

MUDANÇA DE COBERTURA DA TERRA NOS MUNICÍPIOS DE CHAPADINHA E BURITI – MA, ENTRE OS ANOS DE 1990 A 2017

**Change of earth coverage in the municipalities of Chapadinha and Buriti – MA,
between the years 1990 to 2017**

Hugo Borges Araujo
Instituto Federal do Maranhão
borgeshugo89@gmail.com

Paulo Roberto Mendes Pereira
Universidade Estadual de Campinas
p.roberto18@hotmail.com

Taíssa Caroline Silva Rodrigues
Universidade Estadual do Maranhão
taissageo@hotmail.com

Erivaldo Plínio Borges da Costa Junior
Universidade Estadual do Maranhão
Erivaldo_plinio@hotmail.com

Recebido: 24/05/2019

Aceito: 04/12/2019

RESUMO: Este artigo tem como objetivo quantificar e mapear os padrões de mudança da cobertura da terra nos municípios de Chapadinha e Buriti, estado do Maranhão, comparando os anos de 1990, 2000, 2007 e 2017 associando ao avanço da agricultura mecanizada sobre o bioma cerrado. Para a análise foram utilizadas imagens de satélites: Landsat 5 e 8, nas bandas: órbita/ponto 219/062; 220/062 e 220/063, dos anos de 1990, 2000, 2007 e 2017, o processamento digital de imagens e classificação por meio de análise de componentes principais a partir da agregação entre os softwares Geodma e Geoda, sendo utilizada a classificação por objetos, realizada no software Saga Gis. A técnica de análise foi realizada a partir da tabulação cruzada das imagens classificadas utilizando a ferramenta cross-classification, implementada no software Saga GIS, utilizando características espaciais e espectrais para a definição das classes de cobertura da terra para as datas supracitadas. Os resultados mostraram que os municípios estudados passaram por intensas mudanças ambientais provocadas principalmente por transformações na cobertura da terra, estas diretamente ligadas as atividades socioeconômicas relacionadas a inserção da monocultura da soja no Leste Maranhense em substituição do Bioma Cerrado, o que causou elevada perda da biodiversidade, principalmente pela perda da cobertura vegetal.

Palavras-chave: Biodiversidade; Cerrado; Soja; Leste Maranhense.

ABSTRACT: This article aims to quantify and map the land cover change patterns in the municipalities of Chapadinha and Buriti, in the state of Maranhão, comparing the years of 1990, 2000, 2007 and 2017, associated with the progress of mechanized agriculture over the Cerrado biome. For the analysis, satellite images were used: Landsat 5 and 8, in the bands: orbit / point 219/062; 220/062 and 220/063,

of the years of 1990, 2000, 2007 and 2017, the digital image processing and classification by means of analysis of main components from the aggregation between the software Geodma and Geoda, being used the classification by objects, realized in the Saga GIS software. The analysis technique was performed from the cross-tabulation of the images classified using the cross-classification tool, implemented in Saga GIS software, using spatial and spectral characteristics for the definition of the land cover classes for the above mentioned dates. The results showed that the studied municipalities underwent intense environmental changes caused mainly by transformations in the land cover, these are directly related to the socioeconomic activities related to the insertion of the soybean monoculture in the East Maranhense in substitution of the Cerrado Biome, which caused a high biodiversity loss, mainly due to the loss of plant cover.

Keywords: Biodiversity; Cerrado; Soybean; East Maranhense

INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos observados nos últimos anos causaram intensas mudanças ambientais, principalmente pelas transformações nas características de cobertura da terra, a exemplo o avanço agrícola sobre os cerrados, bioma de aproximadamente 2.000.000 de km², que a partir do anos de 1970 passaram a integrar o polo de desenvolvimento de produção de commodities associadas a políticas Estatais e de financiamento privado, fator este que promoveu aceleradas conversões dos padrões de cobertura da terra, principalmente pela substituição da cobertura vegetal por sistemas agrícolas, demanda por carvão vegetal para a indústria siderúrgica, resultando em significativas perdas de biodiversidade.

Os estudos relacionados às transformações de cobertura da terra ao longo do tempo têm-se tornado cada vez mais precisos, demandando menor tempo para realização e constituem uma importante base no planejamento e monitoramento ambiental. A cobertura da terra descreve o estado físico da superfície terrestre, como o tipo e a quantidade de vegetação, as estruturas humanas, assim como outros aspectos do meio físico como solos, biodiversidade e água (superficial e subsuperficial) (BRIASSOULIS, 2000 e MALCZEWSKI, 2003). Por outras palavras, a configuração do uso do solo varia consoante o propósito a que serve, quer seja para produções agrícolas, pecuária, área residencial, recreio, extração e processamento de materiais, assim como as características biofísicas próprias do solo (BRIASSOULIS, 2000).

Com o desenvolvimento do Sensoriamento Remoto, estas análises passaram a subsidiar e entender os processos das transformações de cobertura da terra por meio de metodologias, como descritas por Pereira et al. (1989), Novo (1989) e Garcia (1982). As informações extraídas das imagens determinam os elementos de reconhecimento, os quais utiliza-se na análise visual os padrões identificados, dentre os quais podem ser: forma, tamanho, sombra, tonalidade, cor, padrão, textura, localização e relação de aspectos, principalmente em ambientes de difícil acesso como o caso do bioma cerrado.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2018), o cerrado é considerado como um “hotspots” de biodiversidade, principalmente pela abundância de espécies

endêmicas sendo reconhecido como a savana mais rica do mundo, abrigando 11.627 espécies de plantas nativas já catalogadas. Segundo Carvalho et al (2011) esta alta heterogeneidade ambiental permite que a vegetação deste bioma seja reconhecida como uma das mais diversificadas do Brasil. “Em toda parte, o seu tipo de vegetação predominante - a savana ou Cerrado sensu stricto - é seguidamente intercalado por campos e florestas” (CARVALHO et al 2011 apud EITEN 1994, OLIVEIRA FILHO e RATTER 2002, IBGE 2004b).

No Maranhão, o bioma Cerrado é encontrado desde a porção sul até o norte do estado correspondendo ao maior bioma em área do estado com área de 10 milhões ha, isto é, cerca de 30% da área total do estado (HERINGER et al, 1977). O bioma teve seu processo de transformação recente, associado ao Programa de Desenvolvimento do Cerrado (PRODECER III), iniciado na microrregião Gerais de Balsas a partir do ano de 1990. A partir dos anos 2000, se observou um deslocamento da fronteira agrícola em direção ao leste maranhense, com ênfase a microrregião de Chapadinha e do Baixo Parnaíba, a exemplo o município de Buriti e Chapadinha, com crescente produção de grãos em torno, principalmente, dos plantios de arroz, milho, milhete e, sobretudo, da soja (GASPAR, 2010).

A transformação dessas áreas naturais em locais apropriados para o cultivo de Soja, Eucalipto ou em pastagens constituem-se em ameaças reais a biodiversidade (WWF, 2000). Apesar de recente, estas áreas passaram por intenso processo de retirada da cobertura vegetal natural e inserção de sistemas agrícolas, com destaque para a soja, principalmente pela aplicação de insumos e tecnologias que permitiram a área se tornar um dos polos de produção do Estado.

Desse modo, este trabalho tem como objetivo maior, quantificar e mapear os padrões de mudança de cobertura da terra e avanço do desmatamento nos municípios de Chapadinha e Buriti, buscando associar ao avanço do cultivo da Soja no Leste Maranhense.

MATERIAIS E MÉTODOS

A maior parte da microrregião de chapadinha está em área localizada no alto do vale da bacia hidrográfica do rio Munim, leste do estado, no espaço de planície levemente ondulada, drenada pelos rios que se desenvolvem na bacia do Alto Munim (GUIMARÃES, 2012).

O município de Chapadinha / MA, que dá nome a microrregião de Chapadinha, tem a posição geográfica determinada pelas coordenadas 3°44'30”S e 43°21'37”O, e altitude de 105 metros a partir dos dados da Estação climatológica convencional, (INMET, 2015). Possui uma área de 3247 km², uma população de aproximadamente 79145 habitantes e uma densidade demográfica de 22,59 habitantes km² (IBGE, 2018).

Limita-se ao Norte com os municípios de Urbano Santos e São Benedito do Rio Preto, ao Sul com Codó e Timbiras, a Leste com Mata Roma, Buriti, Coelho Neto, Afonso Cunha e Aldeias Altas e a Oeste com Nina Rodrigues e Vargem Grande (BRASIL, 2011). De acordo com Brasil (2011, p. 15) “A pecuária, a extração vegetal, o cultivo de plantas anuais e perenes, as transferências governamentais, o setor empresarial com 625 unidades atuantes e o trabalho informal são as principais fontes de recursos para o município”.

Buriti, possui área de 1.035 km², é limitado ao norte pelos municípios de Anapurus e Brejo; ao sul, pelos de Coelho Neto e Duque Bacelar; a leste, pelo Estado do Piauí; a oeste, pelos municípios de Chapadinha e Mata Roma. A Sede Municipal, a 70 m de altitude, tem sua posição geográfica determinada pelo paralelo de 3°56'32" de latitude Sul, em sua interseção com o meridiano de 42°55'30" de longitude oeste (IBGE, 1982) (Figura 1).

De acordo com dados do IBGE (2018) Buriti possui população estimada de 28.557 habitantes, densidade demográfica de 18,33 habitantes km². A pecuária, a extração vegetal, as lavouras permanente e temporária, as transferências governamentais, o setor empresarial com 97 unidades atuantes e o trabalho informal são as principais fontes de recursos para o município (BRASIL, 2011).

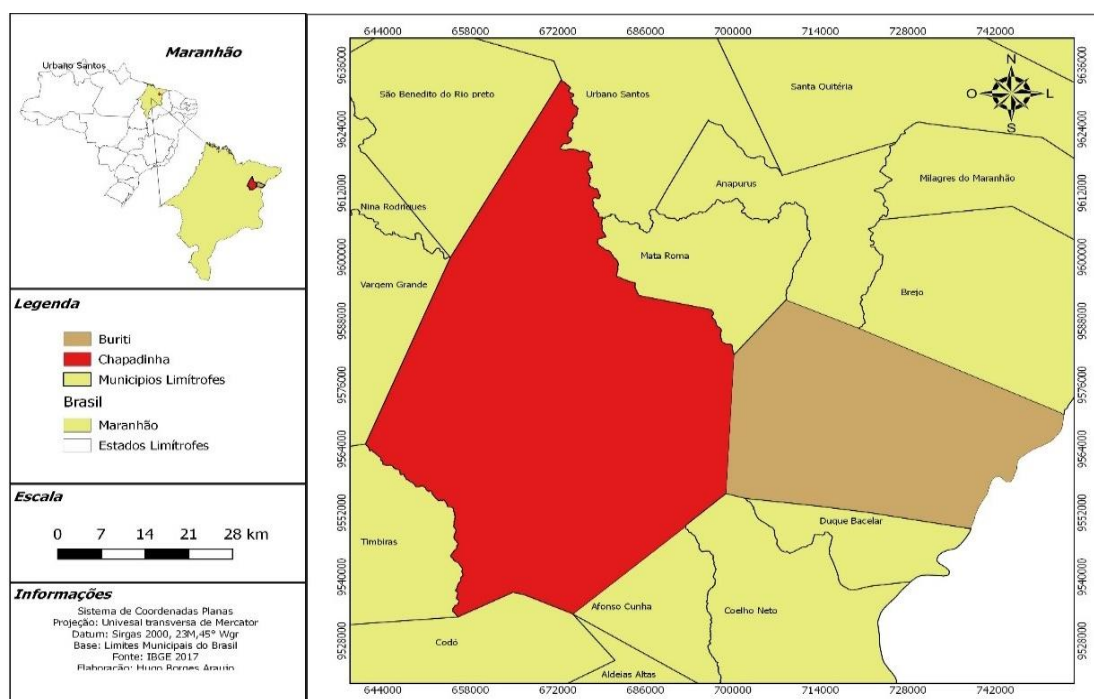


Figura 1: Localização do município de Chapadinha e Buriti, Fonte: Adaptado de IBGE, 2018.

De acordo com Brasil (2011) a região tem quase sua totalidade formada por planaltos entremeados de chapadas, colinas e morros. A drenagem por sua vez, aproveitando-se de zonas de fraqueza nas rochas sedimentares de direção sul-

norte, esculpiu, ao longo dos anos, relevos de áreas planas, rampeadas em relação à drenagem e/ou relevos residuais de topo plano. Apresenta solos arenosos, com boa drenagem e baixa capacidade de retenção de umidade, de fertilidade natural baixa, associados a solos bem desenvolvidos, profundos, ácidos e bastante porosos (areias quartzosas + latossolos), quase susceptíveis a erosão (GEPLAN, 2002). O clima da região de acordo com a classificação de Thornthwaite (1948) caracteriza-se como subúmido, com índices pluviométricos anuais, que variam de 1.600 a 2.000 mm, porém mal distribuídas ao longo do ano e muito irregulares. A época chuvosa condiciona o crescimento rápido e vigoroso dos estratos subarbustivos e herbáceos característicos do Cerrado (RIBEIRO e WALTER, 1998).

No que diz respeito ao processo de ocupação, o leste maranhense tem esse aspecto ligado ao uso dos vales dos rios Parnaíba e Itapecuru no século XIX como vias de escoamento e exploração de suas terras pela agricultura mercantil (algodão), e também de cultivo feito em pequenas unidades de produção, conhecidas popularmente como roças, onde se cultivava arroz, milho e mandioca (BEZERRA; LUZ e PINHEIRO, 2005). Resende (2013) afirma que a expansão da Sojicultura no Leste Maranhense se deu no início dos anos 90 com a chegada de agricultores gaúchos, estes encontraram na região terras de baixo custo de aquisição, com topografia favorável ao plantio mecanizado, clima propício ao bom desenvolvimento da cultura, aliada a proximidade do porto de Itaqui em São Luís, o que também favoreceria o escoamento da produção, fatos que corroboraram para que a microrregião de Chapadinha respondesse por cerca de 80% da produção de soja da região (RESENDE, 2013).

De acordo com Resende (2013) a região possuía características que favoreciam o desenvolvimento de uma agricultura altamente mecanizada, a exceção dos solos, desenvolvido a partir de sedimentos pré-intemperizados da Formação Barreiras. Segundo Nogueira; Correia e Nogueira (2012) “A microrregião de Chapadinha iniciou o plantio de soja no ano de 2000, com 411 ha; em seis anos, passou para 24.682 ha, tendo a área plantada de soja ampliada em 60 vezes. De acordo com Andrade et al (2009) “A expansão de áreas com monoculturas traz problemas a qualquer ecossistema, na medida em que retira a cobertura vegetal original e a substitui total ou parcialmente, por imensas áreas com algumas ou mesmo com uma única cultura”.

Na década de 90, o município de Buriti, assim como seus circunvizinhos Anapurus, Chapadinha e Brejo, apresentaram um crescimento considerável do agronegócio monocultor (soja e eucalipto). As duas principais monoculturas presentes na região são estabelecidas por meio do uso dos chamados “tratores-correntões” e por onde passam esmagam o cerrado pelo arraste de correntes, geralmente de forma ilegal (ANDRADE et al, 2009). De acordo com Cunha et al (2013) a conversão da vegetação natural para áreas agrícolas ou de pastagem afetam as trocas de energia, água e carbono entre a atmosfera e a superfície continental. Desta forma o clima pode ser seriamente afetado uma vez que a atmosfera é sensível a mudanças na superfície terrestre.

Procedimentos Metodológicos

Para o mapeamento das transformações de cobertura da terra foi utilizado um conjunto de imagens de satélite da série Landsat-5/sensor TM para os anos de 1990, 2000, 2007; e Landsat-8/sensor OLI de 2017, disponibilizadas no catálogo de imagens do Serviço de Levantamento Geológico Americano *United States Geological Survey* – USGS (tabela 1.)

Tabela 1 - Características das imagens utilizadas no mapeamento

Imagens	Bandas espectrais	Resolução espacial	Órbita/Ponto	Passagens
1990	1, 2, 3, 4, 5	30 m	219/062	< 5%
2000			220/062	
2007			220/063	
2017	2, 3, 4, 5, 6			

Fonte: USGS, 2017

As Imagens passaram por etapas de processamento, segmentação e classificação seguindo os parâmetros descritos em Rosa (2009); Florezzano (2013). O fluxograma da figura 2 apresenta as etapas dos procedimentos operacionais realizadas no modelo de análise das mudanças de cobertura da terra da área de estudo.

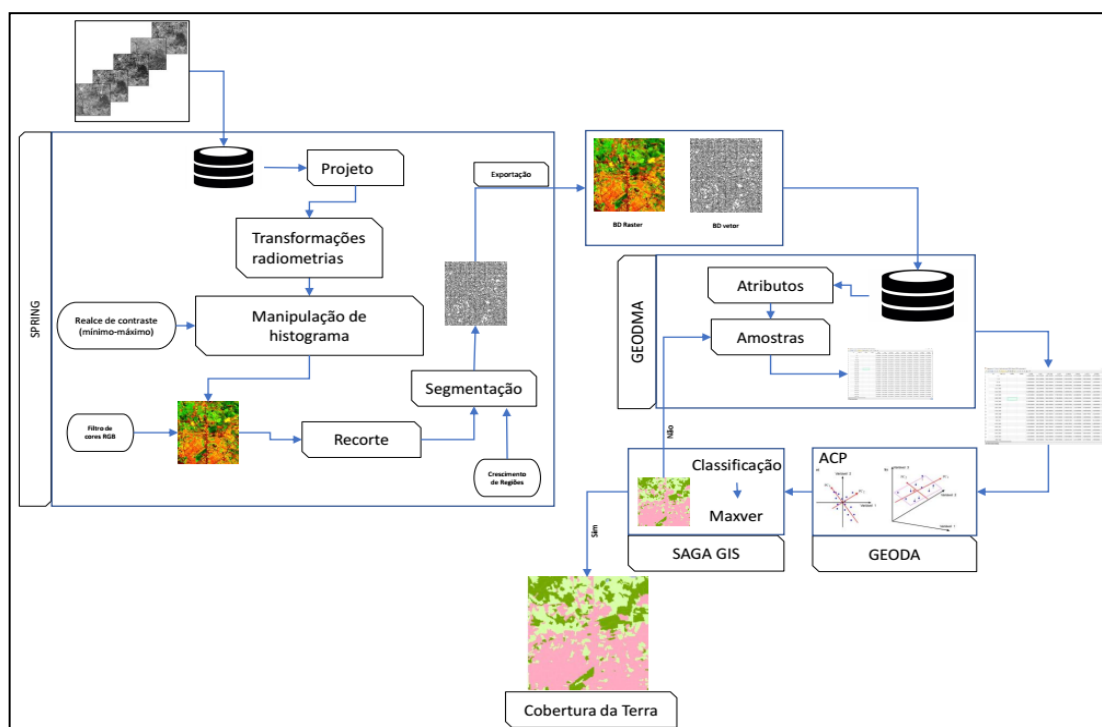


Figura 2 – Etapas realizadas para análise. Fonte: Autores (2018).

A escolha das imagens levou em consideração a quantidade de cobertura de nuvens, considerado importante fator para o monitoramento de mudança, sendo utilizadas imagens com até 5% de cobertura de nuvens. As imagens inicialmente foram submetidas a processos de registro, objetivando posicionar os *pixels* das imagens adquiridas em datas diferentes a uma mesma localidade e possibilitando a comparação das mudanças ocorridas, sendo utilizada como imagem referência a Landsat 8, pois já é disponibilizada com referência espacial (NASA, 2013).

As imagens foram submetidas a processos de transformação radiométrica das imagens (número digital para valores de radiância e reflectância) (LIU, 2006; ROSA, 2009). Sendo utilizados parâmetros descritos em Ponzoni (2007). Para a conversão da Landsat 5, se realiza inicialmente a transformação para valores de radiância, posteriormente para reflectância seguindo as equações, como descrito por Rosa (2009;) a partir da função:

$$L_{\lambda} = ((L_{MAX\lambda} - L_{MIN\lambda}) / (Q_{calmax} - Q_{calmin})) * (Imagem) + L_{MIN\lambda}$$

Onde: L = é a radiância espectral registrada no sensor [$W/m^2 sr\mu m$]; Q_{cal} = valor do pixel calibrado [DN]; Q_{calmin} = valor de DN mínimo correspondente ao $L_{MIN\lambda}$ [DN]; Q_{max} = valor de DN máximo correspondente ao $L_{MAX\lambda}$ [DN]; $L_{MIN\lambda}$ = radiância espectral registrada no sensor que é escalonado em relação ao Q_{calmin} [$W/m^2 sr\mu m$]; $L_{MAX\lambda}$ = radiância espectral registrada no sensor que é escalonado em relação ao Q_{calmax} [$W/m^2 sr\mu m$].

Já a refletância em topo da atmosfera é calculada a partir da função descrita em Ponzoni e Shimabukuro (2009).

$$\rho_{\lambda} = (\pi * L_{\lambda}) / E_{\lambda} * \cos(z) * d_r$$

Onde: d_r representa o Inverso do quadrado da distância relativa Terra-Sol em unidades astronômicas; z representa o Ângulo solar zenital (graus) no momento da aquisição; E_{λ} é Irradiância solar média no topo da atmosfera ($mW/cm^2 \cdot \Omega \cdot \mu m$); L_{λ} Radiância espectral monocromática ($W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$); ρ_{λ} Reflectância monocromática.

Para o cálculo da radiância e reflectância da imagem Landsat 8, se observou mudanças nos parâmetros e nas fórmulas de conversão, apresentando um fator multiplicativo e um fator aditivo¹, calculados de separadamente. Para o cálculo da reflectância foi utilizado a seguinte equação:

$$\rho_{\lambda}' = (M * Q_{cal} + A) / \text{Sem}(90-z)$$

onde: ρ_{λ}' =reflectância espectral; Q_{cal} – Imagem a ser transformada; M = Fator multiplicativo para reflectância da banda a ser convertida; A - fator aditivo para reflectância da banda a ser convertida, Z representa a distância angular da elevação solar.

Após a conversão, foi aplicada filtro de realce de contraste, que consiste no processo de espalhamento de *pixels* por função linear de 1º, não ocorrendo modificação das características originais dos alvos (SANTOS; PELUZIO; SAITO,

1 Os fatores de calibração das imagens Landsat 8 são disponibilizados no momento de aquisição da imagem pela Nasa

2013), posterior recorte das bandas, utilizando o limite territorial disponibilizado pelo IBGE.

As imagens transformadas foram submetidas a processos de segmentação, que consiste em um processo de agrupamento de *pixels* que possui características semelhantes em regiões discretas, contíguas e que não se interceptam, constituindo segmentos. Foi utilizada a Segmentação multi - resolução utilizando o software Geodma, que de acordo com (BAATZ et al., 2004)) é uma técnica de fusão de regiões do tipo *bottom up* que se inicia com um pixel-objeto e em seguida realiza-se o agrupamento dos objetos menores que são fundidos com objetos maiores em uma sequência de etapas que visa minimizar a heterogeneidade do tamanho dos segmentos gerados, garantindo assim uma distribuição espacial regular dos objetos por parâmetros de cor, compacidade e escala (Tabela 2)

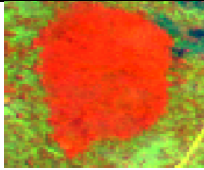
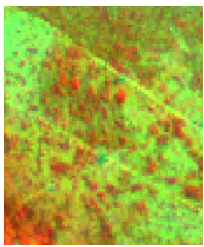


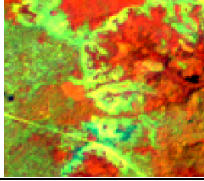
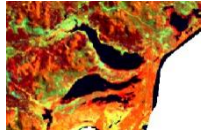
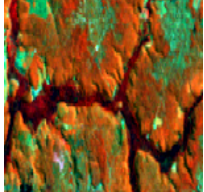
Tabela 2 - Atributos de segmentação

Ano	Cor	Compacidade	Escala
1990	30	45	60
2000	45	45	60
2007	45	75	70
2017	35	45	50

Fonte: Autores (2018).

Posteriormente realizou-se a extração de 28 atributos associados às características espaciais e espectrais das imagens e coleta de amostras de classes de cobertura, que distingue em áreas antrópicas e áreas naturais a partir de níveis hierárquicos, conseguinte foi realizada a criação de componentes principais, com objetivo de minimizar a quantidade de atributos não correlacionados para a diferenciação das classes, a partir da criação de novas variáveis formadas por meio das características associadas as amostras adquiridas, estas foram geradas a partir do Software Geoda®. Foram criadas as classes de Campestre, Florestal, Solo Exposto, Culturas temporárias, Áreas Construídas, Mata de Galeria e Corpos Hídricos. A tabela 3 apresenta a chave de interpretação utilizada para a identificação das amostras.

Tabela 3 – Chave de interpretação da coleta de amostras para os municípios estudados

Classe		
Florestal		Cor vermelho, variando do vermelho escuro ao vermelho médio, apresenta padrão heterogêneo de textura rugosa e sem forma definida. Representa áreas de vegetação de porte denso médio
Campestre		Apresenta coloração variando do verde ao verde azulado e marrom, apresenta padrão heterogêneo com textura rugosa e sem forma definida, podendo ainda apresentar pigmentação pontual avermelhada, caracterizados por uma vegetação composta por gramíneas e arbustos de baixa densidade, mesclando vegetação de baixo porte
Culturas temporárias		Possui características com padrões homogêneos, forma regular bem definida, textura lisa, próximo a áreas de servidões. Apresenta coloração variando do azul ao marrom, podendo também ter tonalidades avermelhadas, dependendo do estágio vegetativo da cultura.
Área construída		Apresenta variação de cor entre o azul ao magenta, com textura lisa a ligeiramente rugosa, com padrão de forma regular (ordenada) e irregular (desordenada), acompanhando estradas, rodovias e ruas.
Solo exposto		Apresenta coloração verde azulada variando ao branco, forma irregular e textura lisa, sendo encontrados em grande parte próximo as bordas dos tabuleiros ou áreas de agricultura mecanizada.
Corpos hídricos		Apresenta coloração escura, forma sinuosa bem definida com textura lisa,
Mata de Galeria		Possui coloração vermelho brilhante, ou escura, forma sinuosa, textura rugosa, acompanha os corpos d'água.

Fonte: Autores (2018).

A classificação e mapeamento das classes de cobertura da terra foi realizada pelo Saga GIS a partir do algoritmo de Maxver, que de acordo com Rosa (2009) consiste em classificar a imagem por meio da média e variância das amostras utilizadas como padrão de agrupamento, a partir de probabilidades de ocorrência de segmentos ou pixels que pertencerem a classe a partir da ponderação das distâncias entre médias dos atributos, necessitando de amostras de referência, utilizando como fatores de classificação as variáveis formadas pelas componentes principais.

A análise de vetor de mudança para a identificação das transformações de cobertura da terra foi realizada a partir da tabulação cruzada de imagens classificadas utilizando a ferramenta cross classification, implementada no software SagaGis. Utilizando-se das etapas descritas por Rodrigues (2018). A principal vantagem da técnica de análise por Vetores de Mudanças em relação as demais é a possibilidade de se processar e analisar simultaneamente várias bandas ou componentes espectrais (JOHNSON; KASISCHKE, 1998). Para tanto, foi necessário a conversão das imagens classificadas para formato matricial, e análise de diferenciação de áreas por tabulação cruzada, gerando matriz de mudança, além de um arquivo matricial apontando conversões totais por área.

RESULTADOS

As análises das transformações da cobertura da terra para os municípios de Chapadinha e Buriti possibilitaram identificar o avanço do desmatamento dos cerrados nos municípios estudados entre os anos de 1990, 2000, 2007 e 2017, a partir do uso das imagens do satélite Landsat 5 e 8, que possibilitou mapear os principais padrões de mudança de cobertura terra. A análise das mudanças representa uma importante ferramenta de monitoramento para a área, danças ocorridas na área. De acordo com Rodrigues (2018 p. 70)

Os métodos de detecção de mudanças, baseados em álgebra de imagens, como a subtração, ou em transformações, como a Análise por Componentes Principais, requerem a seleção de limiares que distingue áreas de mudança e de não mudança, tais aspectos são definidos por meio de parâmetros estatísticos das classificações ou pelo método de tentativa e erro.

Os municípios estudados estão inseridos na microrregião de Chapadinha, uma área com aproximadamente 5.289 km² formada pelos municípios de Anapurus, Belágua, Buriti, Brejo, Chapadinha, Mata Roma, Milagres do Maranhão, São Benedito do Rio Preto e Urbanos. No ano de 2017 a microrregião foi responsável por 8% da produção total de soja do estado, (IMESC, 2013). Dados de produção apontam Brejo, Buriti e Anapurus como os maiores produtores respectivamente. É importante destacar que mesmo representando um importante polo de produção da soja o município de Chapadinha é apenas o quinto maior produtor de soja da microrregião, representando

apenas 0,05% de toda a produção da área leste do estado e apenas o decimo oitavo produtor do estado do Maranhão, um fator importante pra transformação de Chapadinha como polo de produção está associada a infraestrutura, proximidade com o porto de São Luís, que facilitaria o escoamento da produção e, recentemente, a inauguração do terminal de cargas do Maranhão (ALMEIDA, 2017).

Já o município de Buriti constitui o segundo maior setor de produção de soja da microrregião de Chapadinha sendo responsável por aproximadamente 24% de toda a produção da área, porém representa apenas 1,6% de toda a produção do estado do Maranhão (IBGE, 2018). O gráfico 1 apresenta uma comparação da quantidade de área voltada para a produção de soja entre os municípios de Chapadinha e Buriti.

Gráfico 1: Área destinada a produção de soja em Buriti e Chapadinha.



Fonte: Agrolink, 2018.

A análise dos dados de produção permitiu observar a temporalidade de produção agrícola do local, com destaque para sua intensidade a partir do ano de 2006. Ao se analisar os padrões de mudança na área se observou uma tendência a conversão das classes de vegetação para culturas temporárias em aproximadamente 20% do território entre o recorte espacial analisados. A tabela 4 apresenta os valores líquidos das classes de cobertura mapeado a partir do processo de classificação de cobertura da terra, para os municípios de Chapadinha e Buriti.

Tabela 4 – Valores líquidos das classes de cobertura da terra

Classes	1990	2000	2007	2017
Área construída	8.13	14.7	10.06	15.31
Culturas Temporárias	75.61	139.66	185.30	324.63
Corpos hídricos	29.35	24.22	17.90	19.99
Mata de galeria	208.05	16.64	12.24	54.15
Solo exposto	63.94	89.42	17.90	55.99
Campestre	2284.44	2000.41	1778.65	2589.24
Florestal	2059.42	2443.91	2706.98	1670.16

Fonte: Autores (2018).

A imagem do ano de 1990 apresentou como características baixas interferências antrópicas no local, as classes Campestre e Florestal apresentaram as maiores taxas de cobertura do local de aproximadamente 50% e 45% respectivamente (tabela 1), também se observou baixos valores quantitativos da classe culturas temporárias no local muito ligado ainda a uma atividade de pequeno porte, com baixo uso de máquinas agrícolas, apresentando área apenas 1,65%. Nesse ano se destaca uma pequena área correspondente a classe área urbana representando apenas 0,18%, um indicativo que mesmo apresentando um contingente populacional de aproximadamente 79.718 habitantes, a maioria da população² se encontrava na área rural (58%). Já as classes: Mata de galeria representou 1,03%, solo exposto 1,40% e Corpos Hídricos 0,64% do território mapeado, apresentando também baixa taxa de cobertura para o ano de 1990.

No ano de 2000 se constatou o início das transformações de cobertura para a área, com inserção dos primeiros setores voltados ao monocultivo com destaque para a soja, com um aumento 64 km² em relação ao ano de 1990. Dados do IBGE (2018) apresentam um início da inserção da soja com aproximadamente 10 hectares estando localizadas principalmente na porção leste da área de estudo. A classe campos apresentou uma redução aproximadamente 12% que resulta aproximadamente em 284,03 km² de área líquida transformada para outras classes quando comparados os anos de 1990, as principais transições foram para a classes floresta aproximadamente 243 km², sendo a principal conversão para as florestas, uma taxa de aproximadamente 11%.

As florestas para o ano de 2000 representaram a maior classe de área nos municípios pesquisados. Em comparação com o ano de 1990 se observou aumento percentual de aproximadamente 18%, um acréscimo de aproximadamente 385 km² de novos setores com características de floresta, muitas dessas áreas estão associadas a adensamento em locais caracterizados por campo, que pode estar associado a processo de regeneração ou de sucessão ecológica das áreas de cerrado com padrão adensado, principalmente nas porções norte e sul do município de Chapadinha. Entre os anos analisados se destaca também um pequeno crescimento urbano de aproximadamente 13% que representou aproximadamente 6 km² de áreas construídas, reflexo principalmente do início do adensamento populacional urbano que a área passou entre as datas analisadas. Se observou também crescimento da classe solo exposto, em aproximadamente 25 km², redução das matas de galeria em aproximadamente 30 km², esta redução pode esta associada a confusão entre as classes.

A figura 2 apresenta os gráficos de transição entre as classes de cobertura da terra entre os anos de 1990 e 2000, a partir da análise do vetor de mudança para os municípios estudados.

² O município de chapadinha apresentou uma população de aproximadamente 56.862 habitantes, sendo que aproximadamente 51% da população residia nas áreas urbanas.

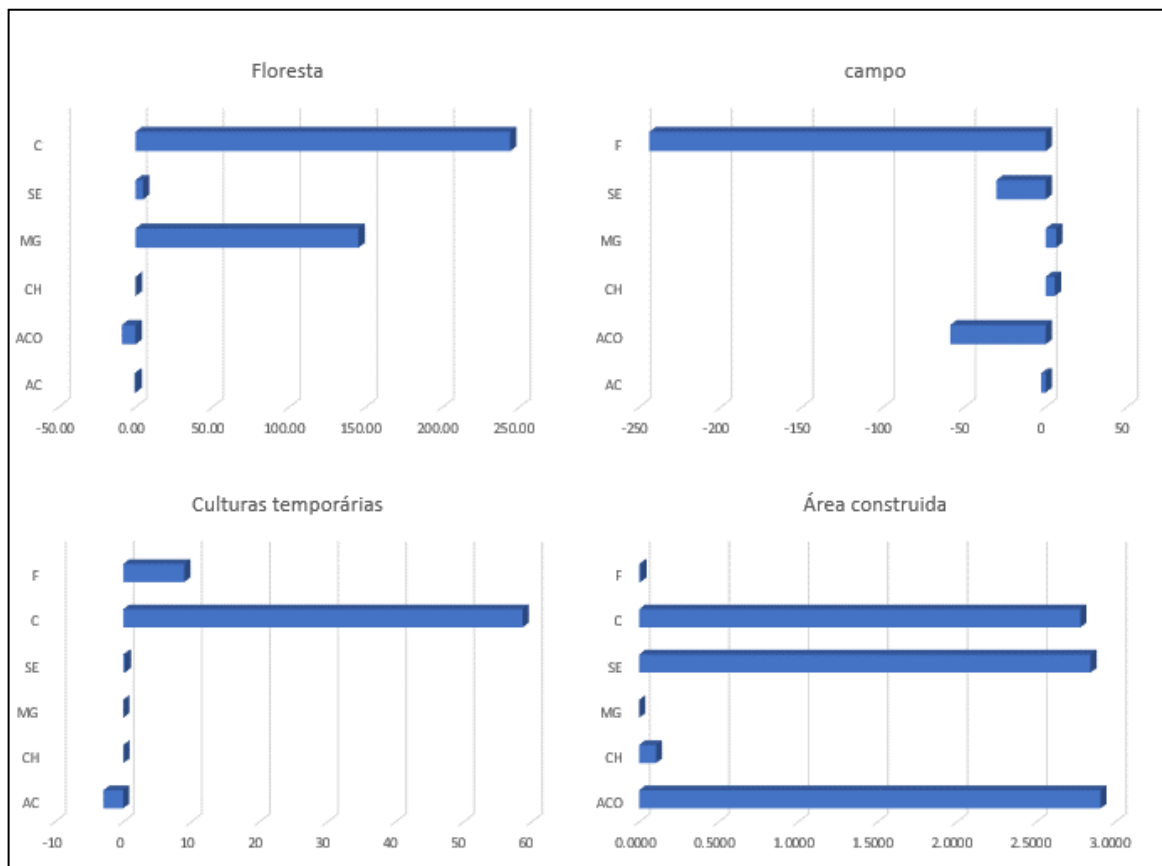


Figura 2: Taxas de transição entre os anos de 1990 – 2000. **Fonte:** Autores (2018).

Entre os anos de 2000 a 2007 a área passou por gradativa mudança de cobertura da terra. A classe culturas temporárias apresentou um aumento de 33.09% entre os anos, que representa um aumento aproximadamente 45 km² de novas áreas voltadas ao cultivo agrícola, passando a representar 3.92% no ano de 2007. Os campos apresentaram a o segundo maior percentual de área para o período representando 37,61% da área total dos municípios analisados, com uma taxa de perda de área de 224 km² total de 11%, sendo principal conversão para a classe floresta. A classe floresta apresentou um ganho percentual de aproximadamente 10% entre os anos de 2000 e 2007, resultando em aproximadamente 260 km² de novas áreas de florestas. A classe Solo exposto houve significativa redução de área, passando de 90,97 km² em 2000 para 16,26 km², obtendo redução de 82,11%, associadas a incrementos de novas áreas de cultivo no local.

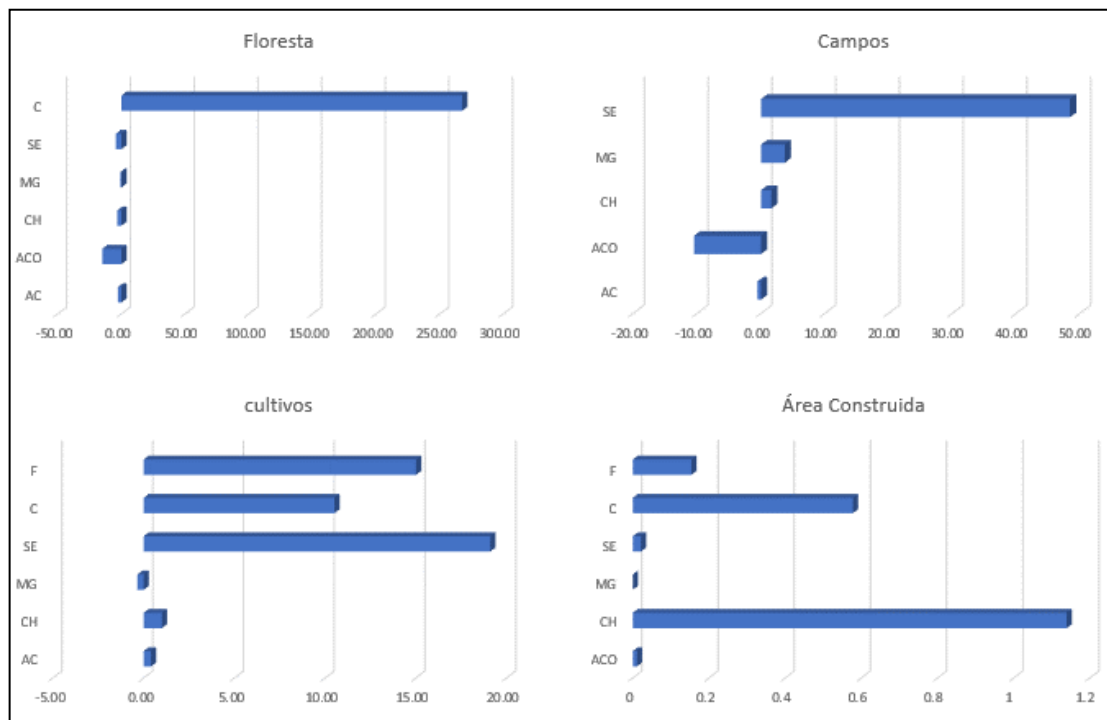


Figura 3: Taxas de transição entre os anos de 2007 – 2017. **Fonte:** Autores (2018)

Ao analisar os dados do ano de 2017 se observou uma efetivação dos municípios como produtores de soja, as lavouras temporárias apresentaram um aumento substancial de 76,25% em relação ao ano de 2007, representando um total de 139 km² de novas áreas voltadas a produção de soja, é importante destacar que 78% dessas áreas estão localizadas no município de Buriti, onde somente para o ano de 2017 teve uma área destinada de aproximadamente 140 km², e uma produção estimada de 43.400 toneladas de grão (IBGE, 2018).

Os dados mostraram que a Área construída dos municípios passou por um acréscimo de 5.24 km², resultado de um crescimento urbano que pode estar associada ao desenvolvimento agrícola do local, entre os anos de 2000 a 2010 os municípios de Buriti e Chapadinha apresentaram um crescimento populacional de 11% e 19% respectivamente. Esse fator também refletiu um crescimento populacional urbano de aproximadamente 25% para o município de Chapadinha e pouco mais de 7% para o município de Buriti.

As classes de Floresta apresentaram redução de aproximadamente 42% entre os anos de 2007 e 2017, associado a inserção de novas áreas de culturas temporárias. Já a classe Campestre apresentou um acréscimo de 13,17%. Solo exposto passa por significativo aumento, saindo de 16,26 km² em 2007 para 54,51 km², aumentando 235,45%. A classe Mata de galeria apresenta aumento (342,19%) passando de 12,32 km² para 54,51 km². No tocante aos Corpos hídricos neste ano houve aumento de 9,07% em relação a 2007. A tabela 4 e A figura 5 apresentam um comparativo da evolução do gráfico de vetor de mudanças e um comparativo da cobertura da terra

dos municípios de Chapadinha e Buriti, onde se nota o avanço da sojicultura, na área com destaque para a concentração da produção no município de Buriti.

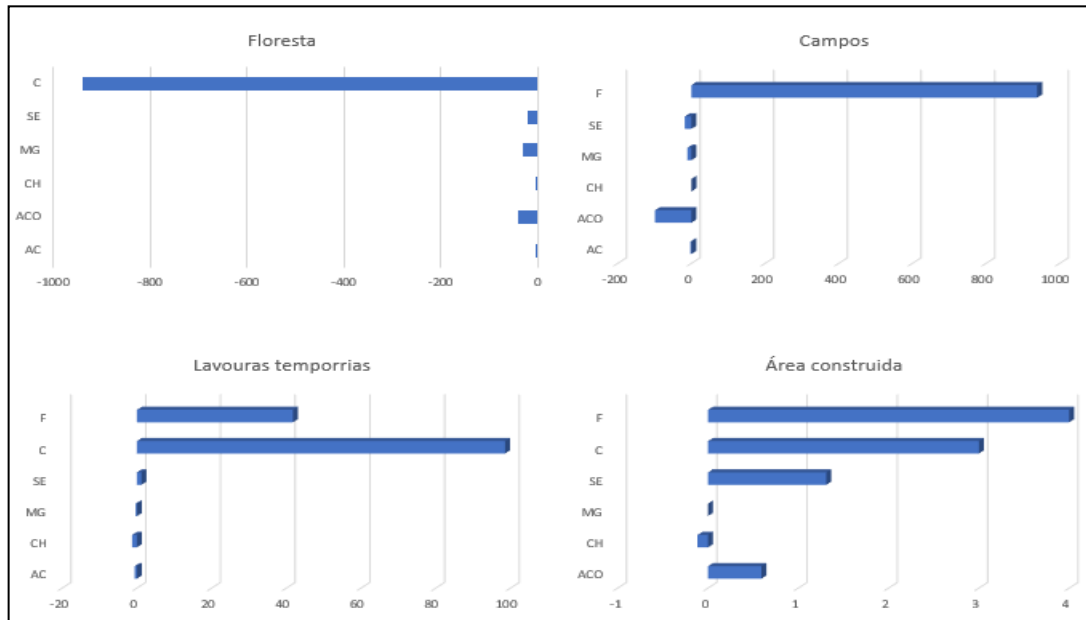


Figura 4: Comparativo da evolução do gráfico do vetor de mudanças. **Fonte:** Autores (2018)

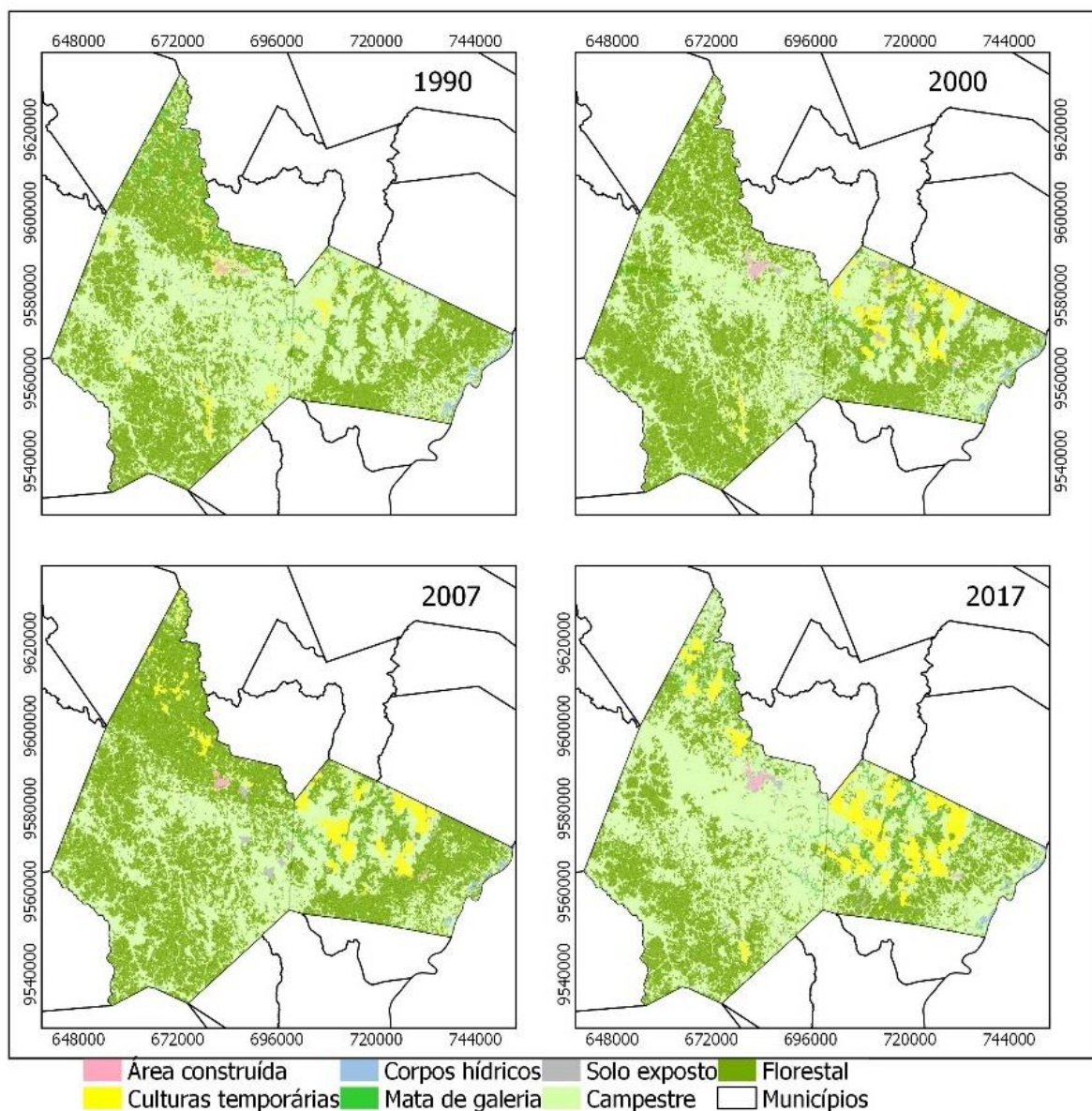


Figura 5: Imagem de 1990, 2000, 2007 e 2017. **Fonte:** Autores (2018).

Ao se comparar as transformações entre os anos 1990 a 2017 observa-se a redução de 316 km², aproximadamente 18% da classe Florestal. Nesse período se observou um acréscimo de 332,90% nas áreas destinadas ao cultivo, 84,87% de aumento na área urbana dos municípios analisados. A classe Campestre houve aumento de 13,17% resultado do processo de sucessão de espécies devido o desmatamento das áreas de vegetação natural. Na classe Corpos hídricos houve perda de 31,20%. Solos expostos reduziram 11,81% e Mata de Galeria acréscimo de (16,22%). Todos os aspectos aqui citados se correlacionam e estão intrinsecamente ligados com o processo de degradação ambiental do bioma cerrado no leste Maranhense.

O mapa da figura 6 apresenta as transformações associadas às perdas da classe Florestal entre os anos de 1990 a 2017, indicativo das proporções de desmatamento ocorridos para a área de estudo, desse modo se observa que as principais taxas de transição ocorreram entre os anos de 2007 e 2017, um período significativamente curto para a taxa geral de desmatamento ocorridos para o bioma cerrado, presentes no município.

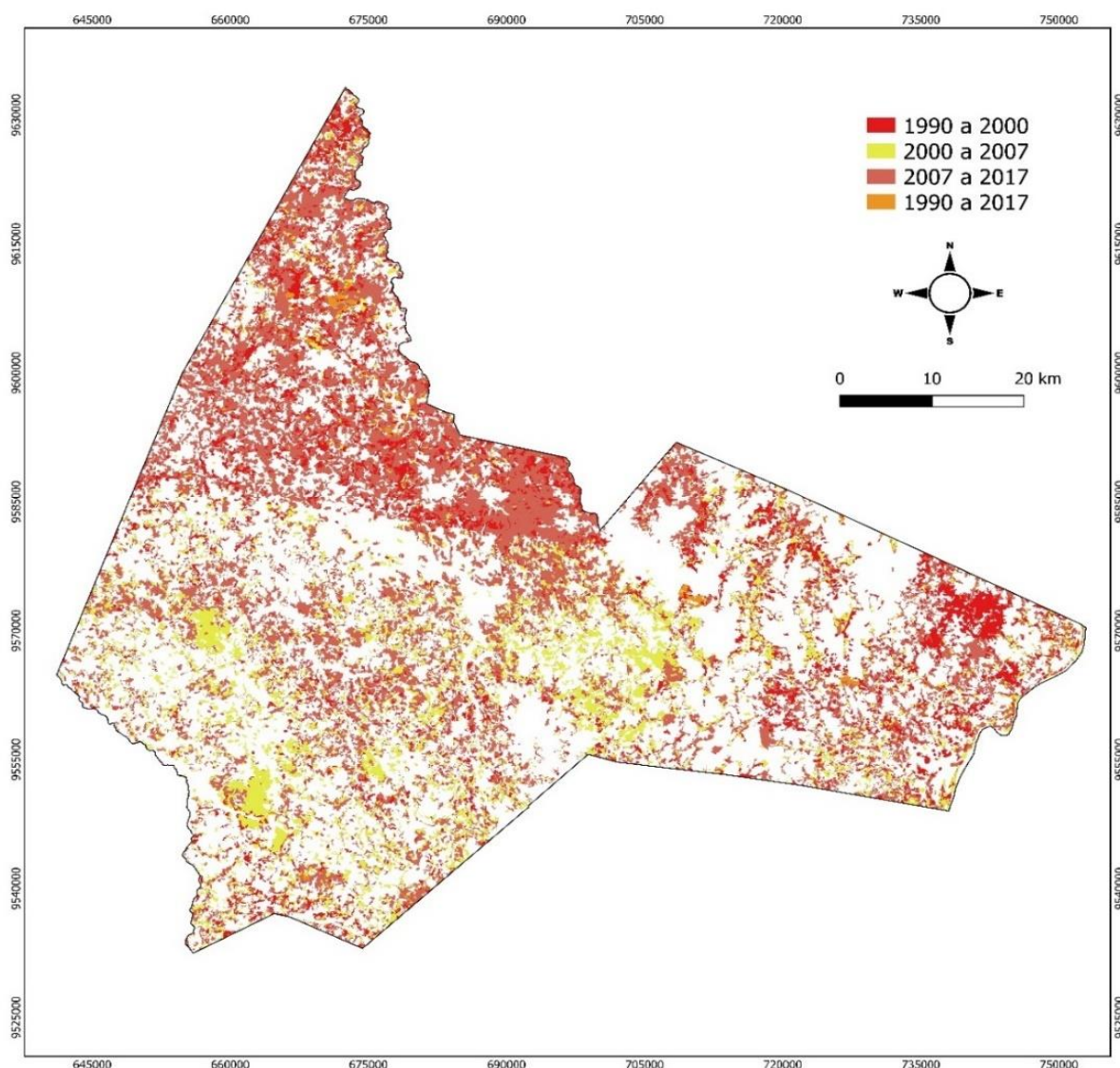


Figura 6: Perdas da classe Florestal entre os anos de 1990 a 2017. **Fonte:** Autores (2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou uma análise temporal e espacial do desmatamento no cerrado do leste maranhense, tendo como área de estudo os municípios de Chapadinha e Buriti. A utilização de componentes principais como fator de classificação se mostrou eficaz, pois possibilitou agregar um grande conjunto de dados em poucas variáveis e caracterizando-se como uma ferramenta para analisar grande quantidade de atributos, sendo que todos os anos analisados apresentaram no geral comportamento similar na composição das PC.

A análise temporal baseada em imagem de média resolução mostrou grande potencial para o monitoramento das transformações de cobertura da terra, porém esta apresentou certa confusão quanto a separação das classes Mata de galeria e Florestal, principalmente pelas suas características espectrais semelhantes. A análise mostrou que os municípios passaram por intensas transformações da cobertura vegetal do cerrado e inserção de culturas agrícolas principalmente da soja.

Essas transformações se intensificaram a partir do ano de 2007, onde mais de 50% da produção era voltada a cultura da soja, esse modelo está diretamente ligado as políticas de desenvolvimento agrícolas subsidiadas pelo Estado e também por incentivos privados que atuam no desenvolvimento tecnológico e aumento da produção, que efetivaram o leste maranhense com destaque para o município de Buriti como segundo maior produtor de soja do Estado. Desse modo, se destaca a necessidade de um estudo mais aprofundado que aborde os impactos associados a essas rápidas transformações, com destaque principalmente a fragmentação florestal e dinâmica de paisagem, principalmente para o desenvolvimento de políticas voltadas a preservação de áreas remanescentes na área.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. G. *A luta na/pela terra frente à expansão da soja no município de Brejo-Ma*. SÃO LUÍS, 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço). Coordenadoria de Pós-Graduação, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA.

ANDRADE, J. B de. et al. *Mudança da cobertura vegetal do município de Buriti - MA nos anos de 2000 e 2007: uma abordagem com o uso de geotecnologias*. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14., 25-30 abril 2009, Natal, Brasil, *Anais.*, INPE, p. 5587-5594.

BAATZ, M.; BENZ, U.; DEGHANI, S.; HEYNEN, M.; HÖLTJE, A.; HOFMANN, P.; LINGENFELDER, I.; MIMLER, M.; SOHLBACH, M.; WEBER, M.; WILLHAUCK, G. *User Guide 4 (eCognition)*. Germany: Definiens, 2004.

BEZERRA, V. L. A. R.; Pinheiro, R. P; Luz, D. S. da. *Panorama da desertificação no estado do Maranhão*. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em:<

www.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/arquivos/panorama_maranhao.doc>.
Acesso em: 29/01/2019.

BRIASSOULIS, H., 2000. *Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches*. Site disponível: The Web Book of Regional Science – Regional Research Institute, West Virginia University (última atualização: 2005), URL: <http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/contents.htm>. Consultado em: 20 fevereiro 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *O Bioma Cerrado*. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>>. Acesso em: 14 jan. 2019.

BRASIL. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea: *Relatório diagnóstico do município de Buriti*. Teresina, 2011. 15 p.

BRASIL. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea: *Relatório diagnóstico do município de Chapadinha*. Teresina, 2011. 13 p.

EITEN, G. *Vegetação do Cerrado*. In: PINTO, M. N. (Org.). *Cerrado: caracterização ocupação e perspectivas*. 2. ed. Brasília, DF: Editora da UnB, 1994. p. 17-73.

FLORENZANO, T. G. *Iniciação em sensoriamento Remoto*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GARCIA, G. J. *Sensoriamento remoto: princípios e interpretação de imagens*. São Paulo: Nabel, 1982.

GASPAR, R. B. *O eldorado dos Gaúchos: Deslocamento de agricultores do Sul do país e seu estabelecimento no Leste Maranhense*. São Luís, 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais). Coordenadoria de Pós-Graduação, Universidade Federal do Maranhão.

Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico (GEPLAN). *Atlas do Maranhão*. São Luís: UEMA/ GEPLAN, 2002. 44p.

GUIMARÃES, A. G. *Dinâmica agrícola da soja no cerrado da Microrregião de Chapadinha-Ma: Sua inserção no município de Anapurus*. São Luís, 2012. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Socioespacial e Regional). Coordenadoria de Pós-Graduação, Universidade Estadual do Maranhão.

HERINGER, E.P.; BARROSO, G.M.; RIZZO, J.A.; RIZZI, C.T. *A flora do Cerrado*. In: FERRI, M. G. (coord.). *IV Simpósio sobre o Cerrado*, 4., 1977, São Paulo. *Anais...* São Paulo e Belo Horizonte: EDUSP/São Paulo e Belo Horizonte, 1977. p.211-232.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Coleção de Monografias Municipais*. Nova Série Nº 224. *Buriti*. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/112/col_mono_ns_n224_buriti.pdf>. Acesso em: 30/01/2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo demográfico de 1991*. Disponível em: www.ibge.gov.br/sidra/censodemografico1991. Acesso em 21/12/2018

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Microrregião Leste maranhense*. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/maranhao/chapadinha>>. Acesso em: 26/01/2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Chapadinha/Ma*. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php/maranhao/chapadinha>>. Acesso em: 26/01/2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Buriti/Ma*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/buriti/panorama>>. Acesso em: 04/05/2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística *Produção agrícola municipal*. Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>>. Acesso em: 04/05/2019

INMET. Tempo e Clima. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/html/informacoes/curiosidade/tempo_clima.html>. Acesso em: 26/01/2019.

JOHNSON, R. D; KASISCHKE, E. S. *Change vector analysis: a technique for the multispectral monitoring of land cover and condition*. International Journal of Remote Sensing, v.19, n.3, p.411-426, 1998. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/014311698216062>>. Acesso em: 19/01/2019.

MALCZEWSKI, J., 2003. *GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview*. Site disponível: http://staff.unila.ac.id/ekoefendi/files/2011/10/Malczewski_2004.pdf. Acesso em: 19/01/2019.

NOGUEIRA, V. de F. B; Correia, M. de F; Nogueira, V. da S. *Impacto do Plantio de Soja e do Oceano Pacífico Equatorial na Precipitação e Temperatura na Cidade de Chapadinha-MA*. Revista Brasileira de Geografia Física, V. 03, p. 708-724. Out. 2012.

NOVO, E. M. L. de M. *Sensoriamento remoto: princípios e aplicações*. São Paulo: E. Blucher, 1989. 308p. Biblioteca(s): Embrapa Cerrados.

PEREIRA, M. N.; KURKDJIAN, M. L.N. O.; FORESTI, C. Cobertura e uso da terra através de sensoriamento remoto. São José dos Campos: INPE, 1989. (INPE-5032-MD/042).

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E. *Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação*. São José dos Campos: Parêntese, 2007. 144p.

RESENDE, J. M do A. *Caracterização pedométrica de atributos de argissolos coesos do Leste Maranhense*. Jaboticabal, 2013. Dissertação (Doutor em Agronomia (Ciência do Solo)). Coordenadoria de Pós-Graduação, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. *As matas de galeria no contexto do bioma Cerrado*. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUSA-SILVA, J. C. *Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria*. Planaltina: EMBRAPA CERRADOS, p.29-47, 2001.

RODRIGUES, T. C. S. *Estudo da cobertura e uso da terra na microrregião do Gurupi, Amazônia Maranhense, entre os anos 1976 - 2016 por meio da aplicação do Sensoriamento remoto e SIG'S*. Presidente Prudente, 2018. Tese (Doutor em Geografia). Coordenadoria de Pós-Graduação, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” UNESP/FCT.

ROSA, R. *Introdução ao sensoriamento remoto*. Uberlândia: EDUFU, 7 ed, 2009.

SANTOS, A. R. dos; PELUZIO, T. M. de O.; E SAITO, N. S. *SPRING 5.1.2, passo a passo: aplicações e práticas*. Alegre- ES: CAUFES, 2010.

THORNTHWAITE, C. W. *An approach toward a rational classification of climate*. Geogr. Rev., v. 38, p. 55-94, 1948.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Vegetation physiognomies and wood flora of the bioma Cerrado. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Eds.). *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical Savanna*. New York: Columbia University Press, 2002. p. 91-120.

WWF. World Wide Fund. *Expansão Agrícola e perda da diversidade no Cerrado: Origens históricas e o papel do Comércio Internacional*. Brasília. WWF Brasil. 2000.