegetais dos dois municípios, sendo o primeiro município detentor de uma formação florestal com diversidade faunística e florística mais próximas do Cerrado, enquanto Alta Floresta e Feliz Natal têm contribuições maiores de formações Amazônicas, especialmente o primeiro, onde extensos trechos florestas ombrófilas encontram seu hábitat.

Assim, diante da heterogeneidade ecológica da região associado à falta de dados de estoque, sequestro e emissões para as formações vegetais específicas de cada um dos municípios, optou-se por apresentar uma revisão bibliográfica para o cerrado e para a Amazônia e, sempre que pertinente, lançar mão de referências quantitativas da Amazônia para Feliz Natal e Alta Floresta e valores intermediários, obtidos a partir de uma média simples entre as referências para o cerrado e floresta ombrófila, foram aplicados para Sorriso.

Os fatores de emissão de GEE para o desmatamento, FBN da sojicultura, animais em pastagem, suinocultura foram obtidos por meio de uma abordagem descendente (*top down*) do Primeiro Inventário Brasileiro. Esta metodologia consiste em dividir o volume total de emissões da sojicultura e pecuária pela área total de soja ou área desmatada ou tamanho do rebanho em questão, resultando em fatores dados em t CO₂ equivalente/ hectare ou animal. Estas informações também são encontradas

³¹Palestra apresentada no debate *Rumo a COP 15*, organizado pelo Observatório do Clima e realizado no dia 24 de junho de 2009, no auditório Freitas Nobre (Anexo IV) da Câmara dos deputados

no Primeiro Inventário Brasileiro. Em seguida, os fatores de emissão de GEE assim encontrados foram aplicados aos contextos agropecuários dos três municípios.

O capítulo está organizado em duas partes. A primeira trata do indicador de perda de serviços ecossistêmicos climáticos (IPSC) e seus subíndices (desmatamento acumulado e fragmentação florestal). A segunda parte trata do indicador de emissões de GEE, tanto oriundos do desmatamento quanto das atividades agroprodutivas (sojicultura, pecuária bovina e pecuária suína).

Cabe ressaltar que apenas alguns aspectos importantes da realidade estão sendo contemplados, enquanto outros de indiscutível importância serão desconsiderados, ou por fragilidades metodológicas ou por falta de historicidade dos dados. Outro fator que pesou na escolha de um pequeno conjunto de indicadores foi à necessidade de elaborar um sistema de indicadores representativo, porém simples.

Portanto, é importante que o sistema aqui proposto passe por diversos olhares críticos e perspectivas distintas para que fragilidades sejam identificadas e características positivas fortalecidas.

5.1. Índice de Perda de Serviços Ecossistêmicos Climáticos (IPSC)

Este índice é formado pelo desmatamento acumulado dado em porcentagem (%) e normalizado entre zero (0) e um (1). Quanto mais próximo a 1, pior o desempenho do indicador.

Ademais, apesar de não ter sido elaborado neste trabalho, sugere-se uma metodologia de construção para um subíndice de fragmentação florestal complementar ao subíndice desmatamento acumulado. A integração de ambos comporia um Índice de Perda de Serviços Ecossistêmicos Climáticos (IPSC) mais robusto, agregando aspectos quantitativos (desmatamento acumulado) e qualitativos (fragmentação da vegetação) em um único indicador.

5.1.1. Subíndice desmatamento acumulado

O indicador de desmatamento acumulado representa a porcentagem da área original já desmatada até o ano em questão.

Seu cálculo consiste na divisão entre a área da vegetação remanescente e a área da vegetação original, ambas disponíveis anualmente no portal do PRODES/INPE para o período de 2001-2007.

O subíndice não considera as distinções qualitativas que a remoção de uma mesma área representa para o balanço do carbono e ciclo hidrológico em cada um

dos municípios. Contudo, mostra indiretamente a porcentagem de área bioprodutiva provedora de tais serviços ecossistêmicos perdida pelo ecossistema em relação à capacidade originalmente apresentada quando todo o município era coberto por vegetação.

Faz-se esta ressalva, porque se reconhece que a representação da realidade refletida neste indicador é limitada, desconsiderando o peso ecológico da formação vegetal específica para cada município. Entretanto, é o melhor possível diante da disponibilidade de informações e tempo de pesquisa. Em trabalhos futuros, quantificações sobre estoque de carbono, sequestro, aporte hídrico e desmatamento poderão integrar um índice mais consistente.

5.1.2. Subíndice de fragmentação

O subíndice de fragmentação busca representar o grau de desagregação ecossistêmica resultante do desmatamento. Com ele, propõe-se a preencher as lacunas qualitativas do indicador de desmatamento acumulado.

A sua elaboração depende do uso de técnicas de geoprocessamento que, para a quantidade de cenas necessárias para abranger os três municípios e para os sete anos selecionados, além da pouca experiência do pesquisador com técnicas processamento de imagens, necessitar-se-ia de um tempo superior ao disponível para realização da pesquisa (são cerca de 80 cenas, cujo tempo de tratamento foi estimado em 15h/cena por um técnico experiente do departamento de Geociências da UnB).

Contudo, podemos fazer algumas reflexões sobre a construção do subíndice. Este deveria levar em conta três aspectos: número de fragmentos, tamanho dos fragmentos e distância entre eles. Como discutido no capítulo 3 a distribuição da energia em uma área desmatada é distinta de uma área coberta por vegetação, impactando a circulação das massas de ar e taxas de evapotranspiração. Em áreas muito recortadas ou onde os fragmentos são pequenos e distantes, mesmo que numerosos, os serviços ecossistêmicos podem ser irreversivelmente comprometidos.

A literatura levantada neste trabalho sobre fragmentação e possíveis índices relacionados trata basicamente das consequências para a biodiversidade, sem nenhuma menção aos possíveis impactos nos serviços ecossistêmicos. Espera-se que em futuros trabalhos o subíndice de fragmentação seja efetivamente incorporado a “pegada climática”, sendo integrado como um fator a ser multiplicado ao subíndice de desmatamento acumulado.

5.2. Índice de emissões de GEE

Este índice é composto pelo somatório das emissões de gases de efeito estufa por município oriundas do desmatamento (queima de biomassa vegetal), pecuária bovina (digestão entérica e animais em pasto), suinocultura (digestão entérica e decomposição dos dejetos) e sojicultura (fixação biológica de nitrogênio), dados em CO₂ equivalente.

5.2.1. Emissões de GEE oriundas da mudança do uso da terra (desmatamento)

Quanto às emissões de CO₂ oriundas da mudança do uso da terra (desmatamento), os fatores de emissão foram derivados a partir dos dados apresentados pelo Primeiro Inventário Brasileiro, uma vez que este inventário contém a primeira e até agora (outubro de 2009) única estimativa oficial das emissões de GEE nacionais pelo governo brasileiro. Contudo, pode estar subestimado. Fearnside (2009), por exemplo, incorpora a biomassa subterrânea em suas estimativas e sugere fatores de emissões de GEE para o desmatamento superiores aos do Primeiro Inventário Brasileiro.

Segundo o Primeiro Inventário Brasileiro, entre 1988 e 1994, as emissões brutas brasileiras oriundas do desmatamento da Amazônia totalizaram 1.061.900.000 toneladas de C ou 3.822.840.000 toneladas de CO₂ em uma área desmatada de 92.100 Km². Não foram incluídas nesta estimativa as emissões de carbono provenientes das raízes e solos. Já para o Cerrado, o inventário aponta emissões totais de 469.700.000 toneladas de carbono ou 1.690.320.000 toneladas de CO₂ entre 1988 e 1994 para uma área de 88.700 Km² desmatada. Adotando uma abordagem descendente (top down) a partir destes dados, chegamos a fatores de emissão médios para cada um dos biomas acima de 41.507 t CO₂/Km² e 19.063 t CO₂/Km², respectivamente. Para floresta de transição, uma média simples entre os fatores encontrados para ambos os biomas foi adotada (30.285 t CO₂/Km²).

A estimativa do fator parte do princípio que toda a biomassa de uma área é convertida em CO₂, desconsiderando que parte do carbono tem como destino cadeias produtivas humanas, como a madeireira, e decomposição lenta da madeira, superestimando as emissões de um determinado ano. O IPCC sugere que parte das emissões seja diluída ao longo de 10 anos, uma vez que a conversão imediata de carbono orgânico em carbono atmosférico abrange apenas uma pequena parte do

carbono estocado. Porém, optou-se por considerar todas as emissões em um único ano, de acordo com o procedimento adotado no Primeiro Inventário Brasileiro.

Os fatores de emissão assim obtidos foram então multiplicados pelas taxas anuais de desmatamento disponibilizadas pelo INPE (PRODES) para cada município (disponível em www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php), obtendo-se assim as emissões brutas municipais referentes à remoção da vegetação.

Para Alta Floresta e Feliz Natal os fatores encontrados para floresta amazônica foram considerados, enquanto a estimativa de Sorriso irá incorporar o fator da floresta de transição.

5.2.2. Emissões de GEE oriundos do uso da terra (agropecuária)

Antes de adentrarmos na metodologia dos indicadores de emissão do uso da terra, um conceito importante de ser explanado é o de *Global Warming Potential* (GWP). Este reflete o quanto uma determinada massa de gás contribui para o aquecimento global, tendo o dióxido de carbono como referência (GWP do CO₂ igual a 1). São fatores que determinam o GWP: a curva espectral de absorção do gás e o horizonte de tempo considerado. Neste trabalho será considerado o horizonte de 100 anos, pois é o mais comumente adotado na literatura. Isso implica em dizer que as estimativas de emissão de metano (CH₄) serão multiplicadas por 25, enquanto as estimativas para emissões de óxido nitroso (N₂O) serão multiplicadas por 298 (tabela 5.1). Tais fatores de conversão estão disponíveis no AR4 do IPCC (2007), apresentando ligeiras modificações em relação aos relatórios anteriores do painel, cujos valores de referência também são amplamente difundidos e usados (GWP CH₄ igual a 21 e GWP N₂O igual a 310), principalmente nos trabalhos anteriores a 2006, dentre os quais alguns servirão de referência à elaboração da “pegada climática”.

Tabela 5.1. Tempo de residência e *Global Warming Potential* (GWP) e respectivo horizonte temporal.

Nome	Fórmula química	Tempo de residência atmosférica (anos)	<i>Global Warming Potential</i> (GWP) segundo o horizonte temporal		
			20 anos	100 anos	500 anos
Dióxido de carbono	CO ₂	Milhares de anos	1	1	1
Metano	CH ₄	12	72	25	7,6
Óxido Nitroso	N ₂ O	114	289	298	153

Fonte: IPCC-AR4, 2007

5.2.2.1. Pecuária e Emissões de CO₂ equivalentes

As emissões de GEE da pecuária bovina são calculadas neste trabalho a partir das emissões oriundas da digestão entérica bovina (CH₄) e decomposição dos dejetos de animais em pastagem (N₂O). Já as emissões da suinocultura são constituídas pela digestão entérica suína e decomposição anaeróbica dos dejetos (CH₄).

A digestão entérica bovina é a principal fonte de metano da agropecuária brasileira. Alguns fatores de emissão de CH₄ pela digestão entérica bovina foram elencados da literatura oficial e acadêmica, estabelecendo-se um fator médio de emissão de 1,34 t CO₂ equivalente/animal/ano (tabela 5.2).

Já no que se refere à emissão de N₂O por animais de pastagem, lançou-se mão da abordagem *descendente (top down)* a partir dos dados disponibilizados pelo Primeiro Inventário Brasileiro, chegando-se a um fator de emissão para o gado bovino de 0,0013 t N₂O /cabeça/ano ou 1,3 kg N₂O/cabeça/ano. Convertendo para emissão em CO₂ equivalente, chegamos a 387 kg CO₂ equivalente/cabeça/ano. A este valor acrescentou-se o fator referente à digestão entérica bovina, obtendo-se assim um fator médio de emissão de metano de 1,73 t CO₂ equivalente relativos à pecuária bovina extensiva, o qual foi multiplicado pelo rebanho bovino de cada município e do Estado. O rebanho bovino foi retirado dos anuários 2002-2007 da SEPLAN-MT disponíveis em www.anuario.seplan.mt.gov.br/ e na Produção da Pecuária Municipal 2007 (IBGE) disponível em www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1.

Tabela 5.2. Fator de emissão médio de CO₂ equivalente pela fermentação entérica do rebanho bovino brasileiro a partir de uma média simples entre diferentes referências da literatura.

Documento de referência	Fator de emissão de metano e conversão para CO ₂ equivalente	
	t CH ₄ /cabeça/ano	t CO ₂ /cabeça/ano
IPCC TAR (2001)	0,057	1,42
1º Inventário Brasileiro (abordagem <i>top down</i>) ¹	0,065	1,64
Fernandes <i>et al.</i> , 2002	0,050	1,26
Embrapa, 2003	0,042	1,05
Fator de emissão médio adotado	0,053	1,34

Fonte: adaptado de Fernandes *et al.*, 2003, Embrapa, 2003, 1º inventário Brasileiro de Emissões, 2004, IPCC, 2001. Fator de conversão para CO₂ equivalente é 25 (IPCC, 2007)

¹ Baseado em fatores de emissão específicos para o gado macho adulto do Centro-Oeste brasileiro.

Por sua vez, fatores de emissão oriundos da digestão entérica suína e decomposição dos dejetos de suínos também foram obtidos a partir de uma abordagem descendente (*top down*) derivadas das informações apresentadas pelo Primeiro Inventário Brasileiro, chegando-se a um valor de 0,05 t CO₂ equivalente/animal. Os valores

encontrados foram multiplicados pelos rebanhos suínos municipais, retirados dos anuários 2002-2007 da SEPLAN-MT disponíveis em www.anuario.seplan.mt.gov.br/ e da Produção da Pecuária Municipal 2007 (IBGE) disponível em www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1.

5.2.2.2. Agricultura e emissões de CO₂ equivalente

A Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) da sojicultura é o único setor considerado neste trabalho para quantificar as emissões de GEE do setor agrícola.

Um fator de emissão para FBN da sojicultura de 0,002 t N₂O/ha/ano (0,59 t CO₂ equivalente /ha/ano) foi obtido por meio de uma abordagem descendente (*top down*), a partir da razão entre a emissão total de N₂O atribuída a FBN da soja e a área nacional de soja. Ambas as informações estão disponíveis no Primeiro Inventário Brasileiro.

A tabela 5.3 resume os fatores de emissão que foram considerados no cálculo das emissões anuais de Gases de Efeito Estufa (GEE) municipais no período de 2001-2007.

Tabela 5.3. Setores do uso da terra e mudança do uso da terra considerados neste trabalho e seus respectivos fatores de emissão de GEE. (FBN – Fixação Biológica de Nitrogênio)

Setor		Processo	Fator de emissão (t CO ₂ equivalentes)
Pecuária	Bovina	Digestão entérica	1,34 t CO ₂ animal/ano
		Animais em pastagem	0,39 t CO ₂ animal/ano
	Suína	Digestão entérica	0,025 t CO ₂ animal/ano
		Dejetos	0,025 t CO ₂ animal/ano
Agricultura	Sojicultura	FBN	0,59 t CO ₂ ha/ano
Mudança do Uso da terra	Desmatamento	Queima de biomassa floresta ombrófila	415 t CO ₂ ha/ano
		Queima de biomassa floresta de transição	302 t CO ₂ ha/ano

fonte: adaptada do Primeiro Inventário Brasileiro (2004)

Cabe ressaltar que as emissões oriundas do uso de fertilizantes nitrogenados são importantes no contexto mato-grossense. Porém, devido à ausência de históricos disponíveis sobre o uso fertilizantes nitrogenados em nível municipal, este setor foi desconsiderado no cálculo final do índice de emissões de GEE. Contudo, apesar desta restrição, podemos dimensionar o peso dos fertilizantes nas emissões estaduais. O

IBGE (2008) apresentou o volume de fertilizantes comercializados no Mato Grosso para o ano de 2006, o que nos permite dimensionar a participação das emissões do setor frente aos demais setores aqui considerados: enquanto no MT a sojicultura emitiu cerca de 3,5 milhões toneladas de CO₂ equivalente em 2006, o uso de fertilizantes emitiu 830 mil toneladas de CO₂ equivalente. Portanto, apesar da importante lacuna, sugere-se que a sojicultura por si só seja capaz de representar por si só uma parte substancial das emissões de GEE dos municípios aqui analisados.

5.2.3. Normalização do Índice de Emissões de GEE

O índice de emissão de GEE será normalizado tendo como referência o município mato-grossense que mais emitiu e o que menos emitiu gases de efeito estufa dentro do período considerado (2001-2007).

Nestas condições, o município que mais emitiu GEE no período foi Colniza (2004). Localizado no extremo norte do estado, o município conta com um extenso território (28.134 Km²), tendo desmatado 586 Km² e apresentado cerca de 100 mil cabeças de gado em 2004. Não foram registradas áreas de soja dentro dos seus limites. Estimou-se que o total emitido por Colniza em 2004 somou 24.407.775 toneladas de CO₂ equivalente.

Já a menor emissão registrada refere-se justamente a Sorriso no ano de 2007, quando o município tinha 75% da área florestada original devastada e atividades agroprodutivas bem consolidada, sendo o total de suas emissões 559.287 toneladas de CO₂ equivalente (tabela 5.4). Apenas a título de comparação, caso as emissões brutas de Sorriso em 2007 permanecessem constantes ao longo do tempo, seriam necessários 44 anos para atingir o volume de gases de CO₂ (equivalente) liberados por Colniza apenas em 2004.

Tabela 5.4. Média das emissões em toneladas de CO₂ equivalente para Alta Floresta, Sorriso e Feliz Natal e maior emissor (Colniza, 2004) e menor emissor (Sorriso, 2007) estadual de GEE para o período de 2001-2007.

Município	Alta Floresta	Sorriso	Feliz Natal	Maior Emissor (Colniza, 2004)	Menor Emissor (Sorriso, 2007)
Emissões em t CO ₂ equivalente (média 2001-2007)	7.998.507	4.109.278	4.420.555	24. 407.755	559.287

Fonte: elaborado pelo autor

Ao índice de emissão de Colniza (2004) será atribuído o valor um (1), enquanto ao índice de Feliz Natal (2001), o valor zero (0). Todas as emissões do período serão referenciadas a estes dois extremos, de acordo com a fórmula abaixo

$$\text{Índice de Emissões de GEE} = \frac{(\text{VO} - \text{mVO})}{(\text{MVO} - \text{mVO})}, \text{ onde}$$

VO = valor observado de emissões brutas para o ano em questão

mVO = menor valor de emissões brutas de GEE observado no período 2001-2007

MVO = maior valor de emissões brutas de GEE observado no período 2001-2007

O resultado permite comparações temporais e espaciais entre diferentes municípios, assim como de um município em relação a si mesmo ao longo do tempo.

5.3. Cálculo da “Pegada Climática”

A partir de uma média simples entre ambos os índices (IPSC e índice de emissões de GEE) construiu-se a “pegada climática”. Os resultados variam entre um (1) e zero (0), sendo valores mais próximos a 1 indicativos de geração de grandes passivos climáticos, enquanto valores próximos a 0 sugerem dinâmicas socioeconômicas menos nocivas ao funcionamento do clima.

É importante destacar que a “pegada climática” reflete tanto as emissões anuais, quanto o passivo climático histórico. Assim não reflete apenas uma conjectura pontual no tempo, mas agrega a seu caráter informativo o passado de desenvolvimento da área em análise.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Emissões de Gases de Efeito Estufa

O trabalho aqui empreendido baseou boa parte dos fatores de emissão no Primeiro Inventário Brasileiro, mas, sempre que possível, buscou literatura mais recente e focada na realidade nacional.

A publicação do primeiro inventário brasileiro foi um marco fundamental no processo de internalização da questão climática na agenda política brasileira, tendo sido a primeira iniciativa concreta de mensurar as fontes de emissões nacionais, ato indispensável a qualquer processo de gestão. Contudo, os resultados não contemplaram todos os setores emissores de GEE, além de terem sido estimados por metodologias ainda pouco adaptadas à realidade brasileira. Esta fragilidade, apesar de não invalidar a metodologia, vem sendo usada por críticos, especialmente por aqueles cujas atividades são vistas como intensivas em gases de efeito estufa, como desculpa para justificar suas ações usando como argumento as incertezas científicas inerentes a metodologias que lidam com sistemas complexos e dinâmicos.

O Primeiro Inventário Brasileiro mostrou um perfil de emissões de GEE nacional semelhante a áreas de fronteira agrícola, atribuindo a mudança do uso da terra e agropecuária a maior parte das emissões de GEE nacionais. Entretanto, ao descermos a nível estadual, observamos distinções regionais qualitativas e quantitativas claras (figura 6.1). Aspectos demográficos, renda *per capita* e diversificação das atividades econômicas são alguns fatores que determinam tal diversidade. Lindoso *et al* (2009) apresentam uma avaliação preliminar das emissões dos 26 estados e DF para o ano de 2006, observando que os perfis refletiam basicamente aspectos históricos de ocupação e diversificação econômica. Os autores ressaltam que nesta primeira avaliação não foram considerados algumas fontes de emissão por apresentarem dados ainda não consolidados por estados, como as emissões relacionadas ao consumo de gás natural, carvão mineral, carvão vegetal e lenha. Entretanto, essas emissões perfazem cerca de 20-25% das emissões totais brasileiras.

São Paulo, por exemplo, estado populoso e responsável por 35% do PIB nacional em 2006 (IPEA, 2006), teve mais de três quartos das suas emissões associadas ao setor industrial e queima de combustíveis automotivos, enquanto Mato Grosso, cuja economia é pautada na agropecuária, baixa densidade demográfica e rico em florestas e cerrados, tem parte majoritária de suas emissões (mais de 90%) associada à mudança de uso da terra (desmatamento) e uso da terra. A figura 6.1

apresenta as emissões absolutas dos estados para o ano de 2006, destacando MT como segundo maior emissor de GEE, seguido por SP. Ampliando um pouco mais o olhar investigativo, verifica-se que as dez primeiras posições são ocupadas por estados notórios pelo setor agrícola pujante (GO, MS, MG, SP, MT, PA, RO) e/ou campeões do desmatamento (arco do desmatamento PA, MT, RO e MA).

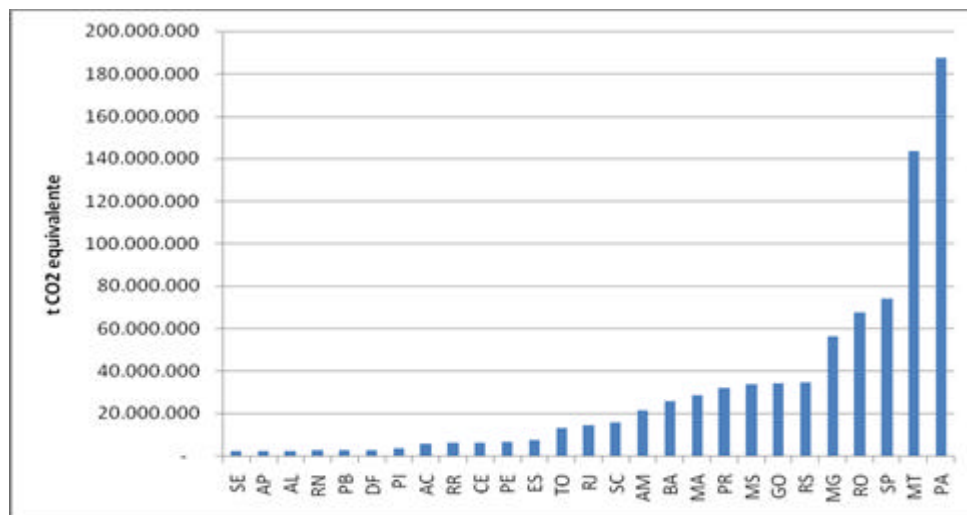


Figura 6.1 Emissões de CO2 equivalente (toneladas) estaduais para o ano de 2006. Foram considerados como fonte: queima de combustíveis (álcool hidratado, gasolina, óleo combustível, óleo diesel, GLP), consumo de energia elétrica, mudança do uso da terra (Desmatamento da Amazônia e Floresta Atlântica) e uso da terra (fixação biológica de nitrogênio na sojicultura, fertilizantes e digestão entérica bovina). (fonte: Lindoso *et al.*, 2009)

Neste trabalho, a proposta é descer mais um degrau, lançando o olhar sobre o município. Para uma governança climática suficientemente boa, uma articulação perpassando as instâncias de poder internacional, nacional, estadual e municipal é fundamental. Para tal, é necessário conhecer o contexto socioeconômico e político-institucional, assim como as responsabilidades climáticas de cada escala a fim de subsidiar estratégias de mitigação e adaptação. A proposta de metas de redução voluntárias entre 36% e 39% das emissões de GEE apresentadas em novembro de 2009 pelo governo brasileiro e que será levada a Copenhague em dezembro de 2009 sinaliza a necessidade de esforços da academia, sociedade civil organizada, Estado e iniciativa privada para quantificar as emissões setoriais de GEE e estabelecer estratégias de mitigação.

Assim como no nível estadual, no qual nos deparamos com contextos diversos no que tange as emissões de GEE, os resultados que serão aqui apresentados apontam para diferenças marcantes entre municípios de uma mesma região. A complexidade - que se estabelece na interação entre diferentes estágios de consolidação de fronteira agrícola, presença do Estado e volatilidade do mercado de

commodities - mostra-se como um dos principais desafios da gestão climática do norte mato-grossense, pois seu planejamento desenvolve-se em um contexto em permanente e acelerado processo de transformação socioeconômica.

Em última análise, é no somatório das realidades locais e de suas inter-relações que a realidade estadual e nacional emerge. Entendê-las constitui uma das primeiras etapas na reflexão sobre o planejamento da resposta às mudanças climáticas. A seguir estimativas para as emissões de GEE em Alta Floresta, Feliz Natal, Sorriso e Mato Grosso serão apresentadas e discutidas para os anos compreendidos entre 2001 a 2007. Cabe ressaltar que a avaliação aqui empreendida é preliminar, pois não incorpora todas as fontes de emissão de GEE associados ao uso da terra. Porém, contempla, como veremos mais à frente, o grosso das contribuições das atividades agropecuárias e mudança do uso da terra.

6.1.1. Emissões Municipais

As emissões municipais de GEE não seguiram uma tendência clara ao longo do período (2001-2007), apresentando oscilações que espelharam a evolução do desmatamento. Destaca-se o ano de 2004, o qual foi marcado pelos maiores valores registrados nas taxas de emissão de GEE e de desmatamento no período, tanto para o MT quanto para dois dos três municípios analisados: Alta Floresta e Feliz Natal.

Tabela 6.1 Participação (%) do desmatamento nas emissões totais municipais de CO₂ equivalente entre 2001-2007.

	Alta Floresta	Sorriso	Feliz Natal	Mato Grosso
2001	93%	93%	97%	90%
2002	86%	95%	99%	89%
2003	83%	93%	100%	91%
2004	92%	93%	100%	91%
2005	81%	81%	100%	86%
2006	77%	40%	98%	80%
2007	67%	21%	95%	71%

Fonte: elaboração do autor

As emissões de CO₂ oriundos da remoção da floresta responderam, respectivamente, por 92% e 100% das emissões em Alta Floresta e Feliz Natal no ano de 2004 (tabela 6.1). O terceiro município, Sorriso, também teve parte majoritária das suas emissões (93%) associadas ao desmatamento em 2004. Contudo, para este município, a maior taxa de desmatamento foi observada em 2002, no qual o setor respondeu por 95% das emissões de GEE (figura 6.2, tabela 6.1).

Na figura 6.3, observamos que o Mato Grosso apresentou comportamento semelhante ao de Alta Floresta e Feliz Natal, demonstrando dois períodos bem definidos no que tange suas emissões de GEE: um de ascensão (2001-2004) seguido de um período marcado por queda acentuada (2004 -2007).

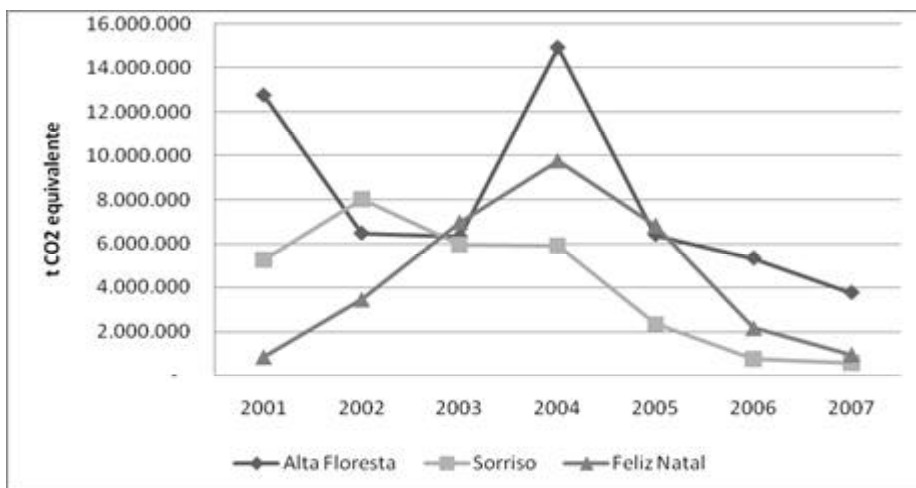


Figura 6.2 Emissões brutas de CO2 equivalente a partir da mudança do uso da terra (desmatamento) e uso da terra (pecuária: digestão entérica bovina, animais em pastagem e dejetos da suinocultura; agricultura: fixação biológica de nitrogênio na sojicultura) em Alta Floresta, Sorriso e Feliz natal entre 2001-2007. (fonte: elaboração do autor)

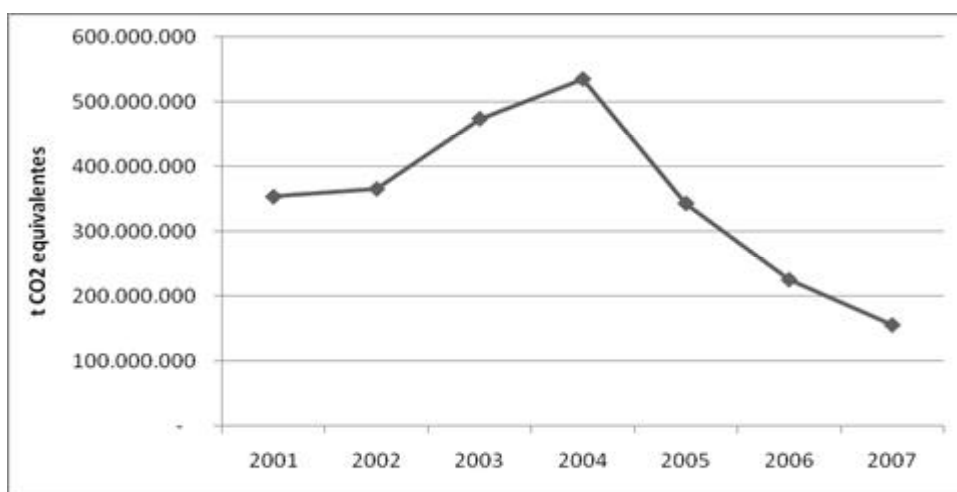


Figura 6.3. Emissões brutas de CO₂ equivalente a partir da mudança do uso da terra (desmatamento) e uso da terra (**pecuária**: digestão entérica bovina, dejetos da suinocultura e animais em pastagem; **agricultura**: fixação biológica de nitrogênio na sojicultura) no Mato Grosso entre 2001 e 2007. (fonte: elaboração do autor)

Portanto, os dados apontam a íntima associação entre o desmatamento e as oscilações das emissões de gases de efeito estufa municipal quando a referência temporal estabelecida é o ano (figura 6.3). Chama-se a atenção para o ano como referência, pois a grande quantidade de GEE liberada pelo desmatamento só é contabilizada uma vez e no ano em questão (415 t CO₂/ha/ano para floresta

Amazônica³²). Em contraste, as atividades agroprodutivas emitem anualmente quantidades proporcionalmente menores de GEE. Porém, enquanto a atividade perdurar, mater-se-ão constantes caso nenhuma estratégia de mitigação seja adotada. A tabela 6.2 apresenta os fatores de emissão de cada atividade e sua comparação ao emitido pelo desmatamento.

Tabela 6.2. Fatores de emissão de GEE pelo desmatamento (floresta Amazônica) e por atividade de uso da terra e número de unidades (cabeças ou hectares) necessárias de cada atividade para igualar as emissões de um hectare de floresta desmatada. Os valores são dados em CO₂ equivalente. FBN :Fixação Biológica de Nitrogênio.

	Desmatamento (t CO ₂ /ha)	Pecuária Bovina ¹ (t CO ₂ /cabeça)	FBN Sojicultura (t CO ₂ /ha)	Suinocultura (t CO ₂ /cabeça)
Fator de emissão	415	1,72	0,6	0,05
ha ou cabeças	1	241	692	8.300

fonte: elaboração do autor

¹pecuária bovina extensiva: soma das emissões oriundas da digestão entérica e decomposição dos dejetos no pasto

Ao observarmos o período como um todo (figura 6.4; tabelas 6.3-6.6), percebemos que as emissões de GEE dos setores de uso da terra considerados (pecuária extensiva, sojicultura e suinocultura) cresceram entre 2001 e 2007, aumentando suas contribuições absolutas, ano após ano, independentes do comportamento do desflorestamento. A diversificação da atividade agropecuária e o aumento de escala na produção foram os responsáveis pela crescente nos valores.

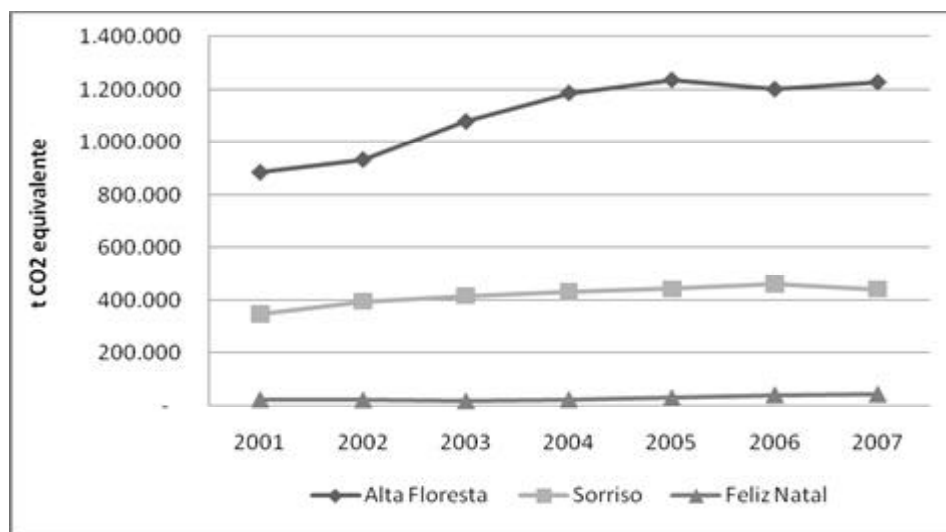


Figura 6.4. Evolução das emissões oriundas do uso da terra em CO₂ equivalente para Alta Floresta, Sorriso e Feliz Natal (2001-2007). (fonte: elaboração do autor)

Em nível estadual (MT), entre 2001 e 2007, o uso da terra (agropecuária) aumentou suas contribuições de GEE em cerca de 30%. Já em nível municipal, o

³² Lembrando que apenas uma parte da biomassa removida pelo desmatamento vira imediatamente CO₂, sendo necessários alguns anos para que o restante seja decomposto e liberado para atmosfera.

crescimento foi de 39% em Alta Floresta, 20 % em Sorriso e 25% em Feliz Natal, porcentagens que refletem os sistemas agroprodutivos predominantes em cada município. Esses resultados estão em consonância com o trabalho de Cerri *et al* (2009), o qual observou que as emissões de GEE do setor agropecuário brasileiro aumentou em 26% entre 1994 e 2005.

Sabe-se que dentre as atividades consideradas, a pecuária é a mais intensiva em carbono (tabela 6.2). Uma cabeça de gado, considerando a digestão entérica e decomposição dos dejetos em pastagem, emite, em CO₂ equivalente, o mesmo que a fixação biológica de nitrogênio em 3 hectares de soja ou 34 porcos (decomposição dos dejetos). Isso significa que pequenas alterações nos rebanhos de gado representam alterações mais pronunciadas nas emissões de GEE que pequenas expansões na área cultivada da leguminosa ou nos números da suinocultura.

Em Alta Floresta, por exemplo, a expansão do rebanho bovino respondeu por praticamente 100% das cerca de 340 mil toneladas acrescidas às emissões do uso da terra quando se compara o ano de 2001 e 2007 (tabela 6.3). Este valor é equivalente as emissões de 8 Km² de floresta desmatados (12% da área removida no município em 2007).

Já em Sorriso, o uso da terra apresentou uma evolução distinta. Neste, a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), característica da sojicultura, respondeu por 95 % do aumento das emissões da agropecuária, liberando 91 mil toneladas de CO₂ equivalentes a mais em 2007 em comparação ao que foi emitido pelo setor em 2001. A atividade pecuária de Sorriso também apresentou crescimento nas suas emissões, apesar de mais modesta, acrescentando cerca de 5 mil toneladas de CO₂ (equivalente) ao volume liberado em 2001 (tabela 6.4). Assim, a criação de gado, apesar de não ser a principal atividade econômica, continuou tendo participação significativa nas emissões totais do município, compreendendo 21% do volume total de GEE liberado na atmosfera pelo uso da terra em 2007, ficando a sojicultura com 58% do total emitido.

Tabela 6.3 Emissões de CH₄, CO₂ e N₂O em valores de CO₂ equivalentes por setor de uso da terra e mudança do uso da terra (desmatamento) para o Município de Alta Floresta para o período de 2001-2007 (fonte: elaboração do autor)

Alta Floresta (2001-2007)							
	Uso da terra (agropecuária)					Mudança do Uso da Terra	Total
	Digestão Entérica Bovina (CH ₄)	Animais em pastagem (N ₂ O)	Dejetos Suínos (CH ₄)	Sojicultura (N ₂ O)	Subtotal	Desmatamento (CO ₂)	
2001	674.595	209.070	482	179	884.327	11.883.454	12.767.781
2002	711.418	220.483	506	119	932.526	5.537.034	6.469.559
2003	822.293	254.845	506	358	1.078.001	5.250.636	6.328.637
2004	904.839	280.428	510	70	1.185.846	13.751.269	14.937.115
2005	941.793	291.880	516	483	1.234.672	5.163.471	6.398.143
2006	915.308	283.672	524	605	1.200.108	4.129.947	5.330.055
2007	935.715	289.997	619	-	1.226.330	2.531.927	3.758.257

Tabela 6.4 Emissões de CH₄, CO₂ e N₂O em valores de CO₂ equivalentes por setor de uso da terra e mudança do uso da terra (desmatamento) para o Município de Sorriso para o período de 2001-2007.(fonte: elaboração do autor)

Sorriso (2001-2007)							
	Uso da terra (agropecuária)					Mudança do Uso da Terra	Total
	Digestão Entérica Bovina (CH ₄)	Animais em pastagem (N ₂ O)	Dejetos Suínos (CH ₄)	Sojicultura (N ₂ O)	Subtotal	Desmatamento (CO ₂)	
2001	85.000	26.343	2.040	232.440	346.703	4.912.227	5.258.930
2002	83.404	25.848	2.002	283.100	395.331	7.616.535	8.011.865
2003	78.635	24.371	1.887	311.708	417.544	5.512.130	5.929.674
2004	81.435	25.238	1.954	322.357	432.773	5.466.472	5.899.245
2005	72.286	22.403	1.735	344.700	443.420	1.896.870	2.340.290
2006	78.333	24.277	1.880	355.608	462.651	303.001	765.652
2007	89.033	27.593	2.137	323.628	443.067	116.220	559.287

Tabela 6.5. Emissões de CH₄, CO₂ e N₂O em valores de CO₂ equivalentes por setor de uso da terra e mudança do uso da terra (desmatamento) para o Município de Feliz Natal para o período de 2001-2007. (fonte: elaboração do autor)

Feliz Natal (2001-2007)							
	Uso da terra (agropecuária)					Mudança do Uso da Terra	Total
	Digestão Entérica Bovina (CH ₄)	Animais em pastagem (N ₂ O)	Dejetos Suínos (CH ₄)	Sojicultura (N ₂ O)	Subtotal	Desmatamento (CO ₂)	
2001	18.833	5.837	49	596	25.314	805.236	830.550
2002	16.751	5.192	56	1.490	23.489	3.424.328	3.447.817
2003	13.913	4.312	58	1.451	19.733	6.952.423	6.972.155
2004	12.475	3.866	60	8.702	25.103	9.749.994	9.775.097
2005	14.114	4.374	60	13.900	32.448	6.794.696	6.827.144
2006	17.698	5.485	62	20.490	43.734	2.108.556	2.152.290
2007	16.278	5.045	80	25.032	46.434	892.401	938.834

Tabela 6.6. Emissões de CH₄, CO₂ e N₂O em valores de CO₂ equivalentes por setor de uso da terra e mudança do uso da terra (desmatamento) para o Estado do Mato Grosso para o período de 2001-2007. (fonte: elaboração do autor)

Mato Grosso (2001-2007)							
	Uso da terra (agropecuária)					Mudança do Uso da Terra	Total
	Digestão Entérica Bovina (CH ₄)	Animais em pastagem (N ₂ O)	Dejetos Suínos (CH ₄)	Sojicultura (N ₂ O)	Subtotal	Desmatamento (CO ₂)	
2001	24.902.019	7.717.634	42.070	1.860.326	34.522.049	319.728.421	354.250.470
2002	27.729.619	8.593.963	46.557	2.279.242	38.649.381	327.573.244	366.222.625
2003	30.767.148	9.535.354	5.157	2.630.310	42.937.968	431.880.335	474.818.303
2004	32.398.748	10.041.020	59.195	3.137.003	45.635.965	490.363.698	535.999.663
2005	33.314.375	10.324.791	61.192	3.639.566	47.339.924	296.567.515	343.907.439
2006	32.580.415	10.097.322	64.783	3.463.897	46.206.417	179.849.831	226.056.248
2007	32.103.789	9.949.606	62.659	3.024.747	45.140.801	111.155.746	156.296.547

Por fim, o contexto de Feliz Natal apresenta um comportamento interessante. Enquanto as emissões da sojicultura aumentaram 4.100%, passando de 596 toneladas em 2001 para 25 mil toneladas de CO₂ equivalente em 2007, as oriundas da pecuária bovina decresceram 14 %, passando de 24 mil toneladas de CO₂ equivalente em 2001 para 21 mil toneladas de CO₂ equivalentes em 2007. Cabe destacar que, quando nos referimos apenas aos setores de uso da terra, Sorriso e Feliz Natal despontam como municípios nos quais a sojicultura teve força suficiente para superar as emissões oriundas da pecuária.

Esta retração da pecuária e expansão da sojicultura em Feliz Natal tem implicações que não são apenas de ordem quantitativa, mas também qualitativa, uma vez que a pecuária, grande emissora de CH₄, é substituída pela sojicultura, importante fonte de N₂O.

6.1.2. Emissões de GEE e Mercado de *Commodities*

Tendo em mãos os resultados acima discutidos e a variação do preço da soja e do boi no período, alguns paralelos entre a dinâmica do mercado de *commodities* e a evolução das emissões dos municípios podem ser estabelecidos.

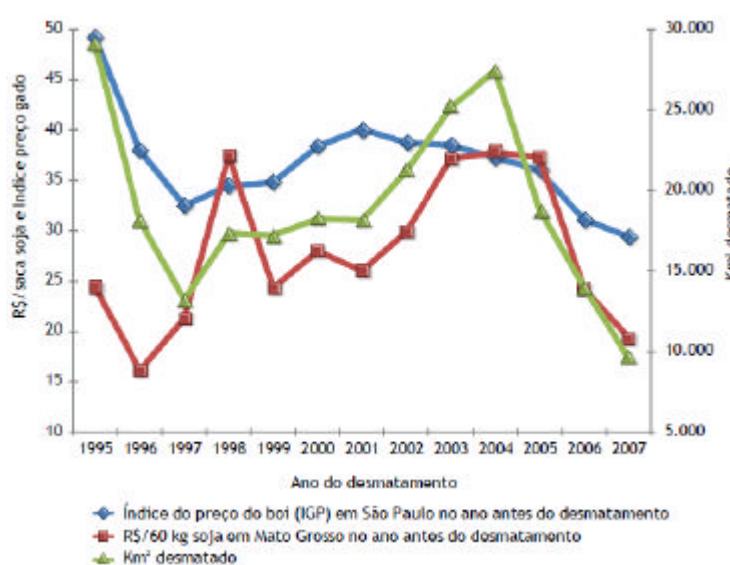


Figura 6.5 Oscilação do preço da saca de 60 Kg da soja no Mato Grosso e IGP em SP, ambos no anterior ao desmatamento e evolução das taxas de desmatamento na Amazônia legal (1995-2007). (fonte: Barreto *et al.*, 2008)

O preço da saca de soja sofreu uma forte valorização entre os anos de 2000 e 2004, atingindo valor máximo em 2004 (figura 6.5). Esta alta foi sucedida por dois anos de decréscimo vigoroso, chegando, em 2006, ao menor valor em 10 anos. Sorriso, um dos principais produtores mundiais do cultivar, se beneficiou da alta, chegando a safras históricas em 2006. Como discutido anteriormente, as emissões da sojicultura no município

seguiram a mesma tendência (tabela 6.4), apresentando um crescimento constante entre 2001 e 2006, com destaque para 2003, no qual o volume de GEE liberado pelo setor foi 10% maior que o do ano anterior, acompanhando a ascensão paralela do preço da saca de 60 kg, que também observou alta em torno de 10-15% no mesmo período. Por outro lado, entre 2006 e 2007 houve uma queda de 10% nas emissões de GEE pela sojicultura em Sorriso, ecoando o mercado desfavorável. É interessante observar que há um atraso entre a queda do preço da *commodity* e a queda das emissões (tabela 6.4 e figura 6.5), diferentemente do período de alta da *commodity*, no qual a subida dos preços foi acompanhada imediatamente pelo aumento das emissões.

Feliz Natal também sofreu impactos diretos desta volatilidade do preço da leguminosa. Entre 2001 e 2007, a área de soja expandiu-se no município, provavelmente utilizando parte das pastagens, uma vez que simultaneamente houve um decréscimo do rebanho bovino e, conseqüentemente, das contribuições de CH₄ e N₂O do setor (figura 6.6, C). Entre 2003 e 2004, a expansão da soja no município chegou a 600%, passando de 2.434 hectares em 2003 para 14.600 hectares em 2004. Este biênio também foi marcado pela mais acelerada alta do preço da *commodity* no mercado estadual. Interessante observar que este crescimento acelerado em Feliz Natal (2004) ocorreu um ano depois do *boom* da soja em Sorriso (2003), sugerindo uma onda de expansão a partir de municípios mais perto da BR 163 em direção àqueles mais afastados. Tapurah, município na margem oposta da BR 163, mas também vizinha a Sorriso, apresentou em 2003 a maior taxa de desmatamento estadual e, em 2004, a segunda maior taxa de desmatamento do Mato Grosso tendo 10% de seu território coberto por florestas (1091 Km²) removidos em dois anos (INPE, 2009). Simultaneamente, a área colhida de soja cresceu cerca 70.000 ha no mesmo período no município. Aparentemente, a expansão da soja seguiu um movimento concêntrico, cujo ponto de irradiação foi o eixo da soja na BR 163, a qual tem Sorriso como ponto central. Porém, não foi de forma homogênea, sendo mais intensa na margem oeste (Tapurah) do que na leste (Feliz Natal).

Por sua vez, o preço do boi gordo teve sua maior cotação em 2000, sofrendo uma pequena, porém contínua queda até 2004, a partir de quando o preço despencou vigorosamente pelos dois anos seguintes (figura 6.5). Apesar das emissões do setor terem acompanhado a alta da *commodity* entre 2001 e 2004, a queda da cotação do boi gordo em 2005 e 2006 parecem ter afetado pouco a atividade nos estudos de caso analisados. Em Alta Floresta, por exemplo, uma pequena redução das emissões foi observada entre 2005 e 2006, seguindo de uma nova alta em 2007, aparentemente ignorando o contexto econômico desfavorável. Sorriso apresentou comportamento semelhante. O rebanho bovino aumentou

entre 2005 e 2007, provavelmente ocupando as terras deixadas pela retração da soja. Já Feliz Natal e o estado do Mato Grosso apresentaram queda na população de gado, demonstrando que as oscilações do mercado de *commodities* afetam de diferentes formas as mesmas atividades, dependendo do município e da escala analisada (estadual ou municipal).

Já as emissões originadas do desmatamento mostram alta correlação com a variação do preço das *commodities* (fig. 6.4 e 6.5), evidenciando ser uma fonte muito sensível aos humores do mercado (fig. 6.3 e tab. 6.3 a 6.6), aumentando suas emissões em anos de mercado aquecido e reduzindo de forma acentuada em anos de retração econômica.

Tabela 6.7. Participação (%) do uso da terra (UT) e mudança do uso da terra (MUT) nas emissões municipais (Alta Floresta, Sorriso e Feliz Natal) e do Mato Grosso entre 2001 e 2007

Ano	Alta Floresta		Sorriso		Feliz Natal		Mato Grosso	
	MUT	UT	MUT	UT	MUT	UT	MUT	UT
2001	93%	7%	93%	7%	97%	3%	90%	10%
2002	86%	14%	95%	5%	99%	1%	89%	11%
2003	83%	17%	93%	7%	100%	0%	91%	9%
2004	92%	8%	93%	7%	100%	0%	91%	9%
2005	81%	19%	81%	19%	100%	0%	86%	14%
2006	77%	23%	40%	60%	98%	2%	80%	20%
2007	67%	33%	21%	79%	95%	5%	71%	29%

fonte: elaboração do autor

Assim, à medida que as atividades agropecuárias vão se consolidando, a participação do uso da terra nas emissões totais dos municípios ganha proporções. A retração do mercado de *commodities* a partir de 2004 potencializou esta participação, pois reduziu a liberação de GEE pelo desmatamento, permitindo que as atividades agroprodutivas assumissem a parte majoritária das contribuições municipais e estadual (tabela 5.7).

Contudo, tal tendência não é homogênea. Em municípios como Sorriso, nos quais grande parte da vegetação já foi devastada e as atividades agroprodutivas já se instalaram com sucesso, os setores do uso da terra, ao longo do tempo, passaram a ser os principais responsáveis pelas emissões (tabela 6.7). O grosso do desmatamento nestes municípios ocorreu no início da fase de bonança econômica, entre 1998-2004, alavancado por uma sequência de eventos favoráveis à agricultura brasileira (desvalorização cambial 1999, quebra da safra dos EUA em 2002 e 2003, preço das *commodities* em alta). A figura 6.2 deixa claro este comportamento, apresentando o pico das emissões de Sorriso em 2002, sucedido de queda constante das emissões totais até 2007, apesar do firme crescimento das emissões dos setores agroprodutivos (tabela 6.4, fig. 6.4).

Os resultados apontam que em municípios de fronteira agrícola, nos quais há extensas áreas de vegetação intocadas e a agropecuária ainda é incipiente, como Feliz Natal, pequenas flutuações nas taxas de desmatamento provocam grandes variações nas emissões de GEE anual. Por exemplo, em 2004, ano de maior desmatamento no município, 9.749.994 milhões de toneladas de CO₂ equivalente foram emitidos, 315% a mais do que foi estimado para o DF³³ em 2006, apesar da população deste ser 23.800% maior (IBGE, 2007). Em contraste, em 2007, ano da segunda menor taxa de desmatamento no período para Feliz Natal, as emissões somaram 892.401 toneladas de CO₂ equivalente. A diferença entre os anos (2004 e 2007) foi de cerca de 9 milhões de toneladas, uma ampla faixa de variação cuja dinâmica foi determinada por eventos externos a localidade (dinâmica do mercado de *commodities*). Ações de controle do desmatamento, caso sejam efetivas, têm resultados mitigatórios nas emissões de GEE imediatos nestes tipos de municípios. Portanto, infere-se que a evolução do perfil setorial das emissões de gases de efeito estufa entre os municípios analisados espelham o estágio de consolidação da fronteira agrícola.

Municípios localizados nas frentes pioneiras apresentam a parte majoritária das suas emissões relacionada ao desmatamento. Ainda nestes municípios, à medida que as atividades agroprodutivas vão se consolidando e a vegetação sendo removida, o desmatamento passa a ser a principal fonte de GEE em anos de mercado de *commodities* favorável (no qual a promessa de lucro demanda a abertura de novas áreas), enquanto as emissões de GEE oriundas das atividades agroprodutivas ganham força em anos de retração do mercado (tabela 6.7, figura 6.5).

Em estágios mais avançados de consolidação, nos quais os remanescentes representam apenas uma pequena fração da vegetação original e os sistemas agropecuários exigem terras previamente trabalhadas e infra-estrutura mais desenvolvida, as emissões do uso da terra tendem a ganhar espaço gradativamente à medida que o desmatamento recua. Feliz Natal, em 2001, estaria em uma das primeiras fases do avanço da fronteira agrícola, sendo o desmatamento o principal responsável por suas emissões. Sorriso, por outro lado, estaria em 2007 em uma das fases mais avançadas de consolidação de fronteira.

³³ Utilizou-se a mesma metodologia adotada neste trabalho, porém acrescentando as emissões oriundas da queima de combustíveis automotivos e da geração de energia elétrica.

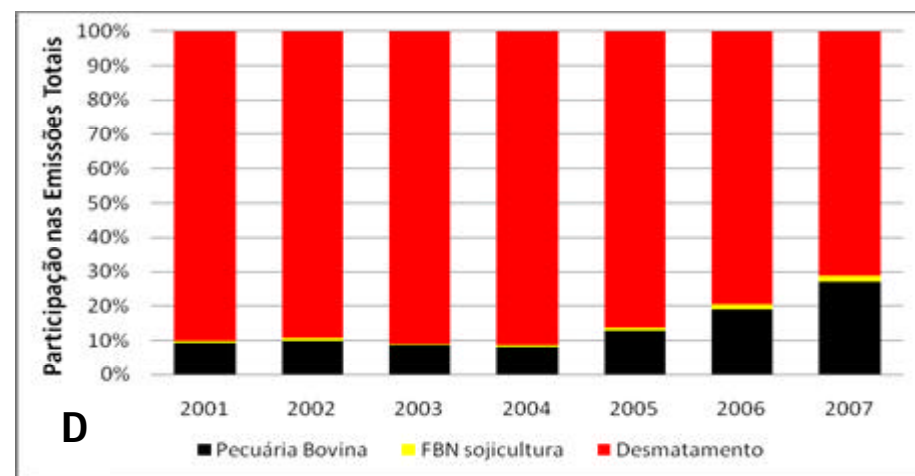
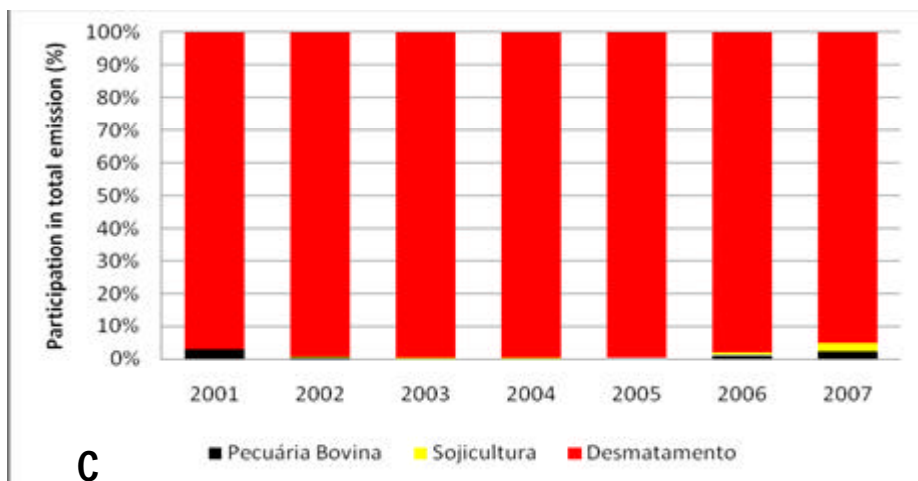
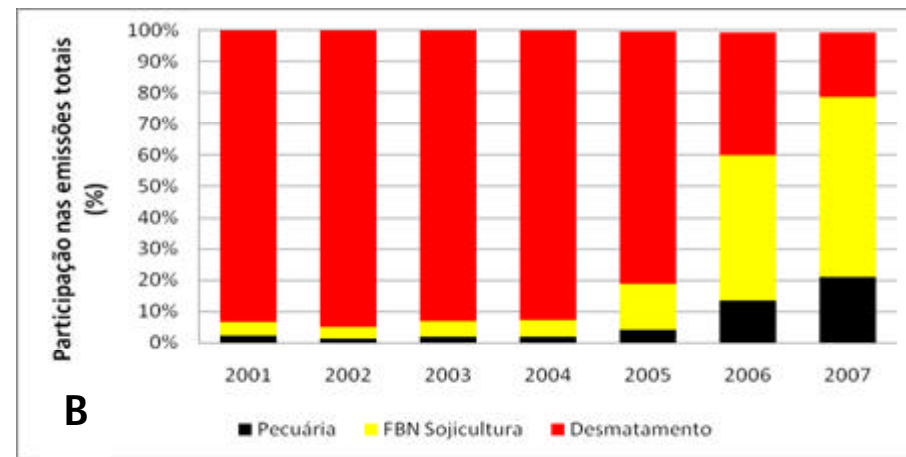
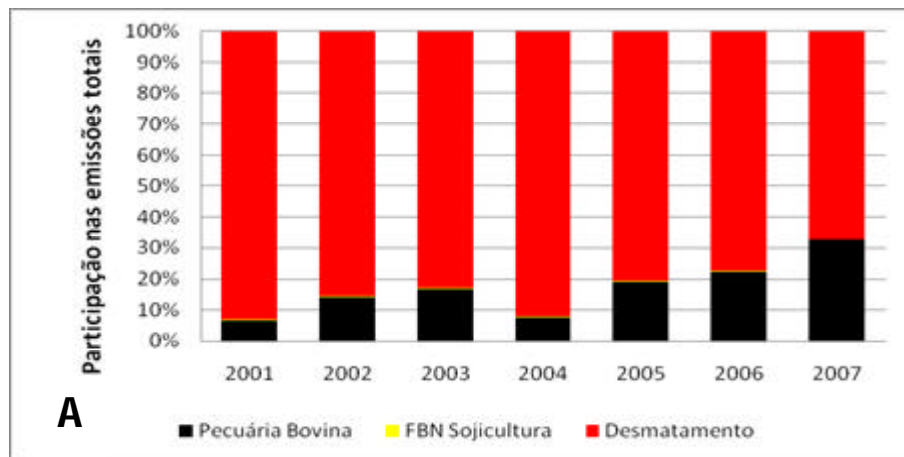


Figura 6.6. Participação (%) do uso da terra (pecuária bovina e sojicultura) e mudança do uso da terra (desmatamento) nas emissões brutas de CO₂ equivalente dos setores considerados neste trabalho no período de 2001-2007 para: (A) Alta Floresta; (B) Sorriso; (C) Feliz Natal; (D) Mato Grosso. (fonte: elaboração do autor)

Ao longo do período, as atividades agroprodutivas ganharam espaço em Feliz Natal, apesar de suas emissões serem substancialmente menores que a do desmatamento, chegando a uma participação máxima de 5 % no total do município em 2007 (figura 6.6 C). Já Alta Floresta encontra-se em um estágio de consolidação intermediário, entre Sorriso e Feliz Natal. Porém, com altas taxas de desmatamento e pecuária como principal atividade econômica, suplanta em muito as emissões absolutas dos dois outros municípios (figura 6.2).

Assim, percebemos que o perfil de emissões de um município, além de refletir o grau de consolidação da fronteira agrícola, também aponta a diversificação agropecuária. Futuramente, o perfil das emissões de GEE pode ser utilizado em diagnósticos socioeconômicos para elaboração de estratégias políticas de mitigação e adaptação.

Entretanto, para se obter maior resolução neste diagnóstico, outros aspectos, como a quantidade de toneladas emitidas e a participação de cada gás (CH_4 , N_2O e CO_2) no total liberado para atmosfera, podem complementar a informação, permitindo uma avaliação mais refinada. A quantidade, como já apontado antes, revela a escala do desmatamento e/ou das atividades agroprodutivas. Já a participação de cada gás nas emissões totais reflete a diversificação das atividades predominantes no município. Portanto, estes três elementos: escala das emissões (emissões setoriais absolutas), perfil das emissões por setor e perfil das emissões por tipo de gás (emissões setoriais relativas) podem, em conjunto, refletir o grau de consolidação da fronteira e contribuir para definição de ações prioritárias de mitigação das emissões nacionais.

6.1.3. Emissões por tipo de gás

O conjunto de atividades agroprodutivas e a intensidade do desmatamento definem a participação de CH_4 , CO_2 e N_2O nas emissões totais municipais. Como já discutido, o metano está relacionado à atividade pecuária e, em certa medida, ao desmatamento. Porém, neste trabalho, o CH_4 liberado pelas queimadas não foi contabilizado. Já o gás carbônico tem sua origem no desmatamento. Por fim, o óxido nitroso é originário da fixação biológica de nitrogênio (sojicultura) e decomposição dos dejetos da pecuária extensiva (animais em pastagem). A figura 6.7 apresenta o peso que cada um destes gases desempenhou nas emissões municipais e estadual entre 2001 e 2007.

Observamos que em escala estadual e em Alta Floresta e Feliz Natal, o CO_2 apresentou-se como principal componente das emissões de GEE ao longo de todo o período analisado, enquanto Sorriso, apesar de ter inicialmente o CO_2 como principal gás

emitido, observou um forte crescimento da fração compreendida pelo N_2O , o qual chegou a responder por 63% das emissões em 2007 (figura 6.7).

Em uma análise mais cuidadosa, percebe-se que em Feliz Natal o desmatamento foi responsável por praticamente todo o volume de CO_2 liberado na atmosfera até 2005 (fig. 6.6 e 6.7), a partir de quando o N_2O ganha proporções com a expansão da sojicultura e redução do desmatamento.

De forma semelhante, nos anos em que o desmatamento recua em Alta Floresta, o metano e o óxido nitroso, ambos associados à pecuária, aumentam sua participação no perfil de emissões de GEE municipal. O mesmo pode ser dito para o Mato Grosso, no qual as emissões de CH_4 e N_2O oriundas da pecuária ganham destaque diante do recrudescimento do desmatamento a partir de 2004. A sojicultura também foi responsável por contribuições significativas no estado, somando-se às emissões de óxido nitroso oriundas dos animais em pastagem para compor grande parte das emissões do gás no Mato Grosso (fig. 6.6 (D)).

Por fim, em Sorriso a transição entre o período de alta da soja (2001-2004) e queda do preço da *commodity* (2005-2007) fica evidente na evolução das emissões municipais de cada tipo de gás considerado. Até 2004, o CO_2 do desmatamento era o componente majoritário nas emissões do município, porém, a partir de 2005, o óxido nitroso e, em menor medida, o metano, responderam por frações cada vez maiores, chegando a mais de 80% dos GEE emitidos em 2007.

Assim, podemos identificar uma tendência na qual o metano e o óxido nitroso sucedem o CO_2 como gás majoritário em fronteiras já consolidadas, dependendo da atividade econômica predominante. A velocidade com que esta “sucessão de gases de efeito estufa” se processa depende dos humores do mercado de *commodities*, da ação do governo e da disponibilidade de infra-estrutura de escoamento e armazenagem. Infere-se aqui que esta é a evolução natural das emissões nos demais municípios da fronteira agrícola do centro-norte brasileiro, apesar da ampliação da metodologia deste trabalho para os demais municípios mato-grossenses ser fundamental para corroborar esta hipótese. Obviamente há uma série de estágios intermediários entre as frentes pioneiras e fronteiras agrícolas consolidadas, cuja diversidade deve ser compreendida.

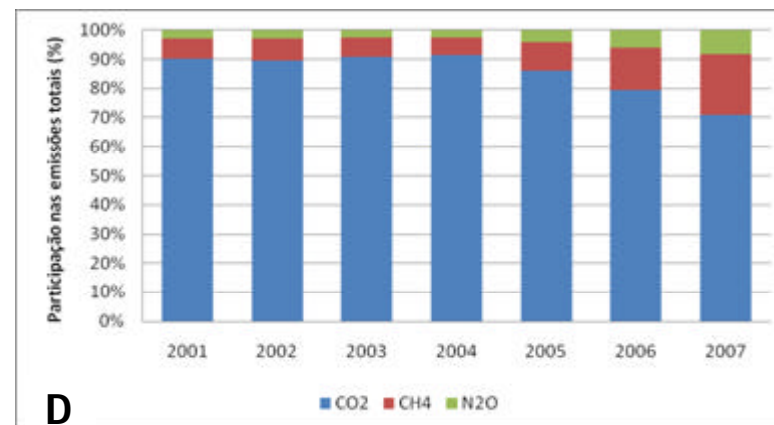
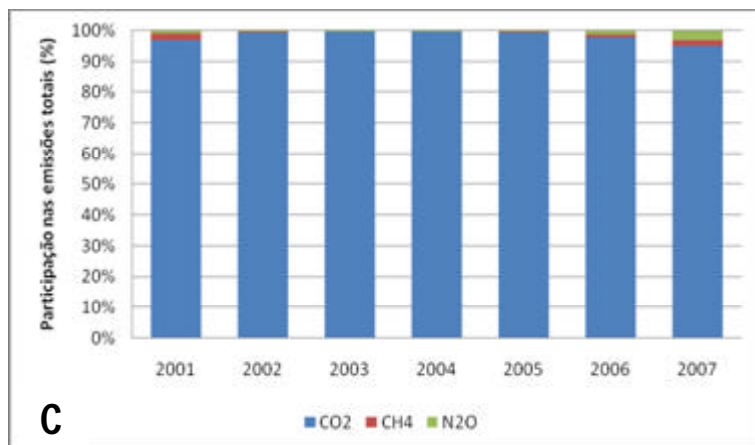
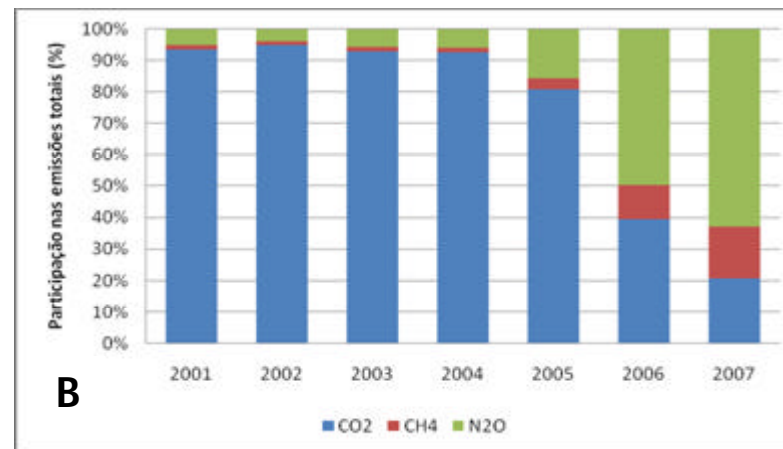
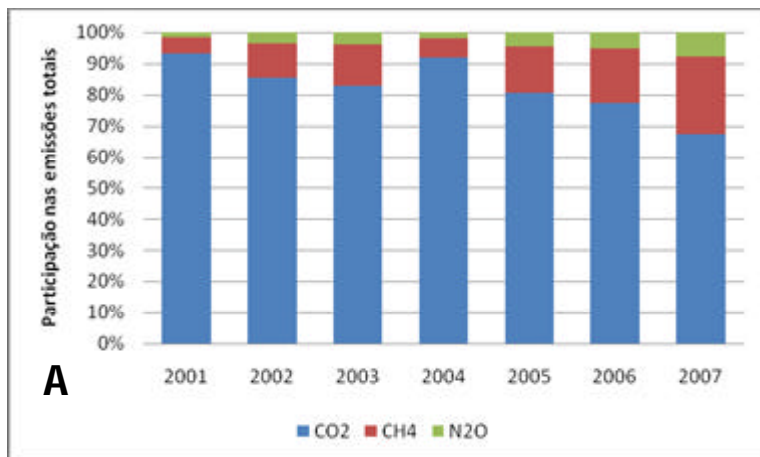


Figura 6.7 Participação (%) de CH₄, CO₂ e N₂O nas emissões totais em CO₂ equivalente totais pelos setores de uso da terra e mudança do uso da terra consideradas neste trabalho para o período de 2001-2007 (A) Alta Floresta (B) Sorriso; (C) Feliz Natal; (D) Mato Grosso.

Já o metano oriundo dos dejetos da suinocultura teve participação insignificante em todos os contextos municipais, compreendendo fatias menores que 1% ao longo de todo o período, mesmo em Sorriso, no qual a atividade tem bom desempenho. Tal fato evidencia que é possível obter diagnósticos satisfatórios sobre as emissões de GEE municipais, com alta representatividade, sem a necessidade de quantificar todas as fontes emissoras. Para tal, é necessário que os principais setores emissores sejam identificados e suas emissões estimadas. A pecuária, o desmatamento e a sojicultura parecem compor os três setores chave que respondem por parte majoritária das emissões no centro-norte do estado do Mato Grosso. Outro setor que provavelmente compõem parte significativa das emissões nos municípios é o uso de fertilizantes nitrogenados, mas que infelizmente não foram contabilizados pela indisponibilidade de dados relativos ao consumo de fertilizantes em nível municipal.

Contudo, mesmo sendo minoritário no que tange as emissões de GEE, a suinocultura tem grande potencial mitigatório, pois os dejetos são passíveis de serem usados em biodigestores para geração de energia elétrica. Lançando mão dos dados apresentados por Panizzon (2008) para suinocultura em Santa Catarina, estimou-se que, em biodigestores, o metano produzido por cada cabeça de suíno é capaz de gerar 13,5 KWh/mês. Sorriso, por exemplo, com cerca de 100 mil animais, poderia ter produzido 15.960.564 KWh (16 MWh) em 2006, valor equivalente a 80% do consumo de energia elétrica rural do município no ano em questão (Anuário SEPLAN-MT, 2007). Simultaneamente, poder-se-ia angariar recursos em projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), fomentado o abastecimento local de energia elétrica e reduzido um passivo climático, que, do contrário, seria eliminado para atmosfera. Sinergias deste tipo devem ser buscadas em todas as estratégias relacionadas ao enfrentamento das mudanças climáticas. A suinocultura é o segundo setor em número de projetos de MDL no Brasil, compondo 17% dos projetos em andamento no país (Fronzizi, 2008)

6.1.4. Sequestro de Carbono

Uma vez discutidos os passivos climáticos municipais representados pelas emissões de GEE, voltemos nossa atenção para os ativos, pois estes também irão desempenhar papéis chave em futuras estratégias de mitigação e adaptação. Os remanescentes florestais atuam como sumidouros de carbono, sendo que parte das emissões oriunda do uso da terra e mudança do uso da terra é neutralizada pelo sequestro das florestas e cerrados localizados dentro do território municipal.

Porém, não é qualquer gás de efeito estufa que encontra destino na fisiologia vegetal. Apesar das emissões de metano e óxido nitroso terem sido convertidas em CO₂ equivalente, ambos os gases não são incorporados pelas plantas durante a fotossíntese. Portanto, a princípio, o uso de florestas nas estratégias de mitigação refere-se apenas ao CO₂, apesar de ser conhecida a capacidade de captação de CH₄ e N₂O pelos microrganismos localizados nos solos das florestas e dos cerrados. O papel destes microrganismos foi desconsiderado devido ao pouco conhecimento sobre a escala de funcionamento destes sumidouros.

Buscou-se estimar a fixação de carbono pelas florestas em cada um dos municípios, sendo do valor encontrado subtraído as emissões de CO₂ oriundas do desmatamento. Para Alta Floresta e Feliz Natal, utilizou-se um fator médio de sequestro obtidos para a Amazônia (vide capítulo 3) de 5 t C/ha/ano, enquanto para Sorriso um fator médio entre floresta ombrófila e cerrados (3,2 t C/ha/ano) O resultado é um balanço anual do CO₂. Valores negativos apontam para um passivo climático, ou seja, o desmatamento do município emitiu mais CO₂ do que seus remanescentes florestais foram capazes de seqüestrar. Já valores positivos apontam para captação maior que as emissões (tabela 5.8).

Tabela 6.8 Balanço de CO₂ (t C) entre o que foi emitido (pastagens e desmatamento) e o que foi sequestrado pelos remanescentes de floresta em cada município e no MT.

	Alta Floresta	Sorriso	Feliz Natal	Mato Grosso
2001	(-)966.959	(-) 804.123	4.622.323	96.780.050
2002	729.435	(-)1.612.964	3.853.798	89.647.932
2003	745.490	(-) 1.069.987	2.789.772	55.270.740
2004	(-)1.730.297	(-) 1.099.199	1.898.668	32.837.362
2005	592.203	(-) 109.218	2.638.584	82.408.135
2006	804.293	331.948	3.915.290	113.215.714
2007	1.244.187	382.887	4.242.111	131.039.904

fonte: elaboração do autor

Os resultados da tabela 6.8 mostram o balanço de CO₂ municipal e estadual entre 2001 e 2007. Observamos que em Alta Floresta as emissões de CO₂ pelo desmatamento foi superiores a capacidade de sequestro dos remanescentes florestais em 2001 e 2004. Já Sorriso apresentou comportamento de fonte de CO₂ até 2005, sendo que em 2006 e 2007 os remanescentes fixaram mais CO₂ que o desmatamento foi capaz de emitir.

Contudo, cabe uma ressalva. Segundo o INPE, 44% do município de Sorriso é classificado como de não-floresta (cerrados) (PRODES, 2006³⁴). Uma vez que as estimativas de sequestro e emissão de desmatamento dizem respeito apenas à área florestada, enquanto as emissões do uso da terra abrangem todo o município, os dados podem estar tanto subestimados, quanto superestimados, dependendo da área

³⁴ Metodologia PRODES disponível no portal do INPE: www.obt.inpe.br/prodes/index.html

remanescente de cerrado. Porém, tendo em vista que a soma da área florestada mais a área colhida de soja em 2006 somaram cerca de 80% do território de Sorriso e, sendo as formações abertas mais fáceis de devastar e de menor capacidade de sequestro, espera-se que os resultados encontrados não estejam tão longe da realidade. A mesma observação vale para o Mato Grosso, o qual tinha 42% do território originalmente ocupado por cerrados, dos quais 40% já haviam sido desmatados até 2005 (Micol *et. al*, 2008).

Já Feliz Natal e Mato Grosso apresentaram balanço positivo em todos os anos, chegando a valores de milhões de toneladas, refletindo a grande área ainda coberta por florestas. Em outras palavras, as emissões de CO₂ ainda são muito menores que a capacidade de sequestro de suas florestas.

A relação observada é perversa do ponto de vista climático, uma vez que a consolidação da fronteira agrícola tende a reduzir gradativamente a capacidade municipal de sequestro e estoque de carbono à medida que as atividades agropecuárias avançam sobre remanescentes florestais.

Critérios de responsabilização para os principais emissores nacionais de gases de efeito estufa podem ser derivados da aplicação desta metodologia. Municípios como Feliz Natal poderiam ser beneficiados financeiramente pelo excedente de sequestro de carbono que seus remanescentes prestam, por meio de PSA ou incentivos fiscais, enquanto aqueles municípios que emitem mais do que fixam, como Sorriso, poderiam ser onerados. Desta perspectiva, os municípios cuja bonança agrícola é baseada em saldos negativos de carbono se sentiriam constrangidos a recuperar e preservar suas matas diante dos eventuais prejuízos fiscais que suas atividades representam. Por exemplo, tarifas mais altas, créditos diferenciados ou certificação colocam todo o setor produtivo na berlinda, o que obrigaria a uma reorganização coletiva dos produtores no esforço de recuperar o passivo ambiental gerando pelo município.

Por outro lado, os municípios em estágios iniciais de ocupação receberiam incentivos fiscais que poderiam fomentar um modelo de desenvolvimento distinto do tradicional devastador. Esta proposta não é novidade e já está presente indiretamente no ICMS ecológico, o qual já vem sendo adotado por alguns estados. Este instrumento poderia adotar critérios climáticos na hora de distribuir o quinhão de direito de cada município. Como operacionalizá-la deverá ser alvo de reflexões por parte da academia, sociedade civil e governo.

Assim, o desenrolar desta pesquisa nos coloca diante de duas externalidades negativas da perspectiva das mudanças climáticas: primeiro, a perda de serviços

ecossistêmicos pelo desmatamento (sequestro e estoque de carbono) e, segundo, a emissão de gases de efeito estufa pelos sistemas agroprodutivos e desmatamento.

A “pegada climática” propõe indicadores capazes de representar ambas as externalidades em um único índice que possibilite comparações entre contextos específicos: o primeiro é o índice de perda de serviços climáticos (IPSC), enquanto o segundo é o índice de emissão de gases de efeito estufa.

6.2. Índice de Perda de Serviços Climáticos (IPSC)

Ao contrário das emissões, que mostraram oscilações ao longo do período, a área desflorestada aumentou gradativamente entre 2001 e 2007. Ano a ano, os remanescentes de florestas foram sendo removidos, privando os municípios e o estado de boa parte da sua capacidade original em fornecer serviços ambientais climáticos, como estoques e sumidouros de carbono. Uma maneira de mensurar esta perda de serviços ecossistêmicos é identificar o quanto da área original já foi devastada. O IPSC vai ao encontro deste objetivo, uma vez que representa a porcentagem da floresta nativa já removida. Quanto mais próximo de 1, pior o desempenho do município.

A figura 6.8 traz os resultados para os três municípios e para o Mato Grosso. Sorriso apresentou, em 2007, 75% das suas florestas desmatada, conferindo-lhe um IPSC de 0,75. Feliz Natal, por sua vez, apresentou, no mesmo ano, apenas 16% devastado (IPSC igual a 0,16). Já Mato Grosso e Alta Floresta despontaram com IPSC intermediários, espelhando fases intermediárias de consolidação de fronteira agrícola. Essa observação é interessante, pois reforça tanto a diversidade intra-estadual, quanto o fato da soma das realidades municipais resultar em um estado semelhante a municípios de fronteira ainda em seus estágios iniciais de desenvolvimento. Seria interessante ampliar a análise para outros estados do norte brasileiro, como Pará e Rondônia, nos quais a dinâmica agrária empreendida no MT repete-se, porém com intensidades variadas.

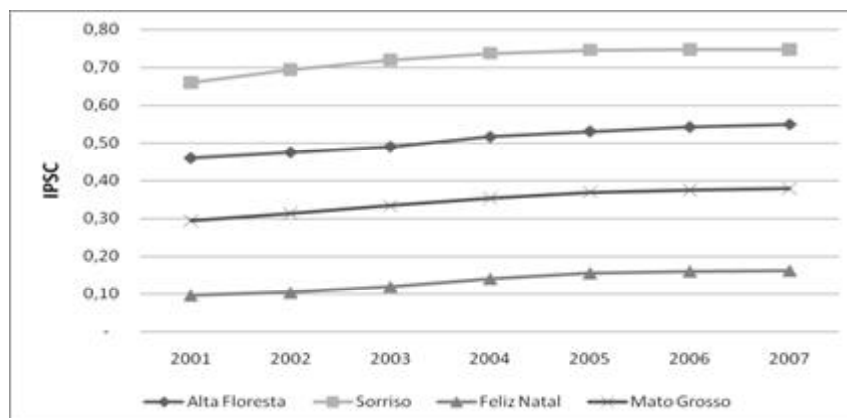


Figura 6.8. Índice de Perda de Serviços ambientais Climáticos (IPSC) para o MT, Alta Floresta, Sorriso e Feliz Natal (2001-2007). (fonte: elaboração do autor)

Cabe ressaltar, mais uma vez, que este índice se propõe a representar a perda de serviços ecossistêmicos essenciais à regulação climática, porém desconsidera aspectos qualitativos importantes, como diferenças nas capacidades de sequestro e estoque entre as florestas dos três municípios, assim como não incorpora a fragmentação florestal, aspecto importante ao nos referirmos à manutenção dos serviços ambientais. Em futuras pesquisas, indicadores qualitativos deverão somar forças aos aqui empreendidos.

6.3. Índice de Emissão de GEE

A figura 5.9 traz os índices de emissões de Gases de Efeito Estufa de Alta Floresta, Sorriso e Feliz Natal entre 2001 e 2007.

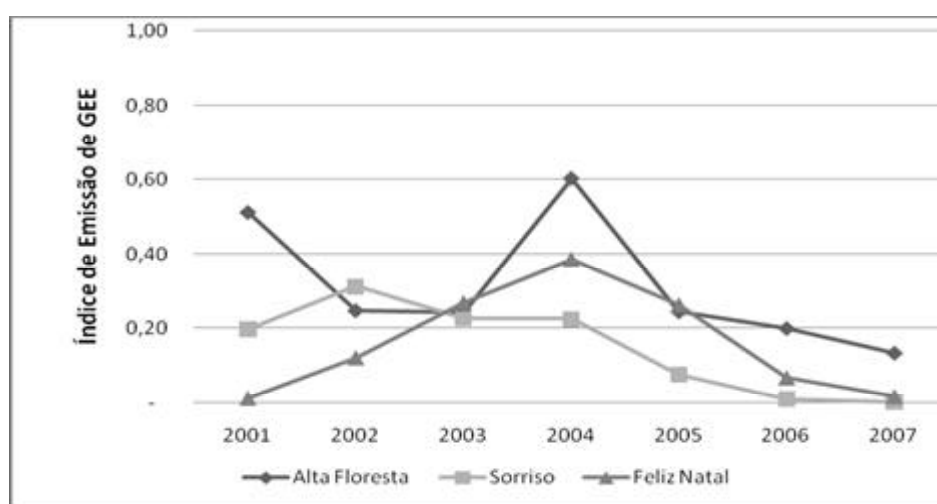


Figura 6.9 Evolução do índice de emissões de GEE para Alta Floresta, Sorriso e Feliz Natal entre 2001 e 2007. (fonte: elaboração do autor)

O índice de emissões de GEE municipal espelha o comportamento das emissões de GEE ao mesmo tempo em que referencia tais emissões aos demais municípios do MT. Feliz Natal em 2001 e Sorriso em 2007 figuram entre os municípios mato-grossenses que menos emitiram GEE, explicitando que as contribuições de GEE são pequenas tanto em estágios iniciais quanto maduros da fronteira agrícola, apesar de neste as atividades agropecuárias terem se desenvolvido. Já Alta Floresta apresenta-se como grande emissor estadual entre 2001 e 2004, com destaque para 2001 e 2004, cujos índices de emissão de GEE foram respectivamente 0,51 e 0,60, colocando-o próximo aos maiores emissores do MT.

6.4. “Pegada climática”

A figura 6.10 apresenta a “pegada climática” para os três municípios. Sorriso, cujas emissões sempre estiveram bem abaixo das de Alta Floresta, apresentou “pegada climática” próxima a este ao longo de todo o período, sendo maior em cinco dos sete anos analisados (2002, 2003, 2005, 2006 e 2007). Este comportamento é atribuído principalmente ao passivo florestal gerado ao longo da história de ocupação do município.

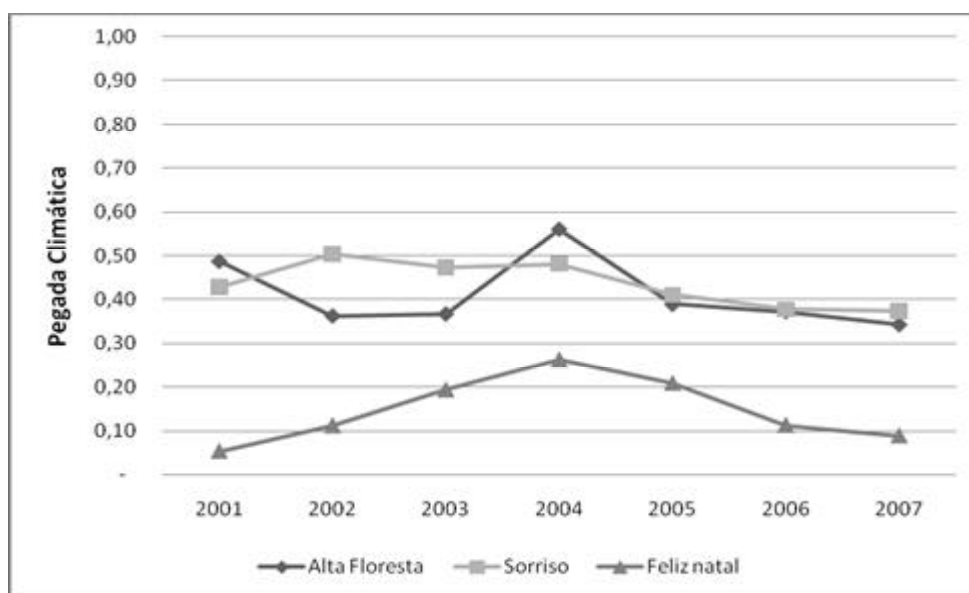


Figura 6.10 Evolução da “pegada climática” para Alta Floresta, Sorriso e Feliz Natal (2001-2007). (fonte:elaboração do autor)

Outro fato interessante é o comportamento da “pegada climática” de Feliz Natal. Mesmo o município tendo reduzido suas emissões de GEE em 2007 a níveis equivalentes a 2001, o desaparecimento de 6% das florestas originais reduziu a sua capacidade de sequestro e estoque existente em 2001, resultando em um desempenho pior da “pegada climática” em 2007 em relação a 2001.

Tabela 6.9 Cálculo da “pegada climática” de Alta Floresta, Sorriso e Feliz Natal. IPSC: índice de perda de serviços ambientais climáticos; IEGEE: índice de emissões de gases de efeito estufa; P. C: “pegada climática”.

Ano	Alta Floresta			Sorriso			Feliz Natal		
	IPSC	IEGEE	P.C	IPSC	IEGEE	P.C	IPSC	IEGEE	P.C
2001	0,46	0,51	0,49	0,66	0,20	0,43	0,10	0,01	0,05
2002	0,48	0,25	0,36	0,69	0,31	0,50	0,10	0,12	0,11
2003	0,49	0,24	0,37	0,72	0,23	0,47	0,12	0,27	0,19
2004	0,52	0,60	0,56	0,74	0,22	0,48	0,14	0,39	0,26
2005	0,53	0,24	0,39	0,75	0,07	0,41	0,16	0,26	0,21
2006	0,54	0,20	0,37	0,75	0,01	0,38	0,16	0,07	0,11
2007	0,55	0,13	0,34	0,75	0,00	0,37	0,16	0,02	0,09

Fonte:elaboração do autor

Assim, a “pegada climática” integra dois passivos climáticos na sua composição, abrangendo a complexidade das consequências para a regulação climática da dinâmica socioeconômica municipal que não pode ser expressa em indicadores isolados como emissões de GEE ou perda de florestas.

De modo geral, a “pegada climática” não apresentou uma tendência clara de alta ou queda, oscilando ao longo do período. Porém, algumas tendências podem ser delineadas: espera-se que a perda progressiva dos remanescentes ao longo dos anos sempre contribua negativamente para o desempenho da “pegada climática”, deixando eventuais oscilações serem determinadas pelas variações anuais do volume total de gases estufa liberados para a atmosfera. Espera-se também que à medida que o desmatamento ilegal for sendo controlado, a “pegada climática” sofra uma melhora inicial e se estabilize, seguida de um piora progressiva crescimento à medida que as emissões de GEE das atividades agropecuária se consolidam e aumentem suas emissões de CH₄, N₂O e CO₂.

6.5. Mato Grosso e o modelo econômico pautado na devastação: o dilema entre o sistema climático e o desenvolvimento socioeconômico

A necessidade de uma base econômica para manter as sociedades é imprescindível e inquestionável. Contudo, o modelo de desenvolvimento econômico adotado deve ter sua sustentabilidade sempre questionada frente a expansão do conhecimento humano sobre si e sobre o funcionamento dos sistemas por ele criado. Um modelo de desenvolvimento que ameace em longo prazo a própria estrutura que pretende desenvolver deve ter sua legitimidade não só posta em perspectiva, mas ser confrontada com alternativas mais sustentáveis.

Em 2004, o agronegócio foi responsável por 33% do PIB brasileiro, 42% das exportações nacionais e 37% dos empregos gerados (MAPA, 2004). Contudo, a grande

dependência apresentada pela economia do setor agropecuário torna a economia brasileira vulnerável tanto às oscilações do mercado mundial globalizante quanto às mudanças climáticas previstas ao longo do século XXI. Isso se deve porque as cadeias produtivas envolvidas são de baixo valor agregado, intensivas em recursos naturais (apesar de não considerar as externalidades no preço final dos produtos) e são fortemente dependentes de dinâmicas econômicas e sociais externas. O contexto mato-grossense reproduz em maior profundidade a importância que a agropecuária desempenha na economia nacional. Entre 2002 e 2005, a agricultura, silvicultura, exploração vegetal, pecuária e pesca, juntas, responderam em média por 30% do valor bruto adicionado a preço básico no estado (PIB menos impostos líquidos de subsídios), tendo chegado a um máximo de 35% (2004) e a um mínimo de 25% (2006), considerando o período entre 2002 e 2006 (Anuário SEPLAN-MT, 2007).

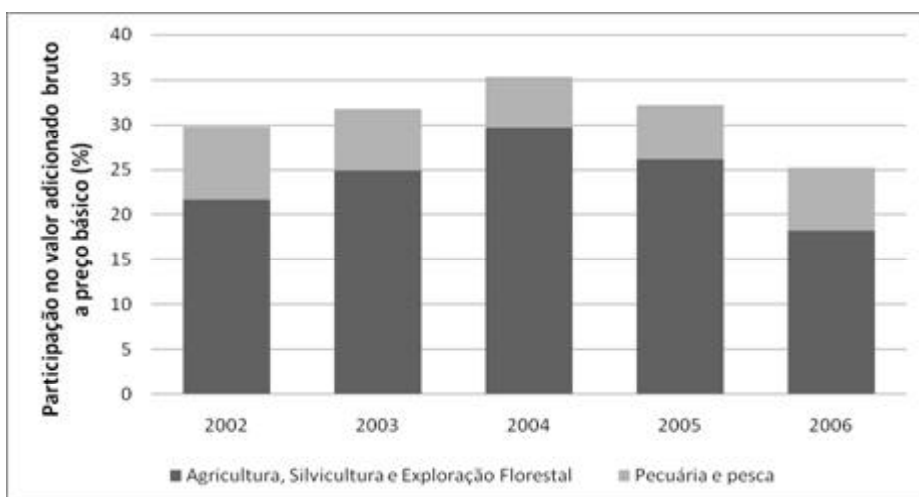


Figura 6.11 Participação das atividades agropecuárias no valor adicionado bruto a preço básico no estado do Mato Grosso entre 2002 e 2006 em valores de mercado de 2006 (fonte: adaptado do Anuário SEPLAN-MT, 2007 e IBGE estado, 2007). (fonte: elaboração do autor)

Esses valores dizem respeito apenas a contribuições econômicas diretas da agropecuária. Porém, toda uma rede de serviços e comércio estabelecida em torno do setor é responsável por outra fatia substancial do PIB mato-grossense. Observamos na figura 6.11 e 6.12 como a evolução do PIB agropecuário estadual acompanhou o comportamento das taxas de desmatamento e emissões de CO₂ equivalente entre 2002 e 2006.

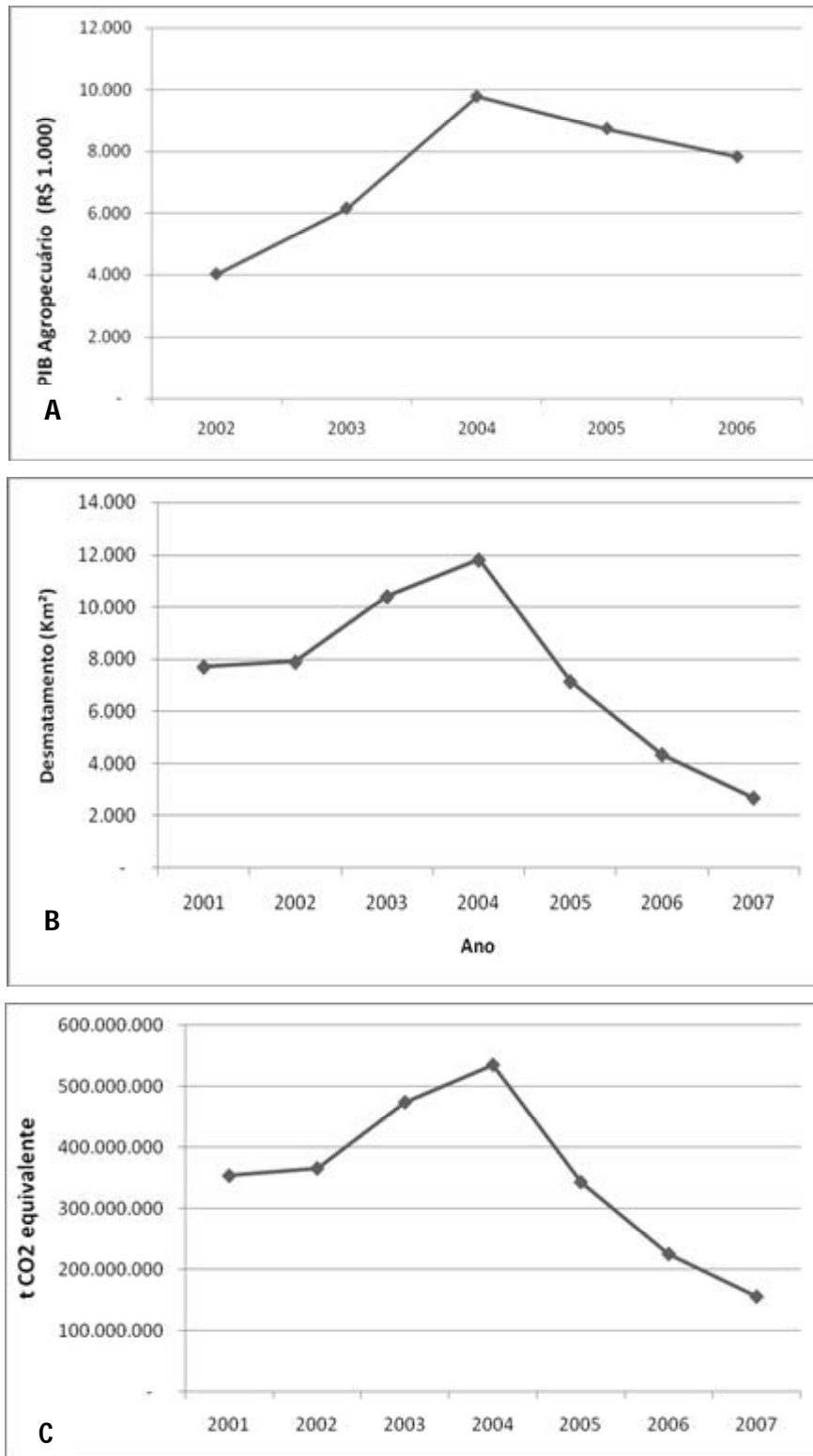


Figura 6.12 Evolução do PIB (A); do desmatamento entre 2001 e 2007 (B); das emissões de CO₂ entre 2001 e 2007 (C) no estado do Mato Grosso entre 2001 e 2006. (fonte: SEPLAN-MT, 2007 e 2006; IBGE cidades, 2007, INPE, 2009)

Portanto, os resultados sugerem que a tendência das emissões de CO₂ (pelo uso da terra e mudança do uso da terra) acompanhou a oscilação do PIB agropecuário do MT. Porém, a queda do PIB (figura 6.12 A) após 2004 não foi tão intensa quanto o decréscimo observado para as taxas de desmatamento e emissões de CO₂ (figura 6.12 B e C). Apesar do PIB agropecuário ter retraído a partir de 2004, seu valor manteve-se acima daquele observado em 2001, enquanto as taxas de desmatamento e de emissões de CO₂ decresceram a valores bem abaixo. Comportamento semelhante é observado para os municípios analisados. O PIB de Sorriso, por exemplo, acompanhou a evolução do preço da saca da soja (figura 6.5), apresentando valor máximo em 2004. Feliz Natal, também impulsionado pela soja, observou o aumento do seu PIB até 2004, seguido de um decréscimo suave até 2006. Por fim, Alta Floresta, apresentou firme alta do seu produto interno bruto, com exceção de 2005, ano no qual tanto o PIB, quanto a população de gado sofreram ligeira redução antes de voltarem a subir.

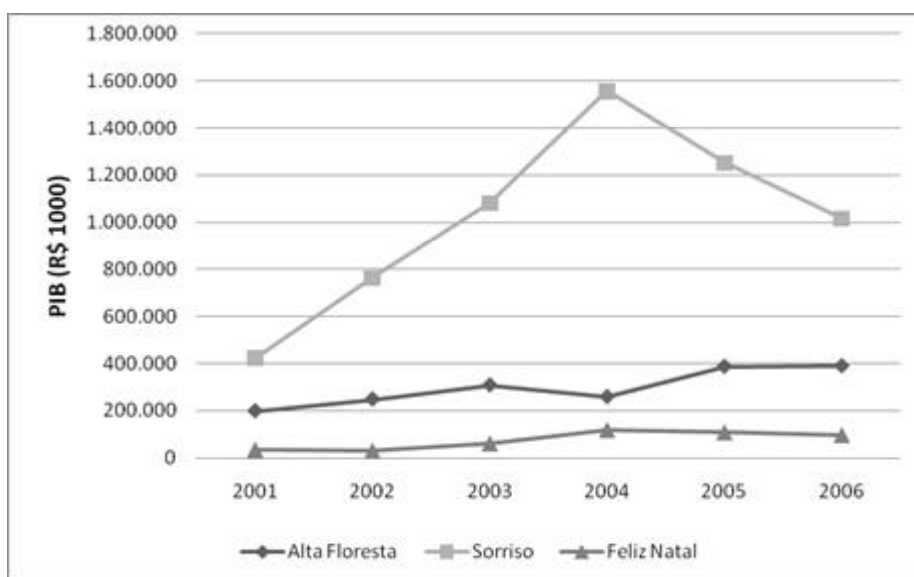


Figura 6.13 Evolução do PIB de Alta Floresta, Sorriso e Feliz Natal entre 2001 e 2006. (fonte: adaptado de SEPLAN-MT, 2002-2007). (fonte: elaboração do autor)

Outro aspecto interessante de se observar é o fato de Sorriso ter apresentado o maior PIB dentre os três municípios durante todo o período, mas ter apresentado emissões de GEE proporcionalmente menores. Em média, o PIB de Sorriso foi 3,5 vezes maior que o Alta Floresta, porém, este, em contrapartida, apresentou taxa de emissões média de CO₂ (equivalente) 3,3 maior que do que a de Sorriso para o mesmo período. Esta relação aponta para Alta Floresta como uma economia mais intensiva em gases de efeito estufa do que Sorriso ou, em outras palavras, como economia de maior custo para o clima em relação aos benefícios trazidos. A tabela 6.10 mostra a variação da intensidade de carbono dos PIBs

municipais e estadual entre 2001 e 2006, enquanto a tabela 6.11 apresenta a intensidade de carbono do PIB estadual agropecuário por atividade (considerando os gases e fontes incorporadas nesta análise). Os números referentes ao período foram calculados dividindo-se soma de CO₂ (equivalente) emitido e a soma dos PIBs anuais entre 2001 e 2007.

Tabela 6.10 Intensidade de Carbono anual e do período do PIB municipal (2001-2007) e estadual (2002-2006) em toneladas de CO₂ equivalentes/ R\$ 1.000 PIB.

Ano	Alta Floresta	Sorriso	Feliz Natal	Mato Grosso
2001	64,4	12,39	24,4	-
2002	26,0	10,49	117,9	17,5
2003	20,5	5,48	115,5	17,0
2004	57,8	3,79	82,8	14,5
2005	16,5	1,87	63,5	9,2
2006	13,7	0,75	22,4	6,4
Período	29,2	4,6	67,4	14,5

Fonte: elaboração do autor

Tabela 6.11 Intensidade de Carbono anual e do período para pecuária (t CO₂/ R\$ 1.000 do valor adicionado bruto a preço básico da pecuária e pesca), sojicultura (t CO₂/ R\$ 1.000 do valor adicionado bruto a preço básico da agricultura, silvicultura e exploração vegetal) e desmatamento (t CO₂/ R\$ 1.000 do valor adicionado bruto a preço básico) para o MT (2002-2006).

Ano	Pecuária (MT)	Sojicultura (MT)	Desmatamento (MT)	
			¹ PIB do mesmo ano	² PIB do ano seguinte
2002	24,10	0,57	81,55	-
2003	23,60	0,43	70,11	53,18
2004	22,70	0,32	50,10	44,12
2005	21,70	0,42	33,94	56,12
2006	19,90	0,61	31,67	52,22
Período	22,20	0,44	50,21	

Fonte: elaboração do autor

¹ Desmatamento relativizado ao PIB da agricultura, silvicultura e exploração florestal do mesmo ano.

² Desmatamento relativizado ao PIB da agricultura, silvicultura e exploração florestal do ano seguinte.

Fica claro que a grande intensidade de carbono de Alta Floresta deve-se a atividade pecuária e ao desmatamento, sendo justamente 2001 e 2004 os de economia mais intensiva em carbono no município (64,4 e 57,8 toneladas de CO₂/R\$ 1.000 PIB, respectivamente). Já a baixa intensidade de carbono da sojicultura e as reduzidas taxas de desmatamento após 2004 conferem a Sorriso o posto de economia menos intensiva em carbono. Feliz Natal e Mato Grosso mais uma vez colocam-se em posição intermediária.

É interessante observar que as economias municipais, em geral, evoluíram para PIBs menos intensivos em gases de efeito estufa ao longo do período, com exceção dos anos cujas taxas de desmatamento foram mais pronunciadas. Este comportamento explicita que o desmatamento gera pouca riqueza em si, uma vez que apenas uma pequena parte da

biomassa é aproveitada economicamente, enquanto o restante é queimado ou descartado. Porém, abre novos espaços para que as atividades agroprodutivas se expandam e efetivamente contribuam para o crescimento do PIB municipal.

Outra conclusão importante refere-se a identificação da pecuária como aquela, dentre as atividades consideradas, que gera riqueza com o maior custo climático (tabela 6.11). Apesar de haver pequenas variações entre os anos - em decorrência da flutuação dos preços das *commodities* - a intensidade de carbono da pecuária sugere que para gerar uma unidade de PIB esta atividade emite 50 vezes mais gases de efeito estufa do que é emitido para gerar uma unidade de PIB na sojicultura. Mais uma vez ressalta-se que estamos considerando apenas as emissões diretas e, caso avaliássemos todo o ciclo de vida³⁵, esta diferença poderia ser menor.

Enquanto a pecuária bovina respondeu em 2006 por 93% das emissões de CO₂ relativos a agropecuária (considerando pecuária bovina, suinocultura e sojicultura), o PIB relativo a pecuária e pesca (o qual incorpora mais que a riqueza agregada pela pecuária bovina) abrangeu apenas 19% do PIB agropecuário estadual e 7 % do PIB estadual.

O desmatamento que precede a pecuária, como já destacado, também implica em grande passivo climático com pouco benefício econômico direto. Quando relativizamos as emissões de GEE do desmatamento mato grossense ao valor agregado pela agricultura, silvicultura e exploração vegetal no mesmo ano em que ocorreu o desmatamento, observamos uma ampla variação entre os anos. Desta perspectiva, observou-se em 2001 uma emissão de 81 t CO₂ equivalente por R\$ 1.000 PIB gerado pela agricultura, silvicultura e exploração vegetal, enquanto em 2006 este valor caiu para 31 t CO₂ equivalente/ R\$ 1.000 PIB. Porém, quando relativizamos as emissões de CO₂ oriundas do desmatamento ao valor agregado pela agricultura, silvicultura e exploração vegetal do ano seguinte, uma relação mais homogênea é encontrada, variando entre de 44 t CO₂ equivalente/ R\$ 1.000 PIB (2004) e 56 t CO₂ equivalente/ R\$ 1.000 PIB (2005). Este valor, mais alto, se deve a extensa área desmatada em 2004 impulsionado por um mercado aquecido e um PIB aquém do esperado devido a queda do preço das *commodities* em 2005. Já o segundo reflete um contexto oposto: o ápice do preço da soja em 2004 diluiu as altas emissões do desmatamento em 2003, resultando em um valor mais baixo.

A menor amplitude do segundo método de relativização (emissões de CO₂ do desmatamento pelo PIB da agricultura, silvicultura e exploração vegetal do ano seguinte) pode apontar que os ganhos econômicos do desmatamento só são sentidos nos anos

³⁵ As queima de combustíveis para o escoamento e plantio do cultivar são emissões importantes, porém não consideradas na metodologia deste trabalho. O mesmo vale para a produção de fertilizantes, as quais emitem grande quantidade de carbono na cadeia produtiva.

subsequentes ao seu acontecimento, uma vez que leva-se tempo para a área ser transformada em sistema agroprodutivos capazes de agregar valor ao PIB do município e do estado. Independente de qual das duas abordagens seja a mais adequada, o fato é que os municípios desmatadores apresentam economias intensivas em gases de efeito estufa.

Portanto, podemos inferir que nos estágios iniciais de ocupação e desenvolvimento da fronteira agrícola, as economias municipais são as mais intensivas em gases de efeito estufa. A medida que vão se consolidando, a produção agrega valor e torna-se menos nociva no que diz respeito a emissões de GEE.

Porém, esta constatação pode dar a falsa impressão de sustentabilidade em municípios de fronteira agrícola consolidada. A economia pujante e pouco intensiva em carbono de Sorriso construiu-se em um passado necessariamente mais intensivo em gases de efeito estufa. Adicionalmente, o equilíbrio dinâmico entre pecuária bovina e agricultura determinam diretamente a intensidade de carbono das economias municipais e estadual.

Portanto, além de liberar GEE para a atmosfera, a expansão do PIB agropecuário implica em perda de serviços ecossistêmicos reguladores do clima pelo desmatamento. Diversos autores na literatura vêm apontando esta relação (Margulis *et al.*, 2003; Micol *et al.*, 2008; Barreto *et al.*, 2008).

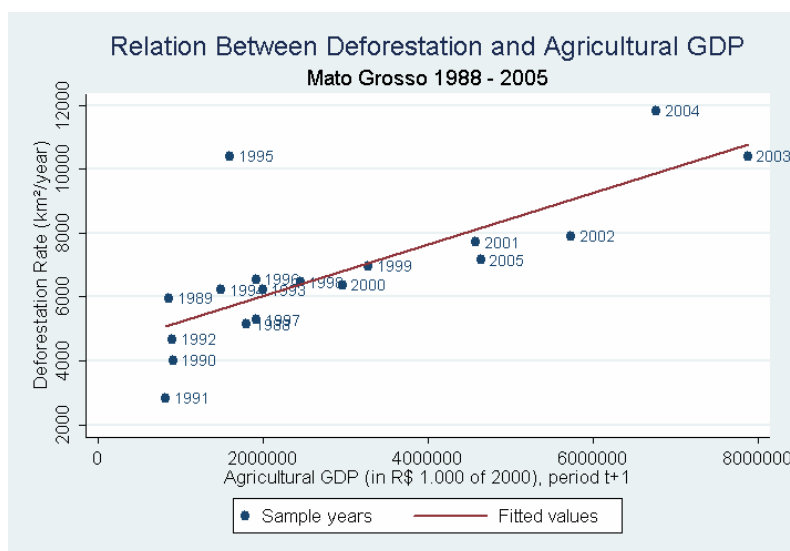


Figura 6.14 Regressão linear entre o PIB agropecuário mato-grossense e as taxas de desmatamento entre os anos compreendidos entre 1988 e 2005. (fonte: adaptado do IBGE, 2007)

Para corroborar esta afirmação, uma correlação entre desmatamento e o PIB deve ser identificado. Tendo esta questão em vista, foi realizada uma regressão linear, abrangendo 18 anos consecutivos (1988 – 2005). Utilizou-se o método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), lançando mão do software Stata 9.1. O coeficiente de correlação

estimado foi de 0,8032. Isso significa que durante o período o aumento de um milhão no PIB agropecuário correspondeu a um desmatamento incremental de 0,8032 Km² ou 80 ha (figura 6.14) . O grau de ajuste da regressão, medido pelo R², foi de 0,5729 ou 57,29%. O R², neste caso, é a proporção do desmatamento (57,29%) que é explicada pelo aumento do PIB agropecuário. O restante da variação do desmatamento no estado (42,7%) deve-se a outros fatores que foram omitidos no modelo. Os resultados sugerem que o crescimento econômico do MT está relacionado ao aumento das taxas desmatamento (figura 6.14). Sendo assim, há evidências estatísticas que apontam para uma relação deletéria entre o atual modelo de desenvolvimento econômico no Mato Grosso e a manutenção da qualidade dos serviços ambientais fornecidos pelas florestas e cerrados do estado.

Uma vez que a riqueza gerada é redistribuída através das sociedades locais, dinamizando as economias municipais e estadual, é razoável afirmar que o desempenho dos indicadores sociais também são dependentes, pelo menos em certa medida, de um modelo de desenvolvimento que, na forma como vem sendo empreendido, vai na direção oposta a necessidade de mitigação das mudanças climáticas. A tabela 6.12 mostra o IDH-M e os sub-índices educação, longevidade e renda de Alta Floresta, Sorriso e Feliz Natal, assim como para o estado do Mato Grosso, para o ano de 2000. É interessante observar que os valores do IDH-M reforçam a relação entre as externalidades positivas socioeconômicas da agropecuária e externalidades negativas climáticas. É esperado que o crescimento econômico desde 2000, associado a políticas de expansão dos serviços de saúde e educação tenham se refletido na melhora dos índices apresentados abaixo.

Tabela 6.12 Índice de Desenvolvimento Humano Municipal e sub-índices educação, longevidade e renda para Sorriso, Alta Floresta, Feliz Natal e Mato Grosso, e suas respectivas posições no contexto estadual e nacional.

	IDHM	IDHM-E 2000	IDHM-L 2000	IDHM-R 2000	Posição
Sorriso	0,824	0,869	0,805	0,797	1º
Alta Floresta	0,779	0,879	0,753	0,704	24º
Feliz natal	0,661	0,784	0,721	0,738	48º
Mato Grosso ¹	0,773	0,860	0,740	0,718	9º

¹ a posição do MT é relativa ao contexto nacional

fonte: Atlas IDH PNUD, 2000

6.6. De quem é a responsabilidade?

Uma vez identificado as consequências da dinâmica agropecuária norte mato-grossense para a regulação climática, devemos nos perguntar de quem é a responsabilidade. Frequentemente ela é atribuída aos grande produtor da pecuária e sojicultura, associado a demonização de suas atividades e julgamentos maniqueístas sobre seu comportamento. Contudo, diante da perspectiva do pensamento complexo, não há

“bandidos” e “mocinhos”, mas uma rede de relações socioeconômicas que constroem, de forma amoral, a realidade como a conhecemos. Os produtores tem sua cota de responsabilidade, mas a dividem com todo um conjunto de atores sociais e políticos, espalhados pelo país e pelo globo. O mercado consumidor que demanda os produtos da pecuária deve ser chamado ao debate e a desempenhar um papel fundamental na mitigação. O embargo recente a carnes produzidas ilegalmente na Amazônia por redes de supermercado brasileiras dá sinais de como o processo poderia se desenrolar. O sudeste brasileiro emerge como principal mercado consumidor da carne produzida na Amazônia Legal, seguido do nordeste (14%) e da própria Amazônia legal (12%). Juntos perfazem 95% do consumo interno da carne produzida na região (figura 6.15 A).

Já no âmbito internacional, vemos na figura 6.16 que a participação da Amazônia legal nas exportações de carne brasileiras expandiu sua participação entre 2000 e 2006, sendo que o MT foi responsável pela maior parte deste crescimento, respondendo por cerca de 10% das exportações brasileiras de carne em 2006. Situação semelhante observa-se para a soja. Enquanto a produção mato-grossense da soja aumentou 8.987.000 toneladas entre 2001 e 2006, as exportações brasileiras do grão cresceram 8.811.000 toneladas no mesmo período (figura 6.16) (MAPA, 2009). O destino da *commodity* do estado vai principalmente para a Ásia e União Europeia, em especial para a China e Holanda (MAPA, 2009).

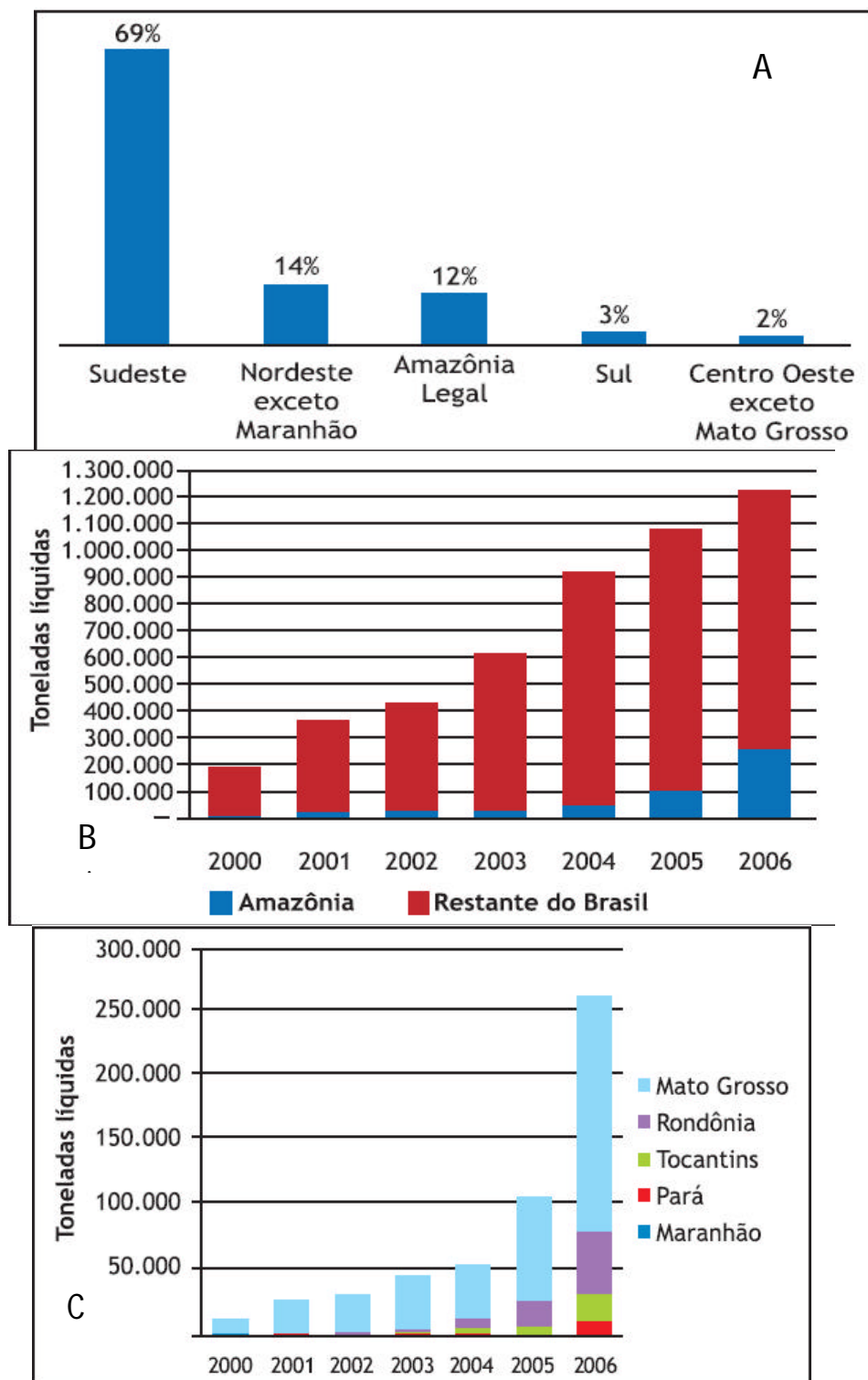


Figura 6.15 Destino nacional em 2005 da carne oriunda de frigoríficos na Amazônia registrados no SIF (A); Evolução das exportações de carne bovina da Amazônia legal e do restante do Brasil entre 2000 e 2006 (B); Evolução das exportações de carne bovina dos Estados da Amazônia legal entre 2000 e 2006 (C). (fonte: Barreto et al, 2008)

Assim, o destino de parte significativa da produção mato-grossense é o exterior, tendo o mercado internacional, portanto, sua parcela de responsabilidade nos impactos climáticos

que as atividades representam. Os países importadores (figura 6.13) devem reconhecer tal responsabilidade e assumir compromissos que visem fomentar a conservação das florestas e cerrados brasileiros e ações de mitigação dos setores agroprodutivos.

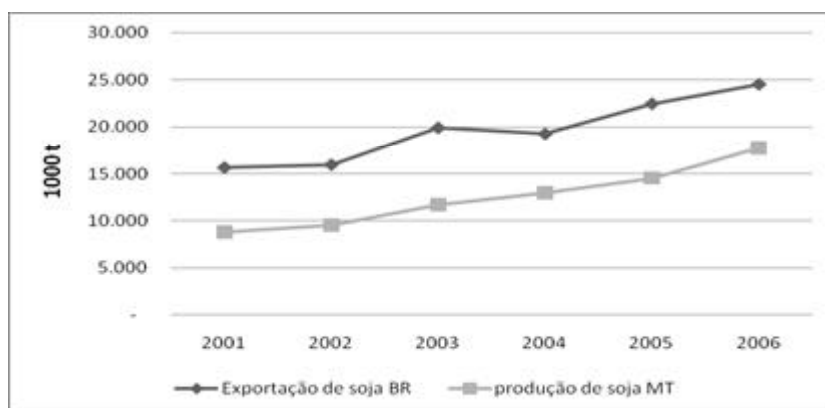


Figura 6.16 Exportações de soja brasileira e produção de soja no MT entre 2001 e 2006 em 1.000 t. (fonte: MAPA, 2009) (fonte: adaptado do MAPA, 2009)

Tabela 6.13 Principais países importadores de carne brasileira, total importado (t) e rendimento das exportações (US\$ 1.000) no ano de 2007.

País	Toneladas de carne importada	Rendimento da exportação (US\$ 1.000)
Rússia	428.877	907.484
Países Baixos	59.846	331.826
Egito	176.571	331.234
EUA	62.353	306.054
Itália	59.414	275.391
Reino Unido	80.496	261.963
China	86.846	171.964
Alemanha	22.472	135.387

fonte: MAPA, 2009

6.7. Conclusões

A pergunta que orientou esta dissertação questionou se o desenvolvimento explicitado na melhora no desempenho de alguns indicadores sociais e econômicos apresentada pelo MT e seus municípios entre 2001 e 2007 poderia ser considerada sustentável do ponto de vista ambiental, em particular do climático. Entende-se aqui que para uma economia ser sustentável ela deve atender vários critérios socioeconômicos e ambientais. Porém, há um critério primordial que, se não atendido, invalida qualquer melhora ou benefícios trazido pelo desenvolvimento: a apropriação do capital natural local deve ser de tal forma que a incorporação de matéria e energia, assim como a geração de resíduos não superem a capacidade dos ecossistemas locais em processar tais passivos ambientais e regenerar os recursos depletados.

Caso os resultados apontassem um conflito claro entre o desenvolvimento socioeconômico municipal e a capacidade ecológica do mesmo em comportar as externalidades ambientais inerentes ao seu funcionamento, o sistema seria considerado insustentável. Contudo, os resultados não foram suficientes para afirmar que as externalidades climáticas geradas pelo uso da terra e mudança do uso da terra nos municípios analisados no estado do MT resultam em um modelo insustentável. Entretanto, é inegável que a pesquisa deparou-se com fortes evidências que apontam para *trade-offs* insustentáveis diante da perspectiva das mudanças climáticas.

A relação entre o crescimento do PIB (municipal e estadual) e a devastação florestal evidencia estes *trade-offs*. Apesar de não ter sido possível quantificar o quanto a perda de florestas e cerrados comprometeram o fornecimento de serviços ambientais, é indiscutível que o desmatamento de 75% da vegetação original em Sorriso resultou em perdas inmensuráveis das funções ecológicas originais do município. O balanço de CO₂ (tabela 6.8) é o indicador que mais se aproximou deste objetivo. Verificamos que Alta Floresta, por exemplo, emitiu em 2001 e 2004 mais CO₂ devido ao desmatamento do que suas florestas foram capazes de sequestrar, tornando-o insustentável do ponto de vista do balanço de carbono, uma vez que o passivo climático gerado terá que ser absorvido por vegetação fora dos limites territoriais do município. Associado a outros parâmetros, o balanço de carbono poderia compor referenciais mais adequados no estabelecimento de critérios de ação visando a mitigação e responsabilização nos esforços de mitigação e adaptação, inclusive na definição de áreas de reserva legal consubstanciadas na ecologia dos biomas.

Podemos resumir as principais conclusões deste trabalho nos seguintes tópicos:

1- O desmatamento apresentou-se como principal fonte de GEE em nível municipal e estadual:

1.1. Os resultados deste trabalho apontam o desmatamento como principal fonte de gases de efeito estufa em nível municipal e estadual, de forma semelhante ao observado nas estimativas do Primeiro Inventário Nacional, sugerindo que a dinâmica da fronteira agrícola tem determinado em grande medida o perfil das emissões brasileiras.

1.2. Contudo, generalizações pautadas em um único ano podem incorrer em afirmações equivocadas. Desde a publicação do Primeiro Inventário Brasileiro (referente a 1994), tornou-se comum afirmar que 75% das emissões de CO₂ correspondem às mudanças do uso da terra (desmatamento). Porém, os resultados aqui observados evidenciam que as taxas de emissão de GEE

oscilam ao longo do tempo, explicitando a cautela necessária diante de estimativas que se proponham a retratar a realidade de um país ou região a partir de observações pontuais (anuais).

2- Apesar das incertezas metodológicas e ausência de algumas fontes relacionadas ao uso da terra, é possível obter diagnósticos representativos da realidade lançando mão das principais fontes de GEE. No que tange o contexto do centro-norte do MT, sugere-se que a sojicultura, a pecuária e o desmatamento permitem uma avaliação satisfatória. Estimativas referentes as emissões oriundas do uso de fertilizantes nitrogenados em outros cultivos agrícolas, como algodão e milho, apesar de serem aspectos importante, não foram consideradas por falta de dados consolidados.

3 – O perfil das emissões de gases de efeito estufa, tanto por atividade agropecuária quanto por tipo de gás, espelham os estágios de consolidação da fronteira agrícola dos municípios em análise. Assim, as etapas de desenvolvimento da agropecuária podem ser identificadas e monitoradas por meio do acompanhamento da evolução municipal de gases de efeito estufa e *vice-versa*. Municípios nos primeiros estágios da expansão da fronteira agrícola parecem ter suas emissões atribuídas principalmente ao desmatamento. À medida que a fronteira vai se consolidando, os setores do uso da terra ganham maior participação.

4 – As oscilações do mercado de *commodities* determinaram o comportamento das taxas de emissões de gases de efeito estufa no período analisado, sendo que dois componentes distintos são identificados:

- ? *Componente flexível*: refere-se as emissões oriundas do desmatamento. Caracterizado por grandes oscilações ao longo do período, é composto basicamente por CO₂ e acompanha os humores do mercado: em anos de retração econômica, sofre grandes quedas e, em anos de mercado aquecido, tem sua participação incrementada substancialmente. Este componente regulou as altas e quedas nas taxas de emissão de CO₂ equivalente entre 2001 e 2007.

- ? *Componente pouco flexível*: refere-se as emissões dos setores agropecuários. Caracterizado por um crescimento constante ao longo do período, é composto por CH₄ em regiões pecuaristas e por N₂O onde a agricultura predomina. As oscilações do mercado tem pouco impacto neste componente, apesar de afetá-lo negativamente em anos de recessão e fomentá-lo em anos de alta no preço das *commodities*. As quedas e altas são menos pronunciadas que aquelas observadas

nas emissões do desmatamento. Assim, podemos enxergar o componente pouco flexível como um núcleo de emissões já consolidado, cujas estratégias de mitigação obteriam resultados modestos quando comparados ao do controle do desmatamento.

5 - Por um lado, em fronteiras já consolidadas, como Sorriso, o volume das emissões anuais de gases de efeito estufa em valores de CO₂ equivalente mostraram-se menores do que aquelas ainda em consolidação, como Alta Floresta. Por outro lado, o passivo florestal resultante do histórico de devastação do primeiro representou perdas de 75% da área bioprodutiva original capaz de comportar as emissões do município. Desta perspectiva, a “pegada climática” mostrou-se potencialmente interessante ao integrar ambos os aspectos, refletindo em um único índice tanto as contribuições anuais de cada município para as concentrações atmosféricas de GEE quanto as responsabilidades históricas de cada um. Eventualmente, poderá ser útil em diagnósticos que visem estabelecer prioridades de mitigação ou de responsabilização no que tange o uso da terra entre as regiões brasileiras.

6 - O desenvolvimento socioeconômico nos municípios do centro-norte mato-grossense e do próprio estado implica em externalidades climáticas negativas, uma vez que depende da devastação de florestas e cerrados, assim como de um modelo produtivo intensivo em gases de efeito estufa.

7 - Assim como no âmbito da CQNUMC estabeleceu-se que as responsabilidades relativas ao enfrentamento das mudanças climáticas são comuns a todos os países, porém diferenciadas, o mesmo deve ser aplicado em nível nacional e estadual. As regiões e estados brasileiros, especialmente os do sul e sudeste, que, no passado, já devastaram suas matas e desenvolveram economias, pouco intensivas em carbono, devem ter responsabilidades maiores, transferindo recursos e tecnologias para a fronteira agrícola de modo controlar e amenizar as emissões de CO₂. Não é só por princípio ético ou histórico que as grandes economias brasileiras devem assumir tal responsabilidade, mas também por serem hoje o principal mercado consumidor nacional da produção de carne mato-grossense. De forma semelhante, os principais importadores das *commodities* brasileiras devem reconhecer o peso do seus padrões de consumo nas emissões de GEE associados ao uso da terra no MT. Assim, as externalidades climáticas discutidas neste trabalho estão intimamente associadas ao padrão de consumo de outras regiões brasileiras e internacionais, indicando que estratégias efetivas de mitigação vão além de ações

coercitivas dos estados, mas incorporar a participação da sociedade civil, tanto organizada quanto como consumidora, e iniciativa privada.

Reflexões e Recomendações

Vivemos em um mundo em franco processo de globalização, caracterizado pelo estabelecimento de redes internacionais intimamente interligadas; qualquer expectativa de isolamento e inepedência dos sistemas socioeconômicos é ilusória. Observamos fluxos globais de matéria, energia e informação cada vez mais rápidas e percorrendo distâncias cada vez maiores (globais).

Barris de petróleo (*matéria*), formados a centenas de milhões de anos, são extraídos em território venezuelano e exportado para os EUA, onde fornece *energia* para transportar milhões de trabalhadores diariamente para fábricas, hospitais, universidades, domicílios, dentre inúmeros outros lugares. Como resultado, bilhões de toneladas de CO₂ são emitidos para atmosfera. Simultaneamente, as atividades humanas suportada por esta matriz energética gera dinheiro e conhecimento (*informações*), os quais fomentam a manutenção e transformação da sociedade. Por sua vez, a China pautou grande parte do seu vigoroso crescimento econômico no voraz mercado consumidor americano, resultando em excedentes financeiros utilizados, dentre outras coisas, para importar gêneros alimentícios para sua numerosa população, uma vez que o organismo humano também precisa de proteínas e carboidratos (*matéria e energia*) para realizar suas atividades. Para tal, a China importa milhões de toneladas de soja brasileira. Assim, extensas áreas da Amazônia e cerrado são removidas anualmente, degradando uma imensurável diversidade genética (*informação*), dando lugar a sistemas pouco diversos e de grande custo ambiental, envolvendo a liberação de grande quantidade de gases de efeito estufa (*matéria*).

A intensidade e a direção destes fluxos globais determinam o mundo como o conhecemos, inclusive sua desigualdade e problemas ambientais. Toda essa cadeia acontece em um curtíssimo espaço de tempo geológico, deslocando imensas quantidades de energia e matéria para ecossistemas que muitas vezes não são capazes de processar no mesmo espaço de tempo essas perdas e ganhos, provocando efeitos potencialmente catastróficos. Fica evidente que as causas da questão climática desconhecem fronteiras.

Da perspectiva deste trabalho, todo sistema cuja dinâmica é altamente dependente de fatores externos e voláteis é insustentável, pois torna-se vulnerável a oscilações indiferentes ao bom funcionamento interno destes sistemas. Assim, defende-se que o fortalecimento das relações econômicas locais reduz a vulnerabilidade de tais sociedades. A questão climática pode ser uma oportunidade de fomentar tais relações, gerando impactos sociais e econômicas positivos associados a formas mais sustentáveis de apropriação da natureza.

A efetivação de uma política de mitigação às mudanças climáticas, tendo os estados amazônicos como foco, demanda do poder público incentivos de outros modelos de

desenvolvimento voltados para o regional, buscando reorientar a lógica atual. Do contrário, o destino de todo município localizado na fronteira agrícola brasileira continuará sendo o da progressiva devastação da vegetação nativa e sua substituição por sistemas agroprodutivos concentradores de terra, renda e intensivos em gases de efeito estufa, desde que seja dado tempo suficiente para que as etapas da fronteira se sucedam e consolidem a agropecuária.

Eventualmente o setor industrial e terciário se desenvolve, cristalizando novas economias, menos intensivas em carbono quando comparadas a agropecuária extensiva. Contudo, pergunta-se: as sociedades precisam necessariamente passar pelo insustentável e gerar passivos ambientais imensuráveis antes de se tornarem mais sustentáveis? Estamos fadados a esta eterna repetição? A resposta para esta pergunta é não. Há contrangimentos ecológicos que, eventualmente, irão pôr um basta na inércia histórica da lógica irracional de apropriação da natureza. As escolhas que nos sobram seriam: começar a nos mobilizar enquanto as consequências estão no início e ainda podem ser controladas e atenuadas (apesar de não ser possível impedi-las) ou esperar o contexto tornar-se a tal ponto insuportável para iniciar uma resposta vigorosa.

De fato, já há uma internalização da questão climática em âmbito global, porém a velocidade de ação ainda está muito aquém do necessário. É importante ter em conta que não haverá um momento pontual no qual as mudanças climáticas vão se realizar. Elas já estão acontecendo e tendem a intensificar seus impactos ao longo do século XXI. Não é mais uma hipótese ou fruto de elocubrações herméticas de um setor alarmista da academia, mas um fato em si que começa a mostrar suas diversas facetas.

Diante de toda a discussão até aqui empreendida, o planejamento de estratégias de adaptação e mitigação às mudanças climáticas para o norte do Mato Grosso devem considerar três vertentes distintas que juntas formam o tripé que irá subsidiar a efetividade das ações públicas neste sentido.

1. Políticas de Ciência e Tecnologia

1.1 Modelos

A primeira vertente refere-se à ciência de tecnologia. Modelos climáticos devem ser aprimorados, abrangendo uma fatia maior das complexas relações estabelecidas dentro dos sistemas que se propõem a simular, agregando inclusive informações socioeconômicas. Trabalhos como de Pellegrino (2007), Assad (2002) e Siqueira *et al* (2000), citados no capítulo 1, vão ao encontro desta problemática, buscando entender a vulnerabilidade dos

sistemas agrícolas às restrições hídricas e à fertilização de carbono. Tais esforços são imprescindíveis, uma vez que a gestão climática é antes de tudo gestão de riscos.

1.1.1 Monitoramento dos estoques de carbono: desafios e potencialidades políticas

Simultaneamente a projeções de cenários futuros, exige-se o monitoramento sistemático das mudanças do clima e seus efeitos sobre os usos da terra, fornecendo novos dados de entrada aos modelos. Eventos extremos de chuvas, como os observados em diferentes regiões brasileiras em 2009, representam tanto custos socioeconômicos imensuráveis quanto uma oportunidade para entendermos eventuais impactos de eventos climáticos futuros, subsidiando ações de adaptação. Ressalta-se aqui que a escala temporal utilizada na análise das mudanças climáticas envolve períodos que variam desde décadas a séculos. Quanto maior for a abrangência temporal das séries históricas dos dados climáticos utilizados, maior o volume de informações disponíveis para a compreensão mais precisa das tendências climáticas e seus efeitos.

Outro aspecto refere-se à legitimidade do PSA pela conservação florestal e efetividade das políticas de combate e controle das emissões oriundas do desmatamento. O uso dos mecanismos REDD (Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação), os quais prevêm remuneração internacional por meio de fundos e mercado de carbono para projetos de conservação de florestas tropicais, estarão na pauta das discussões da COP 15, em Copenhague, em dezembro de 2009. O Brasil é o proponente e líder do grupo que reivindica a incorporação de REDD nos acordos pós-2012. Porém, os países industrializados mostram-se resistentes, argumentando que a proposta é interessante, mas há uma série de fragilidades que inviabilizam a sua implementação. Um dos principais pontos elencados refere-se justamente à capacidade limitada de estimar e monitorar estoques de carbono em florestas tropicais.

Sendo assim, instrumentos de monitoramento e quantificação dos estoques e sumidouros de carbono devem estar disponíveis, devendo, além da precisão e confiabilidade, ser capazes de abranger grandes extensões territoriais. O sensoriamento remoto desponta como a principal ferramenta de suporte a esforços nesse sentido. Porém, o alto grau de incerteza e custos significativos ainda são fatores limitantes.

Assim, dentre as principais conclusões que a breve discussão até aqui feita permite, três merecem ser mencionadas: **1)** a necessidade de adaptar e aprimorar as tecnologias de sensoriamento remoto que busquem quantificar os estoques de carbono florestal; **2)** para tal, fontes contínuas e substâncias de recursos devem ser orientadas para os centros de pesquisa que se comprometam com este objetivo **3)** as imagens e as tecnologias de

processamento da informação devem ser gratuitas e públicas, uma vez que não nos é dado tempo de lidar com impedimentos legais ou custos com direitos de uso.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) é um ator chave neste processo, sendo um dos principais centros de pesquisa no que tange sensoriamento remoto no Brasil, além de atuar como fonte gratuita e pública de imagens ópticas obtidas por satélites internacionais e nacionais, como LANDSAT e CBERS. Ademais, o instituto desenvolve programas de monitoramento das florestas tropicais, como o PRODES e DETER, os quais têm sido chave no acompanhamento do desmatamento na Amazônia.

Está previsto para 2010 o lançamento de mais um satélite, o Amazônia 1, em parceria com o Governo do Reino Unido, que irá mandar imagens periódicas e de alta resolução do bioma. Em paralelo, o INPE está elaborando o projeto MAPSAR (Multi-Application Purpose SAR) em conjunto com a agência aeroespacial Alemã, cujo objetivo é viabilizar o lançamento de um satélite equipado com um radar para imageamento da superfície (INPE, 2009).

Portanto, vislumbra-se um futuro positivo para tecnologias e divulgação de dados e produtos a partir do sensoriamento remoto no Brasil. A problemática climática deve ser um dos eixos norteadores da engenharia espacial brasileira e inovações nas estratégias de quantificação e monitoramento dos estoques de carbono colocam-se com uma das urgências mais imediatas.

Apesar de promissoras no monitoramento de grandes áreas de florestas e cerrados, as estimativas de estoque de carbono por sensoriamento remoto são subestimadas, especialmente em florestas tropicais, nas quais o dossel fechado impede a verificação da biomassa abaixo da copa das árvores. Gibbis *et al* (2007) destaca a necessidade de levantamento de estoques de carbono por terra para referenciar estimativas por sensoriamento remoto. Contudo, a Amazônia brasileira compreende 4 milhões de Km² e os cerrados mais 2 milhões de Km², tornando impossível aos esforços de pesquisa realizar medições representativas de toda esta área, tanto por falta de recursos humanos, como de infra-estrutura. Como visto no capítulo 3, diversas iniciativas pontuais realizaram estimativas de estoques e sequestro de carbono na Amazônia e Cerrado, tanto no âmbito do LBA, quanto em centros de pesquisa isolados, como a própria UnB e Embrapa, porém os dados ainda estão aquém do necessário para generalizações em ambientes tão heterogêneos. Portanto, o potencial do sensoriamento remoto na gestão do carbono encontra seu gargalo nas lacunas de conhecimento científico. Diante deste desafio, estratégias de gestão do conhecimento científico relativo à ecologia do clima também devem ser alvo de uma política

brasileira sobre mudanças do clima. Um caminho seria buscar sinergias entre políticas de redistribuição de renda e ciência e tecnologia.

Para estimar estoques de biomassa, metodologias indiretas fazem uso do diâmetro do tronco na altura do peito (DAP) e altura das árvores como parâmetros, obtendo mensurações satisfatórias de estoques de carbono. A realização de tais medições não é complexa, muitas vezes utilizando metodologia e instrumental simples. Atualmente, este trabalho é feito pelas equipes científicas, as quais utilizam parte do tempo da pesquisa no campo, coletando os dados que depois serão analisados em laboratório. Apesar de fundamentais, tais esforços são pontuais, pouco articulados e demandam tempo (figura 1), além de muitas vezes metodologias distintas serem usadas nas estimativas, o que pode fragilizar análises comparativas.

Entretanto, populações locais, como ribeirinhos, extrativistas e pequenos produtores, especialmente na Amazônia, poderiam estar sendo aproveitados na coleta de dados sobre os estoques de carbono florestais. Tais populações são vulneráveis à expansão da grande empresa agropecuária, a qual se apropria das terras da pequena agricultura, deslocando os povos da floresta para as cidades, intensificando a concentração fundiária. Contudo, diante da perspectiva do PSA pela conservação florestal, associado a programas de redistribuição de renda, como a bolsa família e bolsa floresta, já implementada no estado do Amazonas, poder-se-ia condicionar à transferência de recursos a coleta e fornecimento de informações relativos à floresta e cerrados pelos pequenos proprietários, estabelecendo uma relação imaterial entre homem e floresta. Em outras palavras, em vez de associar retorno econômico à devastação dos recursos naturais, a aquisição de conhecimento sobre a biodiversidade estabeleceria novas formas de apropriação econômica da natureza. Esta alternativa ganha força e legitimidade diante da perspectiva de popularização do PSA como instrumento de gestão.

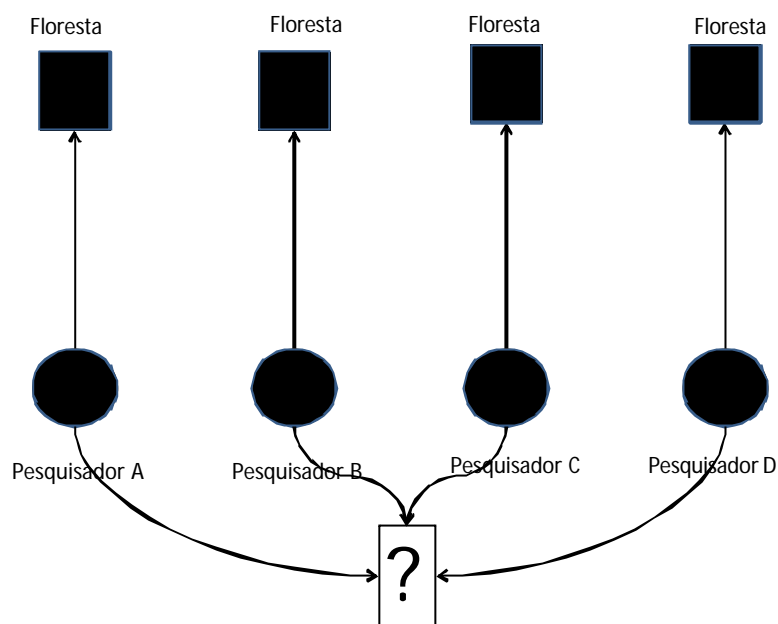


Figura I. Modelo Tradicional de aquisição de conhecimento sobre a floresta. O ponto de interrogação refere-se às incertezas de quem ocupa o papel de integrador do conhecimento produzido pela academia.

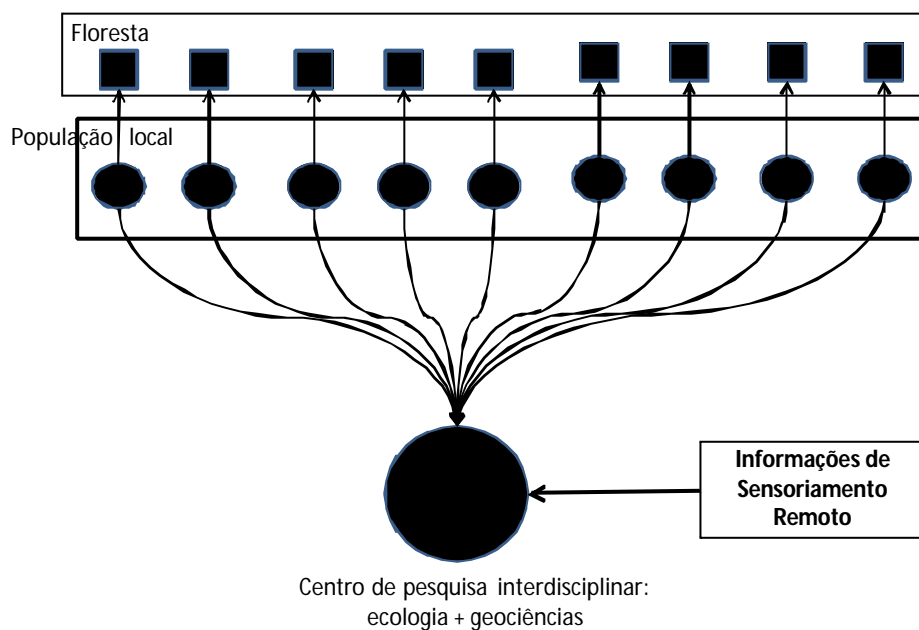


Figura II Modelo Alternativo de gestão do conhecimento sobre a floresta buscando sinergias entre o Estado, sociedade civil e centros de pesquisa.

A operacionalização de uma política desta ordem exige programas de capacitação das populações-pesquisadoras, assim como centros de pesquisa capazes de absorver e articular as informações desta forma obtidas, desafogando mão de obra científica qualificada de trabalhos de campo e alocando-a na análise integrada dos dados coletados em campo

com aqueles obtidos por meio de sensoriamento remoto (figura II). O diálogo deve ir além das herméticas cadeiras disciplinares das engenharias, geociências e ciências naturais, criando um espaço interdisciplinar comum, no qual a sinergia de conhecimentos distintos é demandada na construção de novos campos científicos. Ademais, diante da distribuição ampla de pequenas populações ao longo da bacia amazônica, as informações seriam ecologicamente representativas, além de ter um grande potencial pedagógico, pois apresentaria a floresta como objeto do conhecimento e não como obstáculo ao progresso econômico. A formação de redes multi-institucionais de pesquisa, como a *Rede Clima* brasileira e o painel brasileiro sobre mudanças climáticas, mencionados no capítulo 1, deve ser fomentada no intuito de buscar sinergias entre órgãos públicos e universidades, assim como refletir sobre estratégias de enfrentamento das mudanças climáticas.

Concomitantemente, outras atividades econômicas, como o manejo florestal, extrativismo sustentável e sistemas agro-florestais poderiam ser estimulados como complementos a remuneração pelo conhecimento, conservando a floresta, mantendo a população no campo, estabelecendo novas formas de relações socioeconômicas menos dependentes da devastação e oscilações do mercado associado à mitigação das emissões de GEE. Ressalta-se que ações que fomentem a conservação, além de mitigatórias, também resultam em adaptação, pois reduz a vulnerabilidade da biodiversidade às mudanças climáticas, assim como das populações que dependem da floresta para sobreviver.

2. Políticas de mitigação e adaptação dos sistemas agroprodutivos

O aprimoramento dos modelos climáticos, das metodologias de monitoramento e do conhecimento sobre a ecologia do clima conferem um respaldo técnico mais consistente e legítimo a tomada de decisão, o que nos leva ao segundo pilar do tripé: políticas públicas diretamente associadas à adaptação e mitigação às mudanças climáticas do uso da terra.

Potencial de Mitigação e Adaptação dos sistemas agroprodutivos

A projeção de cenários agro-climáticos permite a ponderação entre alternativas de manejo agrícola e pastoreio que reduzam as emissões de gases estufa, assim como dá tempo para o desenvolvimento de espécies agrícolas geneticamente mais adaptadas às condições de temperatura e umidade esperadas para o século XXI. Técnicas que priorizem o acúmulo de carbono no sistema produtivo também devem ser incentivadas. Nesta perspectiva, o plantio direto, que incorpora parte da biomassa vegetal no solo, assim como a reutilização dos resíduos agropecuários na cadeia produtiva são caminhos que merecem

consideração por parte dos tomadores de decisão. O uso, por exemplo, de dejetos da suinocultura em biodigestores na geração de energia elétrica, debatido no capítulo 5, constitui um destino possível para um material que, de outra forma, estaria contribuindo com as emissões de gases de efeito estufa. Eventualmente, poderia estar inserido em projetos de MDL (mecanismos de desenvolvimento limpo), tornando sua adoção mais atrativa a investidores. Mecanismos econômicos, como linhas de crédito exclusivas e redução da taxa para atividades agrícolas que adotem práticas menos insustentáveis quando comparadas às tradicionais, assim como para aquelas baseadas no manejo e exploração sustentável dos recursos florestais são instrumentos que devem estar contemplados nas políticas públicas para a região. Por outro lado, atividades mais insustentáveis devem ser oneradas, desestimulando sua expansão ao torná-las economicamente desfavoráveis.

Eduardo Assad (2009), em palestra recente na comissão de agricultura, pecuária e abastecimento da câmara dos deputados, apresentou alternativas para tornar os setores agroprodutivos menos intensivos em carbono. Dentre os caminhos, estão o plantio direto, a integração lavoura-pasto e sistemas agropastoris, todos voltados para grande empresa agropecuária. A Embrapa vem desenvolvendo estes sistemas nos últimos 20 anos, faltando vontade política para incorporação destes pela grande produção. Outro dado trazido pelo pesquisador refere-se aos custos da adaptação dos cultivos agrícolas às mudanças climáticas. Segundo ele, seriam necessários 900 milhões de reais por ano, que deveriam ser angariadas em parcerias público-privadas, no intuito de obter variedades geneticamente adaptadas as condições climáticas projetadas para o século XXI. Contudo, esforços neste sentido estão atrasados, pois são necessários 10 anos para que a pesquisa resulte em linhagens adaptadas e aptas ao plantio. Ainda de acordo com o Assad, os prejuízos econômicos do setor agrícola em decorrência das mudanças climáticas projetadas para 2020 são estimados em 7,6 bilhões de reais/ano, caso nada seja feito. A perda de safra devido a estiagens prolongadas em alguns municípios do Rio Grande do Sul durante o primeiro semestre de 2009 dá uma idéia dos riscos que a agricultura brasileira está sujeita diante da inação.

Cabe destacar que a comissão de agricultura, pecuária e abastecimento citada acima foi organizada pela bancada ruralista do congresso e teve por objetivo discutir as contribuições da agricultura para o aquecimento global. Apesar de mostrar positiva ao abrir espaço para o debate com o setor agroprodutivo frente à perspectiva das mudanças climáticas, alguns aspectos questionáveis, discutidos na comissão, merecem ser pontuados. Primeiro, a redução da questão climática ao aquecimento global. Todas as medidas de mitigação apontadas para o setor referiam-se a redução das emissões de gases de efeito

estufa pelo setor por meio da incorporação de carbono aos sistemas agroprodutivos, as quais foram colocadas como suficientes para tornar as atividades sustentáveis. É uma abordagem reducionista, pois, como demonstrado neste trabalho, o grosso das contribuições da agropecuária encontram-se nas emissões do desmatamento que antecede o estabelecimento dos cultivos e pastagens, assim como na perda de serviços ambientais relativos à regulação climática inerentes à perda dos remanescentes florestais. Em nenhum momento durante as discussões da comissão mencionou-se o papel dos remanescentes compreendidos pela Reserva Legal e APPs como estratégias de mitigação da agropecuária. Outro ponto que merece destaque foi a apresentação do representante da CNA (Confederação Nacional de Agricultura e Pecuária). Este focou sua fala nas fragilidades das metodologias de estimativas das emissões de gases de efeito estufa atualmente disponíveis, desmerecendo as afirmações dos cientistas sobre os passivos climáticos associados à agropecuária. Para tal, lançou mão de análises parciais da cadeia produtiva da pecuária para provar que a atividade seqüestra carbono no crescimento das pastagens, compensando as emissões da digestão entérica bovina. Porém desconsiderou as outras fontes relacionadas, como a emissão de CO₂ e CH₄ pelos solos das pastagens e o fato do capim seqüestrar gás carbônico e a digestão entérica liberar metano. Chama-se a atenção para este fato, não com o objetivo de demonizar a pecuária ou desmoralizar o representante da CNA, mas para alertar que tanto os atores que tem suas atividades questionadas pelos riscos das mudanças climáticas, quanto os ambientalistas radicais irão se apropriar do conhecimento científico em seus discursos – tanto dos seus avanços quanto das suas fragilidades – muitas vezes manipulando as informações, sem necessariamente cometer inverdades, de modo a provar seus pressupostos. Leigos no assunto estarão vulneráveis diante da avalanche de informações que será despejada por ambos os lados.

Para exemplificar este perigo, em anexo é apresentada uma reportagem que foi veiculada, em junho de 2009, em uma revista de grande tiragem nacional, na qual o jornalista tenta provar que a atividade é sustentável, sendo o alarde feito pelos ambientalistas é perverso e infundado. Um olhar mais atento percebe a fragilidade da argumentação apresentada na reportagem, que evidentemente faz uma análise parcial sem levar em conta todos os fatos, tentando justificar a insustentabilidade da pecuária comparando-a com outros sistemas insustentáveis.

Contudo, diante da legitimidade que a revista tem entre os leitores brasileiros, uma reportagem como esta presta um desfavor a sociedade e pode retardar a conscientização da população, pautando suas afirmações em meias verdades e não em fatos (vide anexo 2).

Combate e Controle do Desmatamento

O controle do desmatamento, pautado em uma fiscalização mais vigorosa associado à efetividade judicial das punições legais contra crimes ambientais e criação de áreas protegidas, é outro aspecto que deve ser contemplado nas estratégias políticas. Aliás, ao controle do desmatamento deve ser prioritário diante das demais estratégias, uma vez que na fronteira agrícola é a principal fonte de gases de efeito estufa, sendo que sua efetividade implicaria em resultados mitigatórios imediatos.

Operações no âmbito do PPCDAM (Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal), já mostraram alguma efetividade ao reduzir o desmatamento ilegal nos municípios campeões do desmatamento em 2008 enquanto as taxas de desmatamento da Amazônia legal como um todo aumentou no mesmo período. O plano, lançado pelo governo em 2004, reúne uma série de medidas, dentre o fortalecimento da fiscalização e criação de áreas protegidas. Incorpora três eixos principais: monitoramento e controle ambiental, ordenamento territorial e regularização fundiária, e fomento a atividades produtivas sustentáveis. Neste último eixo situa-se a operação arco verde, a qual se propõe fomentar ações estruturantes com o objetivo de estimular outro modelo de desenvolvimento para a Amazônia.

Contudo, tais medidas ainda tiveram pouca efetividade, apesar das taxas de desmatamento terem decrescido desde 2004. Esta queda, como pontuado anteriormente neste trabalho, está mais associada ao decréscimo dos preços das *commodities* a partir de 2004 do que a ação do poder público. Contudo, esta constatação foi ignorada no Plano Nacional de Mudanças Climáticas, o qual coloca o PPCDAM como responsável pelas quedas nas taxas de desmatamento a partir de 2004. Obviamente a ação pública teve seu peso, porém não foi a protagonista. Assim, concluído as pressas para ser apresentado na COP 14, em Poznan, o plano teve o seu caráter político predominando sobre seu caráter técnico. Entretanto, não podemos invalidar seu conteúdo, uma vez que há elementos importantes e propostas interessantes em seu texto, além de ser um indicativo claro que a questão climática está na agenda política brasileira.

Em conversa pessoal do autor deste trabalho com funcionários do IBAMA de Alta Floresta em julho de 2008 (vide anexo 1), novos elementos apontando para uma fiscalização em seus primeiros estágios de consolidação foram elencados. Os funcionários mostraram otimismo em relação à evolução das ações de fiscalização desde 2004 na região, pontuando a desmobilização da rede de corrupção estadual que caracterizava alguns setores do órgão e a intensificação das operações nos últimos anos. Porém, afirmaram que o número de agentes e infra-estrutura de fiscalização ainda está aquém do

necessário, obrigando a parcerias com o exército, polícia federal e policial rodoviária de modo a fortalecer as ações de vistoria. A articulação incipiente entre os escritórios da SEMA-MT (Secretaria de Meio Ambiente) e do IBAMA de Alta Floresta, assim como o caos fundiário da região e a ineficiência judicial das autuações ambientais (as multas são aplicadas, mas não são pagas ou perdem-se em processos morosos da justiça) também foram apontados como gargalos na efetividade da fiscalização. Micol *et al* (2008) corrobora tais afirmativas em trabalho do ICV, sugerindo que o efetivo de fiscalização da SEMA-MT é três vezes menor que o necessário.

Bases Ecológicas para um Código Florestal Brasileiro

As florestas e cerrados prestam importantes serviços ambientais e a respectiva devastação de seus remanescentes representa muito mais que a liberação de toneladas de carbono para a atmosfera.

Desta perspectiva, o código florestal brasileiro deve ser revisto. Primeiro, porque sua aplicabilidade não encontra, muitas vezes, respaldo adequado no contexto de uma dada localidade, exigindo adaptações às particularidades socioeconômicas, políticas e ecológicas de cada realidade.

Em segundo, a legislação relativa às áreas de Reserva Legal (RL) (Lei nº 4771/1965, artigo 16) reduz-se a exigência de porcentagens cujos critérios têm pouco embasamento científico. Atualmente, propriedades localizadas em florestas e cerrados dentro da Amazônia legal devem ter, respectivamente, 80% e 35% da sua área como RL, enquanto nas demais regiões do país, incluindo os cerrados mato-grossenses fora da Amazônia Legal, a RL deve compreender 20%. A legislação não deixa claro o porquê destes números, sendo que a única contribuição delegada à ciência diz respeito ao estabelecimento de critérios técnicos para o plano de manejo sustentável da RL. O 4º parágrafo do artigo 16 do código florestal determina que a localização da reserva legal deve ser aprovada pelo órgão ambiental competente, sendo sua aprovação condicionada a função social da propriedade e a outros critérios e instrumentos de gestão, quando houver, como planos de bacia hidrográfica e planos diretores municipais, assim como ao zoneamento ecológico-econômico e a proximidade com outras áreas legalmente protegidas (medida provisória nº 2166-67/2001). Contudo, nenhum destes mecanismos impede a fragmentação da RL ou garante que o seu tamanho seja satisfatório para a manutenção dos processos ecológicos associados a regulação climática e conservação da biodiversidade.

A maior parte da literatura enfoca os impactos da fragmentação na biodiversidade, como a erosão genética e perda de habitats. Partindo desta perspectiva, Metzger (2002)³⁶

³⁶ Departamento de Ecologia, USP.

formulou duas perguntas³⁷: 1) Existe uma *extensão* ideal para a Reserva Legal que ao mesmo tempo seja ambientalmente sustentável e ainda permita o desenvolvimento da atividade agropecuária? 2) Existe uma *disposição* ideal das RLs que otimize a proteção da biodiversidade? Segundo ele a resposta é sim para ambas as perguntas. Lançando mão da teoria da percolação³⁸ e modelos computacionais, ele chega à porcentagem de 60% como a mínima necessária para manter a conectividade biológica (genética) entre fragmentos de um ecossistema na Amazônia. Ainda enfatiza que, do ponto de vista da conservação, as Reservas Legais deveriam ser formadas por áreas grandes e únicas, e, sempre que possível, em contínuo à reservas legais de propriedades vizinhas. Portanto, *extensão* e *disposição espacial* devem ser considerados pelo código florestal. A questão climática agrega maior complexidade à definição de critérios científicos na definição das áreas de RLs, pois outros aspectos ecológicos, adicionais a conservação da biodiversidade, devem ser incorporados.

O fortalecimento dos estoques e sequestro de carbono, por exemplo, é ignorado pelo código florestal. Como explanado no capítulo 3, 1 ha do bioma cerrado estoca e sequestra quantidades de carbono substancialmente menores que área equivalente em floresta ombrófila. Entretanto, a Reserva Legal exigida para propriedades localizadas no Cerrado é de 20%, contrastando com os 80% determinados para as propriedades amazônicas. Qual a lógica ecológica desta discrepância? Este ponto o código florestal não deixa explícito. Assim, o código florestal brasileiro deve ser revisado, embasando na ciência seus critérios de Reserva Legal, assim como o faz para a APP (Área de Proteção Ambiental), para a qual condicionantes voltados para a mitigação da erosão dos solos e proteção dos recursos hídricos foram estabelecidos.

Um caminho poderia sujeitar os critérios do tamanho e disposição das áreas de RL à compensação dos passivos climáticos gerados na atividade(s) agropecuária(s) desenvolvida (s) na propriedade. Por exemplo, para cada 100 kg de metano liberado pela digestão entérica bovina, estimou-se que uma floresta de transição perto de Sinop é capaz de seqüestrar cerca de 50 kg do mesmo gás (Fernandes *et al*, 2002). Ou seja, para uma fazenda de pecuária extensiva neutralizar suas emissões de CH₄ a área ocupada por pasto poderia compreender no máximo 33% da propriedade, sendo que o restante deveria ser ocupado por mata. O mesmo deveria ser feito para gás carbônico e óxido nitroso. As áreas necessárias para compensar a emissão de cada gás não seriam somadas, mas sobrepostas, de modo que a prevaleceria a maior área. A obrigatoriedade de uma legislação

³⁷ Artigo Disponível em eco.ib.usp.br/lepac/paisagem/Artigos/Metzger_CH-opiniao-2002.pdf

³⁸ Teoria da percolação: "procura explicar e prever os processos que levam à condutividade (conectividade) de um elemento através de espaços bidimensionais" (Metzger, 2002).

assim formulada poderia inviabilizar a produção em diversas regiões. Isto teria implicações econômicas que poderiam desestabilizar estruturas sociais consolidadas. Uma alternativa seria tornar parte do cumprimento voluntário em contextos específicos, fomentando sua aplicação por meio de incentivos fiscais, como linhas de crédito especiais e redução de taxas. Contudo, para legitimar tais critérios legais é necessário aprimorar o conhecimento sobre a ecologia do clima e tecnologias de monitoramento tanto do desmatamento quanto das atividades agropecuárias. Instrumentos de gestão, como o SLAPR e os programas de monitoramento via sensoriamento remoto disponibilizados pelo INPE e discutidos anteriormente, desempenhariam importante papel na efetividade e eficiência de um código nestes moldes. Um caminho complementar, já previsto em lei, permite a compensação em outras regiões, desde que dentro da bacia hidrográfica da propriedade.

Outro aspecto é a necessidade de continuidade das áreas vegetadas no que concerne a manutenção do ciclo hidrológico. Caso a hipótese da bomba hídrica gerada pela evapotranspiração da floresta como responsável por volume substancial da umidade que chega ao centro-sul brasileiro seja corroborada, a fragmentação dos remanescentes de cerrado e florestas dentro das propriedades rurais pode resultar em uma colcha de retalhos verde-palha que interrompa parte do transporte de água continental, comprometendo os sistemas socioeconômicos localizados a milhares de quilômetros das propriedades rurais.

Entretanto, aspectos econômicos, sociais e políticos também estão envolvidos na elaboração do código florestal e devem ser considerados. Isso não significa flexibilizar a questão ambiental, mas buscar caminhos que permitam atingir cenários menos insustentáveis de forma mais fácil e rápida, buscando parcerias e reduzindo conflitos. Vivemos um momento crítico neste sentido.

Apesar de existir desde 1965, o código florestal começou a ser questionado nos últimos anos pelos ruralistas, em reação a uma fiscalização mais rígida. O argumento dos produtores consiste na inviabilização das atividades agropecuárias caso o atual código florestal seja cumprido à risca. Em abril de 2009, a comissão mista de meio ambiente da Federação da Agricultura e Pecuária de Mato Grosso (Famato), da Associação dos Produtores de Soja e Milho (Aprosoja), dos Produtores de Algodão (Ampa) e dos Criadores de Mato Grosso (Acrimat) se reuniram para escrever a proposta que seria levada a audiência pública em Brasília que discutiu em setembro a reforma do código. Abaixo estão elencados os principais pontos propostos³⁹: Observa-se que as apresentadas pelo grupo representam um retrocesso no código florestal, embasando em critérios simplesmente econômico uma legislação de interesse global.

³⁹ Disponível em www.expressomt.com.br/noticia.asp?cod=38713&codDep=3

1. Tratamento igualitário, com relação à reserva legal para todas as regiões do país, independente do tamanho da propriedade.
2. Consolidação das áreas em produção. Os produtores de Mato Grosso não concordam em recuperar a vegetação nativa das áreas antropizadas. Apenas serão recuperadas as áreas de preservação permanente degradadas – APPDs.
3. Cômputo da área de preservação permanente na área de reserva legal.
4. A área de reserva legal deve ser de responsabilidade do Estado, podendo ser dentro ou fora da propriedade. Os casos dentro da propriedade poderão ocorrer desde que tenha concordância do proprietário e que o mesmo seja remunerado (PSA).
5. Não ao desmatamento Zero. Defendemos a expansão agropecuária, baseada no ZSEE.

Zoneamento Ecológico Econômico

Dentre os mecanismos citados, destaca-se o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), o qual estabelece as modalidades de uso do solo mais indicadas dentro de um determinado território. Contudo, não basta uma boa proposta de ZEE, pois sua elaboração não pressupõem necessariamente sua implementação. Deve-se, simultaneamente, fornecer a logística política, fundamentada no diálogo eficiente entre os diversos órgãos envolvidos no uso da terra, reunidos em torno de objetivos e metas comuns, assim como abrir espaço para a participação da sociedade civil na elaboração, implementação e monitoramento do ZEE. O processo de implementação de um ZEE para o estado do Mato Grosso encontra-se em andamento. Não deve ser visto como a panacéia para os problemas regionais do uso da terra, mas já é uma iniciativa que vão ao encontro da necessidade de planejamento da ocupação e uso do solo no estado do Mato Grosso.

É interessante observar que proposta de utilizar os perfis de emissões de gases de efeito municipal para inferir os estágios de consolidação da fronteira é corroborada pelo ZEE do MT⁴⁰. Sorriso foi classificado como fronteira consolidada, Alta Floresta como área que requer readequação dos sistemas de Manejo para Reordenação da Estrutura Produtiva e Feliz Natal como área que requer readequação dos sistemas de Manejo para Conservação e/ou Recuperação de Recursos Hídricos.

Questão climática como guarda chuva das problemáticas ambientais

Outro fator que se evidencia é o fato da mitigação das emissões do setor agropecuário implicar em conseqüências positivas para outras problemáticas ambientais, como erosão do

⁴⁰ Mapa temático interativo disponibilizado para consulta pública em www.geo.seplan.mt.gov.br/zsee/

solo, conservação da biodiversidade, assoreamento de rios, perda de qualidade no abastecimento de água, etc.

Esta percepção traz à luz da consciência política a necessidade de repensar a organização da engrenagem pública. Ora, se as mudanças climáticas constituem uma ameaça global e civilizatória, envolvendo todos os grandes ciclos ecológicos da matéria (ciclo do carbono, ciclo do nitrogênio e ciclo da água), uma gestão climática que se proponha a ser efetiva, exige a mesma perspectiva sistêmica na elaboração de suas estratégias política e implementação.

Neste sentido, a criação de uma secretaria de mudanças climáticas e qualidade ambiental no âmbito do MMA por si só não é suficiente para dar conta das demandas que a urgência da situação exige. A atual estrutura da gestão ambiental brasileira, apesar de estar vivenciando importantes avanços em seu processo de consolidação (e retrocessos também), ainda restringe seu escopo de ação na gestão dos eventuais impactos negativos na biosfera frutos da dinâmica econômica. Frequentemente mais remedeiam do que previnem. Porém, diante da perspectiva dos imensos custos ambientais e socioeconômicos na inação, se justifica a criação de uma rede institucional na qual as mudanças climáticas sejam consideradas como elemento amplo, como um guarda-chuva, que reúne sob si diversas problemáticas ambientais, tanto as locais e regionais, cuja gestão atualmente está sob os auspícios de outras instâncias governamentais.

3. Política de Educação Ambiental: rompendo a inércia comportamental

Por fim, o tripé tem como último sustentáculo políticas voltadas para educação. Aqui, compreende tanto investimentos que resultem na ampliação do acesso a educação pública de qualidade, como a incorporação de conteúdos que instrumentalizem as futuras gerações do conhecimento necessário à compreensão das conseqüências das diversas formas de uso do solo sobre as dimensões sociais, ambientais e econômicas e como seus padrões de consumo contribuem para o risco de um colapso climático.

Uma população mais esclarecida é capaz: 1) questionar modelos socioeconômicos e refletir sobre alternativas; 2) analisar de forma mais crítica a realidade na qual se insere, julgando com maior propriedade o mérito das políticas públicas, tornando a aceitação destas, quando houver a perspectiva de benefícios reais, mais fácil. 3) Julgar a avalanche de informações que serão despejadas pelos mais distintos atores defendendo os mais diversos interesses sob a roupagem do discurso da sustentabilidade. Não há dúvidas que a questão climática será apropriada (como já está sendo) pelas empresas objetivando associar uma imagem de responsabilidade climática a seus serviços e produtos. Será

necessário ao consumidor separar o joio do trigo. Multinacionais do petróleo que vem se comprometendo a plantar árvores a cada tantos litros vendidos em suas distribuidoras não estão contribuindo efetivamente para mitigação das mudanças climáticas, mas sim reforçando justamente o modelo energético (de base fóssil) responsável pela maior parte das emissões globais de gás carbônico. Na verdade estão se aproveitando da problemática climática para aumentar suas vendas. Se, por outro lado, estabelecessem que um determinado percentual da venda de gasolina ou diesel seria destinada a pesquisa e divulgação de tecnologias automotivas movidas por energia limpa, uma contribuição positiva seria feita na direção da mitigação das mudanças climáticas.

A proposta que será avaliada pelo congresso nacional sobre a destinação de parte dos dividendos obtidos na exploração do pré-sal brasileiro para um fundo de investimento público é uma excelente oportunidade para direcionar recursos para a adaptação e mitigação, especialmente do setor energético. Esta orientação reduz um dos principais obstáculos à efetividade das políticas públicas: fluxos de recursos em longo prazo.

O uso de indicadores integrados de sustentabilidade mostra-se fundamental neste processo de transição para sociedades mais sustentáveis da perspectiva climática, pois não só dá suporte a tomada de decisão política, como é um instrumento pedagógico poderoso, uma vez que traz a consciência coletiva e individual aspectos da realidade, fornecendo subsídios à escolhas entre padrões de consumo. Diante da tendência de crescimento demográfico e inserção em padrões de consumo intensivos em energia e matéria de populações antes marginalizadas das benesses da sociedade de consumo, políticas de comando e controle voltadas para mitigação e adaptação serão apenas paliativas que, apesar de obterem resultados importantes, não suficientes para garantir a manutenção do sistema climático abaixo do limite da catástrofe. É importante ter claro que a sustentabilidade é uma escolha social, emergindo a partir das escolhas individuais e sem uma mobilização da coletividade não a garantias de sobrevivência da civilização como a conhecemos.

Obviamente políticas de educação envolvem processos cujos resultados são observados em longo prazo. Contudo, isto não é desculpa para prorrogar tais iniciativas, uma vez que as decisões tomadas hoje irão determinar contextos que se projetam décadas no futuro. Basta lembrar que os problemas da gestão ambiental na Amazônia que lidamos hoje são fruto de decisões políticas da década de 1970. Independente da escolha política feita, o pensamento de longo prazo deve pautar todo e qualquer planejamento estratégico do Estado daqui para a frente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALA, G., C., CALDAS, L. S., HARIDASSAN, M., EITEN, G., Above and belowground organic matter and root: shoot ration in a cerrado in central Brazil, **Brazilian Journal of Ecology**, 2 (1):11-23, 1998

AGUIAR, R. G., RANDOW, C. V., FILHO, N. P., MANZI, A. O., AGUIAR, L. J. G. CARDOSO, F. L., Fluxos de massa e energia em uma floresta tropical no sudoeste da Amazônia, **Revista Brasileira de Meteorologia** (2006) v. 21, n. 3b, 248-257

ALIER, J. **O Ecologismo dos Pobres**, São Paulo, Ed. Contexto, 2007

ANUÁRIOS da Secretaria de Planejamento do estado do Mato Grosso, 2001-2007, disponível no sítio www.seplan.mt.gov.br

ARTAXO, P. DIAS, M. A., O Mecanismo da floresta para Fazer Chover, **Scientific American**, nº 11, abril 2003.

ASSAD, E.D. – Coord. Zoneamento Agrícola do Brasil - Análise de Riscos Climáticos e Atualização. Projeto Macroprograma 1. **Embrapa**, 2002.

BAILEY, R. G. 1996. *Ecosystem Geography*. Springer, New York. Field, C. B., M. J. Behrenfeld, J. T. Randerson and P. Falkowski. 1998. Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. **Science** 281:237–240.

BALA, G., CALDEIRA, K., MIRIN, A., WICKETT, M., DELIRE, C., PHILLIPS, T. J., Biogeophysical effects of CO2 fertilization on global climate, **Tellus** (2006), 58B, 620-627

BALMFORD, A. WHITTEN, T., Who Should pay for tropical conservation, and how could the costs be met ?, 2003, **Oryx**, 37(2): 238-250

BARDELIN, C. E. A., Os efeitos do Racionamento de Energia Elétrica ocorridos no Brasil em 2001 e 2002 com ênfase no consumo de energia elétrica, **dissertação (mestrado)**, USP, 2004

BARONI, M., **Revista de Administração de Empresas**, 32(2):14-24, São Paulo, 1997

BARRETO *et al.*, Pressão Humana na Floresta Amazônica Brasileira, Imazon, **World Resources Institute**, 2005

BARRETO, P.; PEREIRA, R.; ARIMA, E.; A pecuária e o desmatamento na Amazônia na era das mudanças climáticas, **Imazon**, Belém-PA, 2008

BARTELMUS, P., PINTER, L., HARDI, P., Sustainable Development Indicators, **Proposals for a way forward**, United Nations , 2005

BATIMANIAN, G. J.; HARIDASSAN, M. Primary production and accumulation of nutrients by the ground layer community of Cerrado vegetation of central Brazil. **Plant and Soil**, the Hague, v. 88, n. 3, p. 437-440, 1985

BAVA, S., Pensar um mundo diferente, **Le monde Diplomatique Brasil**, editorial, dezembro 2008

- BECKER, B. **Geopolítica da Amazônia – Dossiê Amazônia Brasileira I**, Estudos Avançados, vol.19, nº 53, São Paulo, 2005
- BELLEN, H. M., **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**, FGV, 2005, 194 p.
- BERGER, A.; LOUTRE, M. F., . An exceptionally long interglacial ahead ? Science. V. 297, p. 1287 – 1288, 2002.
- BONAN, G., Forests and Climate Change: Forcing, Feedbacks, and the Climate Benefits of Forests, **Science**, vol. 32, 1444-1449, junho, 2008
- BOSILOVICH M. G., SCHUBERT S. D. Water vapor tracers as diagnostics of the regional hydrologic cycle, **Journal of Hydrometeorology** (2002) 3: 149–165.
- BRANDÃO, A. S. P., Crescimento Agrícola no Brasil no Período de 1999/2004, explosão da soja e da pecuária bovina e seu impacto sobre o meio ambiente, **IPEA** Rio de Janeiro: 2005, disponível em www.ipea.gov.br/pub/td/2005/td_1103.pdf.
- BRANDÃO JÚNIOR, *et al*, Desmatamento e estradas não-oficiais da Amazônia, Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 de abril 2007, INPE, p. 2357-2364
- BRANNSTROM, C. , JEPSON, W., FILIPPI, A. M., REDO, D., XU, Z., GANESH, S., Land change in the Brazilian Savanna (Cerrado), 1986-2002: Comparative analysis and implications for land-use policy, **Land Use Policy** 25 (2008) 579-595
- BROSSARD, M.; LOPES ASSAD, M. L.; CHAPUIS, L.; BARCELLOS, A. O. Estoques de carbono em solos sob diferentes fitofisionomias de cerrados. *In*: LEITE, L. L & SAITO, C. H. (Org.). Contribuição ao Conhecimento Ecológico do Cerrado - Trabalhos Seleccionados do **3º Congresso de Ecologia do Brasil** (Brasília, 6-11/10/1996). Brasília: UnB, 1997, pp 272-277.
- BROWDER, J. O. Extractive reserves Will not save the tropics, **BioScience** 40, p. 626, 1988
- BROWN, A. L., THERIVEL, R., Principles to guide development of sustainability environmental assessment methodology, **Impact Assessment and Project Appraisal** 18 (3):183-189, 2000
- BROWN, K., CORBERA, E., Exploring equity and sustainable development in the new carbon economy, **Climate Policy**, 2003, 1469-3062
- BUSTAMANTE, M. M; OLIVEIRA, E. L., Impactos das atividades agrícolas, florestais e Pecuárias nos recursos naturais, **IX Simpósio Nacional sobre o Cerrado – SNC e II Simpósio Internacional sobre Savanas Tropicais – SIST**, Embrapa Cerrados, 12 a 17 de outubro, 2008, ParlaMundi, Brasília, DF
- CABRAL W., Serviços Macrossistêmicos da Amazônia Brasileira: visão sobre a escala da Economia Ecológica, Mesa redonda 01, Anais do VIII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 5-7 de agosto de 2009, Cuiabá (MT)
- CAMPOS, C., **A Conservação das Florestas no Brasil, Mudanças do Clima e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo**, 2001, Tese apresentada na Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

CARVALHO, A. M., *et al.*, Aplicações de diferentes fertilizantes nitrogenados: emissões de óxido nitroso em latossolo sob feijão e milho. In: IX Simpósio Nacional Cerrado, 2008, Brasília, DF.

CASTRO, E. A. Biomass, nutrient pool and response to fire in Brazilian Cerrado. 1996. **Dissertação (Mestrado)**, Oregon State University

CASTRO, E. A., KAUFFMAN, J. B., Ecosystem structure in Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire, **Journal of Tropical Ecology** (1998) 14:263-283 , 1998

CAVALCANTE, M.; FERNANDES, B. M.; Formação territorial, agronegócio e atuais mudanças na estrutura fundiária de Mato Grosso, **Revista Nera**, 9, n. 8, 2006, p.109-121

CAVALCANTI, C., Uma Tentativa de Caracterização da Economia Ecológica, **Ambiente & Sociedade**, VII (1), 2004, pp. 149-156

CELIS A. Stem water storage and diurnal patterns of water use in tropical forest canopy trees, **Plant, Cell and Environment** (1998) 21: 397–406.

CERRI, C. C. *et al.*, Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock, *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, v.66, n. 6, p.831-843, 2009

CONSTANZA, R. *et al.*, The Values of the world's ecosystem services and natural capital, **Nature**, 1997, 387: 253-260

COUTINHO, L. M. Fire in the Ecology of Brazilian Cerrado. In: Goldammer, J. G. (ed). *Fire in tropical biota: ecological process and global challenges*. New York: Springer-Verlag, 1990. P. 82-105 (Ecological Studies, 84)

CUNHA, J. M. P.; ALMEIDA, G. M. R. ; RAQUEL, F.; Migração e Transformação Produtivas na Fronteira: o caso do Mato Grosso. In: XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais. 2002. Ouro Preto. Minas Gerais

CUNHA, J. M. P.; Dinâmica migratória e o processo de ocupação do Centro-Oeste brasileiro: o caso do Mato Grosso; **R. Bras. Est. Pop., São Paulo**, v. 23, n. 1, p.87-107, 2006

DALY, H. E., Crescimento Sustentável? Não, Obrigado, **Ambiente & Sociedade**, VII (2), 2004, pp. 198-201

DEAN, W., **A ferro e fogo**: a história e a devastação da Mata Atlântica Brasileira, Companhia das letras, 1997, 484 p.

DIAMOND J., **Colapso**, 5ª Ed., Rio de Janeiro:Record, 2007

DIAMOND, J., **Armas, Germes e Aço**: os destinos das sociedades humanas, ed. Record, 9ª edição, São Paulo, 2007

Embrapa Soja Disponível no sítio

www.cnpso.embrapa.br/index.php?cod_pai=16&op_page=294. Acessado em 28/06/2009.

EMBRAPA, Influência do manejo da produção animal sobre a emissão de metano em bovinos de corte, Relatório Técnico, coordenação Magda Aparecida, São Paulo, 2003

FARLEY, J., Serviços Macrossistêmicos da Amazônia Brasileira: visão sobre a escala da Economia Ecológica, Mesa redonda 01, Anais do VIII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 5-7 de agosto de 2009, Cuiabá (MT)

FEARNSIDE, P. M.. Estoque e estabilidade do carbono nos solos na Amazônia brasileira. pp. 259–262. In: W. Teixeira, D.C. Kern, B.C. Madari, H.N. Lima & W.I. Woods (eds.) **As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, Amazonas, 2009a, 416 pp.

FEARNSIDE, P., Serviços Macrossistêmicos da Amazônia Brasileira: visão sobre a escala da Economia Ecológica, Mesa redonda 01, Anais do VIII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 5-7 de agosto de 2009 c, Cuiabá (MT)

FEARNSIDE, P.M., C.A. Righi, P.M.L.A. Graça, E.W.H. Keizer, C.C. Cerri, E.M. Nogueira and R.I. Barbosa. nd. Biomass and Greenhouse-Gas Emissions from Land-Use Change in Brazil's Amazonian "Arc of Deforestation": The states of Mato Grosso and Rondônia. **Forest Ecology and Management** (in press) 2009 b.

FEDDEMA, J. J., *et al.*, The importance of land-cover change in simulating future climates, **Science** (2005), vol. 310, p. 1674-1678

FERNANDES, S. A. P., *et al.*, Seasonal variation of soil chemical properties and CO₂ and CH₄ fluxes in unfertilized and P-fertilized pasture in an Ultisol of Brazilian Amazon, **Geoderma** 107:227-241, 2002.

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, 2005

FERREIRA, D. A. C., Modelagem do desmatamento no noroeste Mato-Grossense, 2006, INPA, www.siglab.inpa.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=54&Itemid=74, acessado em 15 de agosto de 2009.

FERREIRA, S. J. F., LUIZÃO, F. J., DALLAROSA, R. L. G., Precipitação interna e interceptação da chuva em floresta de terra firme submetida à extração seletiva de madeira na Amazônia Central, *Acta Amazonica* (2005), v. 35(1): 55-62

FIELD C. B., BEHRENFELD M. J., RANDERSON J., FALKOWSKI (1998) Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. *Science* 281:237–240

FNP, Análise de Mercado: relatório bimestral, n. 003, 2005l

FOLKE, C. CARPENTER, S. WALKER, B. SCHEFFER, M. ELMQVIST, T. GUNDERSON, L. , HOLLING, C. S. , Regime Shifts, Resilience, and Biodiversity in Ecosystem Management, **Annual Rev. Ecol. Evol. Syst.**, 35:557-81, 2004

FRASER, E.D.G, DOUGILL, A.J., MABEE, W.E., REED, M. & MACALPINE, P., Bottom up and top down: Analysis of participatory process for sustainability indicator identification as a pathway to community empowerment and sustainable environmental management, **Journal of Environmental Management** XX (XXXX), 1-14, 2005, pp.1-14

FREITAS, M. A. V., Vulnerabilidades da Hidroenergia, **Scientific American Brasil**, edição especial, nº 32, 2009

FRONDISSE, I. M. R. L. , O mecanismo de desenvolvimento Limpo: guia de orientação 2009, Imperial novo Milênio, Rio de Janeiro, 2009

FUJUDA-PARR, S., KUMAR, S., **Desenvolvimento Humano: leituras Seleccionadas**, Belo Horizonte PUC Minas Virtual: PNUD, 2007, p.25-39.

FURTADO, C., O mito do Desenvolvimento Econômico, Paz e Terra, 1974.

GAMA, A. *et al.* **O Avanço da soja e a questão fundiária na Amazônia: o caso do Baixo Amazonas 1**, IPAM, 2006.

GEERTZ, Clifford; **A Interpretação das Culturas**. Zahar Editores. Rio de Janeiro, 1986.

GEERTZ, Clifford; **O Saber Local: Novos Ensaios em antropologia interpretativa**. Tradução de Vera Mello Joscelyne. Editora Petrópolis. Rio de Janeiro, 2007.

GIBBS, H. *et al.*, Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD: a reality, **Environmental Research Letters 2**, 2007, 045023 (1-13)

GIBBS, H. *et al.*, Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD: a reality, **Environmental Research Letters 2**, 2007, 045023 (1-13)

GIDDENS, Anthony, **As conseqüências da modernidade**. Tradução de Raul Fiker. Editora Unesp. São Paulo, 1991.

GOLDSTEIN G, ANDRADE J. L., MEINZER F. C., HOLBROOK N. M., CAVELIER J., JACKSON P.,

GORDON L.J., STEFFEN W., JONSSON B. F., FOLKE C., FALKENMARK, M., JOHANNSEN A.

GRACE, J., LOYD, J., McINTYRE, J., MIRANDA, A.C., MEIR, P., MIRANDA, H., MONCRIEFF, J.M., MASSHEDER, J., WRIGHT, I.R. GASH, J. (1995) Fluxes of carbon dioxide and water vapour over an undisturbed tropical rainforest in south-west Amazonia. **Global Change Biology**, 1, 1–12.

GRACE, J.; SAN JOSÉ; MEIR, P.; Miranda, H. S.; MONTES, R. A. Productive and carbon fluxes of tropical savannas. **Journal of Biogeography**, (2006) v. 33, p. 387-400

GREENLAND, D.; GOODIN, D. G., SMITH, R. C., Climate Variability and Ecosystem Response at Long-Term Ecological Research Sites, 2003, Oxford University press, 459 pp.

HANSEN, J., Target Atmospheric CO2: Where Should Humanity Aim?, **The Open Atmospheric Science Journal**, 2008, 2, 217-231

HARDIN, Peter.; BARG, S. **Measuring sustainable development: Review of current practice**. Ocasional paper number 17, páginas 1-12. Internacional Institute for Sustainable Development, Canada, 1997.

HECHT, S. B., Logics of livestock and deforestation: the case of Amazonia. P. 7-25. In: DOWNING, T. E., HECHT, S. B., PEARSON, H. A., GARCIA-DOWING, C. (Ed). Development or destruction: the conversion of tropical forests to pasture in latin America. Boulder, Colorado: Westview Press, 1992

HIGUCHI, N., CHAMBERS, J., SANTOS, J., RIBEIRO, R., PINTO, A. C., SILVA, R. P., ROCHA, R. M., TRIBUZY, E. S., Dinâmica e Balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia Central, **Floresta** (2004) 34 (3) set/dez, 295-304, Curitiba (PR)

HIGUCHI, N.; CARVALHO JÚNIOR, J. A. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: Seminário emissão x seqüestro de CO₂ – uma nova oportunidade de negócios para o Brasil, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: CVRD, 1994. p. 125-145.

HOLLING, C.S. MEFFE, G. K., Command and Control and the Pathology of Natural Resource Management, *Conservation Biology* (10), nº 2, 1996, p. 328-337

HOLMBERG, J. *et al.*, The ecological footprint from a systems perspective of sustainability, **International Journal of Sustainable Development and World Ecology** 6:17-33

HOPWOOD, B. , MELLOR, M., O'BRIAN, G. , Sustainable Development: Mapping Different Approaches, **Sustainable Development** 13, 38-52 (2005)

HOUGHTON, R. A. Aboveground Forest Biomass and the Global Carbon Balance, *Global Change Biology* (2005b) 11, 945-958

HOUGHTON, R. A., K. T. Lawrence, J. L. Hackler, and S. Brown. 2001. The spatial distribution of forest biomass in the Brazilian Amazon: a comparison of estimates. **Global Change Biology** (2001) 7:731-746.

HOUGHTON, R. A., Tropical deforestation as a source of greenhouse gas emissions, in *Tropical Deforestation and Climate Change*, (ed) MOUTINHO, P. e SCHEARTZMAN, S., **Amazon Institute for Environmental Research**, 2005a

HUBERT-MOY, L., *et al.*, Esquema de valorização de terras no cerrado: estudo por sensoriamento remoto do município de Sorriso (Mato Grosso, Brasil). In: DUBREUIL, V.; *Environnement et télédétection au Brésil: meio ambiente e teledetectecção no Brasil* Mato Grosso, Paraná, São Paulo, PUR, 2002

Human modification of global water vapor flows from the land surface, **Proceedings of the National Academy of Sciences** (2005) 102: 7612–7617.

IPCC AR4 (Fourth Assessment Report), Working Group I, The Physical Science Basis, 2007, disponível em www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm

IPCC TAR (Third Assessment Report), Working Group I, Summary policy-makers, 2001, disponível em www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/synthesis-syr/english/wg3-summary-policymakers.pdf

JUNG, C., **Presente e Futuro**, 5a edição, Petrópolis, Vozes, 2008

KELLER, M. et. al. Effect of pasture age on soil trace-gas emissions from a deforested area of Costa Rica. *Nature* 365, p.244-246, 1993

KLINGER, H., RODRIGUES, W. A., Biomass estimation in Central Amazonian rain Forest, *Acta Científica Venezolana*, v. 24, p. 255-237, 1973

KNUTTI, R. MEEHL, G., Constraining Climate Sensitivity from the Seasonal Cycle Temperature, **Journal of Climate**, 2005, 19: 4224- 4233

KREMEN, C. et. al., Economic Incentives for Rain Forest Conservation Across Scales, **Science**, 2000, vol 288: 1828-1832

LAURANCE, W. F.; FEARNESIDE, P. M.; LAURANCE, S. G.; DELAMONICA, P.; LOVEJOY, T. E.;

LEMOS, M., AGRAWAL, A., Environmental Governance, **Annu. Ver. Resour**, 2006, 31: 297-325.

LIMA, A., Análise da estrutura e do estoque de fitomassa de uma floresta secundária da região de Manaus AM, dez anos após corte raso seguido de fogo, **Acta Amazônica**, vol. 37 (1) 2007: 49-54

LINDOSO, et al. Uma avaliação pré-liminar da “pegada climática” entre os estados brasileiros, apresentado VIII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, Anais, Ciabá, 2009

LOBELL D. B., BURKE M. B., TEBALDI C, MASTRANDEA MD, FALCON W. P., NAYLOR R. L. 2008. Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. **Science** 319: 607–610.

LOESCHER H. W., GHOLZ H. L, JACOBS J. M, OBERBAUER S. F., Energy dynamics and modeled evapotranspiration from a wet tropical forest in Costa Rica **Journal of Hydrology** (2005) 315: 274–294.

LOPES, E. S., Capacidade Fixadora de nitrogênio de *Rhizobium* autóctone associada com soja perene e siratro, em dois solos do estado de São Paulo, Boletim Científico do Instituto Agrônômico do Estado de S. Paulo (1971), vol. 30 n. 15, p. 145-154

LUIZÃO, R. C. C.; NASCIMENTO, Henrique. Efeitos da fragmentação florestal sobre os processos funcionais da floresta. In: VII CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL. Mesa-redonda do LBA. Caxambu: 2005.

MACHADO, R. B., RAMOS NETO M. B., PEREIRA P. G. P., CALDAS, E., GONÇALVES, SANTOS N. S, TABOR K., STEININGER M. . 2004. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Relatório técnico não publicado. **Conservação Internacional**, Brasília, DF.

MAITELLI, G. T., et al., Ecosistemas naturais e ocupação do solo na Amazônia mato-grossense: uma caracterização regional. In: DUBREUIL, V.; Environnement et télédétection au Brésil: meio ambiente e teledeteção no Brasil Mato Grosso, Paraná, São Paulo, PUR, 2002

MAKARIEVA, A. M., GORSHKOV, V. G., LI, B. L., Precipitation on land versus distance from ocean: evidence for a forest pump of atmospheric moisture, **Ecological Complexity** (2009), doi: 10.1016/j.ecocom.2008.11.004

MALHI, Y. NOBRE, A., GRACE, J. KRUIJT, B., PEREIRA, M. G. P., CULF, A., SCOTT, S., Carbon dioxide transfer over Central Amazonian rain Forest, **Journal of Geophysical Research Atmospheres** (1998) 103 (D24), 31, 593-612

MARENGO, J, Caracterização do Clima no Século XX e Cenários Climáticos no Brasil e na América do Sul para o século XXI derivados de Modelos Globais de Clima do IPCC, INPE, 2007 Available from www.cptec.inpe.br/mudancas_climaticas (acessado em 15 de maio, 2008)

MARENGO, J, On the Hydrological Cycle of the Amazon Basin: A historical Review and Current State-of-the-Art **Revista brasileira de meteorologia**, p.1-19, v.21, n° 3, 2006

MARENGO, J, **Caracterização do Clima no Século XX e Cenários Climáticos no Brasil e na América do Sul para o século XXI derivados de Modelos Globais de Clima do IPCC**, INPE, 2007 Disponível em www.cptec.inpe.br/mudancas_climaticas (acessado em 15 maio, 2008)

MARENGO, J. I., **Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o século XXI: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais**, INPE, 2007, Disponível em www.cptec.inpe.br/mudancas_climaticas/ (acessado em 17 maio, 2008).

MARGULIS, S., **Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira**, Banco Mundial-Brasil, July 2003

MARIN, F.R.; Coord. Zoneamento de Riscos Climáticos: abordagem para agricultura familiar, bioenergia e pastagens. Projeto Macroprograma 1, **Embrapa**, 2006.

MATOS, F. KIRCHNER, F., Estimativa de Biomassa da Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme na Amazônia Central com o Satélite IKONOS II, **Floresta**, Curitiba, v. 38, nº1, jan/mar 2008

MEADOWS, D. **The Limits to Growth**, A global Challenge: A report for the club of Rome Project on the Predicament of mankind, universe Books, New York, 1972, p. 122-128

METZGER, J. P., Bases biológicas para a reserva legal, *Ciência Hoje* (2002) vol. 31, n. 18, p.48-49

MICOL, L. *et. al*, Redução das Emissões do Desmatamento e da Degradação (REDD): potencial de aplicação em Mato Grosso, **ICV**, 2008

MIRANDA, A. C.; MIRANDA, H. S.; LLOYD, J.; GRACE, J.; FRANCEY, J. A.; Mc INTYRE, J. R.; MEIR, P.; RIGGAN, P.; LOCKWOOD, R.; BRASS, J. Fluxes of carbon, water and energy over Brazilian cerrado: an analysis using eddy covariance and stable isotopes. **Plant, Cell and Environment**, v. 20, p. 315-328, 1997.

MIRANDA, H. S., SATO, M. N., ANDRADE, S. M., HARIDASSAN, M., MORAIS, H. C., Queimadas de Cerrado: caracterização e impactos, cap. 3 (in) *Cerrado: ecologia e caracterização*, (org) Aguiar, L. M. S., CAMARGO, A. J. A., Embrapa, Brasília, 2004

MOHAMED Y. A., van den HURK B., SAVENIJE H. H. G., BASTIANSSEN W.G. M. Hydroclimatology of the Nile: Results from a regional climate model. *Hydrology and Earth System Sciences* (2005) 9: 263–278.

MORAES, J. L.; CERRI, C.C.; MELILLO, J. M.; KICKLIGHTER, D.; NEIL, C.; SKOLE, D.L., STEUDLER, P. A. Soil carbon stocks of the Brazilian Amazon Basin. **Soil Science Society of America Journal** (1995) 59: 244-247.

MOREIRA, A. G. Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 27, p. 1021-1029, 2000

Mudança do Clima: Mercado de Carbono, **Cadernos NAE nº 4: processos estratégicos de longo prazo**, 2005

NASCIMENTO, H. E. M., LAURANCE, Efeitos de área e de borda sobre a estrutura florestal em fragmentos de florestas de terra-firme após 13-17 anos de isolamento, **Acta Amazonica** vol. 36(2) 2006 :183-192

NEPSTAD, D. C.; CARVALHO, C. R.; DAVIDSON, E. A.; JIPP, P. H.; LEFEBVRE P. A.; NEGREIROS, G. H.; SILVA, E. D.; STONE T. A.; TRUMBORE, S. E., VIEIRA, S. The role of deep roots in the hydrological cycles of Amazonian forests and pastures. **Nature** (1994) 372: 666-669.

NEPSTAD, D. Compensando pela Conservação da Amazônia, **Jornal valor econômico**, 23 de julho de 2008, p.12.

NESS, B. *et al*, Categorising tools for sustainability assessment, **Ecological Economics** 60 (2007) 498-508

NETO, S. R., A Taxa Tobin como Instrumento de Inclusão Social, 2007, disponível em <http://www.unirp.edu.br/revista/A%20TAXA%20TOBIN%20COMO%20INSTRUMENTO%20DE%20INCLUS%C3%83O%20SOCIAL.pdf> NOBRE, C., Palestra apresentada no auditório da reitoria da Universidade de Brasília em novembro de 2008.

NOBRE, C. NOBRE, A. O balanço de Carbono na Amazônia Brasileira, **Estudos Avançados**, 2002, 16(45): 81-90

NOBRE, C.A; GASH, J. H. C. Desmatamento muda clima da Amazônia. **Ciência Hoje** (1997) 22 (128): 32-41.

NOGUEIRA, S. P., Modelagem da Dinâmica de Desmatamento em diferentes escalas espaciais na região nordeste do estado de Mato Grosso, INPA, 2006, disponibilizados em www.iglab.inpa.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=55&Itemid=75, acessado em 15 de agosto de 2009.

OJIMA, A. L. R. O.; Fluxos de Exportação de Soja do Estado do Mato Grosso: Uma Aplicação de Programação Linear. In: XLIV Congresso da Sober, Fortaleza, Ceará, 2006

OMETTO, J. P.; NOBRE, A. D.; ROCHA, H. R., ARTAXO, P., MARTINELLI, L. A., Amazonia and the modern cycle: lessons learned, **Oecologia** (2005) 143: 483-500

OTTMAR, R. D.; VIHANEK, R. E.; MIRANDA, H. S.; SATO, M. N.; ANDRADE, S. M. A., Stereo photo series for quantifying Cerrado fuels in Central Brazil = Series de estéreo-fotografias para quantificar a biomassa da vegetação do Cerrado do Brasil Central, Washington: USDA: USAID; Brasília, DF: UnB, 2001. V. 1.

PAIVA, A. O; FARIA, G. E., Estoque de carbono do solo sob cerrado *sensu stricto* no DF, Brasil, **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, 2007 V. 1, nº 1 p.59-65

PARRIS, T. M., KATES, R. W., Characterizing and Measuring Sustainable Development, **Annual Review Environmental Resources**, 28 (2003): 13.1-13.28,

PASSOS, M. M.; Aspectos da Ocupação do Território mato-grossense: a urbanização. In: DUBREUIL, V.; Environnement et télédétection au Brésil: meio ambiente e teledetectção no Brasil Mato Grosso, Paraná, São Paulo, PUR, 2002

PAVANELLI, I. E. , Fixação Biológica de Nitrogênio em soja em solos cultivados com pastagens e culturas anuais do oeste paulista. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE), Presidente Prudente, SP

PELLEGRINO G., Assad, E., Marin, F., *Mudanças Climáticas Globais e a Agricultura no Brasil*, **Revista Multiciência**, Campinas, nº8, 2007

PERRY, M., Palestra apresentada no IPEA, Brasília 29 de outubro, 2008

PHILIPS O. L., MALHI, Y.; HIGUCHI N.; LAURANCE W. F.; NUÑEZ, P. V.; VASQUEZ, R. M.; LAURANCE, S. G.; FERREIRA, L. V.; STERN, V.; BROWN, S., GRACE, J. Changes in the carbon balance of tropical forests: evidence from long-term plots. **Science**, 282(5388):439-442, 1998.

POPE, J. , A., Conceptualising sustainability assessment, **Environmental Impact Assessment Review** 24 (2004) 595-616

POPE, J. MORRISON-SAUNDERS, ANNANDALE, D, Applying sustainability assessment models, **Impact Assessment and Project Appraisal** 23 (4):293-302, 2005

POUGH, F. H. et. al. **A vida dos vertebrados**. 2.ed. São Paulo: Atheneu Editora, 1999.

PRIMEIRO inventário de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa não controlados pelo protocolo de Montreal, Brasília, 2004. Disponível em www.mct.gov.br/index.php/content/view/25441.html

RANDAL, D. et.al. **Fisiologia Animal: mecanismos e adaptações**. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

RANKIN-DE MERONA, J. M.; CHAMBERS, J. Q.; GASCON, C. Relationship between soils and Amazon forest biomass: a landscape-scale study. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 118, n. 1-3, p. 127-138, 1999.

RAVEN, P. H. **Biologia Vegetal**. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001

REZENDE, A. V., Diversidade, estrutura, dinâmica e prognose do crescimento de um cerrado sensu stricto submetido a diferentes distúrbios por desmatamento. 2002. **Tese (doutorado)** Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

RIBEIRO, J. D.; Terra e garimpos: um estudo da violência na consolidação do espaço da colonização. Alta Floresta-MT (1978-1983). Dissertação (Mestrado em História). 2001. Departamento de História, UFMT, Cuiabá-MT

RICKLEFS, R. E., *A Economia da Natureza*, Editora Guanabara, 2003

ROCHA, H. R.; FREITAS, C. H.; ROSOLEM, R.; JUAREZ, R. I. N.; TANNUS, R. N.; LIGO M. A.; CABRAL, O. M. R.; SILVA DIAS, M. A. F. Measurements of CO exchange over a woodland savanna (Cerrado Sensu stricto) in southeast Brasil. **Biota Neotropica**, v. 2, n. 1, p. 1-11, 2002.

RODRIGUES-FILHO *et al.*, Climate Change in Mali and Brazil: Towards an evaluation method of climate change and land use policies, Lei WageningenUR/ Dutch Ministry of Agriculture, Nature And Food Quality, Holanda, 2009

RODRIGUES-FILHO, S., Indicadores de Desenvolvimento Sustentável, palestra apresentada na sede do Centro de Desenvolvimento Sustentável, UnB, 6 de maio de 2009

ROMEIRO, A., Serviços Macrossistêmicos da Amazônia Brasileira: visão sobre a escala da Economia Ecológica, Mesa redonda 01, Anais do VIII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 5-7 de agosto de 2009, Cuiabá (MT)

ROSOLEM, R., O impacto do desmatamento no ciclo hidrológico: um estudo de caso para a rodovia Cuiabá-Santarém, dissertação de mestrado defendida no dia 31/10/2005 na ESALQ/CENA; orientador: Humberto Ribeiro da Rocha

RUDDIMAN, W. F., VAVRUS, S. J., KUTZBACH, J. E., A test of the overdue-glaciation hypothesis, *Quaternary Science Review*, n. 24, p. 1-10, 2005.

RUDDIMAN, William F. The anthropogenic greenhouse era began thousands of years ago. **Climate Change**. N. 61, p. 261 – 293, 2003

SALATI *et al*, Origem e Distribuição das Chuvas na Amazônia **Interciência** (1978) v. 3, nº 4, p.200-205

SALATI, E. VOSE, P, Amazon Basin: A System in Equilibrium **Science** (1984), v. 225, nº 4658

SALIMON, C. *et al.*, Mudança de Cobertura da Terra e Fluxo de CO₂ do solo para a atmosfera na Amazônia Sulocidental. , Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, 05-10 de abril, 2003, INPE, p. 699-705

SANDOR, R., BETTELHEIM, E., SWINGLAND, I., An overview of a free market approach to climate change and conservation, **Phil. Trans. R. Soc. Lond. A**, 2002, 360: 1607-1620.

SANTOS, R. C., Desenvolvimento de uma metodologia para avaliação de usabilidade de sistemas utilizando a lógica *fuzzy* na ISO. 2007.**Dissertação** (Mestrado Profissionalizante em Administração) – Programa de Pós- Graduação em Administração, IBMEC, Rio de Janeiro

SANTOS, R., *et al.*, O desmatamento nas Unidades de Conservação em Mato Grosso, ICV, 2006

SANTOS, S. R. M., MIRANDA, I. S., TOURINHO, M. M., Estimativa de biomassa de sistemas agroflorestais das várzeas do rio Juba, Cametá, Pará, *Acta Amazonica*, v. 34(1) 2004:1-8

SAVENIJI, H. H. G. New definitions for moisture recycling and the relationship with land-use changes in the Sahel. **Journal of Hydrology** (1995) 167: 57–78.

SCHAEFFER, M. KRAM, T. MEINSHAUSEN, M. VUUREN, D. P., HARE, W., Near-linear cost increase to reduce climate-change risk, **PNAS**, 2008, 105 (52):20621-20626

SCHEFFER, M. *et al*, **Catastrophic shifts in Ecosystems**, *Nature*, 413:591-596, 2001.

SEN, A., **Desenvolvimento Humano: leituras Seleccionadas**, Belo Horizonte PUC Minas Virtual: PNUD, 2007, p.43-61.

SHEIL, D., MURDIYARSO, D., Growth assessment in tropical trees: Large daily diameter fluctuations and their concealment by dendrometer bands. **Canadian Journal of Forest Research** (2003) 33: 2027–2035.

SHIVA, V., *Monoculturas da Mente: perspectivas da Biodiversidade e da Biotecnologia*, ed. Gaia, São Paulo, 2003

SILVA, R. P., *Alometria, Estoque e Dinâmica da Biomassa de Florestas Primárias e Secundárias na Região de Manaus (AM)*, Tese (Doutorado), INPA/UFAM, 2007

SILVEIRA, P., KOEHLER, H. S., SANQUETTA, C. R., ARCE, J. E., *O Estado da arte na estimativa de Biomassa e carbono em formações florestais*, *Floresta*, Curitiba (PR), v. 38, n.1, jan/mar. 2008

SIQUEIRA *et.al*, *Mudanças Climáticas projetadas através dos modelos GISS e reflexos na produção agrícola brasileira*, **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, n 2, p. 311-320, 2000

SOARES FILHO B. *et al*, *Cenários de Desmatamento para a Amazônia*, **Estudos Avançados**, 2005, 19 (54): 137-152

SOARES-FILHO, B. S. *Fragmentação da paisagem florestal em função da dinâmica fundiária no norte do Mato-Grosso*. X Sociedade Brasileira de Sensoriamento Remoto. Foz do Iguaçu, p.987-995, 2001.

SOARES-FILHO, B. S., *Análise das mudanças de cobertura do solo no norte do Mato Grosso, Brasil*. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 2005, p. 3357-3364

SÖDERBAUM, P., *Issues of paradigm, ideology and democracy in sustainability assessment*, **Ecological Economics** 60 (2007) 613-626

SOUZA C. F., *et al*; *Produção Volumétrica de Metano – Dejetos de Suínos*, *Ciênc. Agrotec. Lavras*, v. 32, n. 1, p.219-224,

STERN, N. *Palestra apresentada na sede da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP)*, São Paulo 04 de novembro, 2008

TIAN, H., MELILLO, J. M., KICKLIGHTER, D. W., McGUIRE, A. D., HELFRICH, J., MORE, B., VÖRÖSMARTY, C. J., *Climatic and biotic controls on annual carbon storage in Amazonian ecosystems*, **Global Ecology & Biogeography** (2000) 9, 315-335

TONI, F; *et.al*. **Expansão e trajetórias da pecuária na Amazônia**. Acre: Ed. UnB, 2007.

TORRES, M. (ed.) 2005. *Amazônia revelada: Os descaminhos ao longo da BR-163*. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasília, DF. 496pp.

TRUMBORE, S. E.; DAVIDSON, E. A.; CAMARGO, P. B.; NEPSTAD, D.C., MARTINELLI, L. A. *Below-ground cycling of carbon in forests and pastures of eastern Amazonia*. *Global Biogeochemical Cycles* (1995) 9(4): 515-528.

VALENTINI, C. *et. al*, *Estimativa do Efluxo de CO₂ do solo por meio de regressão Múltipla para floresta de transição no noroeste de Mato Grosso*, **Cerne, Lavras**, v. 14, nº 1, p.9-16, jan-mar. 2008

VEIGA, J. B; *et.al*. **Expansão e trajetórias da pecuária na Amazônia**. Brasília: Ed. UnB, 2004.

VICENTINI, K. R. F. Análise palinológica de uma vereda em Cromínia – GO, 75. Dissertação – Universidade de Brasília, Brasília, 1993

VIEIRA, S. A. *et al.*, Estimation of biomass and carbon stocks: the case of the Atlantic Forest, **Biota Neotropica** (2008) 8 (2): 21-29

WALTER, B. M. T., CARVALHO, A. M., RIBEIRO, J. F., O conceito de Savana e de seu componente Cerrado, (in) Cerrado: Ecologia e Flora, (org) SANO, S. M., ALMEIDA, S. P., RIBEIRO, J. F., v. 1, Embrapa, 2008

WANG, X.; FENG, Z.; OUY ANG, Z. The impact of human disturbance on vegetative carbon storage in forest ecosystems in China. **Forest Ecology and Management**. V. 148, p. 117–123. 2001.

WIENS, S., Índice de Qualidade Ambiental para os Bairros de Curitiba, **IX ENGEMA – Encontro Nacional Sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente**, Curitiba, 19 a 21 de novembro de 2007,

WIGLEY, T. M. L, The Climate Change Commitment, **Science**, 2005, 307: 1766-1769

WILLIAMS, M., MALHI, Y., NOBRE, A. D., RASTETTER, E. B., GRACE, J., PEREIRA, M. G. P., Seasonal variation in net carbon Exchange and evapotranspiration in Brazilian rain forest: a modeling analysis, *Plant, Cell and Environment* (1998) 21, 953-968

Sítios Oficiais Consultados:

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA): www.agricultura.gov.br,

Instituto de Pesquisas Econômicas aplicadas (IPEA): www.ipea.gov.br

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE): www.inpe.br

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGECidades) www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1

Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA): www.incra.gov.br

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA): www.ibama.gov.br/

Secretaria de Planejamento e coordenação geral do MT (SEPLAN-MT): www.seplan.mt.gov.br/html/

APÊNDICE A

Expedição LUPIS/Duramaz 2008

Percepções ao longo da BR 163: entre Cuiabá e Alta Floresta

Segue um breve relato das experiências, impressões e percepções do campo realizado pelos alunos de mestrado do CDS/UnB, Diego Pereira Lindoso e Nathan Derbotoli, em conjunto a equipe do projeto Duramaz entre os dias 03 e 13 de julho de 2008. A nossa ida insere-se no âmbito do projeto LUPIS, projeto este financiado pela União Européia e que visa avaliar os impactos das políticas públicas para o Uso da Terra em países em desenvolvimento antes que sejam implementadas. O recorte espacial adotado é a região do norte do Mato Grosso na área de abrangência da BR 163, sendo os objetivos dessa viagem ter um aproximação inicial com a área de estudo, estabelecendo contato com alguns atores-chaves, coletando material pertinente ao projeto LUPIS, além de auxiliar demandas do projeto Duramaz durante o trajeto. A expedição contou com o apoio financeiro do IRD, representado pelo coordenador de atividades SEAS do Brasil, Laurent Durieux, e da Universidade de Brasília. Foram dez dias percorrendo algumas centenas de quilômetros de asfalto da BR 163 entre Cuiabá e Alta Floresta, além de outros tantos em estradas marginais, abrangendo áreas de Cerrado, Vegetação de transição e Floresta Amazônica, além de perpassar os mais distintos usos do solo, desde os campos intermináveis de algodão próximos a Sorriso, até as grandes propriedades de gado em Alta Floresta.

Visita a latifúndio de soja em zona de floresta de transição em Sorriso (03/07/2008)

A fazenda está localizada a 20 minutos de carro de Sorriso. O acesso se dá por uma estrada na saída oeste da cidade, cuja metade da pavimentação foi financiada pela iniciativa privada (fazendeiros) e a outra pelo governo estadual. Um pedágio de R\$ 3,50 é exigido. A fazenda compreende 13 mil ha, dos quais cerca de 5 mil é de reserva legal e APP, enquanto os demais 8 mil correspondem a área de cultivo de milho, soja, pasto e milheto. A soja constitui a principal produção, sendo plantada a partir do final de setembro, outubro e na primeira dezena de novembro, aproveitando o início das chuvas. A pluviosidade não representa uma limitação ao crescimento da planta, mas pode interferir no trabalho das máquinas durante a colheita. Entretanto, o grão da soja exige condições ideais de umidade para serem colhidos; caso o período recomendável seja extrapolado, as sementes apodrecem no pé e perdem valor econômico. Toda produção é vendida para a ADM, a qual a armazena em seus silos e cuida do processamento e exportação. Umidade, farelo, palha, etc. são descontados pela empresa na pesagem final, chegando a um valor sobre o qual o pagamento é feito. Costuma-se vender a safra antes da colheita, estimando-se a produtividade e dando como garantia a Cargil, Bunge e Adm (figura 2), terras ou a própria produção em troca de empréstimos ou aporte de insumos no início do plantio. Desse modo,

cria-se uma dependência do pacote oferecido pelas grandes multinacionais. Contrapondo essa situação, existem armazéns e silos particulares distribuídos pelo município, permitindo a especulação independente das três empresas; também há a opção de alugar espaço nos grandes armazéns até o momento mais propício a venda. A colheita é feita a partir de janeiro e se estende até março. Segundo Roberto, o agrônomo responsável, 45% dos custos da produção refere-se aos agroquímicos e a produtividade média gira em torno de 56 sacas por ha. Os demais custos referem-se ao diesel, mão de obra, fertilizantes e maquinaria. Cerca de 10% da soja plantada na propriedade é transgênica, intercalada com a tradicional. O agrônomo responsável pela fazenda afirmou que “a grande falha” do governo foi ter congelado pesquisas com engenharia genética de variedades agrícolas, essencial para a competitividade da soja no mercado. A justificativa baseia-se na rapidez com que os herbicidas e demais defensivos agrícolas encontram linhagens resistentes de pragas, comprometendo o cultivo. Sucessivamente a soja, é plantada a safrinha de milho (que dura cerca de 40 dias), a qual é colhida em julho e agosto.

Nossa visita coincidiu com a colheita deste gênero e tivemos a oportunidade de ver as grandes colheitadeiras avançarem sobre os milharais, retirando e debulhando o milho antes de despejar os grãos em caminhões parados ao longo da estrada que margeava o cultivo. Havia a presença de um caminhão UTI, carregado com água e preparado para assumir o controle de eventuais incêndios provocados por faíscas produzidas pelas máquinas ao atritar suas partes na palha seca. O rendimento chega a 80 sacas por ha e a palhada é deixada no local de modo a proteger o solo da erosão e lixiviação. Algumas áreas foram ocupadas por milheto, o qual protege o solo e pode ser vendido como matéria prima para ração animal. Em alguns tipos de solo, o pasto é introduzido para a engorda do boi (compra a 12 arrobas e vende a 15-18 arrobas), intercalados com a soja e o milho. Essa rotação visa otimizar a relação entre uso do solo e sua qualidade nutricional: a soja incorpora N, o milho, C e a braquiária, K. A compactação do solo durante a seca é muito pequena, de modo que a pecuária sazonal é de baixo impacto segundo o agrônomo.

A Reserva Legal, correspondente a 40% da fazenda, constitui-se como mata ciliar de um dos afluentes do teles pires, cuja nascente encontra-se dentro dos limites da propriedade. A vegetação é de transição entre Amazônia e Cerrado, assemelhando-se a um Cerradão denso e de árvores de grande porte. É interessante observar a presença de emas, siriemas, capivaras, corujas e quero-queros durante todo o percurso: animais de formações mais abertas pareciam à vontade no meio do ambiente antropizado pela monocultura extensiva. As dimensões da fazenda e o complexo sistema de estradas que ligam os talhões são impressionantes. A paisagem era preenchida pela monotonia da cor palha das

plantações, estendendo-se na imensidão plana até o horizonte. Talhões recentemente limpos pelas colheitadeiras eram interrompidos por milharais densos. Mais de uma sede e pontos de apoio distribuem-se pela área, como galpões. Outra coisa interessante comentada pelo agrônomo refere-se à prática do plantio de arroz dois anos após o desmate e antes de plantar soja, uma vez que o plantio desta diretamente no solo recém desnudo é inviável, necessitando do preparo do solo por outra atividade precedente. Diferentes estratégias são adotadas em cada fazenda, buscando diversificar a produção e reduzir riscos. Práticas mais agressivas, focadas em um único cultivar, implicam em maiores riscos.

A fazenda pertence a um grupo de Argentinos (cinco famílias que constituíram uma Sociedade Anônima e abriram capital na bolsa, detendo 51% das ações), o qual possui investimentos na Bolívia, Argentina e Brasil, país no qual a sede encontra-se em Primavera do Leste. Outra informação relatada a nós é a perspectiva declarada do grupo abranger um área de 200 mil ha de soja nos próximos anos.

A fazenda também é lar de um projeto piloto de recuperação de APPs dentro do âmbito do projeto Sorriso Vivo. Ali, foram manejados os primeiros testes com as espécies nativas visando o reflorestamento. Contudo, a área é reduzida, e fica em frente à sede da fazenda, sendo que os animais domésticos têm livre acesso à área de manejo.

Expedição a frente pioneira de expansão agrícola pelos municípios do centro-norte mato-grossense: Nova Ubitatã, Feliz Natal, Vera e Sorriso (04/07/2008)

Pela manhã bem cedo o grupo de pesquisa seguiu para Nova-Ubitatã, município vizinho a Sorriso. Durante o percurso, Vicent, coordenador do grupo, plotou no mapa os usos da terra que íamos observando pelo caminho. Por meio de mapas gerados pelo INPE nos últimos 21 anos (*Landsat*) e com o auxílio de um GPS, acompanhamos em tempo real nosso deslocamento, marcando no mapa os cultivos observados. Basicamente milho, alguns trechos de milheto e pequenas parcelas de feijão. Em pontos estratégicos do percurso encontravam-se silos e armazéns para estocar a produção. Em um dos pontos, no meio do percurso, havia um silo da Cargil de um lado e do outro da Bunge, agregando no entorno um incipiente comércio. Após 90 Km margeados por milharais, chegamos a Nova Ubitatã, uma cidade bem menor que Sorriso, porém com uma infraestrutura agrícola independente. Nesse município Damien, membro da equipe francesa, relatou que havia visitado uma fazenda de 40 mil há dentro do município, a qual, devido às dimensões, possuía Igreja, escola, mercado, aeroporto e outras instalações urbanas, explicitando a concentração fundiária e capitalização dos grandes fazendeiros do centro-norte mato-grossense.

A partir desse ponto, entramos em estrada de chão, ainda acompanhando talhões de milho, milhetos e alguns trechos de solo nu em pousio. Após uma análise mais detalhada, vimos que havia sido plantada soja ali, pois o chão apresentava restos da vagem e alguns grãos remanescentes. As áreas desmatadas não se estendiam para muito além da estrada antes de deparar-se com floresta. Esta, aliás, apresentava características distintas das encontradas nas fazendas de Sorriso. A mata era mais densa e as árvores mais altas, entre 20m e 30m. Parecia que grandes pedaços da floresta haviam sido retirados usando esquadros e réguas devido ao corte preciso que os separavam das plantações. Começamos a observar também pecuária e áreas recém desmatadas (estimamos fevereiro). Em um dos talhões a beira da estrada, um espaço de 500m de largura e 1Km-2Km de extensão, observamos uma fileira de troncos de madeira carbonizados que ia da pista até a mata mais afastada, ainda liberando fumaça, indicando que o fogo havia sido iniciado a pouco tempo. O professor Vicent Dubreuil explicou que, diferentemente do Cerrado, cuja atividade madeireira usa tratores com correntões, o desmate nessa mata mais fechada exige o uso de motosserra, geralmente no início do ano; a madeira é deixada a secar até a estiagem, quando o uso do fogo é possível. Havia em uma das margens do talhão, próximo a estrada, montes de calcário esperando para a calagem; era visível o uso de tratores para arar o solo, uma vez que a terra apresentava sulcos paralelos, indicando presença recente de máquinas. Especulou-se o arroz como provável cultura inicial. Pequenas árvores pioneiras manchavam o chão de verde.

Continuamos o caminho e cada vez mais a paisagem florestada dominava o cenário, intermeada com pastos alguns cultivos e áreas de manejo florestal, identificadas pelas marcações de madeira a cada 50m. Passamos por um pequeno distrito de casas de madeira e ruas de areia. Nos fundos da cidade se encontrava uma serraria em funcionamento, abrigando em seu pátio várias tábuas prontas para receberem seu destino final, assim como imensos montes de serragem. Continuamos viagem ao longo de floresta degradada substituída por pasto na maior parte das vezes. Uma floresta morta insistia em permanecer de pé, com seus troncos acinzentados e galhos desfolhados ainda apresentando o negro da última queimada cercados pelo gado que pastava sobre suas estreitas sombras. Cupinzeiros típicos de formação aberta surgiam no capim. Alguns talhões apresentavam plantações de café. Paramos para almoçar em Novo Mato Grosso, mais um distrito minúsculo, com casas simples de tábuas. O que chamou a atenção foram os quintais com suas hortas pluriculturais caseiras, contendo hortaliças, outras plantas de uso doméstico (ex.: mandioca) e ornamentais. Almoçamos em um restaurante familiar no qual uma senhora loura com sotaque sulista nos serviu, indicativo da origem dos migrantes.

Ficou clara a dinâmica expansionista fundamentada na infraestrutura rodoviária. Saímos de um grande centro produtor, Sorriso, em direção a Nova Ubitatã, menos desenvolvida. Entre as duas havia asfalto recentemente construído, monoculturas extensivas e pequenos núcleos de armazenagem. Após Nova Ubitatã, pegamos um labirinto de estradas de terras organizadas em ruas ortogonais que dividem a floresta em talhões retangulares. A grande agricultura diminui à medida que nos afastamos e a pecuária/atividade madeireira começou a ganhar destaque, tendo nos pequenos distritos suas bases logísticas. Vicent explicou que o impacto de ação de uma cidade era circular e que observávamos o nascimento de cidades futuras.

Após Novo MT, seguimos viagem até assentamentos do Incra mais ao leste. Passamos por um pequeno povoado chamado Santa Teresinha, no qual foi possível verificar a presença de um posto de saúde, apesar de suas dimensões minúsculas. Vimos também criação de cabras e gado nas cercanias. A partir desse ponto, entramos em uma área de mata fechada, andando durante várias dezenas de Km sob a sombra gerada pelas imensas árvores que ladeavam o caminho, contrastando com as capoeiras, capoeirinhas e capoeirões que até então haviam sido o mais comum. Por fim, chegamos a Entre Rios, o povoado que congrega a população de assentados da região. Também minúscula e de casas de madeira, contava com serrarias; foi possível, inclusive, ver o desmate ocorrendo *in loco*. Dois homens estavam a cortar árvores e a empilhar os troncos na beira da estrada onde um caminhão aguardava. Na verdade, esse cenário foi o mais comum observado na região. Grandes áreas desmatadas ao longo da estrada e eventualmente as pequenas casas dos assentados. Esse foi o trecho onde os caminhões carregados de toras grandes (1m de diâmetro) tornaram-se mais freqüentes, intensificando no caminho de volta, quando íamos para Feliz Natal. Devido ao tamanho das árvores, algumas poucas toras eram levadas na caçamba dos caminhões.

Durante o percurso, foi possível observar colunas de fumaça que se desmanchavam em imensas nuvens escuras sobre a floresta, indicando focos de incêndio. Havia dois ou três destes que podiam ser vistos ao longe, transformando o sol em uma bola alaranjada por trás da cortina cinza. Estávamos dentro da bacia do Xingu, a cerca de 50 km de distância do Parque Indígena homônimo, o qual sofre em seus limites pressão da frente de expansão agropecuária.

Quanto à fauna e flora, alguns aspectos merecem consideração. Primeiramente, com já dito, é uma vegetação distinta da de Sorriso, mais densa e de copas mais altas, aproximando-se da fitofisionomia Amazônica. Entretanto, foi observado, nas áreas degradadas, Lobeiras (*Solanum lycocarpum*), conhecida espécie pioneira do Cerrado, muito

comum em ambientes antropizados. A Imbaúba, também espécie pioneira amazônica, despontava nas áreas de recuperação florestal. As capoeiras também eram abundantes, indicativo de que, mesmo aparentemente preservadas, a floresta dessa frente já havia sido perturbadas em algum momento e, por algum motivo, abandonadas depois. Tal fato fica muito claro, quando se compara a altura das árvores da mata primária com as da capoeira; Emas (*Rhea americana*) apareceram perto de milharais, corroborando observações destes animais em outras áreas. Podemos especular, de forma superficial, que o desmate da Amazônia e a substituição por grãos tem atraído esse animal, não só pelo alimento, mas também pelo ecossistema aberto que favorece o seu deslocamento para além dos limites originais do Cerrado. A biodiversidade e a mudança espaço-temporal dentro de uma determinada região podem ser indicadores ambientais úteis ao tentar mensurar qualitativamente a dinâmica do uso do solo.

Conversa com o Dono do Hotel - Sorriso

O dono da pousada na qual a equipe ficou hospedada, localizada às margens do rio Lira, é um gaúcho de pouco mais de 50 anos que migrou para a região de Sorriso na década de 1980. Por treze anos dedicou-se a agricultura em sua cidade natal, mas nunca foi bem sucedido. Na época, havia um programa na rádio dedicado a agricultura; segundo ele, havia um comentarista que um dia disse, após viagem aos EUA, que Deus era americano, pois nunca havia visto terras mais planas e produtivas com as de lá. Meses depois, a mesma pessoa retornou a rádio e afirmou que Deus também era brasileiro e havia criado no Mato Grosso terras tão extensas e planas que tudo que se plantava dava. Essa foi a motivação para que ele se mudasse para Sorriso com a família, na época, um pequeno distrito do município de Nobres, de terra batida e sem luz elétrica, contando com apenas um único telefone para o qual formavam-se filas imensas todos os domingos pela manhã, quando ele vinha da roça para a cidade. Instalou-se como comerciante inicialmente, estabelecendo uma venda; os gêneros alimentícios eram trazidos de Cuiabá e havia um comércio de trocas e empréstimos até que alguém fosse ou viesse de lá. Relatou a dificuldade de desmatar que se deparavam os pioneiros, os quais dispunham de máquinas precárias para derrubar as árvores. Riu-se ao lembrar de um amigo que levou duas semanas para cortar a machadada a raiz de uma única árvore e retirá-la com um trator, enquanto hoje esse trabalho não toma mais que algumas horas. Lembrou o nascimento do último filho por cesariana no hospital local, que se deu exatamente nas duas horas que o gerador conseguiu manter energia suficiente para que a cirurgia fosse realizada. Quanto à agricultura, contou sobre a crise que se bateu na cidade devido a baixa do preço da soja no mercado internacional nos anos anteriores (2004 e 2005), caindo para valores abaixo de R\$

20,00 a saca, levando alguns fazendeiros ao suicídio. Contudo, a alta dos preços dessa última safra, que em sua análise deve-se especialmente aos problemas climáticos norte-americano, injetou tanto dinheiro na economia da cidade que as pessoas não sabiam como gastar.

Outro ponto interessante é a certeza que o dono do hotel tinha, e era compartilhada pelos demais moradores da cidade, que durante uma visita de estadunidenses em 1994 ou 1995 a ferrugem havia sido propositalmente introduzida para criar uma dependência de herbicidas estrangeiros e sabotar as plantações brasileiras. No início desta década, a ferrugem se tornou uma das principais pragas da região.

Alta Floresta (07/07/2008)

Visitamos duas das seis estações meteorológicas instaladas na região pelo laboratório Costel. O primeiro fica em uma fazenda um pouco afastada da cidade. A estação mede temperatura, pluviosidade, direção do vento e umidade, transmitindo via rádio para um receptor localizado dentro da casa, o qual mede alguns parâmetros do ambiente doméstico. Fomos recebidos pelo genro do proprietário da fazenda, com o qual pudemos conversar um pouco sobre a rotina do local. A atividade econômica da fazenda é a pecuária extensiva, com cerca de 1000 cabeças de gado em uma área de 700 ha. O sogro fez dinheiro nos garimpos de Rondônia e Alta Floresta, investindo na compra de terras na zona rural do município, arrendando outras, além de adquirir vários imóveis na área urbana. Todos os membros da família são originários do Paraná.

Como problemas à atividade, apontou a proliferação de *assa-peixe*, espécie daninha a pecuária, pois compete com o capim por espaço. Antigamente usavam herbicidas, mas hoje preferem a retirada manual (enxada). Outro ponto refere-se às nascentes; precavido por boatos de intensificação futura da fiscalização, as minas de água estão sendo cercadas com arame de modo a impedir o acesso do gado, o qual compacta o solo, reduzindo o volume da água que brota; alegou também preocupação com a manutenção da disponibilidade hídrica para atender as necessidades básicas da fazenda. Contudo, a distância do cercado ficou em média a 10m das nascentes, aquém do exigido, pois o metro do arame está muito caro e, segundo ele, quando os órgãos competentes vierem exigir medidas de conservação, ele poderá apresentar sua atitude pró-ativa esperando vista grossa ao não cumprimento de todos os requisitos legais. Outros custos, ainda segundo ele, também aumentaram, como o preço do sal e combustível, diminuindo a margem de lucro da pecuária.

Em seguida, fomos a um projeto de piscicultura na cidade. Em uma área de 14 ha, há tanques para criação dos alevinos, engorda dos peixes e laboratório para fertilização. Parte da produção é vendida para frigoríficos em Cuiabá, enquanto outra é vendida para outros

piscicultores da região que não tem espaço suficiente para construir toda a logística necessária.

Estações Meteorológicas

O laboratório Costel tem seis estações meteorológicas localizadas no município de Alta Floresta: **1)** pasto – fazenda **2)** pasto-urbano (piscicultura), **3)** centro da cidade (estação de rádio), **4)** bairro periférico da cidade, **5)** hotel Floresta Amazônico e **6)** Hotel Cristalino. Pequenos painéis solares mantêm as estações funcionando. O receptor dos dados, localizado em algum recito perto das estações, capta as informações a cada hora, com capacidade de armazenagem de três meses. Caso os dados não sejam baixados ao fim desse período, as novas informações apagam as mais antigas. Esse é o principal problema enfrentado pela equipe do Costel, pois faltam pessoas na cidade que prestem essa assistência regularmente, de modo que perderam informações importantes referentes aos últimos meses do ano passado. Entretanto, as medições desse ano foram em geral bem sucedidas; os gráficos gerados mostram uma precipitação mais regular até maio, quando os períodos de estiagem tornam-se mais prolongados. Há uma correlação direta entre os ventos norte e noroeste e chuvas, enquanto os vindos do leste indicam a chegada de massas secas. O objetivo é registrar o comportamento de alguns parâmetros climáticos ao longo do tempo e em condições diversas de antropização.

Contraste entre observações empíricas e de sensoriamento remoto da zona rural de Alta Floresta (08/07/2008)

Percorremos 35 Km de estrada de terra em direção sul. Por meio de um GPS e do programa IDRISI Andes, acompanhamos nosso deslocamento em mapas gerados por satélite, de modo a registrar empiricamente o uso do solo e confrontar com as imagens, buscando aprimorar a identificação remota. A paisagem difere da observada em Sorriso. Predomina a agropecuária extensiva, explicitada pela observação de um fazenda durante um trajeto, a qual se estendia por vários quilômetros ao longo da estrada, com pasto pontilhado por bois e afloramentos basálticos. Ao longe, via-se resquícios de floresta e capoeira. Entretanto, as grandes propriedades não foram à regra no caminho, mas sim pequenas parcelas loteadas, contendo gado intercalada com vários outros usos. Em algumas comunidades vimos SAFs, algumas com integração com gado. Pequenas plantações de cana também eram comuns destinadas a alimentar o rebanho bovino. Uma das comunidades organizou-se em torno de uma cooperativa, construindo uma infraestrutura comum para o beneficiamento da produção de café, agregando valor e

diluindo os riscos, de modo que antes e após o núcleo rural, cultivos de café foram vistos em abundância ao longo da estrada. Visitamos os estabelecimentos de beneficiamento: dois pequenos galpões onde os grãos estavam sendo processados e ensacados. Ao longo do caminho também observávamos pequenas plantações de Teca, pinhão de Cuiabá, coqueiros, mandioca, pomares, Buritizais, pastos degradados invadidos por *assa-peixe*, floresta degradada, capoeiras de diferentes tamanhos. Para o proposto no trabalho de campo, foi necessário destacar as áreas de brejo e baixada, pois as áreas alagadas criam regiões mais verdes, identificáveis via satélite. Também é essencial diferencial o pasto raso, do campo limpo, pois aquele apresenta áreas de solo nu que afetam a reflexividade do solo e comprometem as imagens geradas por satélite, podendo causar interpretações equivocadas.

Contraste entre observações empíricas e de sensoriamento remoto da zona rural de Alta Floresta/ Visita à FUNAM (09/07/2008)

Durante a manhã, visitamos a Fundação Agroambiental da Amazônia – FUNAM. Quem nos recebeu foi o responsável pela unidade, Paulo Sérgio, o qual nos apresentou o programa de controle biológico das cigarrinhas das pastagens, principal linha de pesquisa desenvolvida na fundação. A praga conhecida como cigarrinha das pastagens faz referência a um conjunto de insetos da ordem *Homoptera*, família *Cercopidae*, especializadas em sugar a seiva de gramíneas comumente usadas como pasto, sendo um problema recorrente para a pecuária de Alta Floresta. O período de infestação vai de setembro a maio, estação das chuvas, durante o qual os insetos reproduzem-se e atacam o capim, sendo capazes de realizar três ciclos reprodutivos e, eventualmente, até quatro. Durante a estação seca, os ovos postos no último ciclo permanecem em hibernação até haver umidade suficiente para eclosão. Pastagens infectadas rapidamente perdem o viço, comprometendo a qualidade e a quantidade de alimento para o gado, justamente durante a época na qual este se recupera das restrições alimentares impostas pela seca. O controle geralmente é feito por meio de agroquímicos, os quais têm efetividade significativa em curto prazo. Além dos impactos ambientais associados a seu uso, tais biocidas tem como desvantagem afetarem apenas a população adulta das cigarrinhas, permitindo a sobrevivência das ninfas que irão compor a geração reprodutiva seguinte.

Como alternativa menos impactante do ponto de vista ambiental, o uso de fungos deuteromicetos da espécie *Metharhizium anisopilae* no controle biológico das cigarrinhas das pastagens vem se mostrando promissora, tendo custos menores que o método tradicional e efetividade maior em longo prazo, pois, além dos adultos, consegue romper a

capa protetora construída pelas ninfas e que impede a ação dos agroquímicos. Apesar de não eliminar por completo a praga, o fungo restringe a população de cigarrinhas a 20% do observado na sua ausência, permitindo uma relação mais equilibrada entre as espécies da comunidade e o crescimento do capim sem comprometer a produtividade da pecuária.

Paulo destacou que a adoção do fungo como mecanismo de controle de pragas encontra resistência cultural por parte dos fazendeiros, não só por ser uma tecnologia estranha, o que provoca desconfiança, mas por exigir continuidade nas aplicações e resultados mais significativos em longo prazo. Assim, os agroquímicos ainda são a preferência. A unidade possui toda a infraestrutura laboratorial para a produção em escala do fungo, contando com sala de cultura, estufas, fluxos laminares, sistema de refrigeração e local próprio para estocagem. A capacidade de produção diária gira em torno de 1000 Kg, mas funciona bem abaixo desse valor devido à demanda reduzida. Os recursos utilizados na montagem da estrutura de produção resultaram de alguma contribuição federal; porém, grande parte veio de fontes privadas de pequenos e médios agricultores, com quantias singelas que variavam desde R\$ 50,00 até R\$ 2000,00. Há um grande painel na sala de reuniões contendo o nome de todos os contribuintes privados, lembrando o papel fundamental que tiveram. Em troca, receberam inóculos do fungo para aplicarem em suas propriedades. A FUNAM ainda não consegue manter-se por conta própria, dependendo de aportes privados e da boa vontade e empenho de seus funcionários, com destaque para o Paulo, biólogo especializado em controle biológico, que demonstrou profundo comprometimento com o projeto.

Em paralelo, ele montou um viveiro de mudas de árvores nativas no fundo das instalações, no qual estabeleceu uma metodologia simples de pesquisa muito interessante, buscando identificar condições ideais para a germinação de sementes da Castanha-do-pará com vista no reflorestamento.

Ficaram evidentes as potencialidades das pesquisas realizadas na FUNAM a partir da perspectiva de uma sustentabilidade ambiental para a atividade pecuarista no município e em regiões vizinhas, uma vez que cria alternativa ao uso de agroquímicos por meio de agentes biológicos adaptados as condições locais. Porém, a iniciativa encontra-se isolada, sem apoio financeiro, pouco articulada com outras esferas que poderiam estar somando forças (foi mencionada parceria com a UNEMAT) e resultando em sinergias ambientalmente positivas.

Contato Paulo Sérgio:
e-mail: paulosergio73@bol.com.br
telefone: (66) 9214-7480

À tarde percorremos mais uma vez a zona rural de Alta Floresta a bordo das caminhonetes, buscando identificar a ocupação e uso do solo, confrontando as observações com as imagens de satélite. Aqui é importante distinguir entre ocupação e uso do solo. O primeiro refere-se às fitofisionomias como brejos, buritizais, capoeira, floresta degradada, mata ciliar, entre outros, os quais muitas vezes são de difícil distinção via sensoriamento remoto. Já o último refere-se à destinação humana dada ao solo: roça, pasto, grande agricultura, etc. Esta atividade envolveu toda a equipe; além das observações, fotos e anotações foram obtidas.

Escritório do IBAMA Alta Floresta

Conversamos com um dos quatro analistas ambientais responsáveis pelo escritório do IBAMA de Alta Floresta. Ele explicou brevemente a organização institucional do órgão: IBAMA Federal, Superintendência estadual, Gerência regional (Sinop) e Escritório de Alta Floresta. Sob sua jurisdição estão os municípios de Alta Floresta e alguns vizinhos (área que abrange desde Apiacás a oeste até Carlinda a leste); contudo, a base operativa de fiscalização se estende a outros municípios mais ao leste e oeste, incluindo o sul dos municípios paraenses de Jacaranga e Novo Progresso e a área militar da Serra do Cachimbo. Estabeleceram parcerias com a Polícia Federal, cujos carros eram freqüentemente vistos nas ruas da cidade, no hotel no qual ficamos e no pátio do IBAMA; com o exército (fornece a estrutura logística das operações) e com a polícia rodoviária. Essa rede institucional forma a frente de operação repressiva ao desmatamento na região. Alta Floresta é uma base operativa do plano PPCDAM (Plano federal de combate ao desmatamento), o qual conta com a participação de onze ministérios, a Casa Civil, e é coordenado pelo MMA. Especialmente nessa época do ano, há um influxo de servidores de outros Estados para auxiliar as operações do escritório.

Descreveu brevemente a atividade madeireira no município e os atores envolvidos: a organização baseia-se em um tripé: proprietário das reservas florestais, madeireiros e serrarias. O primeiro possui uma área florestada cujo patrimônio madeireiro é extraído de acordo com um plano de manejo previamente estabelecido por um engenheiro florestal; paralelamente, o madeireiro obtém créditos virtuais em volume cúbico de madeira para explorar na área de manejo, de modo que a quantidade encontrada nos pátios da madeireira ou nos caminhões de transporte deve corresponder ao documento licenciado. Há casos nos quais tais licenças foram falsificadas ou mesmo usadas para esquentar madeira extraída ilegalmente. Até recentemente havia uma incongruência entre a metodologia de quantificação que o IBAMA utilizava nas suas operações e a usada no estabelecimento dos

créditos pela agência licenciadora (SEMA), pois uma (IBAMA) considerava toda a biomassa, incluindo a casca, na mensuração, enquanto a outra se fundamentava apenas na fração útil das toras; a diferença entre elas muitas vezes era usada como justificativa pelos madeireiros para super-exploração. Atualmente, chegou-se a um consenso de forma a evitar abusos. Entretanto, a ilegalidade é muito mais lucrativa e sem a atividade repressiva, torna-se predominante. Pecuaristas vendem seu patrimônio florestal a madeiras ilegais com o condicionante que toda área seja desmatada, para que o pasto seja implementado. A dificuldade reside no fato que muitas áreas não têm registro fundiário, o que dificulta responsabilizar os culpados; apenas os atores da ponta, que fazem o trabalho braçal, são presos, mas não revelam as cabeças da rede.

Uma das operações, também registrada em fotos pelo agente, mostrava o corte ilegal de castanheiras e o processamento no próprio local por meio de uma serraria portátil, a qual foi apreendida e encontra-se no depósito do órgão. Segundo ele, a atividade madeireira é crime organizado, com uma logística bem estruturada, envolvendo diversos atores, desde funcionários federais e estaduais, até engenheiros florestais e negociadores que fazem conexão entre a extração ilegal e o mercado no centro-sul brasileiro. Como exemplo, citou o envolvimento de policiais rodoviários locais com o transporte ilícito de madeira em troca de propina.

O garimpo, alavancado pela recente alta do ouro, também tem ressurgindo como problema ambiental; no pátio do IBAMA, havia máquinas usadas na extração do metal apreendidas nas últimas operações. O agente mostrou fotos aéreas de garimpos ilegais dentro da área militar da Serra do Cachimbo. Clareiras forradas de toras derrubadas dividiam espaço com uma paisagem estéril formada por lagos de água barrenta e máquinas para lavar o ouro. As operações do IBAMA na área são freqüentes e são muitas vezes requisitadas pelos próprios militares.

Utilizando o programa ARCGis (ESRI), ele mostrou mapas da região (disponíveis no sítio do IBAMA), sobrepondo as áreas de UCs, reservas indígenas e dados do DETER e PRODES; fica muito nítido o papel das áreas protegidas no sul do Pará e norte do MT como barreira ao avanço sobre a floresta, enquanto na áreas não protegidas, inclusive na borda das áreas conservadas, o desmate é intenso. O Parque Indígena do Xingu é emblemático, pois se encontra totalmente circundado pela frente de desmatamento, ilhado das demais áreas de preservação. Mesmo o Estado sendo o campeão do desmatamento, o agente afirma que as estimativas são subestimadas e que o quadro é mais sério que os dados oficiais. Mesmo assim ele é otimista. Acredita que uma mudança está em curso, mas, por ser um processo, levará um tempo para que os resultados apareçam. Com a limpa

institucional em 2005, no qual diversos servidores públicos foram exonerados por corrupção, as atividades de fiscalização congelaram, fato refletido nas poucas apreensões realizadas naquele ano. Contudo, em 2006 e 2007, intensificou-se os trabalhos de campo, evidenciado o aumento de multas e apreensões realizadas, não necessariamente refletindo o aumento das atividades ilegais na região. Segundo ele, o alto índice de desmate observado em novembro e dezembro, período de chuvas, que tanto chamou a atenção internacional para a Amazônia, na verdade é consequência da fiscalização intensiva que obrigou aos madeireiros ilegais a buscarem períodos nos quais normalmente não ocorria desmate de modo a escapar da fiscalização. Atualmente, observa-se uma adaptação da exploração dos recursos naturais à presença mais atuante dos órgãos fiscalizadores, quebrando uma inércia de trinta anos de ausência do Estado.

A intensificação das atividades do IBAMA não irá resolver a problemática ambiental no norte do Mato Grosso; ele assume um papel marginal ao reorientar o atual modelo de desenvolvimento presente na região para o cumprimento das normas legais. A perspectiva de punição potencialmente pode levar ao respeito da legislação ambiental por parte dos grandes e pequenos agropecuaristas, madeireiros e outros agentes presentes nas cadeias produtivas que fundamentam sua atividade no uso da floresta. Contudo, a eficácia das ações transcende o órgão fiscalizador e envolve a eficiência do judiciário em dar seguimento ao cumprimento da lei. Outra questão de fundamental importância é a questão fundiária. Muitas terras possuem mais de um dono, chegando ao absurdo de algumas terem até vinte pessoas alegando propriedade (SEMA, comunicação pessoal, 11/07/2008), dificultando a responsabilização de culpados pelo uso inadequado da terra. Enquanto o INCRA não fizer uma ação de peso na região para legalizar as terras e definir os proprietários legais, nenhuma ação de combate ao desmatamento terá resultados significativos.

Telefone: (66) 3521 -1715/ 3521-2611 (IBAMA, escritório regional Alta Floresta)

Visita ao escritório regional SEMAMT, Alta Floresta (11/07/2008)

Em entrevista com a SEMA (Secretaria Estadual de Meio Ambiente), concedida pela responsável pelo escritório de Alta Floresta, reconhecemos alguns dos comentários feitos pelo analista ambiental do IBAMA. Ela explicou que, quando assumiu o cargo, havia muitos processos de licenciamento parados, e que tomou providências para que fossem apreciados o mais rápido possível. Comentou que já foi ameaçada várias vezes, mas que conseguiu contornar a situação com destreza (sempre faz as fiscalizações acompanhada de outros membros da SEMA). Quando questionada sobre as relações entre IBAMA e SEMA, comentou que são precárias, não existindo diálogo efetiva entre os órgãos. Quanto a participação da SEMA em projetos de Educação Ambiental, reconheceu a pertinência

destes para a sensibilização das populações locais para questões ambientais, mas que no momento, o escritório não conta com efetivo em número adequado para o desenvolvimento de tais projetos, e muito menos com tempo. Todo o trabalho da SEMA é dedicado a resolução de conflitos e licenciamento das atividades econômicas rurais. Os pareceres da SEMA de Alta Floresta são enviados a Cuiabá para aprovação e depois retornam ao escritório municipal. Os laudos técnicos são realizados por cinco funcionários que atuam no órgão, entre eles, engenheiros florestais e biólogos. A chefia do escritório não é cargo concursado, mas sim indicação do secretário Estadual.

Reunião na sede do ICV (Instituto Centro de Vida) (11/07/2008)

Fundado em 1991, o Instituto Centro de Vida (ICV) é uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP), com sede em Cuiabá e que conta atualmente com 43 membros. Desde 2000, vem concentrando sua ação na área de influência da BR 163, abrangendo a Amazônia mato-grossense e o sul do Pará. Entre suas atividades cabe destacar: participação em comissões e conselhos de gestão ambiental; geração de indicadores; mapeamento hidrográfico e fundiário; programas de conservação, tendo papel fundamental na criação do Parque Nacional do Juruena, um das mais novas UC nacionais. Estabeleceu parcerias com o IBAMA, SEMA, governo estadual, no qual possui amplo acesso, sendo eventualmente consultado sobre algumas políticas ambientais estaduais. Também possui estreita ligação com o IMAZON, junto do qual publica semestralmente a evolução do desmatamento na região. De relevância para algumas linhas de pesquisa do CDS está a perspectiva de um boletim mensal que, assim como o desmatamento, forneceria estimativas referentes às emissões de carbono. Essa vertente seria liderada pelo Gustavo Vasconcellos Irgang, mestre em ecologia e atualmente responsável pelo programa de Áreas protegidas e Conservação. Segundo ele, sua intenção é criar uma rede epistêmica relativa a mudanças climáticas, envolvendo pesquisadores de diferentes partes do Brasil, além de instalar torres de mensuração na região para ter uma estimativa da contribuição e captação locais.

Entre 10h e 11h foi realizada na sede do ICV uma reunião entre os membros da OSCIP, pesquisadores da UnB e da Universidade de Rennes 2. O intuito do encontro era promover o intercâmbio de conhecimento e avaliar possíveis cooperações. Laurent Micol, diretor local do ICV, fez as honras da casa com uma breve apresentação sobre o trabalho desenvolvido na região e os projetos em andamento. Em seguida, o professor Vincent Dubreuil explicou sobre suas pesquisas em climatologia e o projeto Duramaz, seguido do também professor e pesquisador do COSTEL, Vincent Lanaék, o qual discursou brevemente

sobre sua tese de doutorado e outros assuntos correlatos. Por fim, Laurent Durieux, coordenador de atividades do SEAS do Brasil - IRD, apresentou alguns trabalhos envolvendo referenciamento remoto, os quais geraram grande debate, pois o ICV vem lançando mão de imagens de satélites em suas atividades de monitoramento e projeção de áreas de risco, sendo a oportunidade propícia aos membros do instituto em ter questionamentos respondidos por alguém especialista no assunto.

A região do Norte do Mato Grosso conta com um periódico que se intitula Folha “Portal da Amazônia: um jornal de serviço ao desenvolvimento sustentável do território”. O jornal tem apoio do ICV e outros programas de DS, como o programa Diálogos e a União Européia.

Cristalino Lodge (13/07/2008)

Como última atividade da viagem, passamos dois dias no Cristalino *lodge*. Primeiramente paramos em uma ilha, também de propriedade da rede hoteleira, que além do *lodge*, conta com um hotel em Alta Floresta. Nesta primeira parada, foi possível observar uma oficina que estava sendo ministrada a jovens da região cujas propriedades encontram-se no entorno do parque estadual do Cristalino. Noções básicas da ecologia amazônica eram passadas com a perspectiva de que tais atores futuramente reflorestassem suas áreas com espécies nativas, fortalecendo a zona de amortecimento do parque e reduzindo o efeito de borda. Essa iniciativa é digna de menção, uma vez que reforça a perspectiva da educação como estratégia da sustentabilidade, além de explicitar a parceria entre a iniciativa privada e a comunidade local como um dos caminhos para uma boa governança ambiental.

Após alguns minutos subindo o rio Teles Pires, chega-se a foz do rio Cristalino, o único rio da bacia cuja nascente localiza-se ao norte do ponto no qual deságua na calha principal (Teles Pires), tendo sua origem a Serra do Cachimbo. Assim, é um dos poucos cursos de água da bacia que sofrem pouco com o assoreamento e poluição química resultantes da atividade agrícola, uma vez que sua extensão encontra-se quase toda dentro de áreas protegidas como o Parque Estadual do Cristalino e da área militar da Serra do Cachimbo.

Imediatamente ficaram evidentes as diferenças físico-químicas da água do Cristalino quando comparado ao Teles Pires, sendo que aquele apresenta água mais quente, menos turva, quase negra, rica em matéria orgânica. O hotel se encontra em uma RPPN (Reserva do Particular do Patrimônio Natural), um dos empreendimentos pioneiros em ecoturismo no Brasil. Longe de qualquer centro urbano, a auto-suficiência em vários aspectos foi necessária. Nesse sentido, a infraestrutura montada é impressionante: o fornecimento de

energia é obtido de diversas fontes locais; painéis solares e uma turbina hidrocínética (turbina mergulhada no rio e que usa a correnteza para gerar eletricidade) auxiliam um barulhento gerador a diesel que matem diariamente luz no *lodge* até 22h30. O tratamento dos resíduos sólidos é feito por meio de tanques de evapotranspiração, lançando mão de mecanismos biológicos que incorporam ao ecossistema local os nutrientes e água eliminados nas fezes e urina humanos com o mínimo de impacto ambiental. Já os suprimentos alimentícios e lixo seco precisam da hidrovia para serem transportados ao destino final. Praticamente todos os turistas hospedados (cerca de 30) eram oriundos das mais diversas partes do mundo, compondo um sortido grupo de ornitólogos amadores e amantes da natureza. Dentre as atrações, estão as inúmeras trilhas pela floresta e uma torre de 50m para observação de pássaros. A biodiversidade local é impressionante, contando com mais de 600 espécies de aves, além de uma incontável etomofauna, que encontrava nos andares da floresta verdadeiros ecossistemas verticais de riqueza e beleza próprios. Destacam-se os castanhais, de árvores imponentes com suas copas de mais de 40m acima do solo e troncos de grande diâmetro. A presença de castanheiras sugere um ecossistema equilibrado, pois exemplares maduros dessa espécie são indicativos de maturidade ecológica, próximo ao clímax sucessional, estágio de maior diversidade ecossistêmica. Outro fato que merece ser mencionado é a presença de enclaves de Cerrado nos afloramentos rochosos em meio a floresta tropical, evidenciando a milenar dinâmica de avanços e retrocessos entre as savanas sul americanas e as florestas tropicais úmidas. Localizados sobre afloramentos rochosos, a vegetação lembra campos rupestres típicos do centro-oeste brasileiro, apresentando árvores caducifólias (perda das folhas) durante a estação seca, além de algumas espécies de bromeliáceas e cactáceas. Era nítida a diferença de temperatura e umidade entre a floresta e tais enclaves, explicitando a importância da floresta na regulação climática regional.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A oportunidade de participar da expedição do Duramaz/2008 foi de fundamental importância na consolidação de conceitos e agregação de novos conhecimentos propiciados pelo intercâmbio cultural e acadêmico desenvolvido durante as duas semanas que estivemos juntos a equipe francesa do Duramaz. Não menos importantes são as impressões, percepções e trocas feitas com os mais diversos atores locais com os quais tivemos a chance de contatar ao longo do trajeto. O trabalho intenso, perpassando tantas realidades e localidades diferentes permitiram uma percepção diferenciada da obtida exclusivamente a partir livros e outras fontes acadêmicas, levando a uma compreensão

mais aprofundada da complexidade da realidade e das dificuldades em se pensar na sustentabilidade diante de tantas nuances que passam despercebidas ao pesquisador.

De acordo com as observações de campo, concluímos que a área de influência da BR-163 necessita de apoio técnico e científico para uma melhor transparência da gestão florestal estadual e fomento para projetos de sustentabilidade. É importante que organizações sérias, fora do âmbito governamental, possam continuar a trabalhar no Estado, desenvolvendo pesquisas e orientando as populações locais na busca por formas de enriquecimento econômico e social mais adequada e adaptável as especificidades ecológicas do Mato Grosso. As ONGs podem dar tempo para que o governo construa bases sólidas de fiscalização do manejo de florestas e Cerrado, igualmente investindo na sensibilização das populações locais sobre a preservação do meio ambiente.