



**Dinâmica Espaço Temporal da Cobertura da
Terra em uma Bacia Hidrográfica da Região do MATOPIBA, Brasil**

Space-Temporal Dynamics of Soil Coverage in a Watershed of the MATOPIBA Region, Brazil

Temístocles Pacheco Lima¹; Luciano Cavalcante de Jesus França²; Fabrina Teixeira Ferraz²;
Adênio Louzeiro Aguiar Júnior²; Daniel Paiva Silva¹ & Fausto Weimar Acerbi Junior².

¹Instituto Federal Goiano (IF-Goiano), Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado,
Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Zona Rural, 75790-000, Urutaí, GO, Brasil;

²Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Ciências Florestais,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Av. Doutor Sylvio Menicucci, 1001 - Aqueanta Sol, 37200-000, Lavras, MG, Brasil;
E-mails: temistoclespacheco@hotmail.com; daniel.paivasilva@gmail.com;

lucianocjfranca@gmail.com; fabrina.ferraz@hotmail.com; adenio57@gmail.com; fausto@ufla.br

Recebido em: 15/08/2019 Aprovado em: 16/10/2019

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2020_1_162_170

Resumo

A expansão da fronteira agrícola e pecuária no Cerrado brasileiro já levou à perda de 46% da sua cobertura vegetal original, desde o início da década de 1980. Isso causou significativa fragmentação a paisagem natural, sendo a região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), diretamente relacionada à essa expansão. O monitoramento do uso e cobertura da terra a partir de dados do sensoriamento remoto e ferramentas do geoprocessamento, podem contribuir para a compreensão da dinâmica do desmatamento nesta região. Dessa forma, o objetivo do estudo foi analisar a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura da terra para a bacia hidrográfica do Rio Corrente, localizado em território do MATOPIBA, especificamente ao sul do Piauí. Neste estudo, foram utilizadas imagens dos satélites Landsat-5 *Thematic Mapper* (TM) e Landsat-8 *Operational Land Imager* (OLI), referentes aos anos de 1986, 1996, 2006 e 2016 e realizada classificação supervisionada para os anos avaliados, através do Algoritmo de Máxima Verossimilhança (Maxver), com auxílio do software QGIS 2.14.3. A acurácia da classificação foi averiguada com uso do Índice Kappa. Entre 1986 e 2016 a classe Mata Ciliar/Cerradão foi reduzida em 39,54 km² (9,1%). A classe Cerrado Denso/Cerrado Ralo reduziu 129,71 km², equivalente a 47,8% a menos da cobertura que havia em 1986 desta classe. Paralelamente houve expressivo aumento nas classes Solo Exposto e Agricultura/Pastagem, sendo 43,5% e 333%, respectivamente. A classificação supervisionada apresentou concordância do tipo *muito boa*, variando entre 0,91 a 0,96. Os resultados obtidos evidenciam o avanço das atividades agropecuárias na região do MATOPIBA, necessitando de maior atenção do ponto de vista do manejo do solo e proteção ambiental.

Palavras-Chave: dinâmica da paisagem; desmatamento; geoprocessamento.

Abstract

The expansion of agricultural and pasture frontier in the Brazilian Cerrado has already led to the loss of 46% of its original vegetation cover since the beginning of the 1980s. This fact caused significant fragmentation of the natural landscape, being the region of MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí and Bahia states) directly related to this expansion. Monitoring land use and land cover from remote sensing data and geoprocessing tools can contribute to understand the deforestation dynamics in this region. Thus, the goal of this study was to analyze the space-temporal dynamics of land use and land cover for the Rio Corrente basin, located in the territory of MATOPIBA, specifically to the south of Piauí. In this study, we used images from Landsat-5 *Thematic Mapper* (TM) and Landsat-8 *Operational Land Imager* (OLI) satellites for the years 1986, 1996, 2006, and 2016 and we performed a supervised classification for these years using the Maximum Likelihood Algorithm (Maxver), in QGIS 2.14.3. The classification had the accuracy assessment using the Kappa Index. Between 1986 and 2016, the Mata Ciliar/Cerradão class was reduced 39.54 km² (9.1%). The Cerrado Denso/Cerrado Ralo class reduced 129.71 km², corresponding to 47.8% less than the 1986 cover of this class. At the same time there was a significant increase in the categories of Bared Soil and Agriculture/Pasture, being 43.5% and 333%, respectively. The supervised classification showed a very good agreement, ranging from 0.91 to 0.96. The results obtained call attention to the progress of agricultural activities in the MATOPIBA region, requiring greater attention from soil managers and stakeholders, as well as Brazilian environmental protection agencies.

Keywords: landscape dynamics; deforestation; geoprocessing.

1 Introdução

O Brasil é o principal produtor agrícola tropical do mundo (MAPA, 2017). Em 2017, a produção de grandes culturas, como cereais, leguminosas e oleaginosas, foi de 221,4 milhões de toneladas, representando 23,5% do PIB nacional nesse mesmo ano (IBGE, 2017; MAPA, 2017). Grande parte desses cultivos localizam-se no Cerrado, devido à facilidade com que as regiões localizadas neste bioma oferecem à implantação de agronomia mecanizada, considerando-se o seu relevo pouco acidentado e relativamente plano (Carvalho *et al.*, 2009).

O domínio Cerrado conta com mais de 4.800 espécies de plantas endêmicas, sendo classificado como um *hotspot* de biodiversidade. Este bioma também abrange três das maiores bacias hidrográficas da América do Sul, contribuindo com 43% das águas superficiais do Brasil fora da Amazônia (Myers *et al.*, 2000).

Apesar de sua enorme importância para a conservação de espécies e a prestação de serviços ecossistêmicos, a Cerrado perdeu 46% da sua cobertura vegetal original (Klink & Moreira 2002; Klink & Machado 2005) e apenas 19,8% permanece inalterado. Entre 2002 e 2011, taxas de desmatamento no Cerrado (1% por ano) foram 2,5 vezes maiores do que aquelas observadas na Amazônia, demonstrando-se que a proteção atual do domínio permanece fragilizada (Strassburg *et al.*, 2017).

No intenso desenvolvimento das atividades agrícolas no Cerrado, estabeleceu-se a ocupação territorial da região do MATOPIBA, conhecida como a “última fronteira agrícola” do Brasil. Essa região engloba 337 municípios, no estado do Tocantins e em parte dos estados do Maranhão, Piauí e Bahia, com área de 73.848.967 hectares (Bolfé *et al.*, 2016).

No MATOPIBA, ao contrário do que ocorreu em outras áreas de Cerrado brasileiro, não há histórico de ocupação por pecuária em grande escala. Com isso, a expansão das atividades ligadas ao agronegócio está associada, sobretudo, à abertura de novas áreas, com conseqüente retirada de vegetação nativa e notórias alterações na cobertura da terra (Spera *et al.*, 2016). Sob essa perspectiva, ressalta-se que entre os anos de 2009 e 2010, os estados da região do MATOPIBA foram responsáveis pela maior porção de área desmatada no Cerrado (MMA, 2011).

As conseqüências do rápido e demasiado desmatamento da vegetação nativa na região do MATOPIBA, podem caracterizar-se como uma problemática ambiental e social, promovendo impactos diversos quanto à dinâmica de cobertura da terra (Jurchescu & Grecu, 2015). Também há significativos impactos no avanço da velocidade das taxas de desmatamentos (Karimi *et al.*, 2016), bem como pode-se, potencialmente, diminuir-se a efetividade das estratégias para recuperação de áreas degradadas (Mitchell *et al.*, 2017).

Nesse cenário, a utilização de tecnologias de detecção remota para verificação das alterações no uso e ocupação da terra, pode ser uma ferramenta essencial aos estudos ambientais (Park *et al.*, 2013). Nesse ponto, o sensoriamento remoto e os sistemas de informações geográficas (SIG) destacam-se por apresentarem diversas possibilidades de aplicações. Como vantagens dessa estratégia, tem-se a possibilidade de analisar grande volume de dados, obter informações em diferentes escalas de tempo e espaço (Esa *et al.*, 2018) e relativo baixo investimento em recursos financeiros, logísticos e de mão de obra especializada.

No Piauí, a transformação da cobertura do solo pela conversão de Cerrado em áreas agropecuárias, teve sua expansão a partir dos anos de 1980. Estudos que abordem este tema na região norte e centro-sul do estado podem ser encontradas em trabalhos científicos, como os de Ribeiro *et al.* (2017); Aquino *et al.* (2017) e França *et al.* (2018). Contudo, informações sobre a cobertura da terra ao longo tempo, no extremo sul piauiense, podem ser consideradas insuficientes para uma adequada caracterização da região. Desta forma, neste estudo objetiva-se analisar a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura do solo para a bacia hidrográfica do Rio Corrente, localizado na região MATOPIBA, especificamente, ao sul do Piauí, no período de 1986 a 2016.

2 Metodologia e Dados

2.1 Área de Estudo

A área de estudo foi a bacia hidrográfica do Rio Corrente (BHRC daqui em diante), com área total de drenagem de 897,34 km² (Figura 1), localizada na região sul do estado do Piauí.

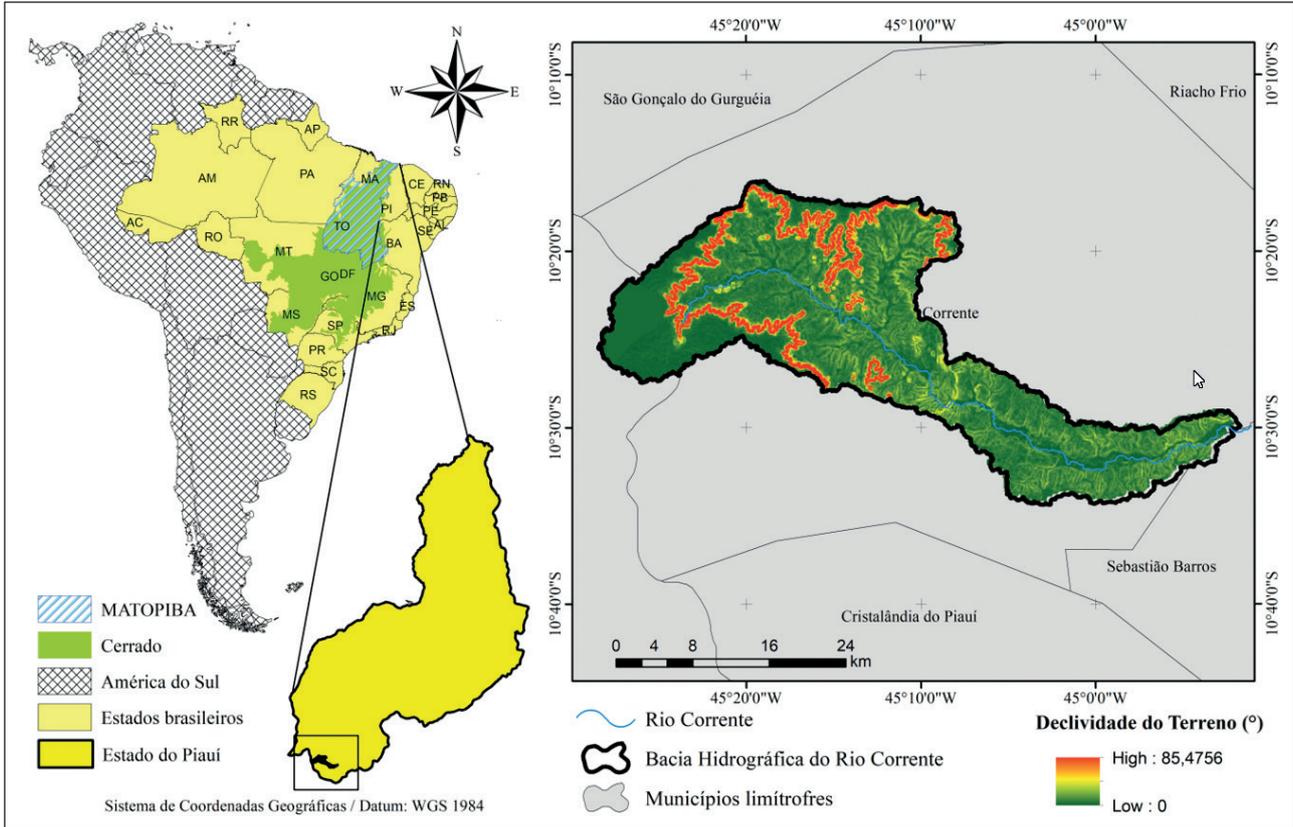


Figura 1 Localização da bacia hidrográfica do Rio Corrente, no sul do estado do Piauí.

A BHRC está inserida na microrregião das Chapadas do Extremo Sul Piauiense e pertence ao domínio Cerrado. Na região, as principais atividades econômicas são a pecuária extensiva e a agricultura empresarial. Possui um período chuvoso entre os meses de novembro a abril. O município que agrega a BHRC em sua quase totalidade tem 26.575 habitantes (IBGE, 2018).

2.2 Etapas de Processamento

Na Figura 2 apresenta-se o fluxograma do método adotado para o mapeamento da cobertura da terra na BHRC. Todos os procedimentos foram baseados em funções matemáticas processadas no software QGIS 2.14.3 (Nanni *et al.*, 2012).

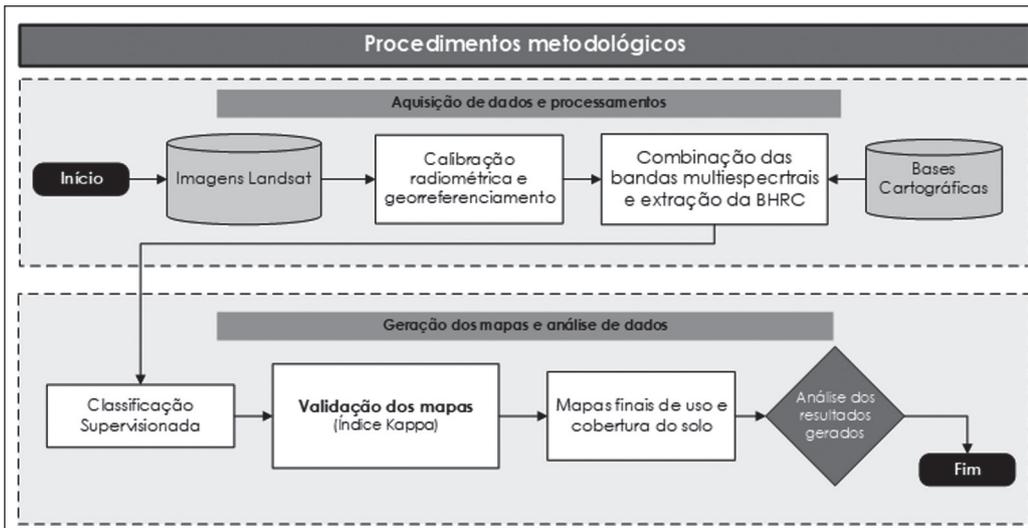


Figura 2 Fluxograma do método adotado no estudo ambiental na BHRC, Piauí.

2.3 Aquisição das Imagens de Satélites e Bases Cartográficas

Foram utilizadas imagens dos satélites Landsat-5 *Thematic Mapper* (TM) e Landsat-8 *Operational Land Imager* (OLI), referentes aos anos de 1986, 1996, 2006 e 2016. Elas foram adquiridas gratuitamente no site eletrônico do *United States Geological Survey* (USGS) (<https://www.usgs.gov/>), juntamente com o arquivo metadados em formato MTL. As bases cartográficas foram extraídas do banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (<https://www.ibge.gov.br/>) e da Agência Nacional de Águas (ANA) (<http://www3.ana.gov.br/>).

Na Tabela 1 estão as informações das imagens de satélites utilizadas, sendo adotados os seguintes critérios de seleção: disponibilidade das imagens nos meses de junho de cada ano, datas de captura próximas e mínima cobertura de nuvens possível (SANTOS *et al.*, 2016).

Satélite	Sensor	Dia-Mês-Ano
Landsat 5	ThematicMapper (TM)	26/06/1986
Landsat 5	ThematicMapper (TM)	21/06/1996
Landsat 5	ThematicMapper (TM)	17/06/2006
Landsat 8	Operational Land Imager (OLI)	12/06/2016

Tabela 1 Informações das imagens de satélites selecionadas, captadas na órbita 220-67.

2.4 Calibração Radiométrica e Correções Geométricas

Os níveis de cinza das bandas multiespectrais foram convertidos em valores de radiância por meio da calibração radiométrica para as bandas dos anos trabalhados, com exceção das bandas termais. Este pré-processamento das imagens foi realizado com o complemento *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP), nas abas *Preprocessing*, seguida da *Landsat*, com os arquivos de texto MTL (metadados) e imagens de cada ano, gerando as bandas com valores de reflectância.

No software QGIS, foram realizadas as correções geométricas (georreferenciamento) das bandas multiespectrais da imagem do ano de 2016, e para as bandas das imagens dos anos 1986, 1996 e 2006,

com base no ano 2016 por meio da ferramenta Georreferenciador e sistema referencial geodésico SIRGAS 2000 – 23S.

2.5 Uso e Cobertura da Terra

Foram utilizadas as bandas multiespectrais 1, 2, 3, 4, 5 e 7 do satélite Landsat 5 e as bandas multiespectrais 2, 3, 4, 5, 6 e 7 do satélite Landsat 8 para observar as mudanças na cobertura da terra na BHRC. Com a composição de bandas multiespectrais pelo complemento SCP, na aba *Band set*, foi gerado um arquivo matricial de composição colorida RGB (vermelho-verde-azul).

Posteriormente, aplicou-se contraste de configuração RGB para auxiliar a interpretação visual das imagens. As cores para as imagens Landsat 5 foram: vermelha para banda 5, verde para banda 4 e azul para banda 3 (5R-4G-3B); e para as imagens Landsat 8 as cores foram: vermelha para banda 6, verde para banda 5 e azul para banda 4 (6R-5G-4B).

Em seguida, foram definidas as classes de cobertura da terra, coletando as amostras espectrais de cada classe nas imagens e executou-se a classificação supervisionada para cada ano analisado, por meio do Algoritmo de Máxima Verossimilhança – Maxver (Gonzalez & Woods, 2003) com auxílio do complemento SCP no painel ROI *creation*.

Na Tabela 2, são apresentadas as classes de cobertura da terra, levando-se em consideração na sua definição a resposta espectral dos alvos.

Classes	Descrições
Solo exposto	Ausência de cobertura vegetal
Afloramento Rochoso	Exposição do maciço ou afloramento rochoso
Água	Áreas com acúmulo superficial de água
Agricultura / Pastagem	Indícios de antropização, pastagens ou cultura agrícola
Mata ciliar / Cerradão	Formações florestais densas que protegem o curso hídrico
Cerrado Denso / Ralo	Árvores e arbustos esparsos em planaltos ou chapadas

Tabela 2 Descrição das classes de cobertura da terra da bacia hidrográfica do Rio Corrente, Piauí.

2.6 Índice Kappa

O índice Kappa foi calculado pelo complemento SCP do *software* QGIS, na aba *Postprocessing* seguida da *Accuracy*, sendo inserida a matriz classificada e a matriz das amostras das classes, obtendo-se um arquivo *.csv* com a matriz de confusão e índice Kappa, medindo a concordância dos resultados com a matriz de confusão entre a imagem classificada e a matriz das amostras (Cohen, 1960). Este procedimento foi realizado para todas as imagens classificadas.

O índice Kappa de cada imagem classificada foi associado aos valores de concordância (Cohen, 1960) para avaliar a qualidade da classificação da cobertura da terra em cada ano de análise na BHRC. Os valores de Kappa de acordo com Cohen (1960) são classificados de acordo com nível de concordância, sendo eles: <0,20 (*Pobre*); 0,21 – 0,40 (*Fraca*); 0,41 – 0,60 (*Moderada*); 0,61-0,80 (*Boa*) e; 0,81 – 1,00 (*Muito Boa*). O índice Kappa pode ser calculado segundo a equação (Bishop *et al.*, 1975).

$$k = \frac{N \sum X_{ii} - \sum X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum X_{i+} X_{+i}} \quad (1)$$

Onde: K = Índice Kappa de concordância; N = número de observações (verdades de campo); X_{ii} = observações na linha *i* e coluna *i* (diagonal principal); X_{i+} = total marginal da linha *i*; X_{+i} = total marginal da coluna *i*.

O nível de concordância foi avaliado conforme a classificação proposta por Galparsoro & Fernández (2001). Posteriormente foi realizada a conversão matricial em vetor para a correção de polígonos das imagens classificadas. Em seguida, foram calculadas as áreas (km²) e o percentual de cada classe por meio do complemento *Calc. Area* e do Excel 2013. De posse das informações, elaboraram-se os mapas de cobertura da terra da bacia hidrográfica do Rio Corrente, Piauí.

3 Resultados e Discussão

Analisando a classificação da cobertura da terra (Figura 3), observa-se além das informações

sobre o histórico da paisagem na região, que já existiam atividades agrícolas e pecuárias na BHRC em 1986, principalmente nas proximidades dos cursos hídricos. Isto se deve à disponibilidade hídrica determinante para a fixação do homem e o desenvolvimento de atividades produtivas, especialmente cultivos agrícolas e criação animal.

Observa-se, também, que a partir do ano de 1996 até o ano de 2016, a classe definida como Agricultura/Pastagem teve avanço significativo para as áreas consideradas planas do Cerrado Denso/Cerrado Ralo (Figura 3). Este aumento territorial para Agricultura/Pastagem, provavelmente, se deve ao rápido desenvolvimento em tecnologias de preparo do solo, insumos e maquinários para o agronegócio, principalmente, na produção de grãos.

As pesquisas desenvolvidas por instituições públicas, especialmente a Embrapa, foram cruciais para a expansão do agronegócio no Cerrado, promovendo elevados ganhos na produtividade em áreas antes consideradas inadequadas, sobretudo devido à baixa fertilidade natural dos solos (Teixeira, 2005; Garcia & Buainain, 2016).

Em relação ao índice Kappa, a classificação supervisionada apresentou concordância *muito boa*, variando entre 0,91 a 0,96 (Figura 3). Resultados de classificações semelhantes foram relatados por Gasparini *et al.* (2013) na identificação dos conflitos de uso da terra na cidade de Seropédica (RJ), com Kappa global de 0,67. Na classificação supervisionada da bacia hidrográfica de Ribeirão em São Manuel (SP), Rodrigues *et al.* (2014) depararam-se com um Kappa global de 0,24, sendo destacado a influência da variação dos estágios das culturas agrícolas.

Conforme a Tabela 3, associada à Figura 4, entre 1986 e 2016, a classe Mata Ciliar/Cerradão foi reduzida em 39,54 km², correspondendo a 9,1% da área total analisada em 1986. A classe Cerrado Denso/Cerrado Ralo passou por uma diminuição de 129,71 km², 47,8% de diminuição em relação aos valores observados em 1986. Por outro lado, houve expressivo aumento nas classes Solo Exposto e Agricultura/Pastagem, o que corresponde a aumentos de 43,5% e 333%, respectivamente.

Dinâmica Espaço Temporal da Cobertura da Terra em uma Bacia Hidrográfica da Região do MATOPIBA, Brasil

Temístocles Pacheco Lima; Luciano Cavalcante de Jesus França; Fabrina Teixeira Ferraz;
Adênio Louzeiro Aguiar Júnior; Daniel Paiva Silva & Fausto Weimar Acerbi Junior

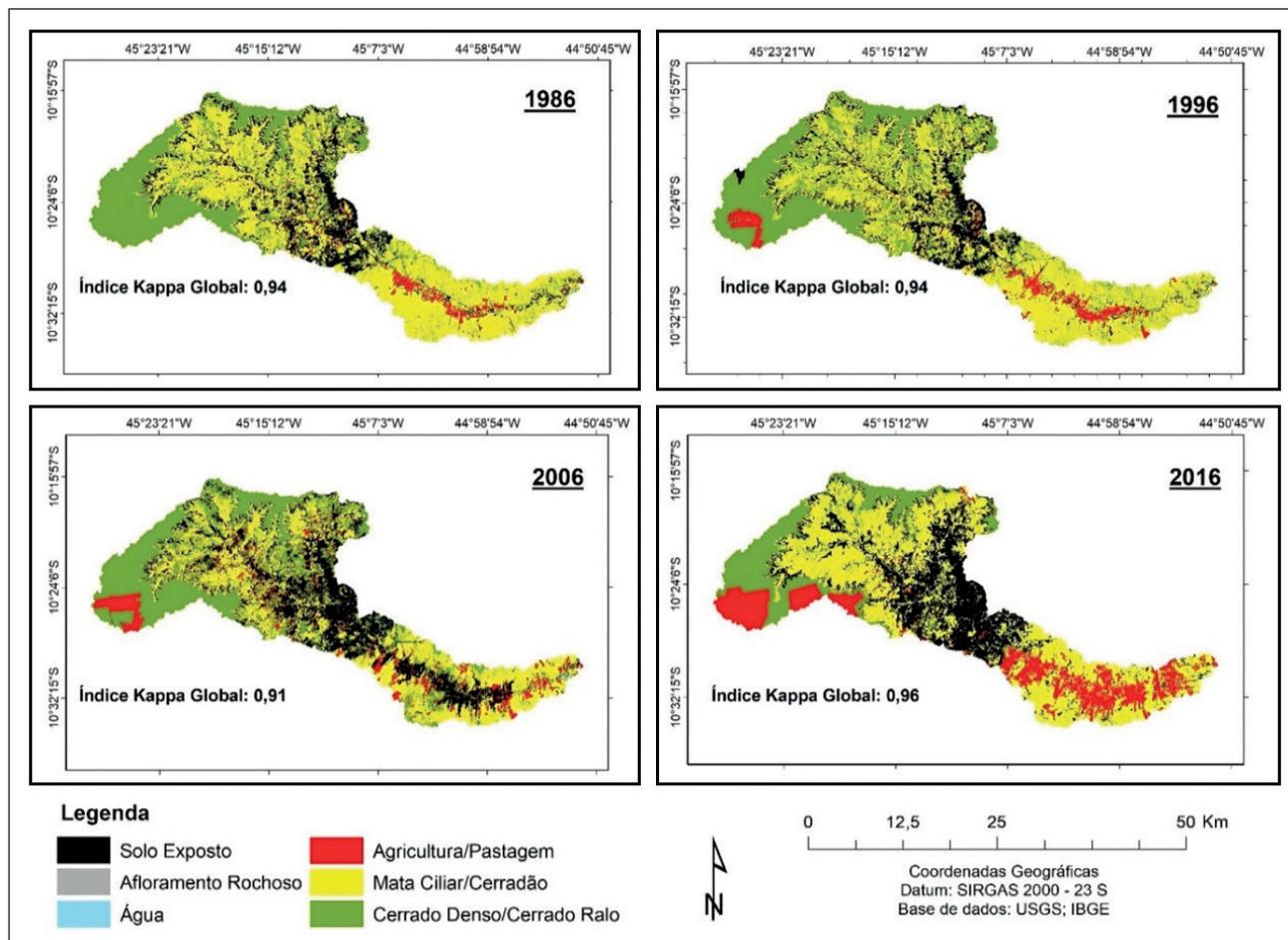


Figura 3 Cobertura da terra da bacia hidrográfica do Rio Corrente (Piauí) nos anos de 1986, 1996, 2006 e 2016.

Classes de Cobertura da Terra	Anos Avaliados			
	1986	1996	2006	2016
Solo Exposto	154,02	147,86	214,64	221,16
Afloramento Rochoso	0,58	0,56	0,88	0,81
Água	3,98	3,98	5,78	0,36
Agricultura/Pastagem	31,67	45,33	73,11	137,12
Mata Ciliar/Cerradão	435,79	402,25	294,68	396,25
Cerrado Denso/Cerrado Ralo	271,28	297,32	308,22	141,57
Total (Σ)	897,3	897,3	897,3	897,3

Tabela 3 Estratificação da área (km²) da bacia hidrográfica do Rio Corrente, Piauí.

A diminuição na quantidade de cada classe de cobertura da terra, em cada intervalo de tempo considerado, pode ser observada também na Figura

4, em especial para as classes de agricultura e solo exposto, as quais apresentaram evidentes aumentos percentuais em suas respectivas áreas. Apesar disso, é importante salientar que, entre 2006 e 2016, houve um aumento significativo na classe de Mata Ciliar/Cerradão, de 32,8% da área da paisagem em 2006 para 44,2% em 2016.

O aumento de 333% em área da classe Agricultura/Pastagem na bacia do Rio Corrente está estreitamente associado à impulsão da nova fronteira agrícola do MATOPIBA no país, que engloba a BHRC, uma vez que no sul do Piauí está hoje concentrada a maior parte da produção agrícola do estado. Nesta região, a conversão de áreas de vegetação nativa em novas áreas para plantio foi crescente com o passar dos anos, conforme se observa nos dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), os quais mostram que a área plantada de grãos na

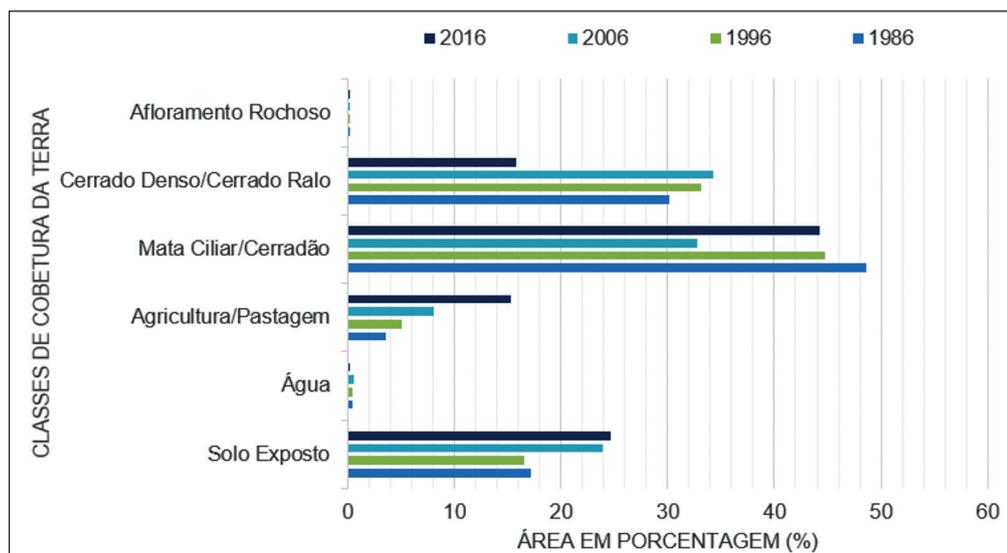


Figura 4 Áreas em porcentagem (%) referentes as classes de cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Corrente (Piauí) nos anos de 1986, 1996, 2006 e 2016.

safrá 2006/2007 era de 943.000 hectares aumentando para 2.692.600 hectares plantados na safrá de 2015/2016 (CONAB, 2007; 2016).

Nos 30 anos avaliados na BHRC, as áreas destinadas à produção agropecuária e as áreas de solo exposto praticamente dobraram em tamanho, havendo equivalente redução nas áreas nativas de Cerrado. Assim, evidenciou-se que o crescimento das áreas de produção esteve diretamente relacionado à abertura de novas áreas e conversão da vegetação natural em utilização antrópica.

Outros estudos na região sul do Piauí, também constataram aumento de atividades antrópicas e redução de cobertura vegetal nativa do Cerrado (Silva *et al.* 2015; França *et al.* 2016; Santos *et al.* 2017; França *et al.* 2018; Matricardi *et al.* 2018), em modelagem do desmatamento para toda a região do MATOPIBA, obtiveram que os cenários simulados indicam um aumento de 10,3, 15,3 e 15,9 milhões de hectares de desmatamento de vegetação nativa entre 2011 e 2050 na região, assumindo os cenários otimista, tendencial e pessimista, respectivamente.

Na Figura 3, observa-se uma concentração das atividades agrícolas e pecuárias nas proximidades do curso hídrico e da malha urbana, influenciando na redução da área de Mata Ciliar/Cerradão entre 1986 e 2006. Já o aumento da área de Cerrado Denso/Cerrado Ralo observado nesse mesmo período, possi-

velmente, foi motivado por queimadas nas áreas de Mata Ciliar/Cerradão para abertura de novas áreas produtivas, uma vez que o fogo se constitui numa ferramenta barata de manejo ainda muito utilizada e o conseqüente abandono dessas áreas em função da baixa fertilidade e da queda gradual na produtividade, favorecendo a regeneração natural.

O aumento detectado na área da classe Mata Ciliar/Cerradão entre 2006 a 2016 (Tabela 3), provavelmente, está atrelado à sucessão ecológica da classe Cerrado Denso para o Cerradão devido à similaridade entre estas fitofisionomias, à baixa densidade demográfica e à ausência de atividades antrópicas. Para Odum (1988), a ausência de fatores externos contribui para máxima eficiência do desenvolvimento da vegetação por sucessão ecológica.

Embora a classe Solo Exposto se concentre nas proximidades do rio e do trecho urbano do município, ressalta-se que algumas áreas exibem formatos retangulares, que simulam possíveis áreas de pastagens, cuja presença do pastoreio extensivo dos animais pode ser um fator de degradação, ou de tal forma, áreas agrícolas seguidas de colheita da cultura (Figura 3). As classes Afloramento Rochoso e Água não tiveram uma alteração expressiva (Tabela 3).

Em termos práticos, os resultados aqui obtidos fazem destaque à necessidade de maior atenção

de gestores públicos e investidores do agronegócio, quanto às pautas ambientais e os efeitos dos impactos da alteração das paisagens naturais, flora e fauna do ecossistema local, sobretudo na busca por estratégias sustentáveis de manejo e uso do solo a nível de bacia hidrográfica, que causem menores impactos ambientais.

4 Considerações Finais

O crescimento das áreas alteradas associados ao agronegócio na bacia hidrográfica do Rio Corrente entre 1986 a 2016 relacionou-se diretamente à diminuição das áreas naturais de Cerrado, com perda de 47,8% da cobertura original de Cerrado Denso e Cerrado Ralo, além de perdas de 9,1% de vegetação ciliar, evidenciando-se que o padrão de ocupação do local tem sido caracterizado pela abertura de novas áreas naturais para expansão agropecuária, bem como seguiu uma tendência da evolução da exploração do cerrado no contexto da região do MATOPIBA, com significativo aumento de áreas para solo exposto/agricultura e pastagens, com 43,5% e 333% respectivamente.

Os resultados obtidos neste estudo fazem alerta quanto à perda de ecossistemas naturais para o avanço do agronegócio, sendo necessária atenção do ponto de vista do desenvolvimento sustentável na região do sul do Piauí. A otimização do uso das terras aptas e já utilizadas para o cultivo e pecuária nas propriedades inseridas na bacia do Rio Corrente deve ser priorizada, uma vez que a exploração progressiva e indiscriminada de novas áreas pode levar a um futuro colapso ambiental, com prováveis efeitos na diversidade de espécies e qualidade dos recursos naturais.

5 Referências

Aquino, C.M.S.; Valladares, G.S.; Aquino, R.P.; Oliveira, J. G.B.& Nascimento, V.G. 2017. Monitoramento do uso e cobertura das terras do Parque Nacional da Serra da Capivara e entorno nos anos de 1987 e 2010. *Geographia*, 19(40): 138-149.

Bishop, Y.M.; Feinberg, S.E.& Holland, P.W. 1975. *Discrete Multivariate Analysis - Theory and Practice*. Cambridge, The Mit Press, 357p.

Carvalho, F.M.V.; Marco Júnior, P.& Ferreira, L.G. 2009. The

Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. *Biological Conservation*, 142(7): 1392-1403.

Cohen, J.A. 1960. coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20: 37-46.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). 2007. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. 4º Levantamento e avaliação da safra de grãos 2006/2007, 1-24.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). 2016. Acompanhamento da safra piauiense. Boletim parcial da safra 2015/2016. 7º Levantamento e avaliação da safra, Brasília, 1-17.

Esa, E.; Assen, M. & Legass, A. 2018. Implications of land use/cover dynamics on soil erosion potential of agricultural watershed, northwestern highlands of Ethiopia. *Environmental Systems Research*, 7(1): 21.

França, L.C.J.; Silva, J.B.L.; Lisboa, G.S.; Lima, T.P.& Ferraz, F.T. 2016. Elaboração da Carta de Risco de Contaminação por Agrotóxicos para a Bacia do Riacho da Estiva, Brasil. *Floresta e Ambiente*, 23(4): 463-474.

França, L.C.J.; Silva, J.B.L.; Santos Lisboa, G.; Mucida, D.P.; Cerqueira, C.L. & Rocha, S.J.S.S. 2018. Caracterização da cobertura vegetal em uma bacia hidrográfica do Piauí por meio de dois métodos. *BIOFIX Scientific Journal*, 1(1): 62-71.

Galparsoro, L.U.& Fernández, S.P. 2001. Medidas de concordância: el índice Kappa. *Cad. Aten. Primaria*, 6: 169-171.

Garcia, J.R. & Buainain, A.M. 2016. Dinâmica de Ocupação do Cerrado Nordeste pela Agricultura: 1990 e 2012. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 54(2): 319-338.

Gasparini K.A.C.; Lyra G.B.; Francelino M.R.; Delgado R.C.; Oliveira Junior J.F. & Facco A.G. 2013. Técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aplicadas na Identificação de Conflitos do Uso da Terra em Seropédica-RJ. *Floresta e Ambiente*, 23(3): 1-11.

Gonzalez, R.C. & Woods, R.E. 2003. *Processamento de imagens digitais*. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 420p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2017. Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. *Levantamento Sistemático Produção Agrícola*, 30(1): 1-81.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2018. Panorama do município de Corrente – PI. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/corrente/panorama>>. Acesso em: 22 abr. de 2019.

Jurchescu, M. & Grecu, F. 2015. Modelling the occurrence of gullies at two spatial scales in the Olteț Drainage Basin (Romania). *Natural Hazards*, 79(1): 255-289.

Karimi, N.; Golian, S. & Karimi, D. 2016. Monitoring deforestation in Iran, Jangal-Abr Forest using multi-temporal satellite images and spectral mixture analysis method. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(3): 214.

Klink, C. A.; Machado, R. B. 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology*, 19: 707-713.

Klink, C.A. & Moreira, A.G. 2002. Past and current human occupation, and land use. In P. S. Oliveira & R. J. Marquis (Eds.), *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*, 1: 69-88.

Matricardi, E.A.T.; Aguiar, A S.; Miguel, E.P.; Angelo, H. &

- Gaspar, R.O. 2018. Modelagem do desmatamento na região do MATOPIBA. *Nativa*, 6(2): 198-206.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). 2017. Agropecuária puxa o PIB de 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/agropecuaria-puxa-o-pib-de-2017>>. Acesso em: 18 set. 2018.
- Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2011. Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite: acordo de cooperação técnica MMA/Ibama: monitoramento do Bioma Cerrado 2009-2010. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/arquivos/relatoriofinal_cerrado_2010_final_72_1.pdf>. Acesso em: 18 set. 2018.
- Mitchell, A.L.; Rosenqvist, A. & Mora, B. 2017. Current remote sensing approaches to monitoring forest degradation in support of countries measurement, reporting and verification (MRV) systems for REDD+. *Carbon balance and management*, 12(1): 9.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., DA Fonseca, G.A. & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853 -858.
- Nanni, A.; Descovi Filho, L.; Virtuoso, M.A.; Montenegro, D.; Willrich, G.; Machado, P.H.; Dantas, G. & Calazans, Y. 2012. Quantum GIS - Guia do Usuário, Versão 1.7.4 Wroclaw. Universidade Federal de Santa Catarina, 2012. Disponível em: <<http://qgisbrasil.org>>. Acesso em: 16 nov. 2017.
- Odum, E. P. 1988. *Ecologia*. Rio de Janeiro, Guanabara, 434p.
- Park, C.; Lee, J. & Koo, M.H. 2013. Development of a fully-distributed daily hydrologic feedback model addressing vegetation, land cover, and soil water dynamics (VELAS). *Journal of hydrology*, 493: 43-56.
- Ribeiro, K.V. & Lima, I.M.D.M.F.; Albuquerque, E.L.S. 2017. Município de Amarante, estado do Piauí: mapeamento e análise do uso atual da terra. *Geographia Meridionalis*, 3(1): 26-43.
- Rodrigues, M.T.; Pollo, R.A.P.; Rodrigues, B.T.; Malheiros, J.M. & Campos, S. 2014. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao uso da terra para avaliação entre classificadores a partir do índice Kappa. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*, 23(1): 60-70.
- Santos, J.C.; Lisboa, G.S.; França, L.C.J.; Stepka, T.F.; Silva, J.B.; Miranda, D.L.C. & Cerqueira, C.L. 2017. Relação entre variáveis meteorológicas e o uso e ocupação do solo no Sudoeste do Piauí, Brasil. *Nativa*, 5(6): 414-220.
- Santos, L.S.; Martorano, L.G.; Batalha, S.S.A.; Pontes, A.N.; Silva, O.M.; Orlando, S.W. & Gutierrez, Carlos B.B. 2016. Imagens orbitais e termografia infravermelho na avaliação da temperatura de superfície em diferentes usos e cobertura do solo na floresta nacional do Tapajós e seu entorno - PA. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 9(4): 1234-1253.
- Silva, J.B.; Sousa, P.A.; Souza, K.B.; Almeida, K.N.S. & Pires, L.C. 2015. Evolução temporal do desmatamento na bacia do Riacho da Estiva, Piauí. *Revista Engenharia na Agricultura*, 23(4): 363-370.
- Spera, S.A.; Galford, G.L.; Coe, M.T.; Macedo, M.N. & Mustard, J.F. 2016. Land-use change affects water recycling in Brazil's last agricultural frontier. *Global change biology*, 22(10): 3405-3413.
- Strassburg, B.B.N.; Brooks, T.; Feltran-Barbieri, R.; Iribarrem, A.; Crouzeilles, R.; Loyola, R.D.; Latawiec, A.; Oliveira, F.; Scaramuzza, C.A.M.; Scarano, F.R.; Soares-Filho, B. & Balmford, A. 2017. Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology & Evolution*, 1: 00-99.
- Teixeira, J.C. 2005. Modernização da agricultura no Brasil: Impactos econômicos, sociais e ambientais. *Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros*, 1(2): 21-42.