

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANDRESSA OLIVEIRA DE JESUS

USO DA TERRA NO CERRADO BRASILEIRO: PRODUTIVIDADE E
DESMATAMENTO NO MATOPIBA

CURITIBA

2019

ANDRESSA OLIVEIRA DE JESUS

USO DA TERRA NO CERRADO BRASILEIRO: PRODUTIVIDADE E
DESMATAMENTO NO MATOPIBA

Monografia apresentada como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em Ciências
Econômicas, Setor de Ciências Sociais Aplicadas,
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Terciane Sabadini Carvalho

CURITIBA

2019

TERMO DE APROVAÇÃO

ANDRESSA OLIVEIRA DE JESUS

USO DA TERRA NO CERRADO BRASILEIRO: PRODUTIVIDADE E DESMATAMENTO NO MATOPIBA

Monografia aprovada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Terciane Sabadini Carvalho
Orientador – Departamento de Economia - UFPR

Prof^a. Dr^a. Kênia Barreiro de Souza
Departamento de Economia – UFPR

Prof. Dr. Vinícius de Almeida Vale
Departamento de Economia – UFPR

Curitiba, 03 de dezembro de 2019.

*Dedico esta monografia a minha mãe, Maria, ao meu pai, Jose, e a minha
irmã, Amanda.*

AGRADECIMENTOS

Essa monografia representa o encerramento de um trabalhoso e gratificante ciclo da minha vida, que foi cercado de pessoas que me apoiaram e me motivaram. À todas elas deixo meu agradecimento e reconhecimento, pois sei que os anos de graduação e a realização deste trabalho não seriam possíveis sem o apoio de todos. Quero agradecer especialmente:

À Deus, por me permitir sonhar e me dar forças para conquistar esses sonhos.

À minha mãe, Maria, e meu pai, Jose, pelo amor incondicional, por serem os meus maiores incentivadores, e pelo caminhar de paciência e compreensão nos momentos difíceis da graduação.

Ao meu eterno melhor presente, Amanda, por ser a dona das melhores e incompartilháveis palavras de incentivo que uma irmã poderia oferecer.

À Prof.^a Terciane, por ter conduzido a orientação deste trabalho de maneira leve e descontraída, e à Prof.^a Kênia e ao Prof. Vinícius, por terem sido ótimos professores e excelentes pessoas. O comprometimento e a disponibilidade de vocês foram essenciais na minha formação. Obrigada, por tudo!

À Amanda, Julia, Juliano, Luara e Scheilla, por serem as tristezinhas de verão mais preciosas que alguém poderia ter, e por serem meus amuletos da sorte. Eu sou muito grata por ter vocês na minha vida por todo esse tempo. À Amanda, Débora, Gabriela, Mariana, Paula, Paulo e Vinícius, pela amizade e por todos os bons e maus momentos que a graduação nos proporcionou. À Victoria, por tudo que envolva as nossas calourisses de 2016; à Ana, por todas as nossas reflexões; e as duas, pela amizade e companheirismo em todos esses anos, especialmente em 2019.

Muito obrigada a todos!

RESUMO

A literatura sobre produtividade do fator terra na agricultura brasileira, e diversos estudos sobre o desmatamento, evidenciam a existência de padrões espaciais para essas variáveis. Isso sugere a existência de transbordamento espacial desses fenômenos, o que significa que tanto a produtividade quanto o desmatamento de uma região não se restringem apenas a essa região, sendo, portanto, fator de influência para regiões vizinhas. Este trabalho realiza uma Análise Exploratória de Dados Espaciais para o desmatamento, produtividade do milho e da soja, nos 337 municípios que compõem uma fronteira de produção agrícola denominada “MATOPIBA”, anagrama formado com os nomes dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. Os dados utilizados na pesquisa referem-se aos anos de 2001 e 2018, e revelam a existência de *clusters* espaciais tanto do tipo Alto-Alto, quanto do tipo Baixo-Baixo, para as três variáveis trabalhadas, nos dois anos analisados. O *cluster* que revelou maior concentração espacial foi o do tipo Baixo-Baixo para a produtividade do milho em 2001, e ele mostra que municípios com baixa produtividade eram vizinhos de municípios que também possuíam baixa produtividade. Além disso, o número de municípios presentes no *cluster* Baixo-Baixo foi superior ao número de municípios presentes no *cluster* Alto-Alto, o que indica que, de maneira geral, os municípios do MATOPIBA produziam milho com baixa produtividade em 2001. Com relação a análise bivariada realizada para identificar como a produtividade e o desmatamento se relacionam espacialmente na região, os resultados obtidos revelaram a existência de *clusters* AA e BB para o desmatamento e a produtividade da soja, indicando que regiões com alta (baixa) produtividade da soja estão cercadas por regiões com alto (baixo) desmatamento. O inverso foi encontrado para o milho, em que os resultados obtidos mostraram que regiões com alta produtividade de milho são vizinhas de regiões com baixo desmatamento.

Palavras-chave: Desmatamento. Produtividade. Soja. Milho. MATOPIBA.

ABSTRACT

The literature on land factor productivity in Brazilian agriculture, and several studies on deforestation, demonstrate the existence of spatial patterns for these variables. This suggests the existence of spatial spillover of these phenomena, meaning that both productivity and deforestation of an area are not restricted to this region, and, therefore, it is an influence factor for neighboring regions. This paper conducts an Exploratory Spatial Data Analysis for deforestation and corn and soybean yield to examine the existence of spatial patterns of these variables in the 337 municipalities that make up a frontier of agricultural production called "MATOPIBA", anagram formed with the names of the states of Maranhão, Tocantins, Piauí and Bahia. The data used in the research refer to the years 2001 and 2018, and reveal the existence of both High-High and Low-Low spatial *clusters* for the three variables studied in the two years analyzed. The *cluster* with the highest spatial concentration was Low-Low for corn yield in 2001, and it shows that low productivity municipalities are neighbors to municipalities that also have low productivity. In addition, the number of municipalities present in the *cluster* Low-Low was higher than the number present in the High-High *cluster*, which indicates that, in general, MATOPIBA municipalities produced low corn yield in 2001. Regarding the bivariate analysis performed to identify how productivity and deforestation are spatially related in the region, the results revealed the existence of AA and BB *clusters* for deforestation and soybean yield, indicating that regions with high (low) soybean yield are surrounded by regions with high (low) deforestation. The opposite was found for corn, where the results showed that regions with high corn yield are neighboring regions with low deforestation.

Key-words: Deforestation. Productivity. Soy. Corn. MATOPIBA.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - I DE MORAN GLOBAL PARA O MILHO EM 2001.....	37
FIGURA 2 - I DE MORAN GLOBAL PARA O MILHO EM 2018.....	38
FIGURA 3 - I DE MORAN PARA DESMATAMENTO E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM 2001	39
FIGURA 4 - I DE MORAN PARA DESMATAMENTO E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM 2018	39

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - PIB DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO DE 2000 A 2018 (R\$ MIL CORRENTES)	16
GRÁFICO 2 - PIB DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO DE 2000 A 2018 (R\$ MIL EM 2018)	16
GRÁFICO 3 - EVOLUÇÃO ANUAL DA BALANÇA COMERCIAL BRASILEIRA E DO AGRONEGÓCIO 1997 A 2018 (EM US\$ BILHÕES).....	17
GRÁFICO 4 - EVOLUÇÃO E PROJEÇÕES DA ÁREA PLANTADA PARA SOJA E MILHO	18

LISTA DE MAPAS

MAPA 1 - DELIMITAÇÃO TERRITORIAL DO MATOPIBA.....	19
MAPA 2 - PRODUTIVIDADE DO MILHO EM 2001 (KG POR HECTARE).....	32
MAPA 3 - PRODUTIVIDADE DO MILHO EM 2018 (KG POR HECTARE).....	32
MAPA 4 - PRODUTIVIDADE DA SOJA EM 2001 (KG POR HECTARE)	33
MAPA 5 - PRODUTIVIDADE DA SOJA EM 2018 (KG POR HECTARE)	34
MAPA 6 - DESMATAMENTO EM 2001 (POR KM ²)	35
MAPA 7 - DESMATAMENTO EM 2018 (POR KM ²)	36
MAPA 8 - MAPA <i>LISA</i> PARA DESMATAMENTO EM 2001	40
MAPA 9 - MAPA <i>LISA</i> PARA DESMATAMENTO EM 2018	41
MAPA 10 - MAPA <i>LISA</i> PARA PRODUTIVIDADE DO MILHO EM 2001.....	42
MAPA 11 - MAPA <i>LISA</i> PARA A PRODUTIVIDADE DO MILHO EM 2018	42
MAPA 12 - MAPA <i>LISA</i> PARA A PRODUTIVIDADE DA SOJA EM 2001.....	43

MAPA 13 - MAPA <i>LISA</i> PARA PRODUTIVIDADE DA SOJA EM 2018.....	43
MAPA 14 - MAPA <i>LISA</i> DE DESMATAMENTO E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM 2001	44
MAPA 15 - MAPA <i>LISA</i> DE DESMATAMENTO E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM 2018	45
MAPA 16 - MAPA <i>LISA</i> DE DESMATAMENTO E PRODUTIVIDADE DO MILHO EM 2018	45

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - POPULAÇÃO TOTAL E DENSIDADE DEMOGRÁFICA DOS ESTADOS NO MATOPIBA EM 2010.....	20
TABELA 1 - PRODUTO INTERNO BRUTO (PIB) DAS MICRORREGIÕES DO MATOPIBA EM 2010	22
TABELA 3 - I DE MORAN GLOBAL UNIVARIDO.....	37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1. A IMPORTÂNCIA DA AGRICULTURA PARA O BRASIL E SUAS TRANSFORMAÇÕES	13
2.2. O SURGIMENTO DO MATOPIBA, CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO E SUA IMPORTÂNCIA PARA A AGRICULTURA BRASILEIRA.....	18
2.3. EVOLUÇÃO RECENTE DA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA BRASILEIRA.....	22
2.4. RELAÇÃO ENTRE PRODUTIVIDADE E DESMATAMENTO	25
3. METODOLOGIA E BASE DE DADOS	28
3.1. METODOLOGIA.....	28
3.1.1. I DE MORAN GLOBAL.....	29
3.1.2. DIAGRAMA DE DISPERSÃO DE MORAN	30
3.1.3. I DE MORAN LOCAL	30
3.2. BASE DE DADOS	31
3.2.1. PRODUTIVIDADE.....	31
3.2.2. DESMATAMENTO	34
4. RESULTADOS	37
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS	47

1. INTRODUÇÃO

A importância do setor agrícola para a economia brasileira é um fato de longa data. Este setor passou por diversas transformações ao longo dos anos, evoluindo de uma estrutura majoritariamente arcaica para um setor altamente tecnológico. A história mais recente da agricultura brasileira mostra que avanços significativos começaram na década de 70, por meio de investimentos em pesquisa e desenvolvimento, e tiveram seus resultados evidenciados na década de 90, com os ganhos de produtividade do setor (FISHLOW, VIEIRA FILHO, 2017). A partir dessa evolução, o setor de agricultura apresentou-se como protagonista na economia brasileira, fato que pode ser mostrado por sua contribuição para o superávit da balança comercial, sobretudo depois do período de abertura comercial do país em 1989 (DA CONCEIÇÃO, DA CONCEIÇÃO, 2014). A relevância da agricultura é notada também pela participação do PIB do Agronegócio no PIB brasileiro, que alcançou 30,45% em 2003, sendo o maior valor registrado entre o período de 2000 a 2018 (CEPEA/ESALQ).

As previsões para o setor indicam crescimento da produção, produtividade, e expansão da área plantada para alguns cultivos segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2018). Neste cenário, há destaque nos cultivos de soja e de milho. A soja deverá ter sua produção aumentada em 33,2% no período entre 2018 e 2028, e aumento de área plantada de 10 milhões de hectares. Para o milho, o crescimento projetado é de 26,9%, e a expansão de área é de 1,1 milhão de hectares no mesmo período. Essa expansão será concentrada no MATOPIBA, região que compreende 337 municípios localizados nos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, e que reúne características potencialmente favoráveis à produção de grãos, tais como preço atrativo da terra, clima e relevo propício (MAPA, 2018). Os dados da Pesquisa Agrícola Municipal de 2017 confirmam o potencial da região na produção de grãos, tendo em vista que a produção de soja foi de 2,2 milhões de toneladas em 2000, cultivadas em 904 mil hectares, para 8,6 milhões de toneladas em 2014, em 3,3 milhões de hectares, e a produção de milho passou de 1,3 milhão de toneladas em 486 mil hectares em 2000, para mais de cinco milhões de toneladas, cultivadas em 1.073 mil hectares, em 2014 (CASTRO, PEREIRA, PORCIONATO, 2018).

O comportamento da produtividade da agricultura é amplamente discutido na literatura, e alguns estudos concentram-se em investigar a existência de padrões espaciais na produtividade da terra. Em Almeida, Ferreira e Perobelli (2008) a Análise Exploratória de Dados Espaciais mostra que no ano de 1991, 23% das regiões brasileiras que possuíam alta produtividade da terra eram vizinhas de regiões com alta produtividade, enquanto 52% das regiões que possuíam baixa produtividade eram vizinhas de regiões com a mesma característica. Resultados semelhantes foram encontrados por Do Carmo et al (2016), que ao estudarem a convergência da produtividade agropecuária da terra na região Sul do Brasil, para os anos de 1995/1996 e 2006, também encontram padrões espaciais, que evidenciam que regiões com alta (baixa) produtividade são vizinhas de regiões com alta (baixa) produtividade. Esses trabalhos indicam a existência de transbordamento de produtividade entre regiões, haja vista a existência das concentrações espaciais na produtividade da terra das regiões estudadas.

Outra discussão presente na literatura diz respeito aos impactos ambientais causados pelo aumento da produção agrícola. Enquanto o aumento da produtividade é visto como fator poupador de terra, como discutido em Borlaug (1983), a expansão da área plantada tem o desmatamento como um de seus resultados ambientais (JARAMILLO, KELLY, 1999; ARRAES, MARIANO, SIMONASSI, 2012). A literatura discute também a existência de efeitos espaciais no comportamento do desmatamento. O estudo de Câmara, Kampel e Quintanilha (2000) evidencia a presença de autocorrelação espacial global para o desmatamento na região da Amazônia Legal brasileira, para os dados de 1991 a 1992, e 1992 a 1994, resultado que se repete em Almeida et al (2011), para a análise de dados do desmatamento nesta região, entre 2001 e 2006.

Tendo em vista o protagonismo da soja e do milho no setor agrícola brasileiro, a importância do MATOPIBA para o setor, e as consequências do aumento da produção desses cultivos que podem ser evidenciados pelo comportamento da produtividade e do desmatamento das regiões, este trabalho propõe verificar a relação entre uso da terra, produtividade e desmatamento na região de MATOPIBA por meio de uma análise espacial de dados. A realização deste objetivo passa pelos seguintes objetivos específicos: fazer uma revisão da literatura sobre economia agrícola e produtividade da terra; identificar a existência de padrões espaciais na produtividade do fator terra dos principais produtos agrícolas da região, soja e milho,

para os anos de 2001 e 2018; e identificar como o aumento dessa produtividade se relaciona espacialmente com o desmatamento da região.

O trabalho está organizado em cinco seções, inclusa esta introdução. Na segunda seção é apresentada a revisão de literatura acerca da importância da agricultura para a economia brasileira, e o papel do MATOPIBA neste setor. Na sequência é realizada a revisão bibliográfica sobre a produtividade da terra no Brasil, e sua relação com o desmatamento. Na terceira seção a metodologia utilizada no trabalho e a base de dados são descritas. A quarta seção diz respeito à apresentação dos resultados. Na última seção, as considerações finais são realizadas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo mostra a evolução recente da agricultura brasileira, com foco na importância que o setor tem para a economia do País, e suas projeções. Aborda também aspectos relevantes da região denominada “MATOPIBA”, uma fronteira de produção agrícola que tem ganhado destaque na produção de soja, algodão e milho. Por fim, são apresentados alguns trabalhos que abordam o comportamento da produtividade da terra e do desmatamento.

2.1. A IMPORTÂNCIA DA AGRICULTURA PARA O BRASIL E SUAS TRANSFORMAÇÕES

De acordo com Fishlow e Vieira Filho (2017), a perspectiva histórica da agricultura brasileira pode ser analisada em três períodos, sendo o primeiro deles os anos compreendidos entre 1960 e 1970. Nesta década o Brasil era importador líquido de alimentos, e possuía uma demanda significativa e crescente, impulsionada pela mudança demográfica ocorrida entre 1964 e 1965, que fez a população urbana ser maior que a população rural. Além disso, embora o país tivesse passado pelo Milagre Econômico, as perspectivas não eram favoráveis para a produção de alimentos, já que, pelo lado da oferta, havia baixa produtividade e escassez.

O segundo período diz respeito às décadas de 70 e 80. Segundo Fishlow e Veira Filho (2017), essa época foi marcada inicialmente pelo investimento em serviços de pesquisa e em extensão rural, com a criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e da Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMBRATER). Os resultados desse investimento mostram que, no período entre 1975 a 2002, a variação de 1% dos gastos em pesquisa impactou imediatamente em 0,17% na produtividade total dos fatores da agricultura (BACCHI et al, 2004). Além disso, os investimentos em pesquisa foram justificados pela iminente crise de abastecimento de alimentos que ocorreria caso os níveis de produção fossem mantidos (FISHLOW, VIEIRA FILHO, 2017).

A criação do modelo de desenvolvimento para a agricultura nas décadas de 70 e 80 também foi embasada em crédito rural e disponibilidade de terra barata. Nesse caso, entre os anos de 1975 a 2002, a variação de 1% na

disponibilidade de crédito agrícola impactava no aumento de 0,06% da PTF (BACCHI et al, 2004). No entanto, em virtude dos choques de petróleo que culminaram, entre outros acontecimentos, no fim do crédito internacional de baixo custo, a base desse novo modelo para a agricultura sofreu uma interrupção no final dos anos 70 (FISHLOW, VIEIRA FILHO, 2017).

Foi nos anos 80, contudo, que os ganhos de produtividade começaram a aparecer, a partir da melhoria dos solos tropicais degradados, com destaque a técnica de correção do solo do Cerrado; do melhoramento de plantas, como por exemplo, a soja adaptável ao clima tropical; e dos sistemas de manejo integrado, que reduziram o preço da terra, contribuíram com a difusão da mecanização no campo e a expansão da fronteira agrícola (FISHLOW, VIEIRA FILHO, 2017). Na mesma década houve enfraquecimento do modelo baseado em expansão de área para produção, e intensificação do modelo com foco em aumento de produtividade (sendo a produtividade o indicador que expressa o valor de produção por área cultivada). Essa alteração resultou em uma taxa anual de crescimento de 1,41% de produtividade entre os anos de 1981 e 1988 (GASQUES, VILLA VERDE, 1990).

As transformações ocorridas na agricultura brasileira resultaram em mudanças em sua composição e na produtividade do setor ao longo do tempo. De modo geral, entre os anos de 1975 e 2014, a produção de grãos aumentou consideravelmente, assim como a produção pecuária e a animal, com destaque para a carne bovina e de aves. Além disso, houve um deslocamento espacial de atividades, que transformou as regiões do Centro-Oeste, parte do Norte e do Nordeste, em grandes polos de produção de grãos. Em relação aos insumos, houve tendência de aumento na utilização de máquinas, expansão da área das lavouras, crescimento do consumo de fertilizantes, e redução da mão de obra ocupada. Para o uso da terra, as lavouras permanentes e temporárias tiveram expansão, indo de 43 milhões de hectares em 1975 para 75 milhões em 2014. A área de pastagens, por sua vez, teve redução, já que era estimada em 166 milhões de hectares em 1975 e passou para 148 milhões em 2014 (GASQUES et al, 2016).

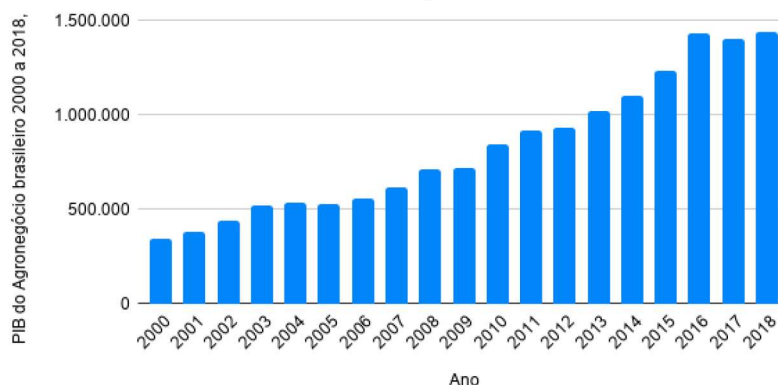
Essas transformações refletiram diretamente na produtividade do setor. A análise sobre a produtividade total dos fatores (PTF) realizada por Gasques et al (2016) mostra que a PTF alcançou uma taxa de crescimento de 3,53% entre os anos de 1975 e 2014, sendo as menores taxas registradas nas décadas de 80 e 90, e a maior entre os anos de 2000 e 2014, quando atingiu 4%. Enquanto as

produtividades da terra e da mão de obra se mostram como as principais fontes de crescimento da agricultura, a produtividade do capital diminuiu no período analisado (GASQUES et al, 2016).

O aumento da produtividade do setor agrícola fez com que ele se tornasse protagonista na economia brasileira, sobretudo a partir dos anos 2000. Esse fato é perceptível com a análise da evolução do PIB do agronegócio brasileiro, e sua comparação com o PIB da economia do País. O cálculo do PIB do Agronegócio é feito pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), que faz parte do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP), e pela Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA). De acordo com o CEPEA (2019), o agronegócio é entendido como a soma de quatro segmentos: insumos para o setor, produção agropecuária básica, ou primária, agroindústria e agrosserviços, analisados para o ramo agrícola (vegetal) e para o pecuário (animal). A partir da soma desses dados, com as ponderações necessárias, obtém-se o PIB do agronegócio.

Os dados disponibilizados pelo CEPEA mostram que o PIB do agronegócio brasileiro, embora não tenha apresentado resultados constantes ao longo do tempo, mostrou-se importante no período entre 2000 e 2018, conforme evidenciado pelos gráficos 1 e 2, através da evolução do PIB do agronegócio nesse período. É perceptível que, para o período em questão, os anos compreendidos entre 2000 e 2003 foram os que mais apresentaram crescimento, o que ocorreu em decorrência do aumento da demanda externa por produtos agrícolas, sobretudo por parte da China (MAPA, 2005). O Gráfico 1 mostra a evolução a preços correntes.

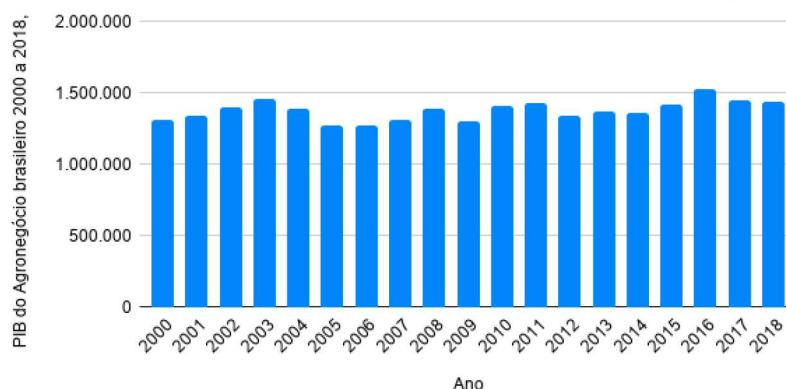
GRÁFICO 1 – PIB DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO DE 2000 A 2018 (R\$ MIL CORRENTES)



FONTE: Elaboração própria com base em CEPEA/ESALQ (2019).

O Gráfico 2 mostra a evolução corrigida a valores de 2018.

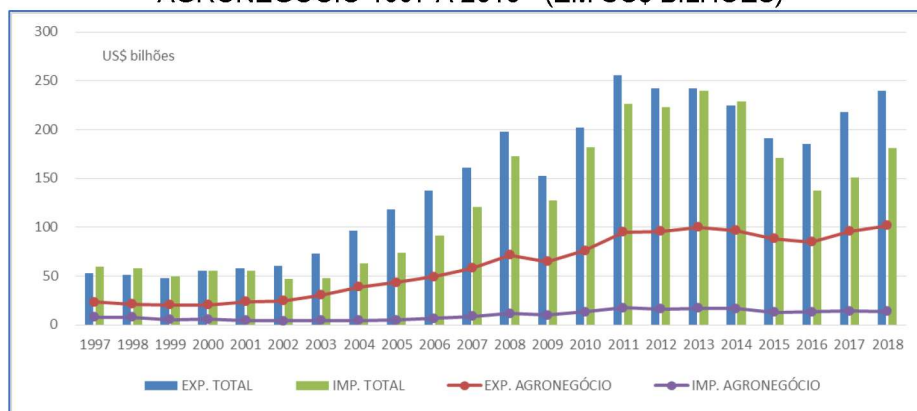
GRÁFICO 2 – PIB DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO DE 2000 A 2018 (R\$ MIL EM 2018)



FONTE: Elaboração própria com base em CEPEA/ESALQ (2019).

Os dados sobre a balança comercial também são relevantes para a análise (DA CONCEIÇÃO, DA CONCEIÇÃO, 2014). Dentre os anos de 1997 a 2018, a participação do agronegócio nas importações e exportações brasileiras oscilou entre 35,6% em 2006 e 46,2% em 2015, tendo as importações níveis pequenos de participação, sendo o 17,51% o valor máximo registrado, em 2011 (DCNC, SCRI, MAPA, 2019). A evolução da balança comercial brasileira e do agronegócio é mostrada no Gráfico 3 a seguir.

GRÁFICO 3 - EVOLUÇÃO ANUAL DA BALANÇA COMERCIAL BRASILEIRA E DO AGRONEGÓCIO 1997 A 2018 - (EM US\$ BILHÕES)



FONTE: DCNC/SCRI/MAPA (2019).

O boletim elaborado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2019) mostra que, com relação aos dados da exportação em 2018, cinco complexos de produção se destacaram nas exportações do Agronegócio. O primeiro deles foi o complexo da soja, que foi responsável por 40,2% das exportações do setor, o que corresponde a um montante de US\$ 40,91 bilhões. Dentro desse complexo, a soja em grão foi o principal produto exportado (US\$ 33,18 bilhões), seguido pelo farelo da soja (US\$ 6,70 bilhões).

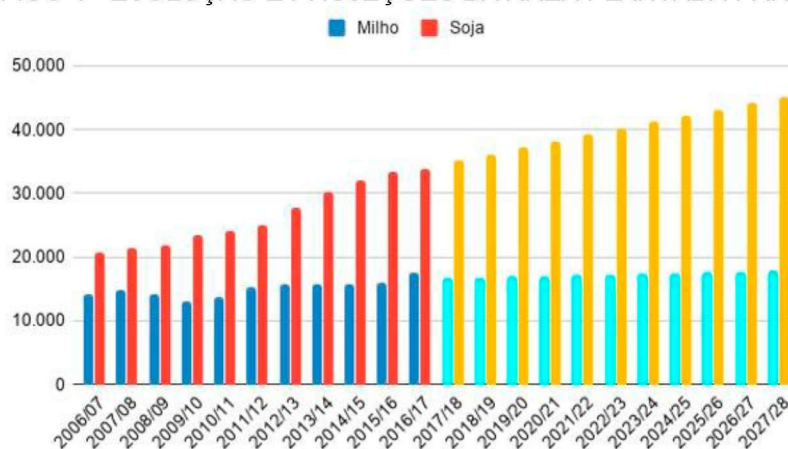
O segundo grupo foi o de produtos florestais, que contribuíram com 16,5% das exportações, o que resulta em um montante de US\$ 1,44 bilhão. O terceiro grupo foi o de carnes, que teve 14,5% de participação nas exportações do agronegócio, correspondente a US\$ 1,30 bilhão. O quarto foi o de cereais, farinhas e preparações, com 9,3% de participação e US\$ 803,54 milhões exportados. Por fim, o setor cafeeiro foi o quinto setor que mais contribuiu com as exportações do agronegócio, tendo 7% de participação e US\$ 608,83 milhões em vendas (MAPA, 2019).

As projeções do MAPA (2019) apontam que a variação percentual do setor de grãos em relação à produção no período de 2018 a 2028 será de 29,8%, saindo de 245.621 milhões de toneladas na safra de 2018/2019 para 301.833 milhões de toneladas na safra de 2027/2028. Dentre os cinco principais grãos analisados, a saber: arroz, feijão, milho, soja e trigo, destacam-se os aumentos de produção o milho (26,9%), do trigo (30,7%) e da soja (33,2%).

Para a área plantada, o estudo mostra o comportamento da expansão ao longo dos anos compreendidos entre 2006 e 2016, para os cinco principais grãos, e

as projeções da expansão para esses mesmos cinco produtos. A expansão da área total utilizada para o cultivo dos cinco principais grãos foi de 43.649 milhões de hectares na safra de 2006/07 para 58.578 milhões de hectares na safra de 2016/17. A projeção realizada é de que a área plantada aumente em 14,9%, passando de 62.350 milhões de hectares na safra 2017/18 para 70.699 milhões de hectares em 2027/2028. A evolução da área plantada para cada um dos 5 principais grãos entre os anos de 2006/07 e 2016/07 e as projeções para o período entre 2017/18 e 2027/28 é apresentada no Gráfico 4.

GRÁFICO 4 - EVOLUÇÃO E PROJEÇÕES DA ÁREA PLANTADA PARA SOJA E MILHO



FONTE: Elaboração própria com base em CGEA/DCEE/SPA/Mapa e SIRE/Embrapa (2019).

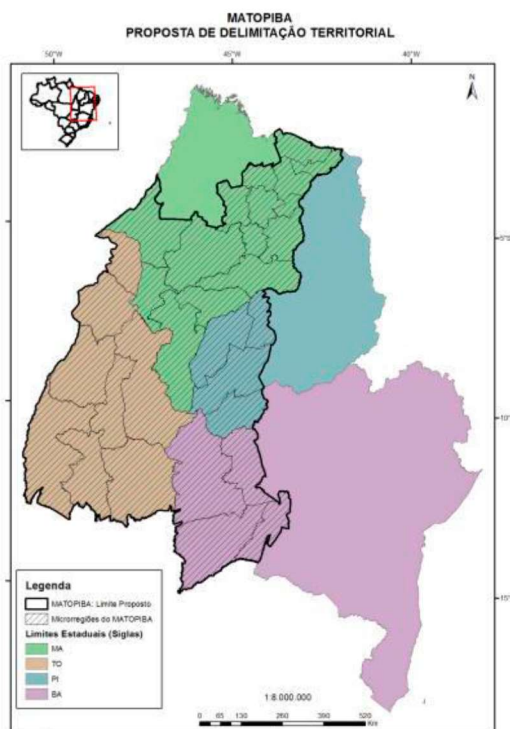
Dentre os grãos analisados, a soja apresenta protagonismo tanto no volume de produção quanto no aumento da área plantada. O relatório do MAPA (2019) mostra que os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, que formam a região conhecida como MATOPIBA, possuem grande potencial de produção de grãos, causados pelo preço da terra, clima e relevo favorável.

2.2. O SURGIMENTO DO MATOPIBA, CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO E SUA IMPORTÂNCIA PARA A AGRICULTURA BRASILEIRA.

De acordo com os dados divulgados pelo Grupo de Inteligência Territorial Estratégica (GITE), desenvolvido pela EMBRAPA, o MATOPIBA é uma região composta por 337 municípios, que fazem parte dos territórios dos estados do Maranhão (33%), Tocantins (38%), Piauí (11%) e Bahia (18%), totalizando aproximadamente 73 milhões de hectares. A delimitação dessa região seguiu alguns critérios, dentre eles a área do bioma Cerrado existente nos quatro estados

mencionado, e dados socioeconômicos. A partir desses critérios, a delimitação do MATOPIBA ocorreu conforme o Mapa 1.

MAPA 1 – DELIMITAÇÃO TERRITORIAL DO MATOPIBA



FONTE: GITE/EMBRAPA (2014).

Essa delimitação se mostrou necessária para a realização de programas de pesquisa, desenvolvimento e inovação, dado que a eficácia de tais programas é condicionada a delimitação de uma divisão territorial comum a todos os agentes (CARVALHO et al, 2014). A publicação do Decreto Nº 8.447, de 06 de maio de 2015 (Brasil, 2015) e os trabalhos da EMBRAPA por meio do GITE mostram-se como pilares para o norteamento dos programas de desenvolvimento da região. Todavia, é importante destacar que este plano de desenvolvimento para a região não se mostrou contínuo ao longo do tempo. Uma evidência disso é que as publicações técnicas da EMBRAPA acerca do MATOPIBA foram realizadas somente entre os anos de 2010 a 2015.

Alguns aspectos sobre o quadro natural do MATOPIBA são bastante relevantes. Em relação aos aspectos climáticos, o MATOPIBA possui seis tipos de unidades climáticas¹, sendo a predominante a "Tropical Brasil Central", que

¹ Segundo Galvani (200?), unidades Climáticas são classificações que englobam fatores e elementos climáticos de uma região.

compreende 34.012.027,00 hectares (46% do total da área da região). Essa unidade climática é caracterizada por uma média de temperatura acima dos 18°C em todos os meses do ano, sendo semiúmida 4 a 5 meses secos. As outras Unidades Climáticas da região são: Tropical Zona Equatorial, quente e semiúmido (31,37%), Tropical Zona Equatorial, quente e semiárido (12,53%); Tropical Brasil Central, quente e semiárido (6,07%); Equatorial (3,35%) e Tropical Brasil Central (0,04%) (MAGALHÃES, MIRANDA, 2014).

A composição das regiões hidrográficas² do MATOPIBA é a seguinte: 42,10% do território pertence a região hidrográfica Tocantins-Araguaia; 20,16% na Parnaíba; 19,61% na Atlântico Nordeste Ocidental e 18,11% na São Francisco (MAGALHÃES, MIRANDA, 2014).

O MATOPIBA tem 90,94% de seu território situado no bioma Cerrado, o que corresponde a uma área de 66.543.540,87 de hectares. 7,27% do território estão no bioma Amazônico, e 1,64% na Caatinga. Neste território, existem 12 classes de solo, sendo a classe dominante a do latossolo³, que ocupa 28 milhões de hectares da região da região, o que corresponde a 38% do território do MATOPIBA (MAGALHÃES, MIRANDA, 2014).

Com relação aos aspectos socioeconômicos, a população da região no ano de 2010 estava distribuída conforme a Tabela 1.

TABELA 1 - POPULAÇÃO TOTAL E DENSIDADE DEMOGRÁFICA DOS ESTADOS NO MATOPIBA EM 2010

Estado	Área (há)	População Total	Participação Relativa	Participação acumulada Σ %	Densidade Demográfica (hab/km ²)
MA	23.982.347	3.401.352	57,63%	57,63%	14,18
TO	27.772.052	1.493.296	25,30%	82,93%	5,38
BA	13.214.498	750.686	12,72%	95,65%	5,68
PI	8.204.588	256.455	4,35%	100,00%	3,13
Total	73.173.485	5.901.789	100%		

FONTE: Daltio *et al.* (2015).

Além de ser o estado mais populoso, o Maranhão tem também as três cidades com maior volume populacional, sendo elas Imperatriz (9,60%), Caxias

² De acordo com a ANA (2003), são regiões hidrográficas: bacias, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas próximas, com características naturais, sociais e econômicas.

³ Latossolo é uma classe de solo caracterizada por ser muito intemperizada, profunda e de boa drenagem (IBGE, 2007).

(7,05%) e Médio Mearim (6,98%). Juntas essas cidades abrigavam 23,63% da população da região do MATOPIBA em 2010 (DALTIO et al, 2015).

No que diz respeito à produção de bens agrícolas no MATOPIBA, a partir da observação sobre a produção de soja e de grãos na região é visível que esta teve uma grande evolução em um curto período. Em 1993, a produção total de soja nos quatro estados que compõem o MATOPIBA foi de 769.090 milhões de toneladas de soja. Em 2011 esse número passou para 7.026.296. Em relação aos outros grãos, a produção foi de 2.504.552 em 1993 para 12.504.101 em 2011 (GARAGORRY, 2015).

Além da soja, que na média da produção entre os anos de 2006 e 2008 representava 28,90% da produção no MATOPIBA, outros cinco produtos apresentaram importância no valor total da produção agrícola da região, a saber: bovinos (17,44%); algodão (12,48%), milho em grão (6,65%), arroz em casa (5,59%) e leite de vaca (4,75%). Esses seis produtos concentram 75,81% do valor total da produção agrícola do MATOPIBA (GARAGORRY, 2015).

A distribuição da produção nas microrregiões, de acordo com a média de produção entre os anos de 2006 e 2008, ocorre de maneira bastante concentrada, dado que 13 dessas 31 microrregiões que compõem o MATOPIBA são responsáveis pela produção de 76,95% dos produtos agrícolas da região. O mesmo ocorre com o PIB das microrregiões do MATOPIBA, em que 12 das 31 microrregiões são responsáveis por 70% do PIB total da região. A Tabela 2 mostra como se dá a distribuição do PIB nas 31 microrregiões do MATOPIBA (DALTIO et al, 2015).

TABELA 2 - PRODUTO INTERNO BRUTO (PIB) DAS MICRORREGIÕES DO MATOPIBA EM 2010

n°	Microrregião	PIB (1.000 R\$)	(continua)	
			% Relativa	% Acumulada
1	Barreiras (BA)	5.705.002,84	12,15%	12,15%
2	Porto Nacional (TO)	5.152.436,94	10,98%	23,13%
3	Imperatriz (MA)	4.604.995,02	9,81%	32,94%
4	Araguaína (TO)	3.236.389,99	6,89%	39,83%
5	Gurupi (TO)	2.115.073,70	4,51%	44,34%
6	Médio Mearim (MA)	2.080.785,64	4,43%	48,77%
7	Caxias (MA)	1.966.275,43	4,19%	52,96%
8	Miracema do Tocantins (TO)	1.863.917,10	3,97%	56,93%
9	Rio Formoso (TO)	1.679.193,67	3,58%	60,51%
10	Gerais de Balsas (MA)	1.613.064,69	3,44%	63,95%
11	Santa Maria da Vitória (BA)	1.538.010,62	3,28%	67,23%

TABELA 2 - PRODUTO INTERNO BRUTO (PIB) DAS MICRORREGIÕES DO MATOPIBA EM 2010

n°	Microrregião	PIB (1.000 R\$)	(conclusão)	
			% Relativa	% Acumulada
12	Alto Mearim e Grajaú (MA)	1.490.388,40	3,17%	70,40%
13	Bico do Papagaio (TO)	1.241.984,30	2,65%	73,05%
14	Dianópolis (TO)	1.179.874,30	2,51%	75,56%
15	Codó (MA)	1.053.158,64	2,24%	77,80%
16	Bom Jesus da Lapa (BA)	928.454,86	1,98%	79,78%
17	Chapadinha (MA)	900.047,67	1,92%	81,70%
18	Porto Franco (MA)	866.235,90	1,85%	83,55%
19	Chapadas do Alto Itapecuru (MA)	837.338,49	1,78%	85,33%
20	Itapecuru Mirim (MA)	833.795,90	1,78%	87,11%
21	Chapadas das Mangabeiras (MA)	822.898,13	1,75%	88,86%
22	Presidente Dutra (MA)	778.805,38	1,66%	90,52%
23	Jalapão (TO)	771.265,04	1,64%	92,16%
24	Alto Parnaíba Piauiense (PI)	639.088,05	1,35%	93,51%
25	Leçois Maranhenses (MA)	542.172,05	1,15%	94,66%
26	Baixo Parnaíba Maranhense (MA)	509.523,90	1,09%	95,75%
27	Cotegipe (BA)	497.193,92	1,06%	96,81%
28	Alto Médio Gurguéia (PI)	483.217,80	1,03%	97,84%
29	Coelho Neto (MA)	384.163,33	0,82%	98,66%
30	Chapadas do Extremo Sul Piauiense (PI)	360.038,20	0,77%	99,43%
31	Bertolina (PI)	271.362,52	0,57%	100,00%
Total		46.946.152,42		

FONTE: Elaboração própria com base em Daltio *et al.* (2015).

2.3. EVOLUÇÃO RECENTE DA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA BRASILEIRA

A literatura apresenta diversos trabalhos que possuem a finalidade de medir a produtividade da agricultura brasileira, bem como entender seus condicionantes e desdobramentos. Dentre eles, o estudo de Alves, Contini e Gasques (2008) mostra que a produtividade da terra, expressa pela quantidade de quilogramas de um cultivo por hectare, de maneira geral, cresceu entre 1991 e 2006. O crescimento da produção das lavouras brasileiras que cultivaram grãos no período analisado foi de 106,74%, enquanto a área se expandiu em 24,5% e a produtividade em 66,7%, tendo o aumento da produtividade ocorrido principalmente na região Centro-Oeste. As taxas anuais de crescimento de área, produção e produtividade confirmam esse dado, mas mostram que para a soja, feijão e trigo, a expansão de área colhida foi expressiva. No período entre 2000-2007, a taxa anual de crescimento da área colhida para a soja foi de 7,65%, a taxa anual de crescimento da produção foi de

7,07%, e a de produtividade foi de -0,53, tendo a baixa explicada nos últimos dois anos do período por fortes secas ocorridas especialmente na região Sul.

Outro trabalho que estuda a produtividade da terra é o de Felema et al (2013). O estudo realizado mostra que a produtividade da terra é heterogênea entre as regiões do país, e evidenciam alguns fatores que justificam esta heterogeneidade. Os três estados da região Sul figuravam, em 2006, entre os mais produtivos, e uma das explicações para esse resultado foi a utilização de fertilizantes, agroquímicos e sementes selecionadas. Todos os estados do Sudeste também se apresentam no quartil com maior nível de produtividade, resultantes da utilização de insumos agrícolas e da presença de culturas permanentes, como frutas, café e cana-de-açúcar. Para a região Centro-Oeste, os estados apresentaram alta sensibilidade em relação à mecanização e uso de insumos, com valores de adubação química próxima aos registrados para a região Sul. Contudo, a produtividade da região Centro-Oeste mostra-se menor do que a encontrada na região Sul. A região nordeste é caracterizada como "intermediária" e com potencial de crescimento de produtividade via aumento da mecanização. Por fim, a região Norte possui o fator terra menos produtivo do País, com todos os estados que a compõem figurando nos piores quartis de produtividade. A justificativa sugerida por Felema et al (2013) é a de que como a região ainda tem áreas para exploração, não é vista a necessidade de aumentar a produtividade para aumento da produção total.

Ao examinar se os diferentes níveis de produtividade da terra das regiões do Brasil estão se tornando mais homogêneos, ou seja, para investigar a possível existência de convergência⁴ da produtividade, Lopes (2008) encontrou valores positivos para a convergência β absoluta para a soja, indicando que a produtividade desse grão está ficando homogênea no país. Em relação à velocidade a qual essa convergência ocorre, Lopes (2008) afirma que a convergência foi mais rápida no

⁴ De acordo com Lopes (2008, p. 3) "Convergência- β absoluta mostra se os países ou regiões que estão abaixo de seu estado estacionário crescem mais rápido. Enquanto que convergência- δ analisa a tendência da dispersão da variável em análise (por exemplo, renda per capita) através do tempo." Esta análise, no entanto, pode ser realizada para outros fatores, como a terra. Sobre a interpretação da convergência da terra, Lopes (2008) afirma que na análise de convergência beta a suposição é a de que os estados são diferentes apenas em seus níveis iniciais de produtividade. No entanto, existem outras variáveis aos quais os estados podem ser diferentes, como clima, solo, nível tecnológico, entre outros. Esses efeitos são considerados pela chamada convergência-beta condicional. Por fim, a convergência- δ é definida como "a queda da dispersão, mensurada em termos de desvio padrão do logaritmo da produtividade agrícola, através de um grupo de estados, ou seja, $\delta_{T+t} > \delta_t$, em que δ_t é o desvio padrão do log da produtividade de um estado qualquer, no tempo t".

período de 1970 a 2001, relativamente ao período de 1980 e 2001, haja vista a modernização ocorrida na agropecuária brasileira a partir de 1970. Pela convergência σ , que é uma forma de medir a convergência da produtividade por meio da análise de dispersão, Lopes (2008) encontrou que há convergência para a cultura da soja. Esse resultado era esperado porque a cultura da soja é realizada em lavouras de tamanhos similares no país, o que contribui com a difusão tecnológica (LOPES, 2008). Os mesmos testes foram feitos para o milho, e os resultados foram de divergência da produtividade pelo teste β , e de dispersão de produtividade pelo teste σ . A explicação para esse resultado é que a produção é bastante heterogênea entre os estados, pois alguns possuem pequenos produtores que cultivam com baixa tecnologia e são voltados a consumo próprio, e outros são grandes produtores, que utilizam níveis avançados de tecnologia e tem a produção voltada ao mercado. Esses fatores favorecem a criação de grupos de estados com convergência de produtividade semelhante (LOPES, 2008).

A análise da convergência da produtividade da terra no Brasil também foi feita por Almeida, Ferreira e Perobelli (2008), que realizaram uma Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), o que significa que foram incorporados à análise de convergência efeitos de autocorrelação espacial, como "o padrão da interação socioeconômica entre os agentes num sistema" (Almeida, Ferreira e Perobelli, 2008, p. 37), e a heterogeneidade espacial, evidenciada pelas características estruturais do sistema. Os resultados obtidos indicaram a existência de autocorrelação espacial global positiva para a produtividade, nos três anos analisados (1991, 1997 e 2003), o que indica que microrregiões com alta (baixa) produtividade estavam cercadas de microrregiões que também possuíam alta (baixa) produtividade. Além disso, o trabalho evidencia a existência de convergência β absoluta, mas a uma taxa bastante lenta, o que colabora para o aumento de disparidades regionais (ALMEIDA, FERREIRA E PEROBELLI, 2008).

Para mostrar que a produtividade da terra na agricultura está autocorrelacionada em diferentes momentos do tempo, Alvim et al (2007) estudaram a produtividade agrícola da terra para 1991, 1997 e 2003, também por meio da AEDE. Os resultados obtidos evidenciaram a existência de *clusters* espaciais do tipo Alto-Alto (AA), que apontam que regiões com alta produtividade que são cercadas de regiões com essa mesma característica, bem como *clusters* do tipo Baixo-Baixo, que mostram regiões de baixa produtividade que são cercadas por regiões de baixa

produtividade. Os *clusters* Alto-Alto encontrados mostram que regiões localizadas nos estados de São Paulo e Paraná, e na faixa litorânea do Nordeste, possuíam regiões com alta produtividade em 1997 circundadas de regiões vizinhas com essa mesma característica em 2003.

Por fim, do Carmo et al (2016), também realizaram uma AEDE antes de testar a convergência β absoluta e condicional da produtividade agropecuária do sul do Brasil. A análise evidenciou que a distribuição da produtividade da agricultura na região possui correlação positiva, de modo que as microrregiões com elevada (baixa) produtividade são rodeadas por microrregiões com alta (baixa) produtividade. Deste modo, há um transbordamento de produtividade entre as regiões, ou seja, quando uma determinada microrregião tem sua produtividade aumentada, esse efeito também se apresenta nas microrregiões circunvizinhas. (DO CARMO et al, 2016).

2.4. RELAÇÃO ENTRE PRODUTIVIDADE E DESMATAMENTO

A agricultura sofreu diversas transformações ao longo dos anos. Uma delas ocorreu entre 1960 e 1980 e ficou conhecida como Revolução Verde (CUNHA et al, 2010). Essa Revolução baseou-se na utilização de tecnologia na agricultura, visando elevação de rendimentos, via novos cultivares, aumento da quantidade de adubo utilizado e uso intensivo de água. O termo Revolução Verde surgiu nos anos de 1968, para descrever o aumento da produção de alimentos, sobretudo de arroz e de trigo na Índia, no Paquistão e em outros países pobres, por meio de tecnologias que introduziram novas cultivares desses produtos (CUNHA et al, 2010).

O debate acerca das contribuições realizadas pela Revolução Verde não possui um resultado consensual. A primeira linha de argumentação é a de que tal Revolução, em decorrência ao aumento de rendimento de cultivos, foi responsável pela preservação de áreas que teriam sido usadas para plantio. Outra linha é a de que a Revolução aumentou a dependência humana em relação aos combustíveis fósseis, aumentou o uso de pesticidas na agricultura, e estreitou a base genética das plantas (CUNHA et al, 2010).

Para exemplificar as linhas de argumentação, é possível analisar inicialmente o trabalho realizado por Borlaug (1983), que mostra que durante a década de 1940, pesquisas relacionadas a alta produtividade no cultivo de alimentos começaram a

ser realizadas nos Estados Unidos, e mostraram seus resultados nos anos seguintes. Entre os anos de 40 e 80, um agregado de 17 tipos de cultivos no país teve aumento de 242%, saindo de 252 milhões de toneladas no início do período, para 610 milhões nos anos 80. Segundo Borlaug (1983) os fatores condicionantes para que tal aumento ocorresse foram a expansão da infraestrutura produtiva, a distribuição de sementes, fertilizantes, herbicidas e pesticidas, e o uso de maquinaria. A utilização de terras neste período, no entanto, cresceu apenas 3%. A partir dessas evidências, Borlaug (1983) mostra que a intensificação da agricultura pode poupar terra, de modo que caso as mudanças produtivas não tivessem ocorrido nos Estados Unidos no período em questão, seriam necessários 177 milhões de hectares adicionais de terra para realizar a colheita dos anos 80.

O trabalho de Vieira Filho (2016) vai ao encontro da argumentação de Borlaug. Ao analisar a capacidade da tecnologia em ser poupadora do fator terra na produção agropecuária brasileira, o resultado encontrado foi o de que, para os cultivos de soja, milho, cana de açúcar, algodão, café, trigo e feijão, o efeito poupa-terra foi de 29 milhões de hectares no período entre 1985 e 2006. Esse número é resultante da subtração do número de hectares necessários para a produção de 503 milhões de toneladas - que foi o volume de produção em 2006 - com as tecnologias disponíveis em 1985 (70 milhões de hectares) e em 2006 (41 milhões de hectares).

Em contrapartida, o trabalho de Jevons em 1866 aborda a constatação empírica de que a demanda por um insumo pode aumentar mesmo diante de ganhos de eficiência. Esta situação foi registrada por Jevons (1866, *apud* Nunes, 2013) quando ocorreu o aumento considerável da demanda por carvão na Inglaterra, ao passo em que as máquinas a vapor estavam se tornando cada vez mais eficientes (NUNES, 2013). Para o caso do Brasil, nota-se que mesmo com o aumento da produtividade da agricultura de maneira geral e do fator terra, a expansão da área plantada para alguns produtos, como soja e milho, continuou ocorrendo nos últimos anos, e tem previsão de continuar aumentando nos próximos anos, conforme apresentado anteriormente.

A literatura mostra que um aspecto resultante da expansão da área plantada são as transformações ambientais, como o desmatamento, por exemplo, embora a expansão da área não seja o único fator determinante para esse fenômeno (JARAMILLO, KELLY, 1999; ARRAES, MARIANO, SIMONASSI 2012). A literatura aborda, ainda, o comportamento do desmatamento em relação a existência de

padrões espaciais. O trabalho de Câmara, Kampel e Quintilha (2000) abordou as relações espaciais do desmatamento nos municípios da Amazônia Legal brasileira, para os períodos de 1991 a 1992, e 1992 a 1994. Os autores obtiveram uma autocorrelação espacial positiva como resultado. De forma semelhante, Almeida et al (2011) estudaram os dados do desmatamento desta região, para os anos entre 2001 e 2006, e os resultados também indicaram uma autocorrelação espacial positiva.

Outro estudo realizado com a finalidade de identificar padrões espaciais foi o de Almeida, Bertella e Teixeira (2014). Os autores analisaram os dados do desmatamento no estado do Mato Grosso, nos anos de 2000 a 2008, e encontraram autocorrelação espacial para esses dados. Os resultados desses trabalhos revelam a interação espacial do desmatamento no Brasil.

É importante salientar que em relação ao desmatamento para fins de produção agrícola no Brasil, alguns trabalhos mostram que não é necessário, nem viável, haver mais desmatamento para esta finalidade. O estudo de Sparovek et al (2017) evidencia que apenas 13% da vegetação do Cerrado ainda pode ser legalmente desmatada, e que os estoques de vegetação com elevada aptidão agrícola e com permissão para desmatamento, ou seja, que estão de acordo com o Código Florestal, na região do MATOPIBA, terminariam em 2028. Ferreira Filho (2017) mostra que em um cenário de desmatamento zero para o Brasil, entre 2016 e 2030, traria uma redução acumulada o PIB nesse período de R\$ 46,5 bilhões, ou de 3,1 bilhões por ano, valor considerado baixo dados os benefícios ambientais causados por essa medida. Além disso, com relação ao cenário de desmatamento na Amazônia e seus impactos econômicos, Carvalho (2014) mostra que, a fim de evitar as perdas econômicas causadas por um cenário sem desmatamento, seria necessário aumento da produtividade anual de 1,4%.

3. METODOLOGIA E BASE DE DADOS

3.1. METODOLOGIA

A Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE)⁵ consiste em uma coleção de ferramentas que permitem a descrição e visualização de distribuições espaciais, de padrões de associação espacial (*clusters*), identificação de localidades atípicas (*outliers*), e de regimes espaciais. Esses efeitos são decorrentes da existência de dependência espacial, que é a interação entre os agentes através das regiões, e da heterogeneidade espacial, que ocorre pela instabilidade estrutural através do espaço.

A realização da AEDE passa pela escolha da matriz de ponderação espacial (W). Uma matriz de ponderação espacial para n regiões é uma matriz quadrada de dimensão n por n , em que os pesos espaciais w_{ij} representam o nível de conexão entre regiões consideradas próximas, evidenciando a influência da região j sobre a região i . A matriz de pesos espaciais utilizada neste trabalho será a de contiguidade, que é um tipo de matriz que considera que regiões são vizinhas caso possuam uma fronteira física em comum. O conceito de fronteira adotado é diferente para cada tipo de matriz de contiguidade. Neste trabalho, a matriz do tipo "rainha" será utilizada, o que significa que todas as regiões que fazem fronteira física com a região estudada serão consideradas vizinhas a ela. A escolha desse tipo de matriz é justificada pelo resultado do I de Moran encontrado, conforme será apresentado posteriormente.

O primeiro teste realizado na AEDE tem a finalidade de identificar se os dados espaciais estão distribuídos de maneira aleatória, ou seja, verifica se os valores de um atributo em uma região são independentes desse atributo em regiões vizinhas. Essa análise resulta em estatísticas de autocorreção espacial, construídas através de medidas de autocovariância e variância dos dados, e da matriz de ponderação espacial (W). Neste trabalho, os indicadores de autocorreção espacial utilizados são: I de Moran univariado e bivariado globais, e I de Moran univariado e bivariado locais.

⁵ Seção baseada em Almeida (2012).

3.1.1. I DE MORAN GLOBAL

O I de Moran Global é o indicador de autocorrelação que mostra, através de seu nível de significância, se os dados estão ou não distribuídos aleatoriamente.

A estatística de Moran é calculada da seguinte maneira:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{z'Wz}{z'z}$$

sendo n o número de regiões, z os valores da variável de interesse padronizada, Wz os valores médios da variável padronizada nos vizinhos e S_0 a soma de todos os elementos da matriz espacial em relação a variável analisada.

Nesse indicador, a hipótese nula testada é a de aleatoriedade espacial, e o valor esperado, que é o valor a ser obtido quando não há padrão espacial nos dados, é $-[1/n-1]$. Em termos práticos, valores de I que são maiores (menores) do que o valor esperado indicam a existência de autocorrelação espacial positiva (negativa). A autocorrelação espacial positiva evidencia a similaridade entre os valores e a localização da variável estudada, ou seja, ela mostra a existência de agrupamento de um atributo com valores parecidos (altos ou baixos) na localidade estudada. O inverso ocorre com a autocorrelação espacial negativa: ela mostra que os valores da variável estudada são diferentes, de modo que um valor alto da variável pode estar cercado de valores baixos dessa variável nas regiões vizinhas. Portanto, em síntese, quando o I de Moran é significativo e positivo (negativo), ele mostra que os dados estão concentrados (dispersos) por meio das regiões. Quanto mais próximo de um, mais concentrados estão esses dados, e quanto mais próximos de -1 , mais dispersos eles estão.

O I de Moran também pode ser calculado considerando duas variáveis de interesse, com a finalidade de mostrar se uma variável observada em uma determinada região tem associação com valores de outra variável em regiões vizinhas. Neste caso, ele é chamado de I de Moran Bivariado, e é calculado da seguinte maneira:

$$I^{z_1 z_2} = \frac{n}{S_0} \frac{z_1' W z_2}{z_1' z_1}$$

3.1.2. DIAGRAMA DE DISPERSÃO DE MORAN

O diagrama de dispersão de Moran é uma ferramenta para visualizar a autocorrelação espacial dos dados. O diagrama apresenta a defasagem espacial da variável de interesse no eixo vertical, o valor da variável de interesse no eixo horizontal, e o coeficiente angular da reta da defasagem espacial contra a variável de interesse como o coeficiente I de Moran. Com isso, é possível identificar a existência de quadrantes que representam quatro tipos de associação linear espacial, sendo eles: Alto-Alto (AA) e Baixo-Baixo (BB), para quando o coeficiente da reta é positivo, e Alto-Baixo (AB) e Baixo-Alto (BA) quando o coeficiente da reta é negativo.

3.1.3. I DE MORAN LOCAL

O coeficiente I de Moran local realiza a decomposição do indicador global de autocorrelação na contribuição local de cada observação em quatro categorias (AA, BB, AB e BA), em que cada categoria corresponde a um quadrante do diagrama de dispersão de Moran. O coeficiente I de Moran local para uma variável padronizada y , observada na região i , z_i , pode ser escrito da seguinte maneira:

$$I_i = z_i \sum_j^j w_{ij} z_j$$

Para esse indicador, o valor esperado é

$$E[I_i] = -w_i / (n - 1)$$

A forma mais eficiente de apresentação da estatística I de Moran Local é através do mapa de significância LISA (*Local Indicator of Spatial Association*). Esse mapa é um mapa de *clusters*, que combina a informação do diagrama de dispersão de Moran e a informação do mapa de significância das medidas de associação local I. Com isso, são exibidas as regiões com estatísticas I local de Moran mais significativas para a variável trabalhada, ilustradas em quatro categorias de associação espacial estatisticamente significativa.

A autocorrelação espacial bivariada também pode ser medida de maneira local. A fórmula do I de Moran local para quando há duas variáveis y_i e x_i , que quando padronizadas são representadas por z_{1i} e z_{2i} : e é dada por:

$$I_i^{z_1 z_2} = z_{1i} W_{z_2 i}$$

Nesse caso, $W_{z_2 i}$ é a defasagem espacial da variável z_{2i} . Essa estatística indica o grau de associação linear entre o valor para uma variável em uma localização j e a média de outra variável nas regiões vizinhas. Assim como o I_i de Moran Local univariado, a estatística local bivariada pode ser ilustrada por um mapa de *clusters*.

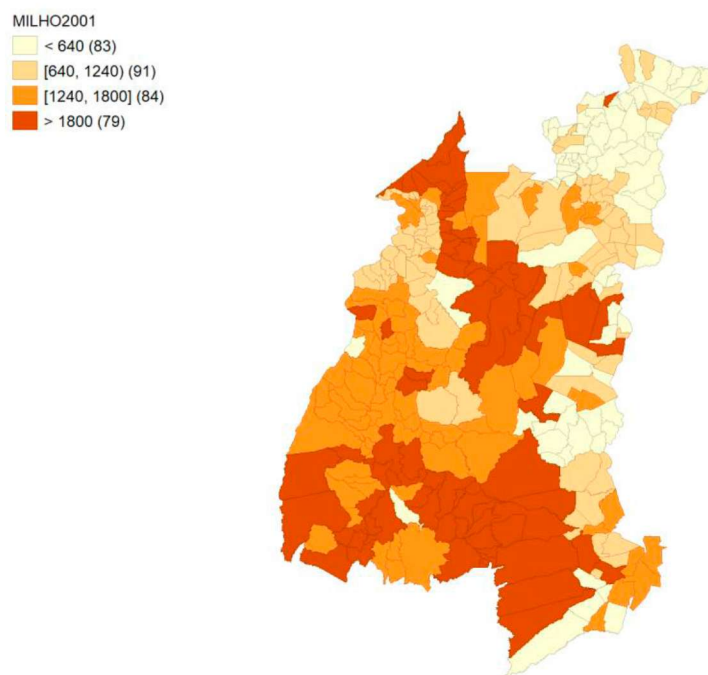
3. 2. BASE DE DADOS

3.2.1. PRODUTIVIDADE

Os dados sobre produtividade da terra utilizados neste trabalho são provenientes da PAM - Pesquisa Agrícola Municipal, disponibilizada no SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática, em que a produtividade é apresentada como quantidade (em quilograma produzido) por hectare. Nesta seção serão apresentadas as produtividades da soja e do milho, em cada um dos municípios do MATOPIBA, nos anos de 2001 a 2018, sendo 2001 o primeiro ano com disponibilidade de dados para comparação entre desmatamento e produtividade, e 2018 o ano mais recente da divulgação dos dados. A escolha pela soja e pelo milho deu-se pela importância que esses cultivos têm tanto para a economia brasileira quanto para a região do MATOPIBA.

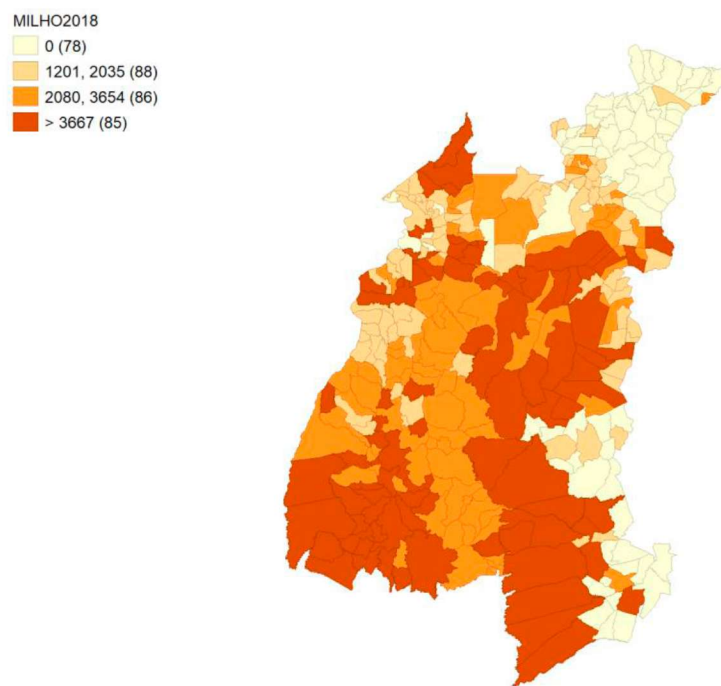
O Mapa 2 mostra a produtividade do milho nos municípios do MATOPIBA em 2001. Este mapa classificou os municípios em quatro categorias, separando os municípios com os menores valores de produtividade (abaixo de 640 kg por hectare), com produtividades baixas (entre 640 kg por hectare a 1240 kg por hectare), produtividades com valores intermediários (1240 kg por hectare a 1800 kg por hectare) e por fim, com altos valores de produtividade (acima de 1800 kg por hectare). O mesmo mapa foi realizado para 2018 (Mapa 3). Embora as quatro classes tenham sido mantidas, os limites inferiores que cada uma delas assumiu foram maiores, o que expressa o aumento da produtividade da terra neste ano quando comparado a produtividade no ano de 2001.

MAPA 2 - PRODUTIVIDADE DO MILHO EM 2001 (KG POR HECTARE)



FONTE: A autora (2019).

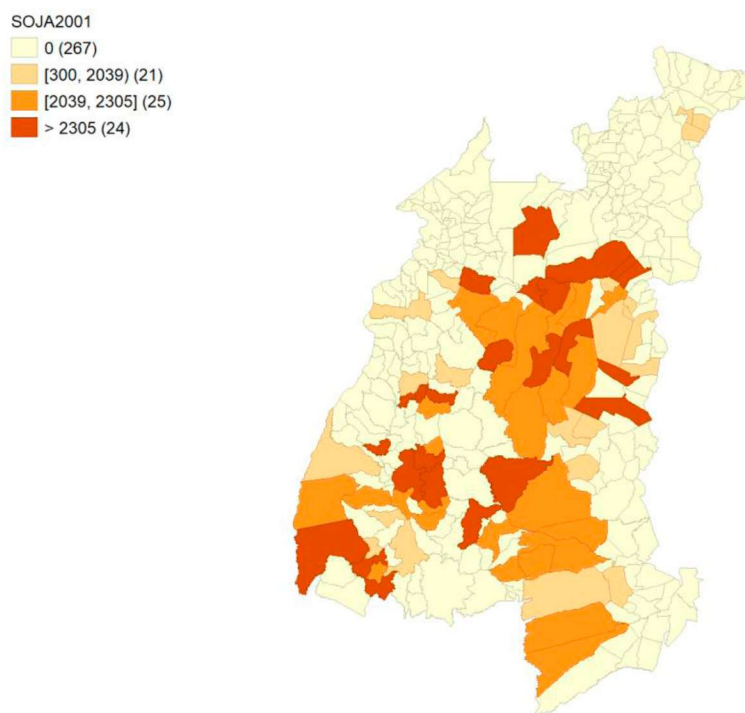
MAPA 3 - PRODUTIVIDADE DO MILHO EM 2018 (KG POR HECTARE)



FONTE: A autora (2019).

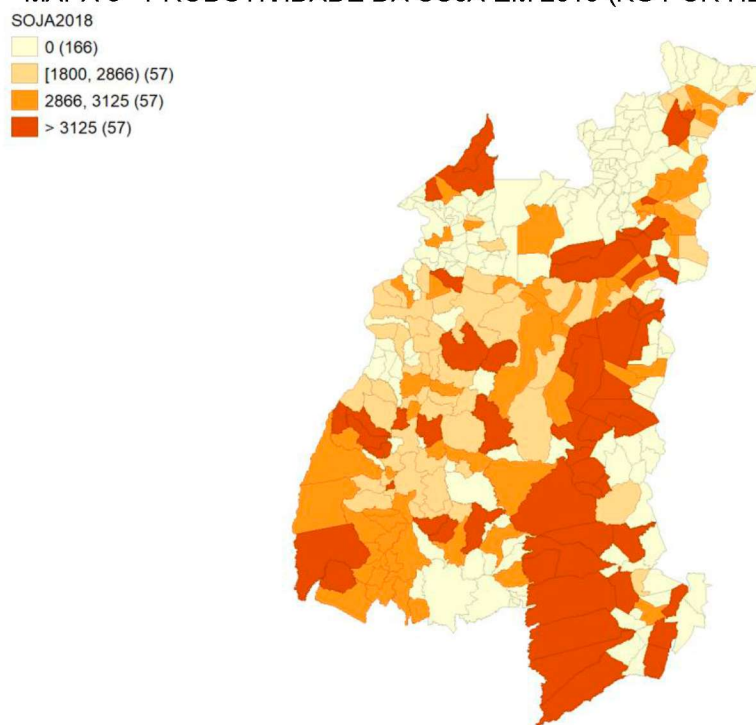
Outra variável analisada foi a produtividade da soja na região. Através dos mapas de produtividade da terra para esse cultivo é possível perceber que, em 2001, a soja não era um cultivo tradicional na região do MATOPIBA, dado que dos 337 municípios que o compõem, 267 não a produziam. Em 2018 esse número caiu para 166 municípios. Outro aspecto relevante é que a produtividade do cultivo da soja também aumentou em 2018, quando comparada a produtividade evidenciada em 2001. O Mapa 4 mostra a produtividade da soja na região do MATOPIBA em 2001, e o Mapa 5 ilustra essa mesma variável para o ano de 2018.

MAPA 4 - PRODUTIVIDADE DA SOJA EM 2001 (KG POR HECTARE)



FONTE: A autora (2019).

MAPA 5 - PRODUTIVIDADE DA SOJA EM 2018 (KG POR HECTARE)



FONTE: A autora (2019).

3.2.2. DESMATAMENTO

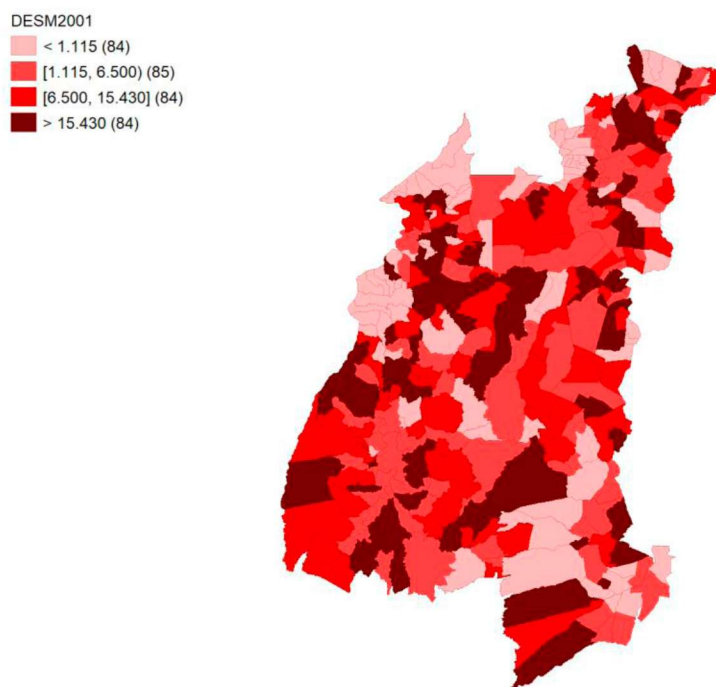
Além da produtividade da terra para produção de soja e de milho, os dados do desmatamento dos municípios que compõem o MATOPIBA também foram utilizados neste trabalho. O monitoramento no Bioma Cerrado é realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), por meio do projeto PRODES Cerrado, que possui dados compreendidos entre os anos de 2001 e 2018. Este monitoramento é realizado por meio do projeto PRODES Cerrado, que possui dados entre os anos de 2001 e 2018. O monitoramento considera desmatamento "a remoção completa da cobertura florestal primária por corte raso, independentemente da futura utilização destas áreas" (INPE, 201?, n.p).

Os dados são divulgados por meio da plataforma TerraBrasilis, que é uma Plataforma desenvolvida pelo INPE para organização, acesso e uso dos dados geográficos de monitoramento ambiental. Para os anos de 2001 a 2018, os dados mostram que na área que compreende toda a extensão do Cerrado (composta por 13 estados brasileiros) houve diminuição da área de incremento de desmatamento por km² ao ano. No entanto, o Tocantins foi o líder em desmatamento em 2018, com

1.533 km² de terras desmatadas, enquanto o Maranhão foi o segundo estado mais desmatado do Cerrado, tendo 1.472 km² de área desmatadas. Além disso, 10 municípios são responsáveis por 11% do total de desmatamento do bioma, e desses dez, nove são pertencentes a região do MATOPIBA (INPE, 2019).

Os Mapas 6 e 7 mostram o comportamento do desmatamento nos municípios do MATOPIBA, nos anos de 2001 e 2018. Para esses mapas, destaca-se o fato de que a classe com os valores mais baixos de desmatamento apresentou um valor menor em 2018 do que em 2001, enquanto a classe com valores mais altos foi maior em 2018 do que a mesma classe em 2001. Isso mostra que os municípios com baixos níveis de desmatamento conseguiram reduzi-lo, dado que para fazer parte do grupo de municípios com menor nível de desmatamento em 2001 era necessário ter menos de 1,115 km² desmatado, e em 2018 esse número passou para 0,800 km². O inverso ocorreu com os municípios com as maiores taxas de desmatamento: em 2001, para estar na classe dos municípios mais desmatados, era necessário um nível de desmatamento superior a 15,430 km². Em 2018, esse número passou para 15,905 km².

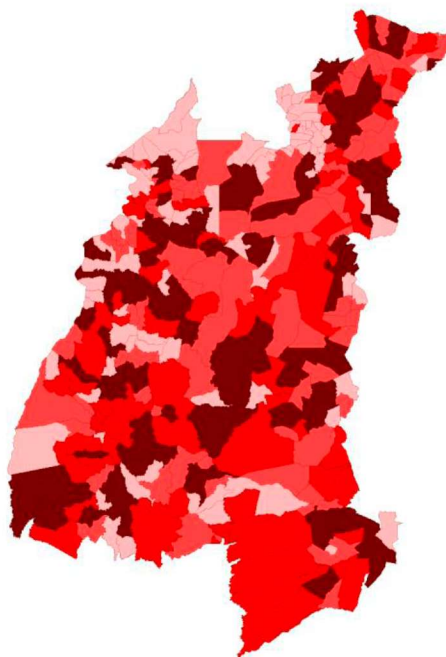
MAPA 6 - DESMATAMENTO EM 2001 (POR KM²)



FONTE: A autora (2019).

MAPA 7 - DESMATAMENTO EM 2018 (POR KM²)

DESM2018
◻ < 0.800 (84)
◻ [0.800, 5.480) (85)
◻ [5.480, 15.905] (84)
◻ > 15.905 (84)



FONTE: A autora (2019).

4. RESULTADOS

A Análise Exploratória de Dados Espaciais mostrou que há autocorrelação espacial do desmatamento e da produtividade do milho e da soja, para 2001 e 2018. Esse resultado foi evidenciado pelo Índice de Moran Global Univariado, calculados com um p-valor de 0,05%, através do Software GeoDa, e realizado para cada uma das variáveis, conforme descrito na Tabela 3.

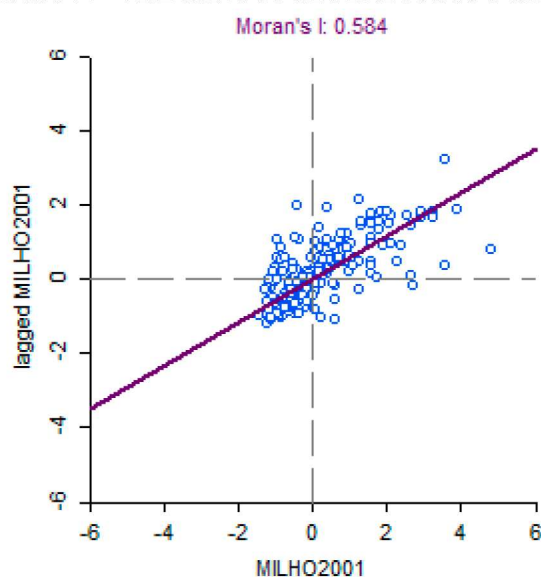
TABELA 3 - I DE MORAN GLOBAL UNIVARIDO

I de Moran	Desmatamento 2001	Desmatamento 2018	Milho 2001	Milho 2018	Soja 2001	Soja 2018
Matriz Queen ⁶	0,086	0,083	0,584	0,49	0,322	0,371

FONTE: A autora (2019).

O diagrama de Dispersão de Moran desses resultados mostra a existência de quadrantes relacionados às variáveis em questão. Para o milho, por exemplo, o Diagrama mostra que regiões com alta (baixa) produtividade neste cultivo estava cercada por vizinhos com alta (baixa) produtividade também. Os diagramas para a variável milho, nos anos de 2001 e 2018, estão representados nas Figuras 1 e 2.

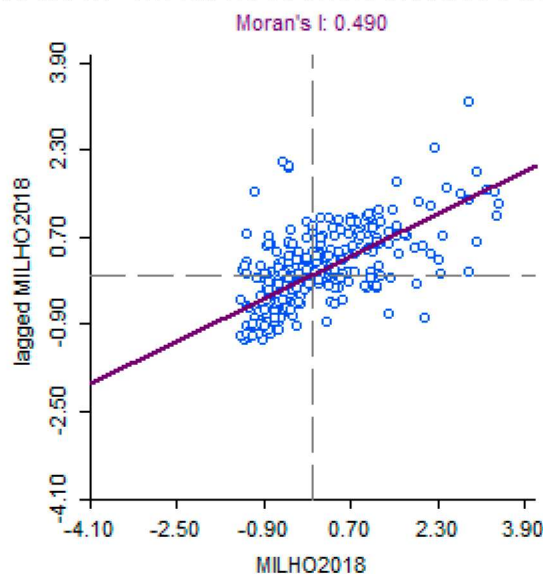
FIGURA 1 - I DE MORAN GLOBAL PARA O MILHO EM 2001



FONTE: A autora (2019).

⁶ Matrizes de pesos espaciais que apresentou os maiores valores para o I de Moran.

FIGURA 2 - I DE MORAN GLOBAL PARA O MILHO EM 2018



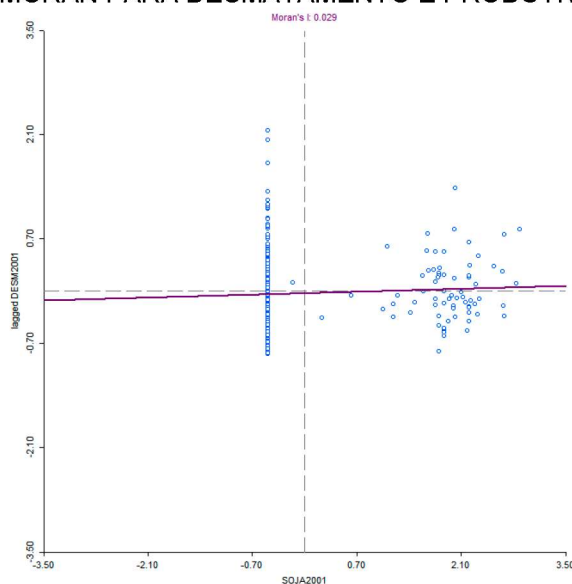
FONTE: A autora (2019).

Para ambos os diagramas, os valores presentes no quadrante superior direito e no quadrante inferior esquerdo indicam as regiões com associação linear espacial positiva. Os municípios presentes no quadrante superior direito são aqueles que possuem alta produtividade do milho, e estão localizados majoritariamente no estado do Tocantins (86 municípios). As regiões que fazem parte do quadrante inferior esquerdo são aquelas com baixa produtividade para o milho, e localizam-se principalmente no estado do Maranhão (96).

Com relação ao Índice de Moran Global Bivariado, os resultados indicaram a existência associação linear espacial positiva para as variáveis desmatamento e produtividade da soja, tanto em 2001 quanto em 2018, o que mostra concentração dessas variáveis entre uma determinada região e suas vizinhas. No entanto, essa concentração é pequena, haja vista que todos os Índices de Moran encontrados estiveram mais próximos de zero (que indica baixa concentração) do que 1 (que indica alta concentração). O menor Índice de Moran Global Bivariado encontrado foi 0,013, correspondente ao Índice do desmatamento e produtividade da soja em 2018, e o maior foi o do desmatamento e a produtividade da soja em 2001 (0,029). Em relação aos resultados encontrados para essas variáveis, cabe uma observação: alguns municípios não tinham dados para o desmatamento disponíveis no INPE, deste modo, adotou-se que o desmatamento para essas regiões havia sido zero. Os resultados da análise bivariada mostraram que diversos municípios do Maranhão

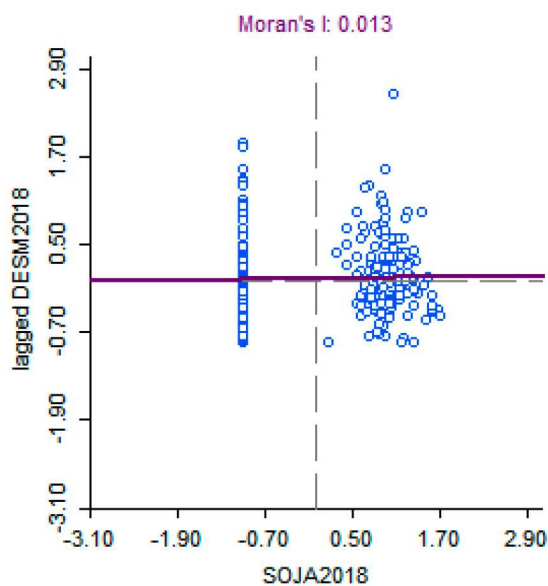
estavam presentes no *cluster* Baixo-Baixo, no entanto, 19 desses municípios estão com dados do desmatamento zerado por falta de informações disponíveis. É provável que a inclusão dessas informações tenha influenciado nos resultados obtidos. As Figuras 3 e 4 ilustram esses resultados.

FIGURA 3 - I DE MORAN PARA DESMATAMENTO E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM 2001



FONTE: A autora (2019).

FIGURA 4 - I DE MORAN PARA DESMATAMENTO E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM 2018

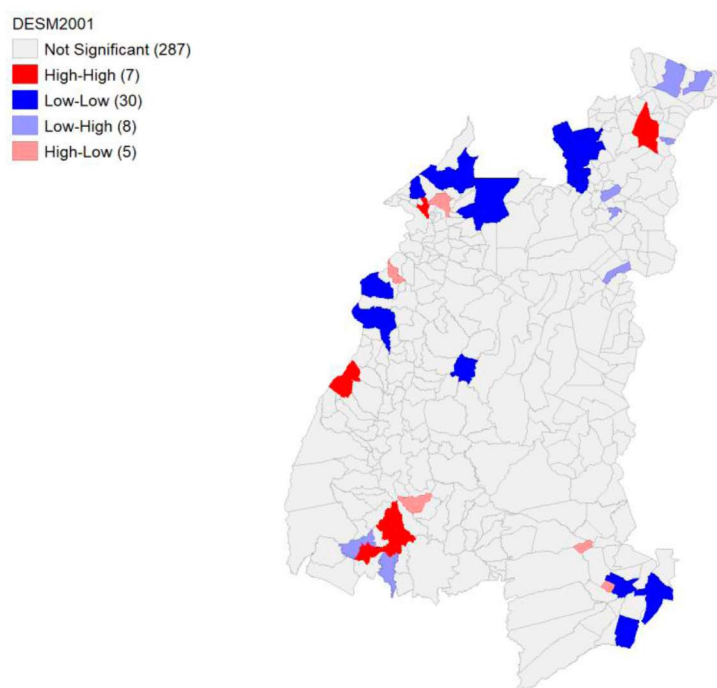


FONTE: A autora (2019).

Outro resultado importante foi o da produtividade do milho e o desmatamento, em que o I de Moran ficou negativo. Isso mostra que os municípios com alta produtividade para o milho possuem vizinhos com média de desmatamento baixo. Isso pode ser um reflexo da forma de produção deste cultivo na região do MATOPIBA. Lopes (2008) destaca a heterogeneidade da produção entre os estados brasileiros, resultantes dos tamanhos das propriedades que produzem milho, grau de tecnologia empregada e destino do produto. Deste modo, a avaliação dessas características podem ser um caminho para explicar o resultado encontrado.

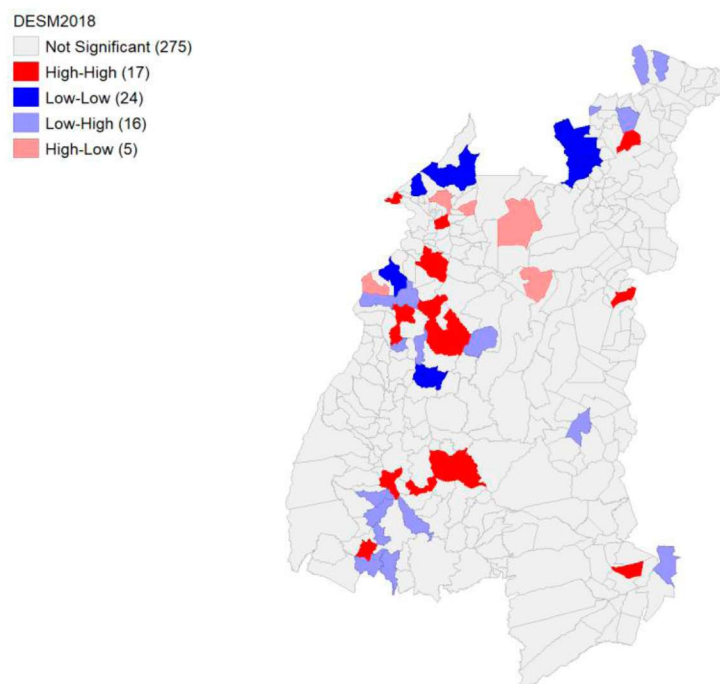
O I de Moran Local Univariado, que incorpora a incerteza estatística existente nos *clusters* indicados pelo I de Moran Global, é apresentado pelos mapas a seguir. Eles mostram quais *clusters* são persistentes a um nível de significância de 0,05%. A seguir são apresentados os mapas LISA para cada uma das variáveis (desmatamento, produtividade do milho e da soja) nos dois anos avaliados (2001 e 2018). Os mapas do desmatamento sugerem o aumento de *clusters* Alto-Alto para essa variável ao longo do tempo, e diminuição dos *clusters* Baixo-Baixo. O mapa 8 mostra a distribuição dos *clusters* encontrados para o ano de 2001, e o mapa 9 ilustra o mesmo resultado para 2018.

MAPA 8 - MAPA LISA PARA DESMATAMENTO EM 2001



FONTE: A autora (2019).

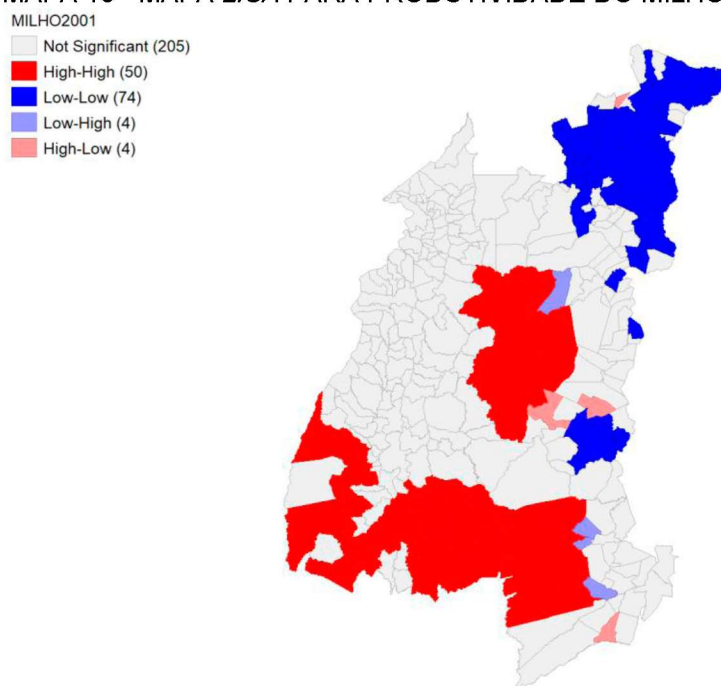
MAPA 9 - MAPA LISA PARA DESMATAMENTO EM 2018



FONTE: A autora (2019).

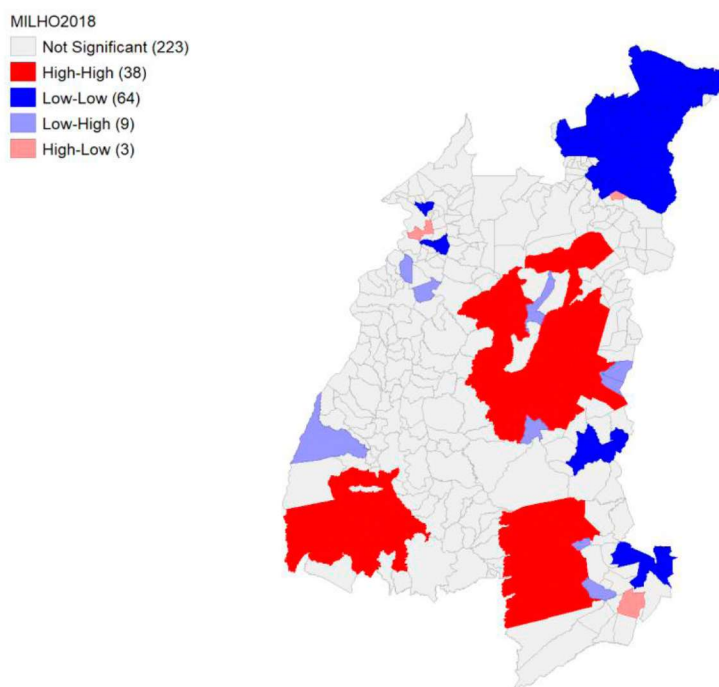
Os mapas com resultados para o milho reforçam o protagonismo da região do oeste baiano, com as cidades de Luís Eduardo Magalhães, Barreiras e São Desidério, que figuram entre as principais cidades produtoras de milho no MATOPIBA. No entanto, nota-se que o número de municípios que fazem parte do *cluster* Baixo-Baixo é maior do que o número de municípios presentes no *cluster* Alto-Alto, o que pode indicar a existência de uma baixa produtividade para esse cultivo na região do MATOPIBA de maneira geral. Esses resultados são ilustrados pelos Mapas 10 e 11.

MAPA 10 - MAPA *LISA* PARA PRODUTIVIDADE DO MILHO EM 2001



FONTE: A autora (2019).

MAPA 11 - MAPA *LISA* PARA A PRODUTIVIDADE DO MILHO EM 2018

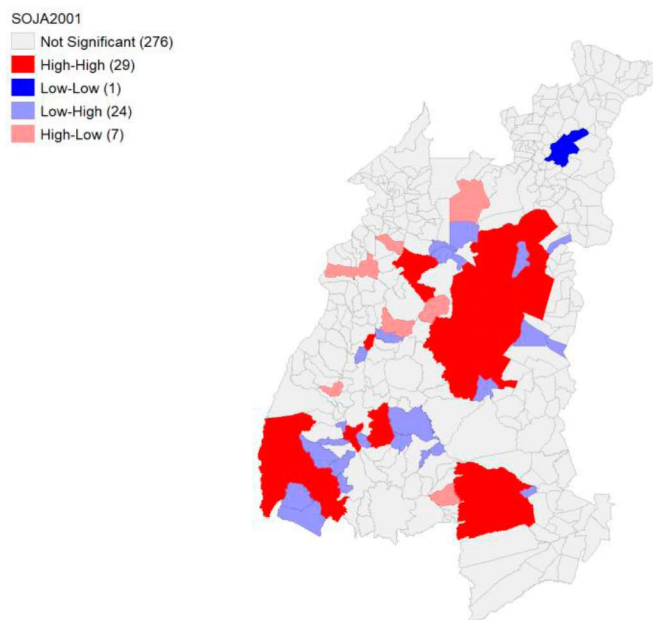


FONTE: A autora (2019).

Os mapas da soja confirmam o aumento da produção deste cultivo ao longo dos anos, acompanhado da concentração produtiva. Isso é evidenciado pelo

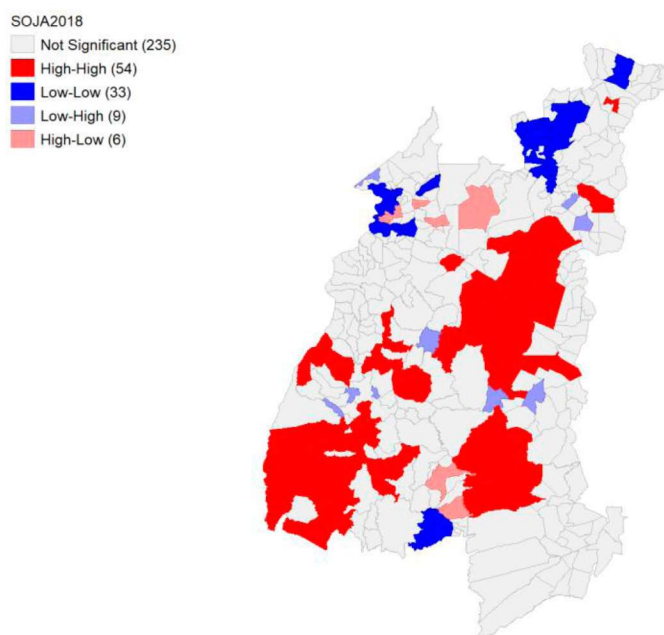
aumento de *clusters* do tipo Alto-Alto entre os anos analisados, que quase dobraram, e que são mostrados pelos Mapas 12 e 13.

MAPA 1 - MAPA *LISA* PARA A PRODUTIVIDADE DA SOJA EM 2001



FONTE: A autora (2019).

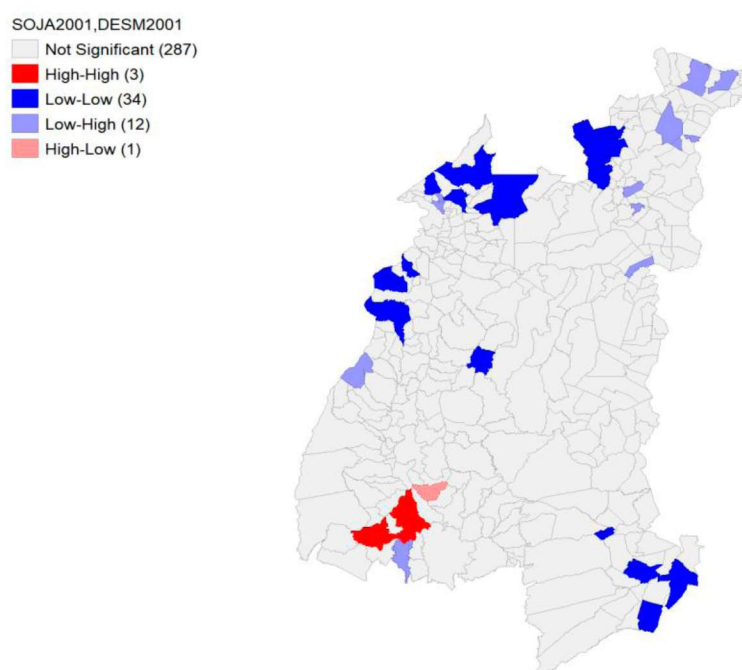
MAPA 2 - MAPA *LISA* PARA PRODUTIVIDADE DA SOJA EM 2018



FONTE: A autora (2019).

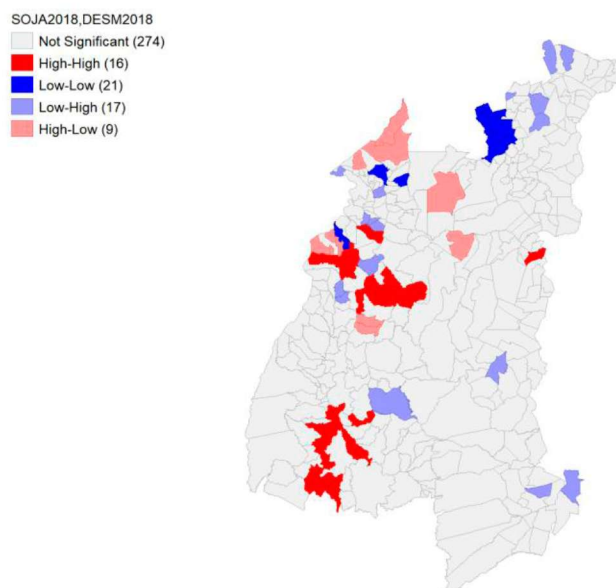
Os resultados para o I de Moran Local Bivariado capturaram a evolução da produção de soja na região do MATOPIBA, e o comportamento do desmatamento em relação a esta evolução. Em 2001 poucos municípios do MATOPIBA produziam soja, e as taxas de desmatamento eram menores comparativamente às taxas registradas para 2018. Deste modo, como pode ser visualizado no Mapa 14 nota-se a presença majoritária de *clusters* do tipo Baixo-Baixo, onde regiões com baixa produtividade possuíam vizinhos com baixo desmatamento.

MAPA 3 - MAPA LISA DE DESMATAMENTO E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM 2001



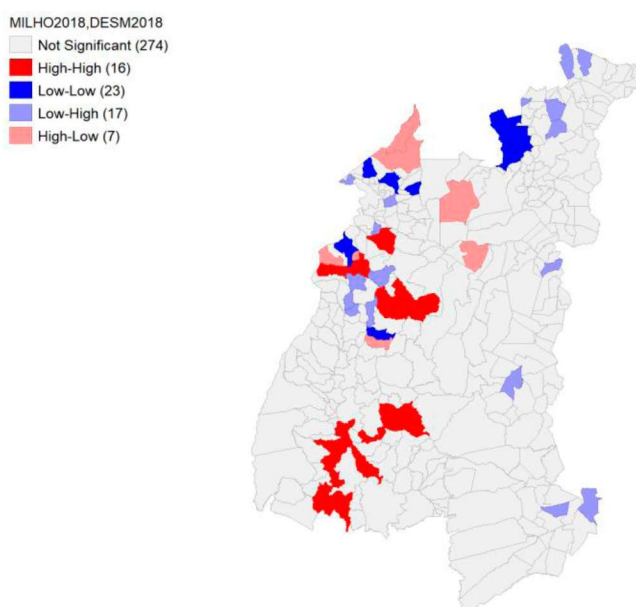
FONTE: A autora (2019).

Em 2018, o que se observa é que o *cluster* baixo-baixo, que abrangia 34 municípios do MATOPIBA, passa a ter apenas 21 municípios. Para o *cluster* Alto-Alto a situação é a inversa, já que o número de municípios presentes nesta categoria passa de 3 em 2001 para 16 em 2018. Nota-se, também, que a região que participava do *cluster* Alto-Alto em 2001 está presente neste mesmo *cluster* no ano de 2018. Esses resultados são ilustrados pelo Mapa 15.

MAPA 4 - MAPA *LISA* DE DESMATAMENTO E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM 2018

FONTE: A autora (2019).

Para o milho, o número de municípios no *cluster* Baixo-Baixo se manteve em 23 para os dois anos, enquanto o *cluster* Alto-Alto foi de 5 para 16 municípios, conforme o Mapa 16 a seguir. Além disso, percebe-se também alto grau de semelhança entre os mapas para o milho e para a soja, em 2018.

MAPA 5 - MAPA *LISA* DE DESMATAMENTO E PRODUTIVIDADE DO MILHO EM 2018

FONTE: A autora (2019).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo identificar a relação entre a produtividade dos cultivos de milho e soja no MATOPIBA, e sua relação com o desmatamento dessa região. Para atingir este objetivo realizou-se uma Análise Exploratória de Dados Espaciais, que revelou a existência de clusters tanto Alto-Alto quanto Baixo-Baixo para a produtividade do milho e da soja, e para o desmatamento, em 2001 e em 2018. Isso indica a presença de grupos de municípios que possuem alta (baixa) produtividade e que tem vizinhos com alta (baixa) produtividade. A mesma interpretação é aplicável ao desmatamento.

A análise sobre a relação entre a produtividade dos dois cultivos e o desmatamento trouxe resultados diferentes para cada um dos produtos analisados. O milho se relacionou negativamente com o desmatamento, indicando que municípios com alta produtividade para este cultivo são vizinhos de municípios com baixo desmatamento. A soja se relacionou positivamente, mostrando que os municípios com alta (baixa) produtividade são vizinhos de municípios com altos (baixos) valores de desmatamento. No entanto, essa concentração foi baixa, tendo em vista o resultado do I de Moran Bivariado para essas variáveis, que teve resultado mais próximo de zero do que de um. Um possível caminho para entender o porquê da diferença entre os resultados para os cultivos é através do mapeamento das propriedades produtoras, e as formas de produção empregadas.

Os resultados encontrados na pesquisa corroboram com resultados já registrados na literatura. Uma sugestão para trabalhos futuros inclui a realização de um modelo econométrico-espacial que evidencie o quanto do aumento ou diminuição do desmatamento é explicado pelo aumento ou diminuição da produtividade desses produtos. É possível, ainda, verificar o horizonte de tempo envolvido na relação do desmatamento e da produtividade, de modo a observar qual o impacto do desmatamento em determinado ano na produtividade de anos subsequentes. Além disso, é possível também inserir outros cultivos relevantes para a região, como o algodão, por exemplo, fazendo com que os resultados sejam mais abrangentes, e considerar o ano de 2016, que foi o ano de instauração do MATOPIBA, para verificar se a delimitação territorial foi relevante tanto para a produtividade quanto para o desmatamento.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E. R. de A.; CONTINI, E.; GASQUES, J. G. Evolução da produção e produtividade da agricultura brasileira. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. da (Ed.). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v.1, p. 67.
- ALMEIDA, Eduardo. **Econometria Espacial Aplicada**. Campinas, SP: Editora Alínea, 2012.
- ALMEIDA, L. T. de; BERTELLA, M. A.; TEIXEIRA, R. F. A. Desmatamento no Estado de Mato Grosso: Avaliação de Convergência e Interação Espacial (2000-2008). **Análise Econômica**, Porto Alegre, v. 32, n. 61, p. 245-275, Mar. 2014.
- ALMEIDA, E. S. de et al . Desmatamento e crescimento econômico no Brasil: uma análise da curva de Kuznets ambiental para a Amazônia legal. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília , v. 49, n. 3, p. 709-739, Set. 2011.
- ALMEIDA, E. S. de; PEROBELLI, F. S.; FERREIRA, P. G. C. Existe convergência espacial da produtividade agrícola no Brasil?.**Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília , v. 46, n. 1, p. 31-52, Mar. 2008.
- ALVIM, M. S. da S. A.; DE ALMEIDA, E. S.; FERREIRA, P. G. C.; PEROBELLI, F. S. Produtividade do setor agrícola brasileiro (1991-2003): uma análise espacial. **Nova econ.**, Belo Horizonte , v. 17, n. 1, p. 65-91, Apr.
- ARRAES, R. de A.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 50, n. 1, p. 119- 140, Mar. 2012.
- BACCHI, M. P. R.; GASQUES, J. G.; DA CONCEIÇÃO, J. C. P. R. **Condicionantes da Produtividade da Agropecuária Brasileira**. Brasília: IPEA, 2004. (Texto para discussão, n. 1017).
- BARROS, G. S. de C.; et al. **PIB do Agronegócio: BRASIL**. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>>. Vários acessos.
- BRASIL. Decreto nº 8.447, de 06 de maio de 2015. Dispõe sobre o Plano de Desenvolvimento Agropecuário do Matopiba e a criação de seu Comitê Gestor. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 07 mai. 2015. Disponível em: <<http://presidencia.gov.br>>. Acesso em: 05/06/2019
- BORLAUG, N. Contribution of conventional plant breeding to food production. **Science**, v.219, p. 689-693, 1983.

CÂMARA, G.; KAMPEL, S. A.; QUINTANILHA, J. A. Análise Exploratória das relações espaciais do desflorestamento na Amazônia Legal Brasileira. **Anais Gisbrasil**, Salvador, Brasil, 2000.

CARVALHO, T. S. **Uso do solo e desmatamento nas regiões da Amazônia Legal Brasileira**: Condicionantes econômicos e impactos de políticas públicas. Tese de Doutorado, CEDEPLAR/UFMG, 2014.

CARVALHO, C. A.; MAGALHÃES, L. A.; MIRANDA, E. E. **Proposta de Delimitação Territorial do MATOPIBA**. Campinas, 2014. Nota Técnica 1, EMBRAPA.

CUNHA, G. R. da; PIRES, J. L. F.; DALMAGO, G. A.; SANTI, A.; PASINATO, A. Hipótese Borlaug: intensificação versus extensificação da agricultura. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 20, n. 119, p. 22-27, 2010.

DA CONCEIÇÃO, J. C. P. R.; DA CONCEIÇÃO, P. H. Z. **Agricultura: Evolução e Importância para a Balança Comercial Brasileira de Intervenção**. Brasília: IPEA, 2014. (Texto para discussão, n. 1944).

DALTIO, J.; MANGABEIRA, J. A. DE C.; MAGALHÃES, L. A. **MATOPIBA**: Quadro Socioeconômico. Nota Técnica 8, EMBRAPA.

DO CARMO, A. S. S.; OLIVEIRA, R. A de; RAIHER, A. P.; STEGE, A. L. Convergência da Produtividade Agropecuária do Sul do Brasil: uma análise espacial. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 54, n. 3, p. 517-536, Set. 2016. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032016000300517&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 02/12/2019.

FELEMA, J.; RAIHER, A. P.; FERREIRA, C. R. Agropecuária Brasileira: desempenho regional e determinantes de produtividade. **RESR**, Piracicaba-SP, v. 51, n. 3, p. 555-574, jul./set. 2013.

FERREIRA FILHO, J. B. de S. Modelagem econômica para cenários de desmatamento zero no Brasil. IN: FERREIRA FILHO, J. B. de S., GUIDOTTI, V., PINTO, L. F. G.; SPAROVEK, G. **Qual o impacto do desmatamento zero no Brasil?** São Paulo: Instituto Escolhas, 2018. p. 37-59.

FIGUEIREDO, A. M.; DOS SANTOS, M. L. Evolução das vantagens comparativas do Brasil no comércio mundial de soja. In: **Revista de Política Agrícola**. Ano XIV - Nº 1 (jan/fev/mar, 2015). Brasília: Secretaria Nacional de Política Agrícola, Companhia Nacional de Abastecimento. p. 9 - 17.

GARAGORRY, F. L.; MAGALHÃES, L.A. MIRANDA, E. E. **MATOPIBA**: evolução recente da produção de grãos. Campinas, 2015. Nota Técnica 9, EMBRAPA.

GASQUES, J. A fronteira agropecuária brasileira: Redistribuição produtiva, efeito poupa-terra e desafios estruturais logísticos. In: **Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade**. Brasília: IPEA, 2016.p. 89 – 108.

GASQUES, J. G., BACCHI, M. R. P., RODRIGUES, L., BASTOS, E. T., & VALDES, C. Produtividade da agricultura brasileira: a hipótese da desaceleração. In: **Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade**. Brasília: IPEA, 2016. p. 143–163.

GASQUES, J. G.; VILLA VERDE, C. M. **Crescimento da Agricultura Brasileira e Política Agrícola nos Anos Oitenta**. Brasília: IPEA, 1990. (Texto para discussão, n. 204).

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). COORDENAÇÃO GERAL DE OBSERVAÇÃO DA TERRA. PRODES - **Incremento anual de área desmatada no Cerrado Brasileiro**. Disponível em: < <http://www.obt.inpe.br/cerrado> > Acesso em: 19/06/2019.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). COORDENAÇÃO GERAL DE OBSERVAÇÃO DA TERRA. **TerraBrasilis**. Disponível em: < <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br> >. Acesso em: 19/06/2019.

JARAMILLO, C. F.; KELLY, T. Deforestation and property rights. In: KEIPI, K. (editor). **Forest Resource Policy in Latin America**. Washington: Inter-American Development Bank, 1999. p 111- 134.

LOPES, J. L. **Avaliação do processo de convergência da produtividade da terra na agricultura brasileira no período de 1960 a 2001**. Tese de Doutorado, ESALQ/USP, 2004.

MAGALHÃES, L. A.; MIRANDA, E. E. **MATOPIBA**: Quadro Natural. Campinas, 2014. Nota Técnica 5, EMBRAPA.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Balança Comercial do Agronegócio** - Dezembro/2018. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/relacoesinternacionais/documentos/estatisticas-do-agronegocio/Dezembro2018final.docx/view> > Acesso em: 30/05/2019.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Projeções do Agronegócio**: Brasil 2017/18 a 2027/28 projeções de longo prazo. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. Brasília: MAPA/ACE, 2018. Disponível em: < http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/banner_site-03-03-1.png/view >. Acesso em: 30/05/2019.

NUNES, R. O paradoxo de Jevons (Rebound effect) na tecnologia Cobb-Douglas. In **Anais SISCA**. Pirassununga: FMVZ-USP, 2013.

SPAROVEK, G. GUIDOTTI, V.; PINTO, L. F. G. Avaliação de condicionantes biofísicas e de uso da terra em cenários de desmatamento zero para o Brasil. IN: FERREIRA FILHO, J. B. S., GUIDOTTI, V., PINTO, L. F. G.; SPAROVEK, G. **Qual o impacto do desmatamento zero no Brasil?** São Paulo: Instituto Escolhas, 2018. p. 5-36.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; FISHLOW, A. Perspectiva Histórica da Agricultura Brasileira. In: _____ **Agricultura e indústria no Brasil: inovação e competitividade**. Brasília: Ipea, 2017. P.63 - 95.