



ANÁLISE DAS MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DA TERRA E PLANEJAMENTO REGIONAL NO MATOBIBA

LAND USE AND LAND COVER CHANGE ANALYSIS AND REGIONAL PLANNING IN MATOBIBA

Willian Alves da Silva – IBGE/UERJ – Rio de Janeiro – RJ - Brasil
willianads@hotmail.com

Leandro Andrei Beser de Deus – IBGE/UERJ – Rio de Janeiro – RJ - Brasil
leandrobaser@gmail.com

RESUMO

A região conhecida como MATOPIBA (Região das divisas dos Estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) passa, nas últimas décadas, por fortes alterações de sua vegetação natural devido ao avanço do Agronegócio. O Cerrado tem dado lugar a pastagens e agricultura em larga escala. Neste trabalho, objetiva-se comparar o avanço da agricultura ao longo de 30 anos, com enfoque especial em como cada classe de vegetação tem sido afetada, seja diretamente pela substituição por agricultura, ou devido a impactos indiretos. Para isso, serão utilizadas cenas ambientais produzidas pela classificação de subcenas Landsat [5 e 8] e posterior análise dos gráficos de “Perdas e Ganhos”, do módulo análise de mudanças, produzidos pelo modelo LCM (Land Change Modeler) pertencente ao software IDRISI Selva. Como resultado final, observou-se a expansão da Agricultura sobre certos tipos de vegetação nativa e uma progressiva diminuição da densidade desta vegetação preservada como efeito colateral.

Palavras-chave: Uso e Cobertura da Terra, Cerrado, Land Change Modeler.

ABSTRACT

The region known as MATOPIBA (Region of the boundaries of the States of Maranhão, Tocantins, Piauí and Bahia) has, in recent decades, undergone strong changes in its natural vegetation due to the advance of Agribusiness. The Cerrado has given way to pastures and large-scale agriculture. This work aims to compare the advance of agriculture over 30 years, with a special focus on how each class of vegetation has been affected, either through direct replacement by agriculture or due to indirect impacts. For this, environmental scenes produced by the classification of Landsat sub-scenes [5 and 8] were used. Based on those images “Losses and Gains” graphics produced by the LCM (Land Change Modeler) model belonging to the IDRISI Selva software were analyzed. As a final result, an expansion of Agriculture over certain types of native vegetation were observed and the progressive decrease in the density of preserved vegetation were identified as a side effect.

Keywords: Land Use and Land Cover, Cerrado, Land Change Modeler.

INTRODUÇÃO

O Cerrado na região das divisas dos Estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, região conhecida pelo acrônimo MATOPIBA, permaneceu praticamente inalterado até a década de 1970. Mudanças significativas começaram a ocorrer a partir da década de 1970, incentivadas por programas instituídos pelo Governo Federal de uso e ocupação da região central do Brasil. Esses programas impulsionaram a dinamização do setor agrário, transformando a área ocupada originalmente por esse bioma na mais importante área de expansão da fronteira agrícola brasileira na atualidade (PASCHOAL e DE MORAIS, 2019).

Neste contexto, este trabalho definiu a região do “MATOPIBA” com o objetivo de analisar, por meio da criação de cenas ambientais, a dinâmica do uso e cobertura da terra tendo como base imagens Landsat dos anos de 1997, 2007 e 2017. Com base nessas cenas, propõe-se analisar quais as alterações que a vegetação nativa sofreu no período, não só nas áreas de cerrado substituídas por agricultura, mas também como essa classe de uso tem afetado a vegetação ainda remanescente.

Existem vários trabalhos que realizaram análises multitemporais para a dinâmica do uso e cobertura da terra similares ao proposto no presente trabalho, tais como Guidolini et al. (2013) e Silva e Fonseca (2016). Em ambos os trabalhos, foi utilizado o módulo Land Change Modeler (LCM), acoplado ao software IDRISI (EASTMAN, 2006), para a análise das alterações ocorridas entre as cenas ambientais analisadas.

De acordo com Reis (2019), a escala de trabalho do planejamento regional é, evidentemente, diferente da escala de planejamento local: utiliza-se cartografia em escalas reduzidas (1: 250.000, 1:100.000, 1:50.000, 1:25.000, etc.) e imagens de satélite, de média resolução, que mostram informações que se modificam ao longo do tempo. Como exemplo, têm-se desmatamentos, áreas urbanizadas, áreas agrícolas, etc. A respeito da escala regional adotada, é importante ressaltar que seu foco é o conjunto dos territórios analisados, sua dinâmica, envolvendo circulação e interdependência. Numa perspectiva histórica da trajetória do planejamento urbano e regional, Hall (1995), em seu estudo intitulado “Cidades do Amanhã”, menciona que:

o regionalista esforça-se para que todos os seus sítios e recursos, da floresta à cidade, da montanha ao nível d'água, possam ser corretamente desenvolvidos, e que a população seja distribuída de modo que utilize e não aniquile ou destrua as vantagens naturais do lugar. O planejamento regional vê o povo, a indústria e a terra como uma única unidade. (HALL, 1995, p. 177).

Portanto, por meio desse olhar holístico e abrangente, estabelecem-se, de forma mais efetiva, relações, interações e redes entre municípios e estados. Sendo assim, o planejamento regional assume um papel vital na articulação de poderes. Se, por um lado, o quadro apresentado é mais generalizado, por outro, tem-se uma visão não fragmentada e unificada dos processos sociais, econômicos e políticos (SANTOS, 2004; REIS, 2019).

MATERIAIS E MÉTODOS

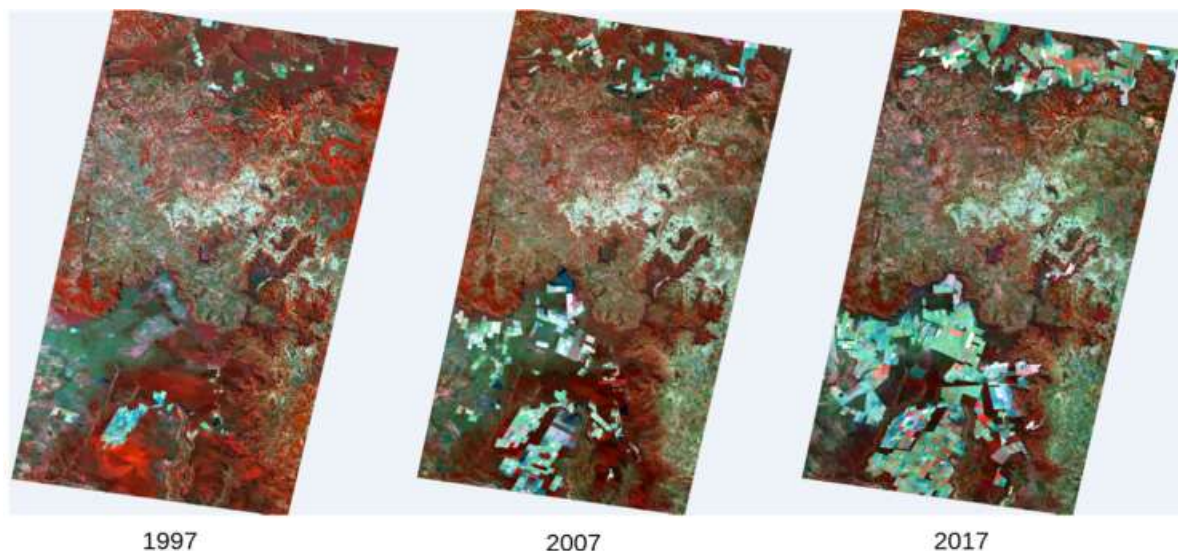
Como insumos para a produção das cenas ambientais, foram utilizadas duas subcenas do sensor Landsat 5 TM (1997, 2007) e uma subcena do Landsat 8 OLI (2017). As bandas espectrais utilizadas no Landsat 5 TM foram [3,4,5] e no Landsat 8 OLI foram [4,5,6]. As bandas foram empilhadas na seguinte ordem para a geração das composições RGB:

- Landsat 5 TM: RGB[4-5-3] para os anos de 1997 e 2007;
- Landsat 8 OLI: RGB[5-6-4] para o ano de 2017.

As imagens foram tomadas nas seguintes datas: Imagem de 1997 [24/06/1997]; Imagem de 2007 [20/06/2017]; e Imagem de 2017 [15/06/2017], ou seja, todas as imagens foram coletadas no mês de junho com 10 anos de intervalo entre cada (Figura 1). Todas as cenas utilizadas têm origem no site do EarthExplorer do USGS (United States Geological Survey), com nível de processamento 1TP (precision terrain corrected) e Órbita/Ponto 220/67.

Neste trabalho, as análises terão foco nas alterações ocorridas entre 1997 e 2017, sendo que a imagem de 2007 servirá como controle para verificar se tais alterações detectadas se dão de forma contínua, tanto em sentido quanto em velocidade.

Figura 1 - Subcenas Landsat utilizadas para o estudo.



Fonte: os autores (2020).

Para a área estudada, optou-se, em parte, pela classificação **não supervisionada**. Em Campbell (1996), ao comparar os processos de classificação **supervisionada e não supervisionada**, o autor aponta algumas vantagens em relação ao **método escolhido**: não exige do analista imposição de uma determinada estrutura de classificação aos dados, através da definição prévia das classes de informação. Mesmo quando essa estrutura existe, tais classes podem não corresponder às classes reais existentes na cena imageada, ou não ser separáveis no espaço espectral n-dimensional; ou evita-se que as áreas de treinamento selecionadas possam não apresentar todas as características das classes que representam. Esta característica pode ter muita influência, principalmente quando a área a ser classificada é abrangente, complexa ou inacessível. Assim, a classificação não-supervisionada apresenta vantagens sendo indicada para os seguintes casos: a) quando o usuário desconhece *in situ* a área estudada e não conhece, portanto, previamente as classes que se deseja identificar nas imagens; b) mesmo que tenha noções das classes que pretende mapear, ainda não conhece, efetivamente, as características espectrais dos alvos que deseja discriminar.

A classificação não supervisionada foi adotada em parte, pois foi também necessário recorrer à classificação manual (via vetorização). A dificuldade de se discriminar certos alvos ficou evidente, no presente estudo, especialmente na classe

Agricultura. Para essa classe, especificamente, várias dificuldades foram encontradas no processo de mapeamento automático, utilizando apenas sua assinatura espectral. Trata-se de uma classe que depende do contexto, englobando diferentes tipos de culturas agrícolas e em diferentes estágios de desenvolvimento (de solo exposto a totalmente coberto), incluindo até mesmo pequenos resquícios isolados de vegetação nativa. Assim, apresenta assinaturas tão variadas (Figura 2), que são impossíveis de serem separadas apenas com uso de suas características espectrais. Como solução para os problemas apresentados, optou-se pela vetorização manual das regiões agrícolas, realizada em cada uma das imagens.

Figura 2 - Diversidade de respostas espectrais para a classe Agricultura - Landsat 8 OLI: RGB[5-6-4]



Fonte: os autores (2020).

Deve-se ressaltar que durante a classificação não-supervisionada, a classe Agricultura foi ignorada, sendo retomada, somente nas etapas finais do processo, em que tal classe foi imposta sobre o produto final obtido. Portanto, pode-se dizer que o resultado final foi uma classificação mista em termos de técnica utilizada. O controle de qualidade da classificação se deu durante a reclassificação visual das classes automaticamente assinaladas pelo programa (30 classes) e as classes finais desejáveis. Cada classe automática foi confrontada com as imagens de referência com o intuito de

obter certeza de sua aderência com a classe final a qual seria associada. Caso o resultado final não fosse adequado, a classificação não supervisionada deveria ser refeita, porém aumentando-se o número de classes automáticas ou repensando as classes presentes no mapeamento final.

Todo o processo de organização e processamento foi realizado utilizando o software QGIS 3.4 e o seu Plugin denominado SCP (Semi-Automatic Classification Plugin) (CONGEDO, 2016). Como resultado das classificações, chegou-se às seguintes classes (Figura 3):

Agricultura: Em termos espectrais o que neste trabalho foi classificado como agricultura se refere às regiões ocupadas por agricultura de grande escala, com intensivo uso de mecanização, possui um amplo leque de respostas espectrais. Desta forma, esta classe pode parecer com solo exposto após a colheita e a uma vegetação densa quando do ápice da maturidade ou englobando resquícios de vegetação nativa isolada.

Cerrado Úmido: Foi considerado como cerrado úmido toda a vegetação com aparência avermelhada devido à grande contribuição da banda do infravermelho próximo, banda 4 (Landsat 5) ou 5 (Landsat 8). Essa vegetação mostra indícios de estarem em áreas com abundância de água no solo, pois possuem respostas similares às matas ciliares que também foram classificadas nesta classe.

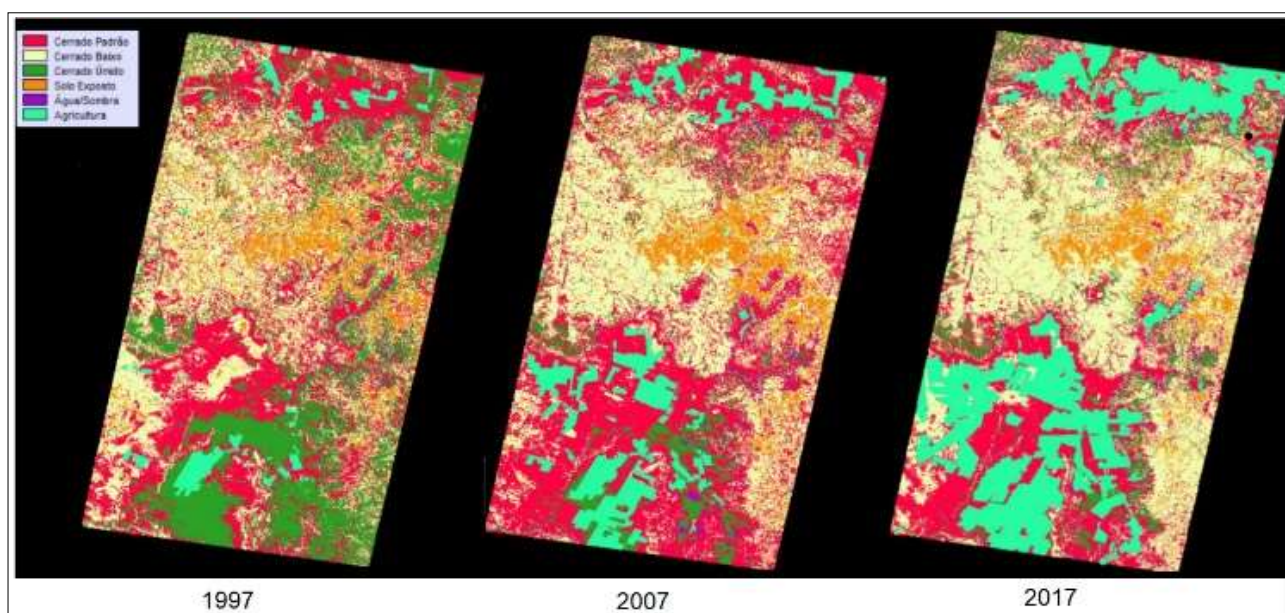
Cerrado Padrão: É a vegetação que se compara ao cerrado úmido no requisito densidade, porém mostra uma coloração mais pálida, podendo ser entendido como uma vegetação ainda densa/média, porém sem acesso à abundância de água.

Cerrado Baixo: É toda vegetação mais rala ou rarefeita com uma resposta espectral bem mais clara que o Cerrado Padrão devido à maior interação entre a resposta da vegetação e do solo. Mesmo podendo haver arbustos mais altos, estes estão espalhados de forma bem esparsa, sendo basicamente formado de vegetação rasteira. Pastagens estão contidas nessa classe.

Solo Exposto: Solo sem vegetação ou com resposta espectral predominante do solo. Também estão contidos nesta classe as áreas urbanas e corpos rochosos expostos.

Água e Sombra: Foram unidas por apresentarem respostas espectrais semelhantes. As sombras estão localizadas nas escarpas das serras e impossibilitam a identificação da área afetada. Contudo, do mesmo modo como a hidrografia, que em termos de área, são muito inferiores em relação às demais. Decidiu-se, assim, não realizar a discriminação entre elas, deixando-as como sendo uma única classe com baixa relevância no estudo.

Figura 3 - Cenas ambientais resultantes da classificação das subcenas Landsat.



Fonte: os autores (2020).

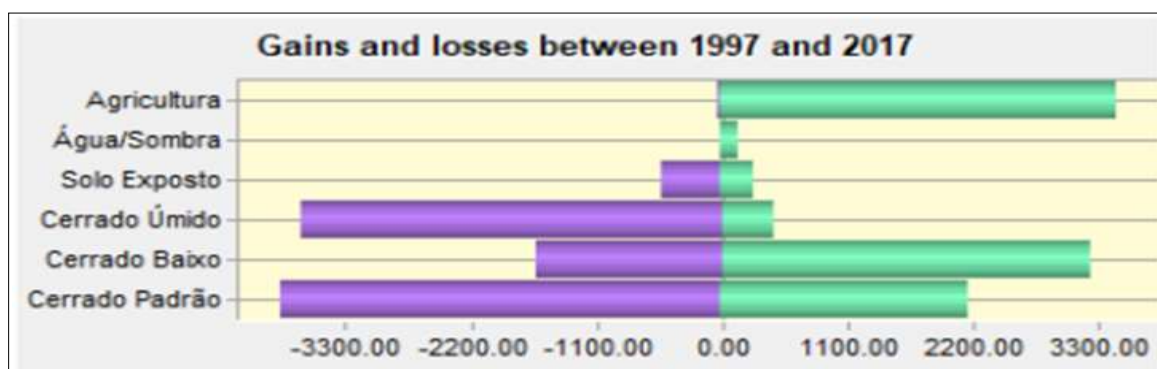
Durante o processo de validação, foi detectada a classe “Queimadas” cuja detecção se deu de forma muito precisa. Devido a sua não presença em todas as cenas, e também por ser uma feição em que a ocorrência não poderia ser comparada espacialmente no intervalo de tempo adotado, apresentando uma “existência” muito curta, optou-se em não fazer parte do estudo. Desta forma, essa classe foi associada à classe Cerrado Baixo, pois seria o primeiro estágio de recuperação natural, pós-queimada.

Todas as análises das cenas ambientais foram realizadas utilizando o módulo LCM (Land Change Modeler), do software IDRISI Selva.

RESULTADOS

Através dos gráficos de “Perdas e Ganhos” produzidos pelo LCM (Gráfico 1), podemos perceber que em termos de área, a classe Agricultura aumentou em 3300 km² desde 1997. As outras classes apresentam perdas e ganhos com especial destaque para o saldo negativo das classes Cerrado Úmido e Padrão em contraste com o saldo positivo da classe Cerrado Baixo.

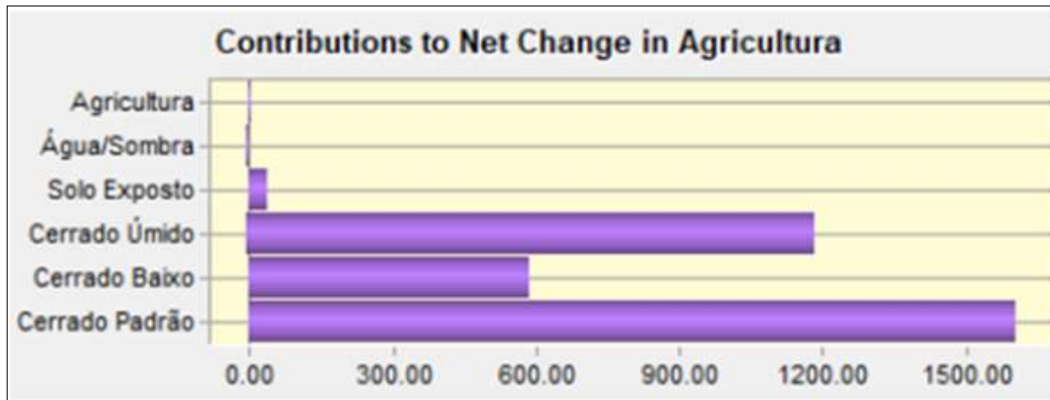
Gráfico 1 - Gráfico de Perdas e Ganhos de todas as classes para todas as classes (km²).



Fonte: os autores (2020).

Embora o Gráfico 1 já traga uma visão geral do que ocorre na região, quando se analisa o gráfico de Perdas e Ganhos com foco em apenas uma feição, consegue-se apresentar de forma individual como cada classe sofre as alterações. No Gráfico 2, pode-se observar que a classe Cerrado Úmido e Padrão foram as que mais foram desmatadas cedendo lugar à Agricultura.

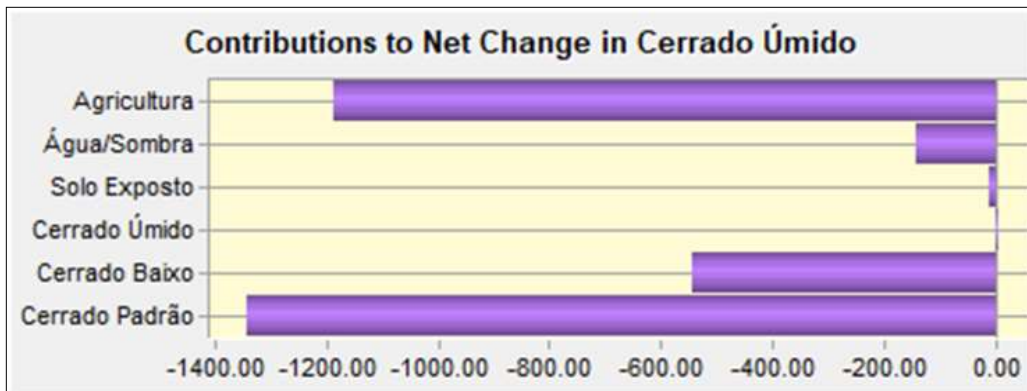
Gráfico 2 - Gráfico de Perdas e Ganhos de todas as classes para a classe Agricultura (km²).



Fonte: os autores (2020).

Já para a classe Cerrado Úmido (Gráfico 3), é interessante constatar que mesmo sendo a que mais sofre com o avanço da classe Agricultura, é a classe Cerrado Padrão a que mais recebe áreas vindas desta classe.

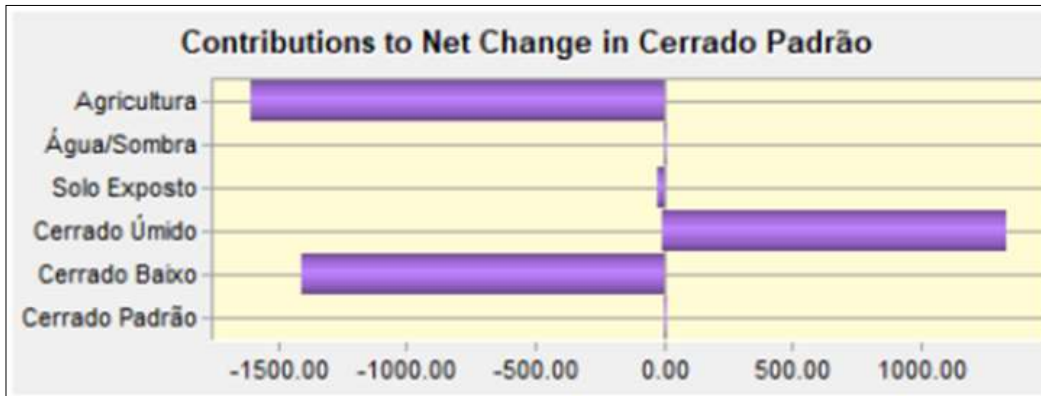
Gráfico 3 - Gráfico de Perdas e Ganhos de todas as classes para a classe Cerrado Úmido (km²).



Fonte: os autores (2020).

Deve-se ressaltar que a classe Cerrado Padrão, a maior beneficiária da perda da Classe Cerrado Úmido, sofre redução da sua área devido à perda para as classes Agricultura e Cerrado Baixo (Gráfico 4).

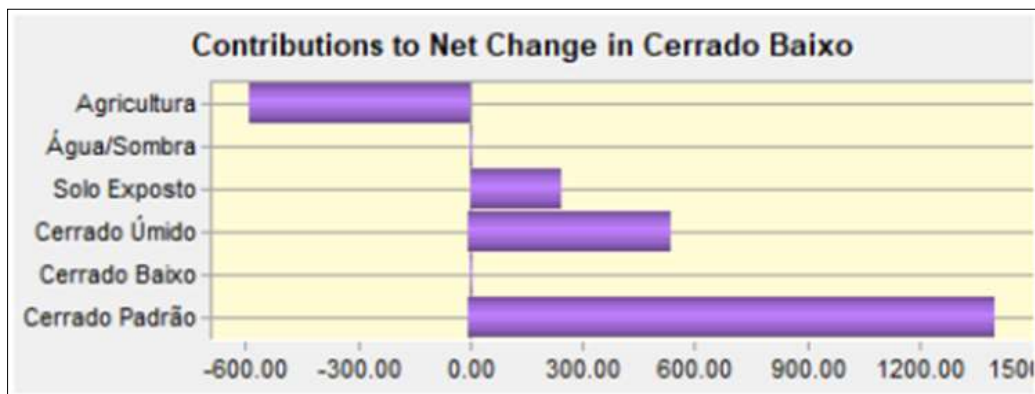
Gráfico 4 - Gráfico de Perdas e Ganhos de todas as classes para a classe Cerrado Padrão(km²).



Fonte: os autores (2020).

Por fim, tem-se em evidência a classe Cerrado Baixo (Gráfico 5). O gráfico quantifica as perdas para a classe Agricultura e os ganhos oriundos das demais classes.

Gráfico 5 - Gráfico de Perdas e Ganhos de todas as classes para a classe Cerrado Baixo(km²).



Fonte: os autores (2020).

Ainda sobre o gráfico acima, deve-se destacar que a classe Solo Exposto apresenta uma interação com a classe Cerrado Úmido devido à alternância da classificação dos bancos de areia nas várzeas dos rios e matas ciliares entre uma cena e outra e também apresentou perda de área para o Cerrado Baixo, principalmente no segundo período.

DISCUSSÃO

De acordo com a Embrapa (2022), na região, ocorreu forte expansão agrícola a partir da segunda metade dos anos 1980 especialmente no cultivo de grãos. Fatores como topografia aplainada e o baixo custo das terras, em comparação às áreas consolidadas do Centro-Sul, levaram alguns produtores rurais a investir e produzir nessa nova fronteira agrícola em formação. A partir da década de 1990, a expansão seguiu, conforme visto na Figura 3, sobre áreas de Cerrado. A partir da análise dos Gráficos de Perdas e Ganhos, a dinâmica da classe Agricultura se deu por meio da expansão de suas áreas, de forma efetiva e significativa, sobre Cerrado Padrão e Cerrado Úmido. A região produz de tubérculos a frutas, incluindo também pecuária, mas o que se destaca mesmo é o cultivo de grãos e fibras, especialmente soja, milho e algodão (Figura 4). Isso pode explicar o padrão de crescimento das áreas agrícolas para as bordas, aproveitando/especulando a infraestrutura existente:

Figura 4 – Produção Agropecuária do MATOPIBA



Fonte: EMBRAPA (2022).

A produção agropecuária do Matopiba é marcada pelas grandes colheitas de grãos, especialmente soja, milho e algodão. A porção baiana da região é a segunda maior produtora brasileira da fibra, atrás apenas do estado do Mato Grosso. Somando toda a área de expansão, a safra local de soja e milho foi de

quase 15 milhões de toneladas em 2018, o equivalente a cerca de 10% da produção nacional, de acordo com dados do IBGE processados pela Embrapa (EMBRAPA, 2022, n.p.)

Foi possível também observar, de forma significativa, que houve uma conversão das classes Cerrado Úmido para Cerrado Padrão e de Cerrado Padrão para Cerrado Baixo, caracterizando assim uma percepção de “desidratação” da vegetação. Levantou-se a hipótese de que essa “desidratação” poderia ser fruto de fatores climáticos e não da interferência humana. Para isso, utilizaram-se a média dos valores de precipitação de estações do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) mais próximas da região, chegando-se ao seguinte resultado (Tabela 1).

Tabela 1 - Precipitação Acumulada nos cinco meses anteriores a partir da média dos acumulados nas estações de Ibipetuba/BA, Barreira/BA, Alto Parnaíba/MA, Bom Jesus do Piauí/PI e Taguatinga/TO

Cena	Precipitação Acumulada (mm).
Cena 1997	517,7
Cena 2007	117,0
Cena 2017	296,6

Fonte: INMET.

Diante destes dados, entendemos que tal hipótese pode justificar a “desidratação” no período entre 1997 e 2007, pois a cena de 2007 apresenta um acumulado de chuvas 77% menor do que o acumulado observado em 1997. Já na comparação entre as cenas de 2007 e 2017, embora o acumulado de chuvas na cena de 2017 seja 253% superior ao observado em 2007, continuou-se observando a “desidratação” da paisagem, embora em um ritmo reduzido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos mostram, conforme o esperado, a rápida evolução do Agronegócio na região do MATOPIBA. Mostra também que essa expansão pode estar gerando uma “desidratação” na vegetação nativa, que embora necessite ser mais bem

explorada, levanta hipóteses em relação à redução da biodiversidade (devido à fragmentação das áreas nativas e agrotóxicos diminuindo a população de insetos polinizadores) ou mesmo diminuição da disponibilidade de água no subsolo e alteração do ciclo da água, conforme mostrado em Spera et al. (2016). Tais possibilidades necessitam ser exploradas em trabalhos futuros.

Fica evidente também, a necessidade de que tal estudo utilize um espaçamento temporal menor de forma a se estabelecer mais efetivamente, qual a relação entre o regime de chuvas e as transições entre classes observadas.

Finalmente, é essencial que as políticas públicas para a região desenvolvam, de forma integrada, planejamentos rural, urbano e ambiental, considerando diferentes escalas e unidades espaciais, que podem ser analisadas de forma articulada, em rede e ao longo do tempo. Nessa perspectiva dinâmica regional, devem-se compreender seus processos históricos, seu quadro atual por meio de diagnóstico de conflitos e potencialidades e, por fim, seus possíveis futuros, analisados por meio de prognóstico e de cenários ambientais espacializados, tendenciais e alternativos, que incluem simulações de uso e cobertura da terra, extremamente úteis ao planejamento regional.

REFERÊNCIAS

CAMPBELL, J. B. **Introduction to remote sensing**. New York: The Guilford Press,. 622 p. 1996.

CONGEDO, L. **Semi-Automatic Classification Plugin Documentation**. Release 6.0.1.1. 2016. DOI:10.13140/RG.2.2.29474.02242/1.

EASTMAN, J. R. IDRISI Manual. **IDRISI Andes Guide to GIS and Image Processing**. Manual Version 15.00. Clark University, Worcester, MA-USA. pp. 240-260. 2006.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sobre o Matopiba**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-matopiba/sobre-o-tema>. Acesso em: 05 de dezembro de 2022.

GUIDOLINI, J. F.; ALMEIDA, A. M.; VALLE R. F. Jr; SCHULER A. E. e ARAÚJO, M.V.N. Modelagem da dinâmica do uso e ocupação do solo (1975 a 2010) na bacia do Rio Uberaba, município de Veríssimo – MG. **Anais ... XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Florianópolis/SC, 2013.

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/97429/1/modelagem-da-dinamica.pdf>.

HALL, P. **Cidades do amanhã**. São Paulo: Perspectiva, 1995.

PASCHOAL, L. G.; DE MORAIS, F. Dinâmica do Uso e Ocupação da Terra em Área de Expansão da Fronteira Agrícola no Baixo Curso do Rio Palmeiras, Estado do Tocantins. **Revista do Departamento de Geografia**. Universidade de São Paulo, v. 37 pag. 15-29. 2019 DOI: 10.11606/rdg.v37i0.154044.

REIS, R. **Planejamento urbano e regional**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019. 232 p.

SANTOS, M. **Pensando o espaço do homem**. São Paulo: Edusp. 2004.

SILVA, N. L.; FONSECA, B. M. Análise espaço-temporal das mudanças no uso e cobertura do solo no município de São Thomé das Letras. **Caderno de Geografia**, v.26, n.45, 2016 ISSN 2318-2962.

SPERA, S. A.; GALFORD, G. L.; COE, M. T.; Macedo M. N.; Mustard J. F. **Land-use change affects water recycling in Brazil's last agricultural frontier**, 2016. <https://doi.org/10.1111/gcb.13298>.

Willian Alves da Silva: Possui graduação em Engenharia Cartográfica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2007). Mestre em Geografia pelo PPGEU/UERJ. Desempenhou atividades de produção cartográfica na Engemap Engenharia, Mapeamento e Aerolevantamento Ltda (2008-2014), onde trabalhou com fotogrametria, restituição fotogramétrica, calibração de sensores, ortorretificação, modelagem de modelos digitais de terreno, sistemas de mapeamento terrestres. Atualmente está lotado no IBGE na Gerencia da Divisão Territorial Brasileira, onde trabalha com perícias relacionadas à limites territoriais fornecendo insumos como a Malha Digital Municipal.

Leandro Andrei Beser de Deus: Possui graduação em Geografia (Bacharelado, 2003; Licenciatura, 2004) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Mestrado em Engenharia Cartográfica, na área de concentração Tecnologia da Informação Geográfica, pelo Instituto Militar de Engenharia (IME, 2005), Doutorado (2013) e Pós-Doutorado (2020) em Planejamento Ambiental pela UFRJ. Realizou intercâmbio acadêmico, durante a pesquisa de doutorado, na Universidad Nacional Amazônica de Madre de Dios (UNAMAD/Peru) e no Wessex Institute of Technology (WIT/Inglaterra). É professor adjunto do Departamento de Geografia Física, vinculado ao Instituto de Geografia (IGEOG/UERJ), e docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEU/UERJ). Atua como coordenador do grupo Núcleo de Estudos Geográficos (NEGEO/UERJ), pesquisador colaborador do Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais (IVIG/UFRJ) e do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território (IGOT/Universidade de Lisboa/Portugal). Tem experiência na área de Geociências, atuando principalmente nos seguintes temas: Planejamento Urbano, Ambiental e Regional; Geoprocessamento (ênfase em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas); Mapeamento Participativo e Cartografia Colaborativa; Análise Ambiental e Gestão Territorial; Zoneamentos, Ordenamento Territorial, Cenários Ambientais e Modelagem de Dados Espaço-Temporais; Uso e Cobertura da Terra, Desmatamento, História Ambiental e Cartografia Histórica; Geografia da Amazônia.

Recebido para publicação em 06 de dezembro de 2022.

Aceito para publicação em 02 de abril de 2023.

Publicado em 23 de junho de 2023.