

A soja e o desflorestamento no Mato Grosso: safras 2001/02 a 2004/05

Joel Risso¹
Rodrigo Rizzi²
Bernardo Friedrich Theodor Rudorff¹
Yosio Edemir Shimabukuro¹
Marcos Adami¹
André Lima¹
Jane Delane Verona¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
{risso, bernardo, yosio, adami, andre, jane}@dsr.inpe.br

²Universidade Federal de Pelotas – UFPel
Caixa Postal 354 - 96001-970 - Capão do Leão - RS, Brasil
rodrigo.rizzi@ufpel.edu.br

Abstract. Recent expansion of large-scale mechanized soybean production at the agricultural frontier in Mato Grosso State (MT), Brazil, motivated by food consumption increase, has provoked debates about the contribution of cropland expansion to current Amazon deforestation dynamics. The study aims to make a quantitative diagnosis of soybean occupation degree and expansion between 2001/02 and 2004/05 crop years in MT, focusing the analysis over deforested sites. The Crop Enhanced Index (CEI), based on MODIS vegetation indices products, was used to produce the soybean thematic maps for 2001/02 to 2004/05 crop years. The MT deforested sites were obtained from PRODES/INPE maps. To evaluate the soybean occupation over deforestations, the soybean thematic maps were overlaid to PRODES sites at two moments: soybean over old deforestation (accumulated from 1988 to 2000) and soybean over recent deforestation (yearly deforestation maps from 2001 to 2004). Results show that, until 2001/02 crop year, only 15% (0.59 Mha) of the MT soybean area was distributed over deforested sites. From 2001/02 to 2004/05 this area increased by 1.02 Mha. Moreover in the same period the deforestation in MT increased by more than 3.8 Mha. In 2005 only 9% (0.36 Mha) of the recent deforestation sites (from 2001 to 2004) were cultivated with soybean. Most of the soybean expansion over deforested areas (66%) was over old deforestation (from 1988 to 2000), suggesting that the soybean expansion observed during recent years was, predominantly, over other land uses.

Palavras-chave: remote sensing, deforestation, soybean expansion, sensoriamento remoto, desflorestamento, expansão da soja.

1. Introdução

O processo de ocupação antrópica dos estados pertencentes à Amazônia Legal Brasileira é heterogêneo ao longo do tempo e do espaço (Aguiar et al., 2007). As grandes mudanças na região tiveram início nas décadas de 1960 e 1970 estimuladas por políticas públicas que tinham como objetivo povoar e prover a região com redes de infraestrutura (rodovias, geração e distribuição de energia, telecomunicações, etc) necessárias para o seu desenvolvimento econômico (Machado, 1998). O Mato Grosso (MT) foi um dos primeiros estados a receber investimentos em infra-estrutura mínima (construção de estradas), que viabilizaram o assentamento dos novos colonizadores (em geral vindos do Sul do Brasil) em áreas florestais, os quais deram início ao processo de exploração agrossilvipastoril da região (Bertrand et al., 2005, Nepstad, 2002). Beneficiado pelas políticas públicas de fomento e por vantagens competitivas, tais como, regularidade de chuvas e disponibilidade de grandes extensões de terras a preços baixos (Brown et al., 2005; Alves, 2002), o estado tornou-se um dos principais pólos agropecuários do País.

No cenário atual, em que a demanda mundial por alimentos é crescente e a conservação dos recursos naturais tem sido encarada como uma necessidade vital, o MT tornou-se alvo de intensos embates envolvendo interesses socioambientais e econômicos conflituosos (Bickel, 2004). Vários estudos têm sido conduzidos com o intuito de identificar as atividades agropecuárias que exercem maior influência direta e indiretamente sobre a Floresta Amazônica na região. Margulis (2004), corroborado por Brandão (2004), indicam que não existe uma relação direta, imediata, entre o desflorestamento¹ e o crescimento da área cultivada pela soja na Amazônia. Estes autores apontam a expansão da atividade pecuária como a grande responsável pelo desflorestamento da região. No entanto, outros autores como Brown et al. (2007) e Morton et al. (2006) alertam que o fenômeno de expansão da soja na Amazônia implica em incremento na taxa de desflorestamento, seja pela conversão direta em áreas agrícolas ou indiretamente, ao ocupar áreas de pastagens que são deslocadas para novas fronteiras florestais. Assim, o acompanhamento da dinâmica espaço-temporal da expansão da atividade agrícola em conjunto com o desflorestamento pode auxiliar no entendimento e no dimensionamento do grau de ocupação da soja sobre as áreas desflorestadas no estado nos últimos anos. Nesse contexto, as imagens de sensoriamento remoto surgem como um mecanismo oportuno para estudos de desflorestamento (Skole e Tucker 1993) e estimativas de áreas agrícolas (Ippoliti-Ramilo, 1999).

Para o monitoramento e mapeamento das áreas desflorestadas na Amazônia Legal Brasileira, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) conta, desde 1988, com o Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia (PRODES). O PRODES utiliza imagens de média resolução espacial (TM/ETM+Landsat, CCD/CBERS) para o mapeamento e cálculo das taxas anuais de desflorestamento da Amazônia Legal Brasileira. No âmbito das culturas agrícolas, a utilização de técnicas de sensoriamento remoto para fins de mapeamento deve levar em consideração o elevado dinamismo típico das culturas anuais como é o caso da soja. Isso demanda metodologias que levem em conta o seu comportamento espectro-temporal, exigindo a obtenção de imagens em períodos regulares de tempo (Badhwar et al., 1982; Rizzi et al., 2009). Um dos métodos alternativos de mapeamento da soja sobre extensas regiões é o *Crop Enhancement Index* (CEI) proposto por Rizzi et al. (2009), que aplicado em imagens do sensor orbital *MODerate resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), demonstrou-se promissor na identificação e quantificação de áreas de soja no MT.

Nesse sentido, o objetivo deste estudo é efetuar um diagnóstico quantitativo do grau de ocupação e expansão da soja no MT entre as safras 2001/02 e 2004/05, focando as análises na dinâmica de expansão da soja sobre áreas de desflorestamento.

2. Metodologia

A área de estudo compreende o estado do MT, localizado entre as latitudes S 07° 10' e S 18° 00' e as longitudes W 50° 00' e W 61° 05'. O estado possui uma área de 903.358 km². É o maior produtor nacional de soja, respondendo por 27% da produção brasileira na safra 2008/09. Também, é o líder nacional na área cultivada com soja desde a safra 2000/01. Entre as safras 2001/02 e 2004/05 a área de soja aumentou de 3,8 para 6,1 milhões de hectares (Mha), o que corresponde a uma expansão superior a 60% (IBGE, 2010).

No presente trabalho o período selecionado para a análise abrange as safras 2001/02 a 2004/05. A safra colhida em 2002 corresponde à primeira oportunidade de análise de um mapa de soja gerado com imagens MODIS com um mapa de desflorestamento PRODES do ano anterior. Isso porque até o ano de 2000, o PRODES disponibiliza apenas informações especializadas acumuladas em dois períodos: 1988 a 1997 e 1998 a 2000. A safra 2004/05 corresponde ao período em que foi contabilizada a maior área cultivada com soja da história

¹ Nesse trabalho, o termo desflorestamento refere-se exclusivamente à perda de cobertura natural de Floresta Amazônica.

do MT (6,1 Mha) e que vem se mantendo relativamente estável até a safra de 2008/09 (IBGE, 2010).

As informações divulgadas pelo projeto PRODES (INPE, 2010) mostram que o MT lidera as taxas anuais de desflorestamento na Amazônia Legal. No período de 1988 a 2000 (13 anos) o MT acumulou uma área desflorestada de 7,7 Mha. Entre 2001 e 2008 (8 anos), o estado acumulou um desflorestamento de 5,6 Mha. Desde 1988, o MT já contribuiu com 35% de todo o desflorestamento da Amazônia Legal (INPE, 2010).

Os mapas temáticos com a distribuição espacial das áreas de soja para as safras 2001/02 a 2004/05 foram obtidos por meio da metodologia do índice CEI (Equação 1), proposto por Rizzi et al. (2009). O CEI considera os valores do índice de vegetação EVI (Enhanced Vegetation Index; Huete et al., 1997) extraído das imagens do sensor MODIS/TERRA, especificamente do produto de Índices de Vegetação MOD13Q1, numa composição de 16 dias. As imagens são selecionadas obedecendo aos períodos de mínimo e de máximo valor de EVI, observados próximo ao plantio e durante o máximo desenvolvimento vegetativo, respectivamente. Estes períodos são definidos com base no calendário agrícola. Dessa forma, são geradas imagens de mínimo (MinEVI) e máximo EVI (MaxEVI), que são manipuladas matematicamente (Equação 1), resultando no “Mapa CEI”, com valores normalizados. Esses autores definiram um limiar de fatiamento de 0,28 que corresponde o limite mínimo para que um dado pixel do “Mapa CEI” seja classificado como área de soja. Ao utilizar um mapa de referência para calibrar o limiar de fatiamento, esses autores verificaram que o acerto espacial do mapa de soja obtido pelo CEI é superior a 91%. É importante destacar que essa metodologia é adequada para trabalhos de monitoramento e mapeamento do cultivo de soja sobre extensas regiões, uma vez que é totalmente automatizada e reduz a dimensionalidade dos dados a serem processados, tornando a fase computacional de processamento menos dispendiosa. Outros detalhes acerca do uso do CEI para identificação da cultura da soja são descritos por Rizzi et al. (2009).

$$CEI = G * \frac{(MaxEVI) - (MinEVI)}{(MaxEVI + S) + (MinEVI + S)} \quad (1)$$

em que: MaxEVI = valor máximo de EVI observado no período de máximo desenvolvimento da cultura; MinEVI = valor mínimo de EVI observado próximo ao período de plantio e/ou emergência; S = coeficiente de realce (10^2); G = fator de ganho (10^2).

Os mapas dos polígonos de desflorestamento para o MT foram obtidos no portal do PRODES (www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodes). Maiores detalhes acerca do projeto PRODES são descritos no artigo de Câmara et al. (2006). Cabe frisar que os polígonos PRODES estão disponíveis anualmente, apenas a partir de 2001. Dessa forma, optou-se por acumular todos os desflorestamentos ocorridos entre 1988 e 2000, caracterizados neste trabalho como *desflorestamento antigo*. Entre 2001 e 2004 os mapas de desflorestamento foram obtidos anualmente, sendo caracterizados como *desflorestamento recente*.

Para obter as informações do plantio de soja em áreas desflorestadas, foram efetuadas análises conjuntas dos mapas temáticos da soja com os polígonos do PRODES num Sistema Geográfico de Informações (SIG). Os mapas temáticos da soja referentes às safras 2001/02 a 2004/05 foram sobrepostos, individualmente, ao mapa com desflorestamentos acumulados de 1988 a 2000 a fim de estimar a área de *soja em desflorestamento antigo*. Em seguida, o mapa temático de soja da safra 2001/02 foi sobreposto ao mapa de desflorestamento do PRODES de 2001 a fim de avaliar a área de *soja em desflorestamento de 2001*. O mesmo procedimento foi feito com os mapas temáticos da soja para as safras 2001/02 a 2004/05 que foram sobrepostos aos mapas anuais de desflorestamentos de 2001 à safra em questão. Assim, foram obtidas as

áreas de soja em desflorestamentos recentes (2001 a 2004) para cada safra, identificando o ano em que o desflorestamento ocorreu. As áreas de soja remanescentes, fora de áreas de desflorestamento, foram agrupadas numa única classe, definida como “Soja – Outras áreas”.

3. Resultados e Discussão

A Figura 1 apresenta os mapas contendo a distribuição espacial das áreas de soja do MT para as safras 2001/02 a 2004/05. Em verde, áreas de soja fora de áreas desflorestadas (“Soja - Outras áreas”) e, em vermelho, áreas de soja sobre desflorestamentos (“Soja – Desflorestamento”).

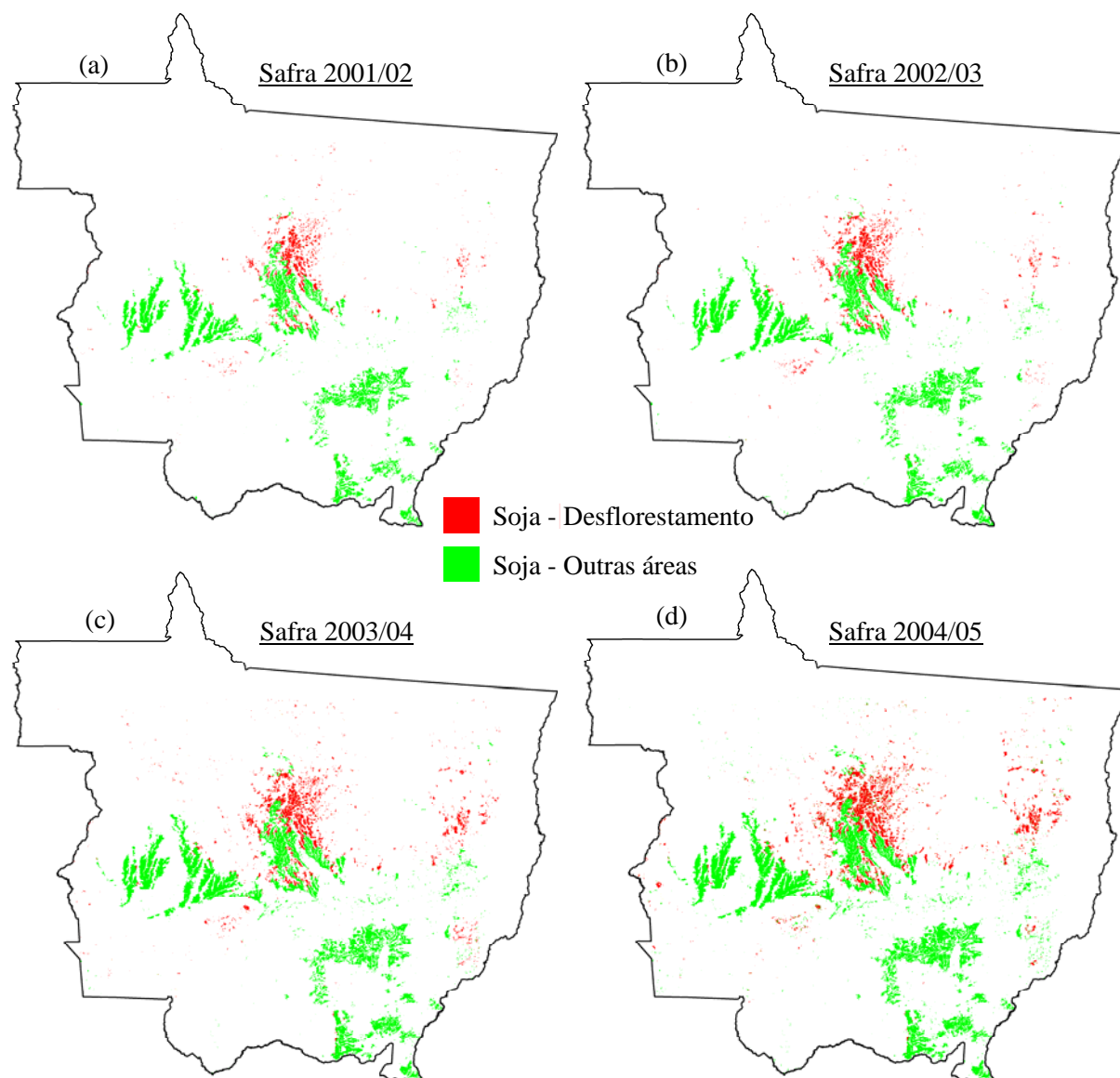


Figura 1. Mapas de soja do MT, safras 2001/02 (a), 2002/03 (b), 2003/04 (c) e 2004/05 (d).

A Figura 2 apresenta valores anuais da área de soja estimada para o estado do MT para as safras de 2001/02 a 2004/05, obtidos por meio da classificação do “Mapa CEI”, adaptado de Rizzi et al. (2009), que estão ilustrados na Figura 1. Em destaque, (vermelho) encontra-se a porção da área de soja em áreas de desflorestamento observado pelo PRODES, a partir de 1988. Nota-se que a área de soja estimada pelas imagens MODIS, via metodologia CEI, passou de 3,8 Mha na safra 2001/02 para 6,1 Mha na safra 2004/05. Em todas as safras

analisadas a área de soja estimada pelas imagens MODIS, via metodologia CEI, se assemelha muito às estimativas do IBGE.

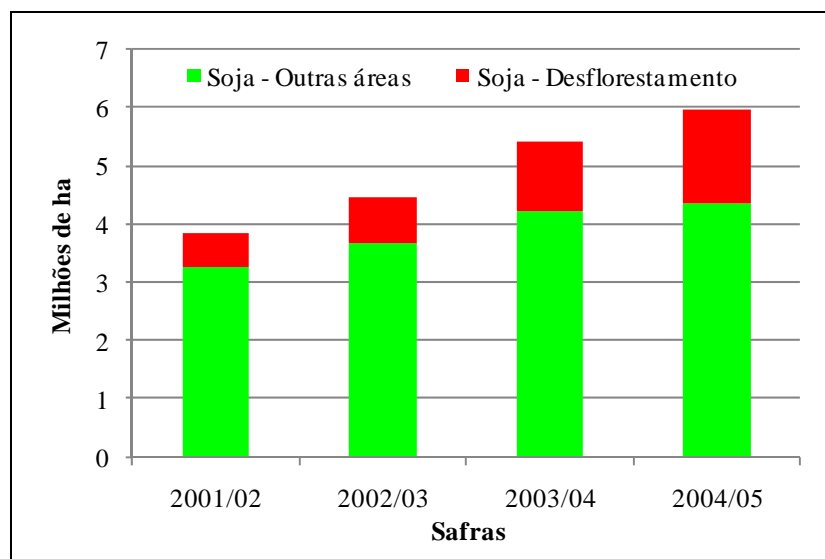


Figura 2. Área de soja cultivada no MT entre os anos safra 2001/02 e 2004/05, resultantes da classificação do “Mapa CEI”, destacando em vermelho a fração da soja em desflorestamentos observados pelo PRODES a partir de 1988.

Verifica-se que a maior parte da área cultivada com soja no MT não ocorre em áreas de desflorestamento mapeado pelo PRODES (“Soja – Desflorestamento”), ou seja, se distribui sobre áreas de cerrado alterado, ou sobre desflorestamentos efetuados em anos anteriores a 1988 (“Soja - Outras áreas”). Entretanto, observa-se que grande parte do incremento da área de soja no estado ao longo do período de análise se deu sobre áreas desflorestadas. Enquanto que na safra 2001/02 apenas 15% da área de soja encontrava-se sobre áreas de desflorestamento, em 2004/05 esse percentual passou para 27%. Isso representa em incremento de 1,02 Mha de soja sobre áreas anteriormente ocupadas com Floresta. Esse panorama reforça os resultados apresentados por Rizzo et. al (2010), que ao efetuarem uma análise da expansão da soja sobre os biomas do MT, verificaram que até a safra de 2001/02, a soja ocupava predominantemente o bioma Cerrado. No entanto, esses autores identificaram uma tendência de expansão da soja sobre a região centro-norte do estado, entre as safras 2001/02 e 2004/05, ou seja, sobre áreas do bioma Amazônia, onde a formação de Floresta predomina.

Por outro lado, o PRODES indica que, entre 1988 e 2000, o total de superfície desflorestada no MT alcançou 7,7 Mha. Deste modo, menos de 7,7% (0,59 Mha) desse total estava sendo cultivado com soja na safra 2001/02. Na safra 2004/05, mesmo com uma área de aproximadamente 1,6 Mha de soja cultivada sobre áreas desflorestadas, o PRODES já contabilizava uma área desflorestada total de aproximadamente 11,5 Mha no MT. Ou seja, o processo de expansão da soja rumo a áreas desflorestadas se intensificou. Apesar disso, a relação entre a área de expansão da soja sobre desflorestamentos (1,02 Mha) e a área de *desflorestamento recente* (3,8 Mha) sugere que, mesmo que todo o crescimento da área de soja tivesse ocorrido sobre o *desflorestamento recente*, a soja ocuparia 27% desse total.

A Tabela 1 apresenta o valor da área de soja em desflorestamentos, indicando o ano em que o mesmo ocorreu.

Tabela 1. Área de *soja em desflorestamento antigo* (1988 a 2000) e de *soja em desflorestamento recente* (2001 a 2004) por safra de 2001/02 a 2004/05.

	Safra							
	2001/02		2002/03		2003/04		2004/05	
	Mha	%	Mha	%	Mha	%	Mha	%
<i>Soja em desfl. antigo*</i>	0,5797	98	0,7347	92	1,0283	86	1,2506	78
<i>Soja em desfl. 2001</i>	0,0130	2	0,0437	6	0,0704	6	0,0832	5
<i>Soja em desfl. 2002</i>	-		0,0172	2	0,0596	5	0,0948	6
<i>Soja em desfl. 2003</i>	-		-		0,0341	3	0,1166	7
<i>Soja em desfl. 2004</i>	-		-		-		0,0674	4
<i>Total soja em desfl.</i>	0,5927	100	0,7956	100	1,1925	100	1,6125	100

*desflorestamentos acumulados de 1988 a 2000.

As informações ilustradas na Tabela 1 mostram que a maior parte da expansão da soja em áreas desflorestadas, ao longo do período, deu-se sobre áreas de *desflorestamento antigo*. Ou seja, do total de 1,02 Mha da área de expansão da soja sobre desflorestamentos, 66% (0,67 Mha) se deu em desflorestamentos detectados entre 1988 e 2000 e 34% (0,35 Mha) em desflorestamentos ocorridos a partir de 2001. Considerando que as áreas de *desflorestamento antigo* tenham sofrido esse processo com a finalidade de utilização do solo para o desenvolvimento de uma determinada atividade econômica, a expansão da soja nesse contexto ocorreu, predominantemente, em substituição às atividades pioneiras. Não é possível identificar qual o uso predominante do solo no período entre o desflorestamento e a conversão para áreas de soja. Entretanto, de acordo com Rivero et al. (2009), o uso predominante do solo entre o desflorestamento e a definitiva implantação da soja é com pastagem e em alguns casos, arroz que é cultivado durante 1 a 3 anos antes da implantação definitiva da soja. Deste modo, pode-se considerar que, embora a ocorrência de soja em áreas desflorestadas venha crescendo ao longo do tempo no MT, grande parte desses desflorestamentos ocorridos especificamente sobre áreas que passariam a ser ocupados com soja ao longo do tempo, não tiveram ligação direta com a expansão da cultura. Isto é, num primeiro momento, o desflorestamento ocorreu com vistas à utilização econômica da área para outros fins que não a soja, como por exemplo, exploração de madeira ou expansão de áreas de pastagem, sendo que em algum momento seguinte, motivado pela perspectiva de maior rentabilidade, o produtor converteu tal área para produção de soja. Em alguns casos, conforme levantado por Kirby et al. (2005) e Bickel (2004), a própria valorização fundiária levou o produtor que efetuou o desflorestamento, a vender suas terras para latifundiários que então deram início ao cultivo de soja.

Afora isso, embora a conversão direta das áreas desflorestadas em áreas de soja não seja uma prática comum (Tabela 1), analisando as três últimas safras observa-se que entre 8 e 11% dos casos a implantação da cultura ocorreu entre o primeiro e o segundo ano após a detecção do desflorestamento. Esse evento pode estar associado a alguma característica regional, como por exemplo, a prática comum de desflorestar gradativamente faixas ao redor de lavouras já consolidadas. Essa constatação, associada aos percentuais variáveis de conversão de áreas desflorestadas 1, 2, ou 3 anos antes da conversão para áreas de cultivo de soja traduz a diversidade de situações que dificultam a parametrização de uma trajetória temporal típica entre o registro do desflorestamento e a implantação definitiva da soja em áreas desflorestadas no MT.

No que tange à possível influência indireta da soja sobre a Floresta, a sua parametrização torna-se uma tarefa complexa. Seriam necessários estudos ainda mais detalhados que utilizem mecanismos eficazes para avaliar o grau de conversão de áreas destinadas a outros usos em

áreas de soja, como por exemplo, a pecuária. Deveriam ser levados em conta os aspectos de evolução da produção e produtividade e como se distribui no espaço a expansão dessas atividades alternativas (sobre regiões com predominância de floresta ou com predominância de cerrado, por exemplo). Outros fatores como, a influência da infraestrutura logística, o preço das *commodities* agrícolas ao longo do tempo e a influência de outras culturas que também participem da conversão das áreas de pastagens em áreas agrícolas (e.g. cana-de-açúcar) precisam ser melhor dimensionados para permitir inferências seguras sobre esta questão.

Em última análise, alguns estudos como o de Fearnside (2001) e Morton et al. (2006), embora não forneçam a magnitude da influência da soja sobre o desflorestamento em nível estadual, compartilham a idéia de que o cultivo da expansão da soja exerce influência sobre a Floresta. Nesse sentido, o presente estudo possibilita que essa lacuna de informações quantitativas a acerca da expansão da soja no contexto das áreas de desflorestadas do MT seja, em parte, preenchida.

4. Conclusões

A ocorrência de soja sobre áreas desflorestadas no MT cresceu de 0,59 para 1,61 Mha entre 2001 e 2005. Enquanto que a expansão total da soja sobre áreas desflorestadas foi de 1,02 Mha (sendo que 66% deu-se sobre áreas de *desflorestamento antigo*), a área desflorestada no período alcançou 3,8 Mha. Isso indica que, embora tenha ocorrido uma grande expansão da área desflorestada e, também, da área cultivada com soja nesse período, até a safra 2004/05, a soja ocupou apenas 0,35 Mha, ou seja, 9% das áreas de *desflorestamento recente*. O fato de que grande parte do crescimento da área de soja em áreas desflorestadas foi sobre *desflorestamento antigo*, sugere que a expansão da soja ocorreu, predominantemente, em substituição a outros usos.

5. Referências Bibliográficas

- Aguiar, A. P. D. ; Camara, G ; Escada, M . Spatial statistical analysis of land-use determinants in the Brazilian Amazonia: Exploring intra-regional heterogeneity. **Ecological Modelling**, v. 209, p. 169-188, 2007.
- Alves, D. S. Space-time Dynamics of Deforestation in Brazilian Amazônia. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 14, p. 2.903-2.908, 2002.
- Badhwar, G.D; Carnes, J.G.; Austin, W.W. Use of Landsat-derived temporal profiles for corn-soybean feature extraction and classification. **Remote Sensing of Environment**, v.12, n.1, p.57-79, 1982.
- Bertrand, J.-P.; Cadier, C.; Gasquès J. G. Le crédit : un des facteurs clés de l'expansion de la filière soja dans le Mato Grosso. **Cahiers Agricoles** vol. 14, n. 1, 2005.
- Bickel, U. Brasil: Expansão da soja, conflitos sócio-ecológicos e segurança alimentar. Bonn, Alemanha, 2004. 169f. Tese (Mestrado em Agronomia Tropical) - Faculdade de Agronomia, Universidade de Bonn, 2004.
- Brandão, A. S. P.; Rezende, G. C.; Marques, R. W. C. Crescimento agrícola no período 1999-2004, explosão da área plantada com soja e meio ambiente no Brasil. Rio de Janeiro: IPEA, 2005. (Texto para discussão, 1062).
- Brown J. C.; Koeppe M., Coles, B. Price P. K. Soybean Production and Conversion of Tropical Forest in the Brazilian Amazon: The Case of Vilhena, Rondônia. **Ambio**, v.34, n.6, 2005.
- Brown, J. C.; Jepson, W. E.; Kastens, J. H.; Wardlow, B. D.; Lomas, J.; Price, K. P. Multitemporal, Moderate-Spatial-Resolution Remote Sensing of Modern Agricultural Production and Land Modification in the Brazilian Amazon, **GIScience & Remote Sensing** v.44, n.2, p.117-148, 2007.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Disponível em http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=113&cod_pai=35. Acesso em: 01 nov. 2010.

Fearnside, P. M. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. **Environmental Conservation**, v. 28, n. 1, p. 23-38, 2001.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Banco de dados PRODES, 2010. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2009.htm>. Acesso em: 30 out. 2010.

Ippoliti-Ramilo, G. A. Imagens TM/Landsat-5 da época de pré-plantio para a previsão da área de culturas de verão. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1999. 183p. (INPE-7116- TDI/668). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1998.

Huete, A.; Liu, H. Q.; Batchily, K.; Leween, W. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**, n. 59, p. 440–451, 1997.

Machado, L. A fronteira agrícola na Amazônia. In: Becker, B. K.; Christofolletti, A.; Davidoch, F. R.; Geiger, R. P. P. **Geografia e meio ambiente no Brasil**. São Paulo: Editora Hucitec, 1998. cap. 9, p. 181-217.

Margulis S. Causes of deforestation in the Brazilian Amazon. Washington, D.C.: **World Bank Paper**, n. 22, 2004, 71p.

Morton, D. C.; DeFries, R. S.; Shimabukuro, Y. E.; Anderson, L. O.; Arai, E.; Espirito-Santo, F. del B.; Freitas, R.; Morissette, J. Cropland expansions changes dynamics in the southern Brazilian Amazon. **PNAS**, v. 103, p.14637-14641, 2006.

Nepstad, D. et al. Frontier governance in Amazônia. **Science**, v. 295, p. 629-631, 2002.

Kirby, K. R.; Laurance, W. F.; Albernaz, A. K.; Schroth, G.; Fearnside, P. M.; Bergen, S.; Venticinque, E. M.; Costa, C. D. The future of deforestation in the Brazilian Amazon. **Futures**, v.38, p. 432–453, 2006.

Risso, J.; Rizzi, R.; Eberhardt, I. D. R.; Fernandes, S. L.; Análise da ocupação e avanço da soja sobre os biomas Cerrado, Floresta Amazônica e Pantanal no estado do Mato Grosso. In: Congresso de Iniciação Científica (CIC), 19. 2010. Pelotas. Anais... Pelotas: UFPEL, 2010.

Rivero, S.; Almeida, O.; Ávila, S.; Oliveira, W. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova Economia**. v.19, n.1, p.41-66, 2009.

Rizzi, R.; Risso, J.; Epiphanyo, R. D. V.; Rudorff, B. F. T.; Formaggio, A. R.; Shimabukuro, Y. E.; Fernandes, S. L. Estimativa da área de soja no Mato Grosso por meio de imagens MODIS. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto (SBSR), 14. 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 387-394.

Skole, D.; Tucker, C. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978 to 1988. **Science**, v.260, p.1905-1910, 1993.