



Universidade de Brasília – UnB
Faculdade de Tecnologia – FT
Departamento de Engenharia Florestal

Claudiléia Pereira de Carvalho Nobre¹
Graduanda em Engenharia Florestal – 12/0060124

A influência da Expansão Agrícola nas Mudanças Climáticas na Região de Matopiba

Brasília
2017



Universidade de Brasília – UnB
Faculdade de Tecnologia – FT
Departamento de Engenharia Florestal

A influência da Expansão Agrícola nas Mudanças Climáticas na Região de Matopiba

Aluna: Claudiléia Pereira de Carvalho Nobre

Orientador: Prof. Dr. Humberto Ângelo

Trabalho de pesquisa apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheira Florestal.

Professor Humberto Ângelo

Brasília

2017

AGRADECIMENTOS

Ainda consigo ouvir o som dos pássaros debaixo da lona preta, eu, meu pai, minha mãe e meu irmão. Parte da minha infância estive na luta por um pedacinho de chão para morar, diante das dificuldades que passamos eu tinha cada vez mais a certeza que deveria estudar não só por mim, mas por eles. A decisão de ir para cidade doeu bastante, deixa-los e seguir em frente, viver sem eles por perto foi um sacrifício, mas as escolhas me trouxeram até aqui, parte de um caminho longo, que venci.

Primeiramente agradeço ao meu Deus, que me carregou nos braços para que eu chegasse até aqui. A minha mãe, Maria das Dores, mulher guerreira que esteve em todos os momentos me apoiando. A meu pai, Hilton Pereira, meu irmão Luiz e minha irmã Francisca que estiveram sempre comigo. Aos meus grandes amigos mais que irmãos: Thiago Batista, Sthefany Henrique, Katty Hellen, Gustavo Dutra, Luana Nunes, Klaus Rosaes, NikolasUzan, Maria Fernanda, Débora, Mari, Lari, Ana Liaffa e Pati. Aos meus professores: Humberto, Rosana, Sandra, Reuber, Florian, Reginaldo, Eraldo, Zé Roberto, Álvaro, Alba e a secretaria Flávia. Ao pessoal do meu estagio no IBAMA em especial: Carla Costa. Ao pessoal do meu segundo estágio na EMATER: Priscila, Marcos, Icléia, Ana, Luiz e Sumar. Aos meus amigos: Gustavo Andrade, Hernani Oliveira, Ana Stephanie, Stephany Krause, Rayane Macedo, Leiliana, Milina, Scarlett, Lana, Aline. As minhas companheiras de apartamento: Yasmim, Glenna e Stephanie.

Agradeço a Deus por ainda existir infinitos nomes que eu posso agradecer.

RESUMO

O Matopiba é uma região do norte/nordeste brasileiro que vem sendo incorporada à produção e se consolida como importante fronteira agrícola, marcada pela expansão destas atividades em áreas de cerrado, baseada em tecnologias de alta produtividade. Esse trabalho teve como objetivo abordar os efeitos da expansão agrícola nas mudanças climáticas, sendo estas: precipitação e temperatura do ar na região do Matopiba. Como base de dados utilizou-se a série histórica de 1986 a 2016 de precipitação pluvial e temperatura média do ar, através de dados anuais de 11 estações meteorológicas, adquiridos através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) representando uma série histórica de 31 anos e de séries históricas das culturas temporárias e permanentes na região publicadas pelo Sistema de Recuperação Automática do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (SIDRA/IBGE) considerando um período de 27 anos entre o período de 1990 a 2016. Empregou-se análise de regressão linear para verificar tendência nas séries de precipitação pluvial e temperatura do ar e teste de significância sobre r (coeficiente de correlação de Pearson) para determinar a correlação linear entre as variáveis. Os resultados mostraram que houve tendência para o nível de 95 % (p-valor $\leq 0,05$) apenas para a variável expansão agrícola. E não houve correlação entre a variável expansão agrícola com a precipitação pluvial e temperatura média do ar.

Palavras chave: Matopiba, Expansão Agrícola, Mudanças Climáticas.

ABSTRACT

Matopiba is a northern / northeastern Brazilian region that has been incorporated into production and has consolidated as an important agricultural frontier, marked by the expansion of these activities in cerrado areas, based on high productivity technologies. This work aimed to address the effects of agricultural expansion on climate change, such as: precipitation and air temperature in the Matopiba region. The historical series from 1986 to 2016 of rainfall and average air temperature were used as data base, using 11 annual meteorological stations, acquired through the National Institute of Meteorology (INMET), representing a historical series of 31 years and of historical series of temporary and permanent crops in the region published by the Automatic Recovery System of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (SIDRA / IBGE) considering a period of 27 years between the period from 1990 to 2016. A linear regression analysis was used for to verify trend in the series of rainfall and air temperature and test of significance on r (Pearson correlation coefficient) to determine the linear correlation between the variables. The results showed that there was a trend towards a level of 95% (p-value ≤ 0.05) only for the agricultural expansion variable. And there was no correlation between the variable agricultural expansion with rainfall and average air temperature.

Key Words: Matopiba, Agricultural Expansion, Climate Change.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	5
1.1 Objetivo	6
2. revisão BIBLIOGRÁFICA	6
2.1 Precipitação Pluvial no Matopiba.....	6
2.2 Variabilidade Climática no Matopiba.....	7
2.3 Área Agrícola no Matopiba	8
3. MaterialS e métodos	9
3.1. Área em Estudo.....	9
3.2 Dados	12
3.3 Método de Análise	13
3.3.1 Amostragem.....	13
3.3.2 Variáveis	14
3.3.3 Análise de Tendência climática	14
3.3.4 Cálculo das Taxas de Crescimento	15
3.3.5 Análise de correlação.....	15
3.3.5.1 Coeficiente de Correlação de Pearson	16
4. Resultado e discussão	16
4.1 Análise de Tendência.....	16
4.2 Análise da Taxa de crescimento	18
4.3 Análise de Regressão Linear	19
4.4 Análise de Correlação.....	19
5. Índices Climáticos	20
5.1 Precipitação.....	20
5.2 Temperatura Máxima e Mínima	22
5.3 Expansão Agrícola.....	24
6. conclusão	25

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS26

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Delimitação da região de Matopiba. Fonte: (Embrapa 2014).....	10
Figura 2. Gráfico de Tendência para Precipitação de MATOPIBA, utilizando LN. Fonte: (Claudiléia, 2017).....	17
Figura 3. Gráfico de Tendência para Temperatura Máxima de MATOPIBA, utilizando LN. Fonte: (Claudiléia, 2017).....	17
Figura 4. Gráfico de Tendência para Temperatura Mínima de MATOPIBA, utilizando LN. Fonte: (Claudiléia, 2017).....	18
Figura 5. Gráfico de Tendência para expansão de MATOPIBA, utilizando LN. Fonte: (Claudiléia, 2017).....	18
Figura 6. Médias anuais da precipitação nas estações meteorológicas convencionais do INMET no Estado do Maranhão - período 1986-2016. Fonte: (Claudiléia, 2017).....	20
Figura 7. Médias anuais da precipitação nas estações meteorológicas convencionais do INMET no Estado do Tocantins - período 1986-2016. Fonte: (Claudiléia, 2017).....	21
Figura 8. Médias anuais da precipitação nas estações meteorológicas convencionais do INMET no Estado do Piauí - período 1986-2016 Fonte: (Claudiléia, 2017).....	21
Figura 9. Médias anuais da precipitação nas estações meteorológicas convencionais do INMET no Estado da Bahia - período 1986-2016 Fonte: (Claudiléia, 2017).....	22
Figura 10. Temperatura Máxima e Mínima nas estações meteorológicas convencionais do INMET no Estado do Maranhão - período 1986-2016 Fonte: (Claudiléia, 2017).....	23
Figura 11. Temperatura Máxima e Mínima nas estações meteorológicas convencionais do INMET no Estado do Tocantins - período 1986-2016 Fonte: (Claudiléia, 2017).....	23
Figura 12. Temperatura Máxima e Mínima nas estações meteorológicas convencionais do INMET no Estado do Piauí - período 1986-2016 Fonte: (Claudiléia, 2017).....	23
Figura 13. Temperatura Máxima e Mínima nas estações meteorológicas convencionais do INMET no Estado da Bahia - período 1986-2016 Fonte: (Claudiléia, 2017).....	24
Figura 14: Expansão Agrícola MATOPIBA dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (SIDRA/IBGE) de expansão agrícola - período 1990 – 2016 Fonte: (Claudiléia, 2017).....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela1: Estações Meteorológicas analisadas na Região do Matopiba. Período 1986 - 2016.	12
Tabela 2: Resultados obtidos através da regressão linear, para análise de Tendência Período 1986 - 2016.....	16
Tabela 3: Resultados obtidos para taxa de crescimento	19
Tabela 4: Resultados obtidos através da regressão linear.	19
Tabela 5: Resultados obtidos através da correlação de Pearson.....	19

1. INTRODUÇÃO

A região do MATOPIBA, acrônimo resultante de Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, está localizada no bioma Cerrado, refere-se a uma área de cerca de 73 milhões de hectares que abrange todo o estado do Tocantins e parte dos demais estados, ganhou importância no setor agropecuário brasileiro e tem experimentado diversas transformações socioeconômicas, tornando-se nos últimos anos uma grande fronteira agrícola do Brasil. A topografia plana, os solos profundos e o clima favorável ao cultivo das principais culturas de grãos e fibras possibilitaram o crescimento vertiginoso da região (BORGHI et al. 2014).

Delimitada a oeste pela Amazônia Legal e a leste pelo semiárido nordestino, a região tem passado por intensas transformações nas suas características sociais e ambientais, com o surgimento de extensas áreas de agricultura intensiva (mecanizada) e grandes rebanhos; construindo um cenário muito diferente da vegetação nativa e da agricultura familiar de pequeno porte predominante até a década de 1980 (SANTOS, 2007).

É sob esse panorama que o Matopiba – responsável, segundo levantamento feito pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2015, por 10% da produção nacional de grãos – tem a perspectiva de triplicar a produção e expandir a área plantada nos próximos anos.

Outro importante fator de mudança no cenário ambiental da região é o crescimento urbano impulsionado pelo forte aumento populacional, principalmente nas duas últimas décadas, impactando em mudanças no uso do solo. A cidade de Barreiras, por exemplo, no oeste da Bahia, apresentou um aumento populacional de aproximadamente 680% de 1970 a 2013 (IBGE, 2017).

O estudo detalhado de dados meteorológicos apresenta-se como um importante indicador na investigação de possíveis alterações e tendências climáticas, principalmente das variáveis chuva e temperatura do ar na nova fronteira agrícola do Brasil, demonstrando o grau de consonância temporal dessas variáveis com as modificações ambientais na superfície.

A presente proposta de pesquisa inclui uma análise integrada dos efeitos da expansão agrícola nas mudanças climáticas, sendo estas: precipitação e temperatura do ar na região do Matopiba. Para isso, efetuaram-se estudos temporais com dados diários de precipitação pluviométrica e temperatura de 11 estações meteorológicas, adquiridos através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) referentes ao período de 1986 a 2016, representando uma

série histórica de 31 anos e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (SIDRA/IBGE) com dados de expansão agrícola de 1990 a 2016 representando 27 anos.

Considerando que há relação entre as variáveis citadas, e a produtividade de culturas, é necessário o conhecimento destas variáveis que podem ser observadas através de séries históricas. As mudanças na vegetação podem potencialmente modificar o clima local e regional, alterando as trocas de água e de energia entre a superfície terrestre e a atmosfera.

1.1 OBJETIVO

Verificar o comportamento das variáveis de precipitação pluvial e da temperatura do ar na região do Matopiba no período de 1990 a 2016 com o objetivo de estimar o efeito da expansão agrícola nas variáveis climáticas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Precipitação Pluvial no Matopiba

As variações climáticas são atributos naturais e inerentes ao clima. Ao longo de sua história evolutiva a Terra vivenciou períodos de superaquecimento e glaciações contínuas, resultantes das inter-relações recorrentes de sua dinâmica interna e externa, que abrangem desde variantes no sistema solar, gerando efeitos sobre a órbita da terra, até atividades vulcânicas e interações atmosféricas, numa escala temporal de milhares de anos. Como fenômeno recente, as mudanças climáticas globais consistem em alterações no clima em todo o mundo, constituído a partir da intervenção humana num processo de aceleração de uma dinâmica natural preexistente por meio de atividades que interferem no equilíbrio desse sistema (BARBOSA, V. ;V. 2015).

A precipitação pluviométrica é um fator importante na definição do clima de uma localidade, sendo o resultado do conjunto de eventos meteorológicos e geográficos. Seu estudo

é necessário devido à forte influência que exerce sobre as condições ambientais e socioeconômicas. Assim, faz-se necessário a realização de estudos de distribuição pluviométrica que contribuam para uma melhor gestão municipal socioambiental (MELLO Y. R, 2015).

Ponderando que a precipitação pluviométrica pode estar associada a fenômenos extremos de diversas naturezas, dependendo do padrão, intensidade e frequência do regime pluvial, (SOUZA, 2011) afirma que as chuvas, consideradas um fenômeno natural, associadas ao padrão de ocupação urbana irregular têm provocado danos e prejuízos, os quais geram dimensões ambientais, materiais e humanas, alguns identificáveis e passíveis de avaliação e outros subjetivos e incalculáveis. É prudente considerar que a mudança climática global pode ser intensificada localmente pelas mudanças regionais (SOUZA; AZEVEDO, 2009).

No Brasil, em particular no Bioma Cerrado, dentre as variáveis meteorológicas, a precipitação pluvial é entendida como sendo a principal causa determinante das perdas de rendimento da cultura da soja. Embora o volume anual precipitado na região seja suficiente para o atendimento das necessidades da cultura, as chuvas apresentam grande variabilidade no tempo e no espaço, com repercussão direta sobre as épocas de semeadura, rendimento e manejo das lavouras (ASSAD et al., 2008; EVANGELISTA et al., 2013).

2.2 Variabilidade Climática no Matopiba

Segundo (TEBALDI et al. 2006), umas das mais importantes implicações das mudanças climáticas são seus efeitos potenciais na variabilidade do clima e, conseqüentemente, nos eventos extremos, o que pode afetar de modo negativo as culturas agrícolas (STRECK et al. 2011).

Por meio de imagens do satélite Landsat- 5 dos anos de 1984, 1992, 2000 e 2008, (BORGES et al. 2011) analisaram, as alterações térmicas na temperatura de superfície do solo em uma porção da mesorregião Oeste da Bahia e detectaram que no primeiro ano as temperaturas ficaram em torno de 22°C e de 35°C no último, podendo essa diferença ser explicada pelo fato de que, no primeiro ano, a superfície era coberta predominantemente por vegetação nativa (cerrado), enquanto no último, a área estava ocupada por atividades agrícolas

e as imagens foram captadas no período de descanso da cultura, portanto, solo desnudo e com deficiência hídrica.

2.3 Área Agrícola no Matopiba

A região do "Matopiba", formada por 73 milhões de hectares, compreende áreas de Cerrado. A caracterização territorial do Matopiba buscou incluir num território geograficamente coerente a dinâmica de expansão da agricultura moderna nessa região e do crescimento econômico decorrente, observados nas últimas décadas. Dessa forma, como base as áreas de cerrados existentes nos Estados do Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia. O segundo grande critério territorial foi a dimensão socioeconômica, essas áreas cumprem um relevante papel no provisionamento de insumos para a atividade agropecuária e também são o destino logístico no escoamento e transformação de parte significativa da produção agropecuária (Embrapa, 2017).

Alguns fatores distinguem Matopiba das demais fronteiras agrícolas, sobretudo das regiões ocupadas no Cerrado brasileiro entre os anos de 1950 e 1980. Primeiramente, a região não é resultante de uma política nacional de interiorização com intuito de preencher vazios demográficos. Não é mais necessário desmatar vastas áreas para erigir novas cidades. A ocupação recente tem se dado principalmente em espaços já consolidados demograficamente, de menor valor econômico, mas propícios à exploração agropecuária (Embrapa, 2017).

O processo de ocupação da agricultura mecanizada nos cerrados baianos começou na década de 1980. Áreas tidas como marginais foram transformadas em agrícolas por causa da nova realidade econômica na região, e isso dinamizou e modernizou a economia local (BATISTELLA; VALLADARES, 2009). No Piauí, a ocupação começou na década de 1970 através de projetos para a cajucultura e a pecuária. Na década de 1990, as mudanças de uso da terra foram intensificadas por causa da produção de grãos, cuja consequência foi o desmatamento de extensas áreas (AGUIAR, 2008). A região sul-maranhense, por causa da produção de soja, transformou sua estrutura agrária tradicional de subsistência em agricultura tecnificada. A área de soja passou de 176 mil para 372 mil hectares em 2000–2005, incentivada também pela melhoria da infraestrutura rodoviária do estado (STUDETE, 2008).

Somente nos últimos dez anos, a produção de soja do Matopiba dobrou – 4,3 milhões de toneladas em 2004 e 8,6 milhões de toneladas em 2014. E o crescimento da produção de milho foi ainda mais expressivo, mais de 215%, passando de 1,7 Mt para 5,3 Mt no mesmo período (IBGE, 2016). Tal evolução só foi possível por causa das condições favoráveis às práticas agrícolas, disponibilidade de terras e políticas agrícolas.

A região, tem mostrado destaque no cenário agrícola nacional. Em 2015/2016 a região apresentou 7,8 % do total da produção brasileira de soja, que corresponde a 7,6 milhões de toneladas (CONAB, 2016). Contudo, existe um grande potencial de aumento de produção de grãos na região. Considerando as projeções do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA (MAPA, 2017) a área de cultivo de soja passará de 33,1 milhões de hectares em 2016, para 41,2 milhões de hectares em 2024. Neste contexto pode-se considerar que dos 8,1 milhões de hectares a serem incorporados, grande contribuição será procedente de terras do Matopiba.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área em Estudo

Região considerada a grande fronteira agrícola nacional da atualidade, o Matopiba compreende o bioma Cerrado dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia e responde por grande parte da produção brasileira de grãos e fibras (Figura 1). A área também é considerada complexa o que torna ainda mais audacioso o desafio de garantir uma agricultura moderna e sustentável. De um total de 969 áreas legalmente atribuídas, 42 Unidades de Conservação ocupam uma extensa área de 8,8 milhões de hectares, além de 28 terras indígenas com 4,1 milhões de hectares, 865 assentamentos de reforma agrária com cerca de 3,7 milhões de hectares e 34 comunidades quilombolas em praticamente 250 mil hectares, num total de quase 17 milhões de hectares legalmente atribuídos. Assim, descontadas as sobreposições de áreas, através da aplicação de técnicas de aferição espacial, o conjunto das áreas legalmente atribuídas alcança 15.673.078 ha, ou 21,42% da área total do Matopiba (Embrapa, 2017).

A presença de áreas planas, condições edafoclimáticas adequadas para cultivos de grãos, proximidade de terminais portuários, terras comparativamente de baixo valor comercial, possibilidade de escoamento da produção por meio de outros modais de transporte – alternativos ou complementares ao modal rodoviário – e perspectiva de diminuição de custos de produção em função de melhorias de capacidade logística a serem implantadas nos portos do Arco Norte tornam a região promissora e atrativa do ponto de vista do agronegócio (Embrapa, 2017).

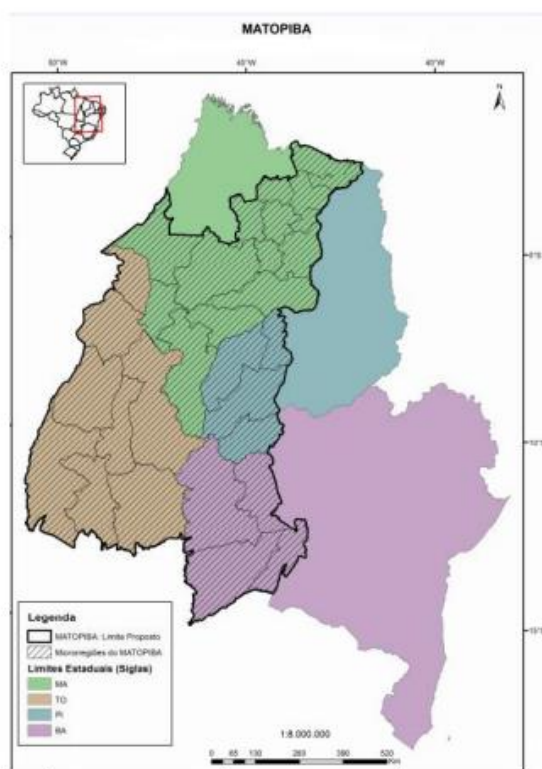


Figura 1- Delimitação da região de MATOPIBA. Fonte: (Embrapa, 2014)

Esta região é caracterizada por três zonas climáticas: tropical Brasil central (53%), tropical zona equatorial (44%) e equatorial (3%). Na extensão central do território do MATOPIBA predomina o clima tropical semiúmido (~78% do território), com temperaturas médias acima de 18°C em todos os meses do ano, e períodos de seca entre 4 a 5 meses. Já o limite leste é caracterizado por um clima semiárido, com baixa umidade e precipitação (6 meses secos) e temperaturas elevadas acima de 18°C em todos os meses do ano) (MAGALHÃES, L. A. 2014).

Segundo a classificação de (KÖEPPEN, 1948), toda a região pode ser considerada como tropical (Aw) nas variações seco e quente e úmida, com temperaturas médias mensais variando entre 25 e 27 °C na maior parte do território. Verifica-se uma distribuição irregular de chuvas ao longo do ano; uma estação seca, que tem início no mês de maio e termina no mês de

setembro, e outra chuvosa, que vai de outubro a abril, com índices médios anuais entre 800 e 2.000 mm (ASSAD, 1994).

Na porção que pertence ao Maranhão, a temperatura apresenta médias anuais elevadas, em torno de 26 °C, mas diferem quanto ao comportamento pluviométrico, com volumes de 1.250 a 1.500 mm anuais e estação seca bem marcada; e diferem entre si, pela época de ocorrência das chuvas ou período chuvoso. O clima no Tocantins é caracterizado por uma estação chuvosa e ocorre nos meses de outubro a abril, e outra estação seca, de maio a setembro. É condicionado pela ampla extensão latitudinal e pelo relevo de altitude pouco variável, entre 200 e 600 metros. Ao Norte do paralelo 6°S, região conhecida como “Bico do Papagaio”, de vegetação típica do bioma Amazônico, o clima é úmido, sem inverno seco. A temperatura média anual está em torno de 26 °C, e as precipitações pluviométricas variáveis entre 1.500 e 2.100 mm. Ao Sul do paralelo 6° S, o clima predominante é subúmido, os meses chuvosos e os secos se equilibram e as temperaturas médias anuais diminuem lentamente, à medida que se eleva a altitude. As temperaturas médias anuais variam entre 23° (altitudes acima de 600 m) e 27 °C e o regime pluviométrico entre 900 e 2.100 mm anuais. A tipologia climática que ocorre na porção do estado do Piauí que integra o Matopiba é classificada por (KÖEPPEN 1948) como tropical quente e úmido (Aw). As temperaturas médias variam entre 25° e 27 °C. As chuvas também são variáveis, tendo ao sul, cerca de 700 mm e mais ao norte, índices próximos a 1.200 mm anuais. Na porção do oeste baiano, o clima caracteriza-se por uma estação seca (maio a setembro) e outra chuvosa (outubro a abril) com precipitação pluviométrica média anual de 1.500 ± 500 mm. Os veranicos, períodos de seca de uma a três semanas, podem ocorrer durante a estação chuvosa, especialmente nos meses de janeiro e fevereiro. A temperatura média anual apresenta amplitude de 21,3° a 27,2 °C (EMBRAPA, 2017).

Ocorrem 12 classes de solos baseando-se no 1° nível do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), onde o latossolo é a classe dominante apresentando cerca de 28 milhões de hectares (38%), o neossolo é a segunda maior classe de solos ocorre em 18 milhões de hectares (~25%) e em terceiro lugar estão os plintossolos, com cerca de 14 milhões de hectares (19,2%) (Embrapa, 2006).

No tocante a aspectos sociais, de acordo com o último levantamento realizado pelo IBGE, em 2014, o Produto Interno Bruto (PIB) da região foi de R\$ 84 bilhões de reais, sendo 74% desse total provenientes dos municípios dos estados do Maranhão e Tocantins. A renda *per capita* do Matopiba é de R\$ 13.269,33, valor abaixo do obtido pela população do Nordeste

brasileiro, que é de R\$ 14.329,12 e cujo valor é o menor entre as regiões brasileiras, e muito inferior à renda per capita do Brasil, que é de R\$ 28.500,24.

3.2 Dados

Neste trabalho são utilizadas séries de dados anuais de precipitação, temperatura do ar máxima e mínima de 11 estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no período de 1986-2016 e Sistema de Recuperação Automática do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (SIDRA/IBGE) expansão agrícola de 1990-2016.

Foram identificadas outras estações meteorológicas para a região de Matopiba, porém as mesmas não foram utilizadas por não apresentarem condições mínimas com um número excessivo de dados faltantes. Da mesma forma não foram encontrados dados significativos de expansão agrícola antes de 1990.

A Tabela 1 apresenta a relação das estações meteorológicas utilizadas como método de análise, com suas respectivas coordenadas geográficas:

Tabela 1: Estações Meteorológicas localizadas na região do Matopiba. Período 1986 – 2016.

Localização das estações analisadas					
Estação	U	Latitude	Longitude	Altitude (m)	F
8276 8	Balsas	MA	07°32'S	46°02'W	259,38
8276 5	Carolina	MA	07°20'S	47°28'W	192,83
8257 1	Barra do Corda	MA	05°05'S	45°23'W	153
8238 2	Chapadinha	MA	03°73'S	43°35'W	103,5
8228 0	São Luiz	MA	02°53'S	44°21'W	50,86

8306 4	Porto Nacional	TO	10°43'S	48°25'W	239,2
8322 8	Peixe	TO	12°00'S	48°22'W	242,49
8265 9	Araguaia	TO	07°02'S	48°02'W	228,52
8286 3	Pedro Afonso	TO	08°96'S	48°18'W	187
8297 5	Bom Jesus do Piauí	PI	09°06'S	44°07'W	331,74
8328 8	Bom Jesus da Lapa	BA	13°26'S	43°41'W	439,96

3.3 MÉTODO DE ANÁLISE

3.3.1 Amostragem

Para realização do estudo, foram utilizados dados anuais de precipitação pluvial obtidos de 11 postos que apresentaram séries históricas de medições com duração de 31 anos, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e de 27 anos do Sistema de Recuperação Automática do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (SIDRA/IBGE).

Para verificação do comportamento das variáveis envolvidas foi necessário recorrer aos métodos de análise de regressão, correlação e tendência através da taxa de crescimento dos dados utilizados.

Os gráficos foram elaborados em dois conjuntos: índices de precipitação e índices de temperatura.

Os Índices de precipitação são:

- i. Totais mensais e anuais da precipitação pluviométrica;
- ii. Anos que apresentaram maior índice de precipitação;
- iii. Anos que apresentaram menor índice de precipitação.

Os índices de temperatura.

- i. Médias mensais e anuais das temperaturas máximas e mínimas (°C);
- ii. Anos que apresentaram maior índice de Temperatura máxima e mínima;
- iii. Anos que apresentaram menor índice de Temperatura máxima e mínima;

Esses índices foram analisados estatisticamente quanto ao seu comportamento histórico; identificação e ocorrência de eventos extremos e verificação de tendências regressão linear e taxa de crescimento. Para a análise de precipitação fez-se a média mensal histórica das 11 estações meteorológicas.

As séries temporais de precipitação, temperatura e expansão agrícola foram analisadas pelos métodos de correlação de regressão linear (RL) simples para tendências e **semilog** para taxa de crescimento, obedecendo aos seguintes critérios: i) considera-se a existência de tendência se a mesma foi significativa estatisticamente nos dois métodos, com p-valor $\leq 0,05$.

3.3.2 Variáveis

As variáveis escolhidas para este estudo foram a) Precipitação anual, b) Temperatura máxima e mínima e c) expansão agrícola.

3.3.3 Análise de Tendência climática

A Tendência climática é caracterizada por uma elevação ou diminuição suave e monótona nos valores médios de uma série meteorológica. Não é, necessariamente, restrita a tendências lineares em função do tempo, mas deve conter apenas um máximo ou mínimo no ponto final de uma série.

Para a análise das tendências, foi utilizado o método descrito por (GUJARATI, 2000). na qual a tendência linear de uma variável pode ser ajustada pelo método dos mínimos quadrados ordinário (MQO) em equação de **semilog**.

$$\ln T_{min} = \beta_0 + \beta_1 \ln T \quad (1)$$

$$\ln T_{max} = \beta_0 + \beta_1 \ln T \quad (2)$$

$$\ln Prec = \beta_0 + \beta_1 \ln T \quad (3)$$

$$\ln Exp = \beta_0 + \beta_1 \ln T \quad (4)$$

T max= Temperatura Máxima

T min= Temperatura Mínima

Prec= Precipitação

Exp= Expansão Agrícola

Os coeficientes β_0 e β_1 medem a variação relativa constante para uma dada variação absoluta no valor do regressor T (BRASIL,2002). Neste trabalho foi considerado o nível de significância de 5%.

3.3.4 Cálculo das Taxas de Crescimento

Tendo como base os parâmetros de tendência (T), obtêm-se as taxas médias de crescimento (r). Método de **antilog** utilizado por (Ângelo 2001).

$$rTmin = (antiln \beta_1 - 1) * 100 \quad (5)$$

$$rTmax = (antiln \beta_1 - 1) * 100 \quad (6)$$

$$rPrec = (antiln \beta_1 - 1) * 100 \quad (7)$$

$$rExp = (antiln \beta_1 - 1) * 100 \quad (8)$$

rT min= Taxa de crescimento de Temperatura Mínima

rTmax= Taxa de crescimento de Temperatura Máxima

rPrec= Taxa de crescimento de Precipitação

rExp= Taxa de crescimento de Expansão Agrícola

3.3.5 Análise de correlação

Estudar a correlação entre variáveis é uma importante fonte para o entendimento de um problema e uma maneira de encontrar possíveis soluções. Assim, procura-se verificar se existe relação entre as variáveis climáticas e a expansão agrícola, isto é, saber se as alterações sofridas por uma das variáveis são acompanhadas por alterações na outra. Uma medida do grau e do sinal da correlação é dada pela covariância entre as duas variáveis aleatórias X e Y que é uma medida numérica de associação linear existente entre elas.

3.3.5.1 Coeficiente de Correlação de Pearson

O coeficiente de correlação de Pearson é uma medida do grau de relação linear entre duas variáveis quantitativas. Este coeficiente varia entre os valores -1 e 1 (STANTON, 2001). O valor 0 (zero) significa que não existe qualquer relação linear; o valor 1 (um) indica a existência de uma relação linear perfeita e direta; enquanto o valor -1 também indica uma relação linear perfeita, porém inversa, ou seja, quando uma das variáveis aumenta a outra diminui. Quanto mais próximo estiver de 1 ou -1, mais forte é a associação linear entre as duas variáveis. É uma medida da variância compartilhada entre duas variáveis, portanto, a correlação de Pearson exige um compartilhamento de variância e que essa variação seja distribuída linearmente.

O coeficiente de correlação de Pearson (r) é assim calculado:

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\sum (x_i - \bar{x})^2)(\sum (y_i - \bar{y})^2)}} \quad (9)$$

Sendo x_1, x_2, \dots, x_n os valores de um conjunto de medidas X, $i=1, \dots, n$. Enquanto y_1, y_2, \dots, y_n são os valores de um conjunto de medidas Y.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Análise de Tendência

Os resultados obtidos (Tabela 2) indicam que não há uma tendência, a um nível de 95 % de confiança para as variáveis climáticas estudadas (Figuras 2, 3 e 4) exceto a expansão agrícola (Figura 5) que apresentou tendência para o nível de 95 % (p -valor $\leq 0,05$).

Tabela 2: Resultados obtidos através da regressão linear, para análise de Tendência. Período 1986 – 2016.

Variável	β_0	β_1	R^2	T	F
----------	-----------	-----------	-------	---	---

Temperatura mínima	0,674732922	0,001140749	0,00525	0,795849	0,427691346
Temperatura máxima	- 0,447835543	0,001926091	0,019249	1,53467393	0,127496336
Precipitação	13,00327797	-0,00299716	0,004138	-0,70617	0,481448594
Expansão Agrícola	- 91,62449515	0,052429967	0,277414	6,379296	4,76338E-09*

*Nível de significância a 5%

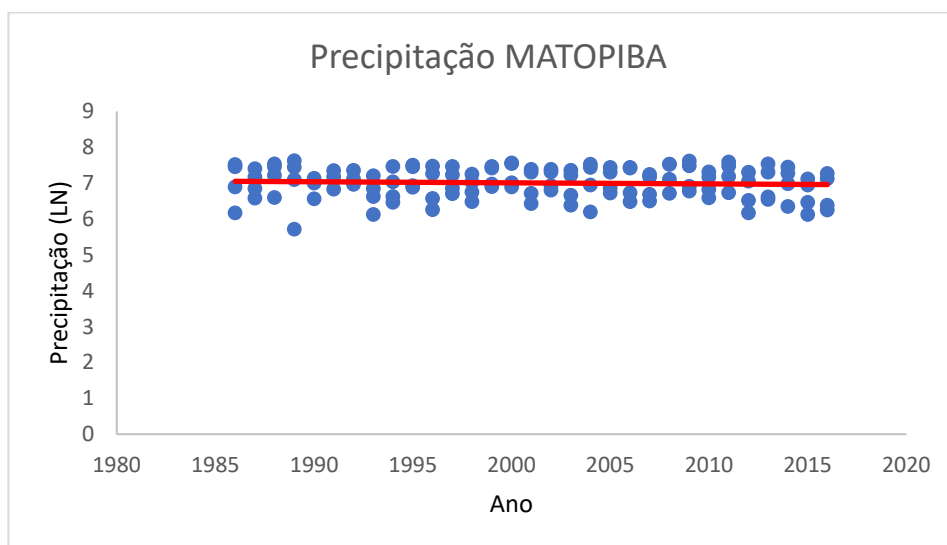


Figura 2: Gráfico de Tendência para Precipitação de MATOPIBA, utilizando LN. Fonte: (Claudiléia, 2017).

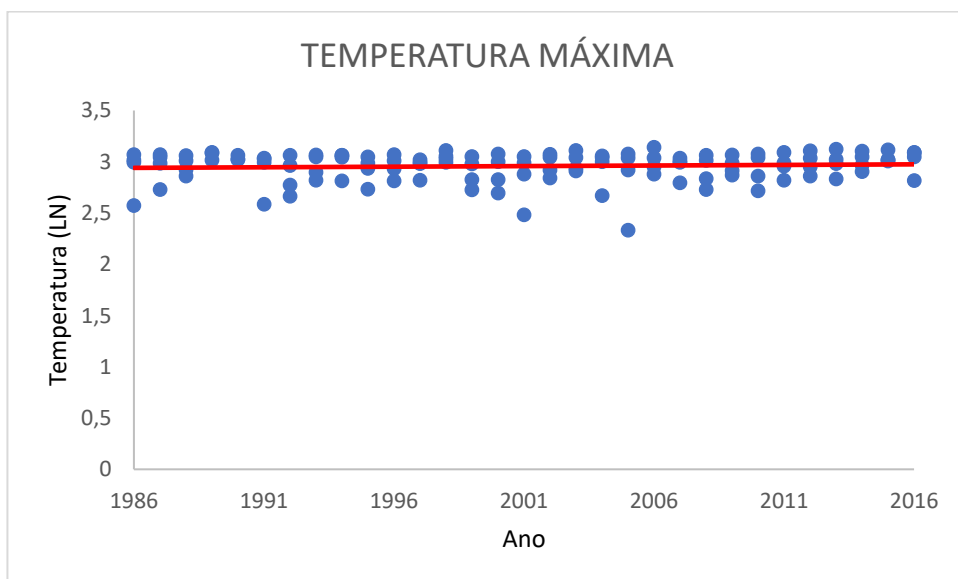


Figura 3: Gráfico de Tendência para Temperatura Máxima de MATOPIBA, utilizando LN. Fonte: (Claudiléia, 2017)

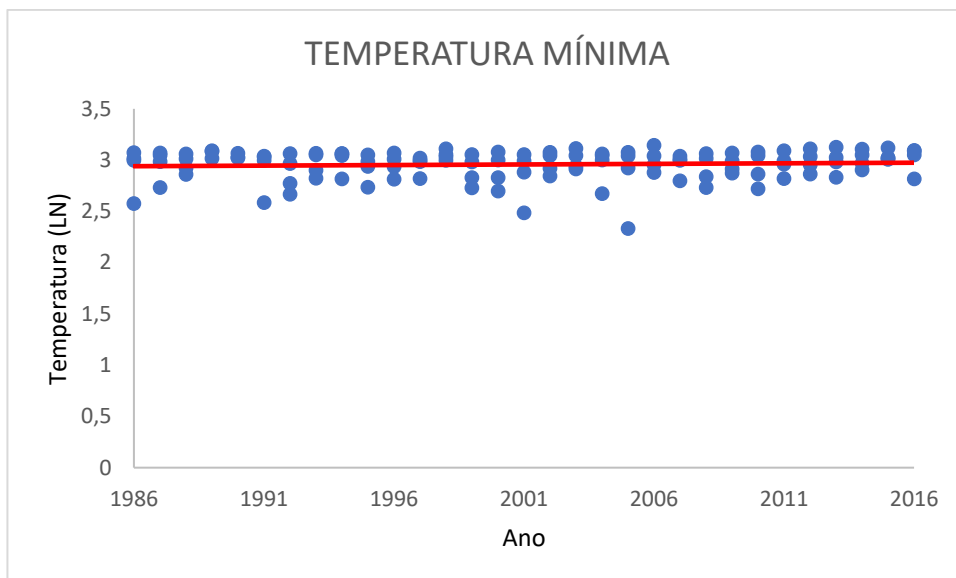


Figura 4: Gráfico de Tendência para Temperatura Mínima de MATOPIBA, utilizando LN. Fonte: (Claudiléia, 2017)

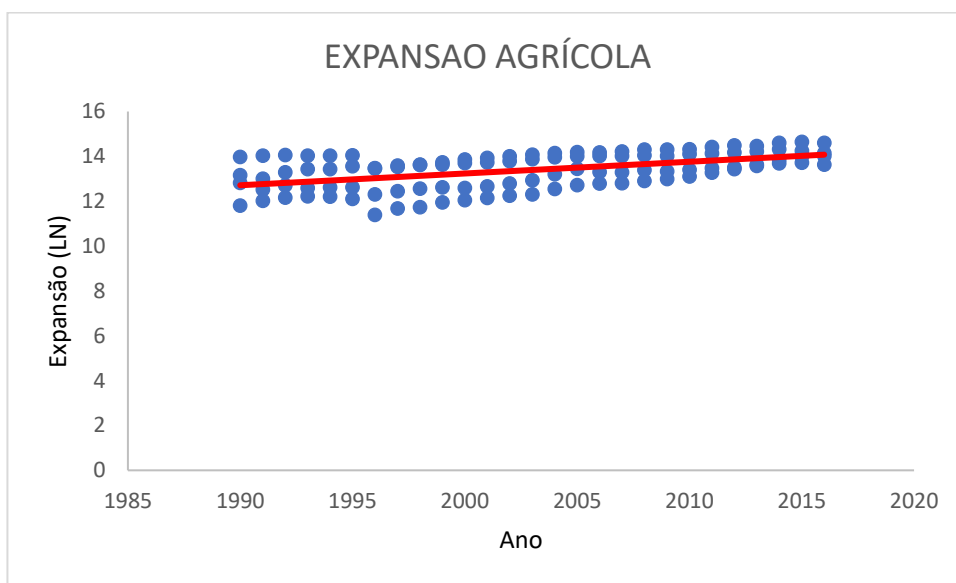


Figura 5: Gráfico de Tendência para expansão de MATOPIBA, utilizando LN. Fonte: (Claudiléia, 2017)

4.2 Análise da Taxa de crescimento

Tendo como base os parâmetros de tendência, obtêm-se as taxas médias de crescimento (Tabela 2).

A temperatura mínima, temperatura máxima e expansão agrícola apresentaram taxas anuais de crescimento positivas, 0,11 %, 0,19 % e 5,38 % respectivamente. A precipitação mostrou diminuir, com taxa de crescimento anual negativa, 0,29 % (Tabela 3).

Tabela 3: Resultados obtidos para taxa de crescimento.

Taxa de crescimento (%)	
Temperatura mínima	0,11414002
Temperatura máxima	0,19279467
Precipitação	-0,2992672
Expansão Agrícola	5,38287572

4.3 Análise de Regressão Linear

Através da Regressão Linear quanto ao comportamento das variáveis temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação em influência da expansão agrícola. As variáveis não conseguiram explicar o comportamento da expansão agrícola num nível de confiança de 95 % (p-valor $\leq 0,05$) (Tabela 4).

Tabela 4: Resultados obtidos através da regressão linear.

Variavel	β_0	β_1	R^2	T	F
Temperatura mínima	0,02600874	2,60676149 2	0,011470179	1,48941	0,13940571 6
Temperatura máxima	-0,0255793	3,75651571	0,01950092	-1,75736	0,08179878 3
Precipitação	0,00574885	6,92263103 1	- 0,009484776	0,115999	0,90787732 2

4.4 Análise de Correlação

Foi utilizado o teste de significância sobre r (coeficiente de correlação de Pearson) para determinar a correlação linear entre as variáveis. As correlações não foram significativas quando o $r \leq 1$ e -1 e para 95% de confiança estatística (p-valor $\leq \alpha = 0,05$) (Tabela 5).

Tabela 5: Resultados obtidos através da correlação de Pearson.

Variável	r
-----------------	----------

Temperatura máxima	-0,16982
Temperatura mínima	0,144516
Precipitação	0,011374

5. ÍNDICES CLIMÁTICOS

5.1 Precipitação

O comportamento da precipitação é facilmente observado nos gráficos das médias onde constam as curvas climatológicas de Matopiba.

No Maranhão (Tabela 6) foi observado que em 2009 choveu 2020 mm tendo uma diminuída nos anos de 2015 e 2016 sendo 1036 e 1239 mm. No Tocantins (Tabela 7) em 1989 foi o ano da escala temporal de 30 anos que apresentou o maior nível de precipitação sendo esta de 2043 mm em 2015 e 2016 foram observadas 1231 mm e 1435 mm. No Estado do Piauí (Tabela 8) em 1988 foi observado o menor índice da escala temporal com 1357 mm e os menores índices em 2004, 2015 e 2016 sendo respectivamente 492 mm, 640 mm e 517 mm. Na Bahia (Tabela 9) em 1992 foi observado o maior índice sendo este de 1150 mm e em 2015 e 2016 um dos menores observado sendo de 455 mm e 591mm.

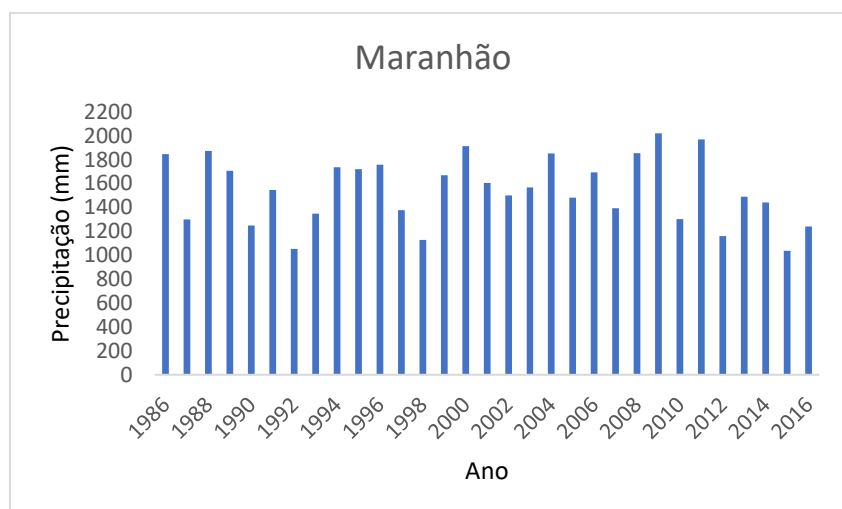


Figura 6: Médias anuais da precipitação nas estações meteorológicas convencionais do INMET no Estado do Maranhão - período 1986-2016. Fonte: (Claudiléia, 2017)

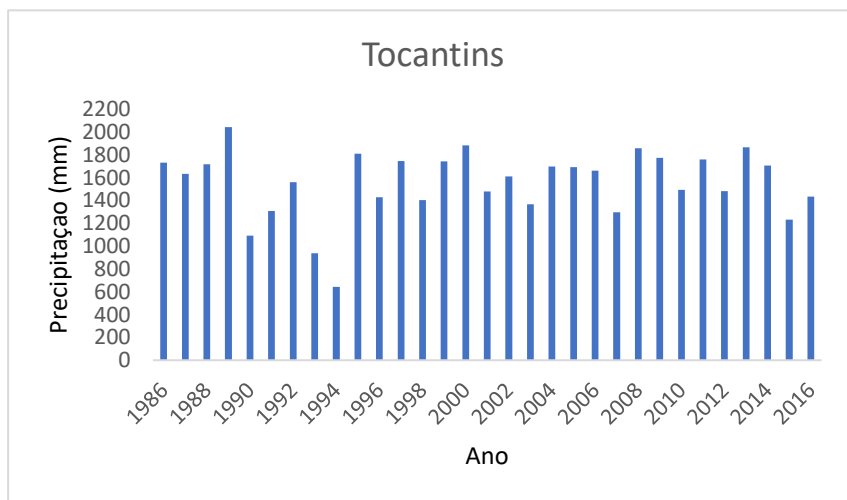


Figura 7: Médias anuais da precipitação nas estações meteorológicas convencionais do INMET no Estado do Tocantins - período 1986-2016. Fonte: (Claudiléia, 2017)

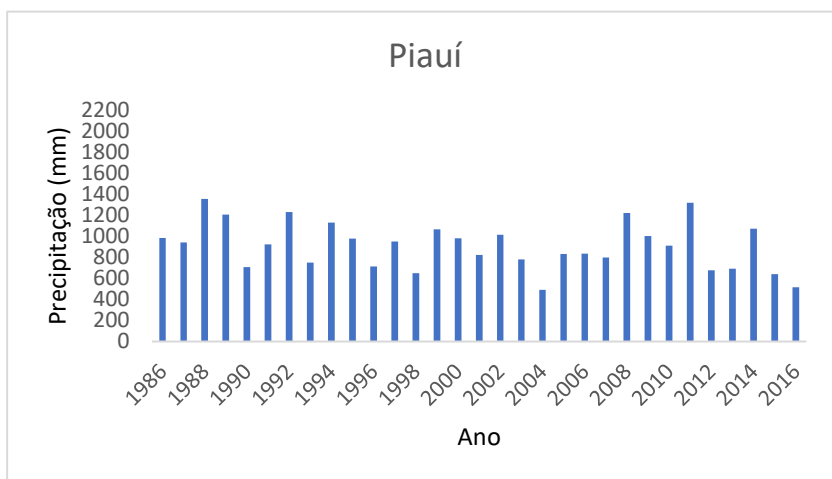


Figura 8: Médias anuais da precipitação nas estações meteorológicas convencionais do INMET no Estado do Piauí - período 1986-2016. Fonte: (Claudiléia, 2017).

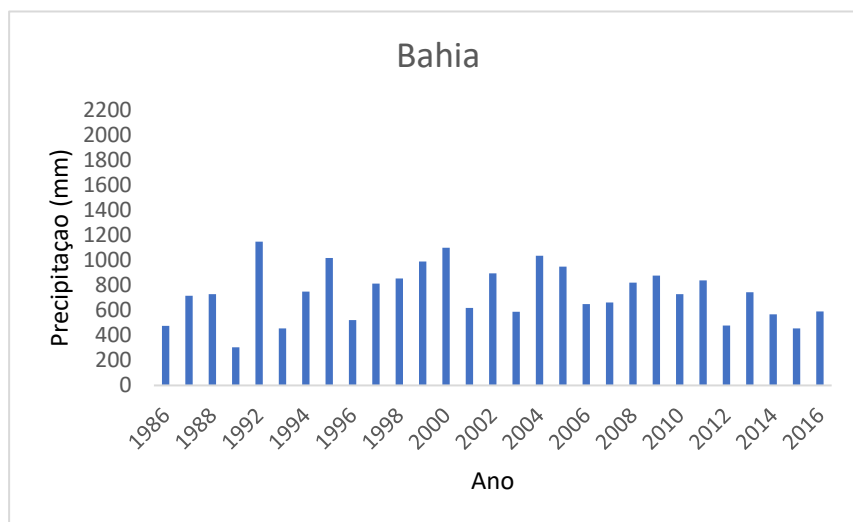


Figura 9: Médias anuais da precipitação nas estações meteorológicas convencionais do INMET no Estado da Bahia - período 1986-2016 Fonte: (Claudiléia, 2017).

5.2 Temperatura Máxima e Mínima

Através da análise temporal de 31 anos das temperaturas Máximas e Mínimas dos Estados que compõem Matopiba, pode-se observar uma tendência positiva da temperatura, no Maranhão (Figura10) a temperatura mínima observada foi de 20° C em 1988 e aproximadamente 21° C em 1991, a máxima chegou a 33° C em 2014 e 2015. No Estado do Tocantins (Figura 11) a temperatura mínima foi de aproximadamente 17°C em 1993 e 18°C em 2003, as temperaturas máximas foi de 33° C em 2014 e 34°C em 2015. No Piauí (Figura 12) houveram grandes diferenças entre as temperaturas mínimas e máximas, aproximadamente 16° em 1992, as máximas oscilaram de 2004 à 2016, variando de 34° C a 36° C. Por fim, na Bahia (Figura 13) houve uma mínima de aproximadamente 12° C em 2001 e as máximas sendo aproximadamente 34° em 1998 e 32 ° C observado em 2006 e 2009.

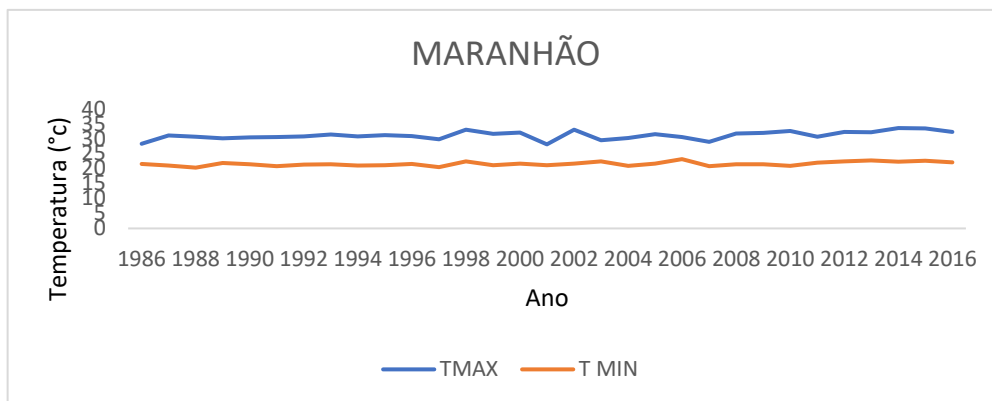


Figura 10: Temperatura Máxima e Mínima nas estações meteorológicas convencionais do INMET no Estado do Maranhão - período 1986-2016 Fonte: (Claudiléia, 2017).

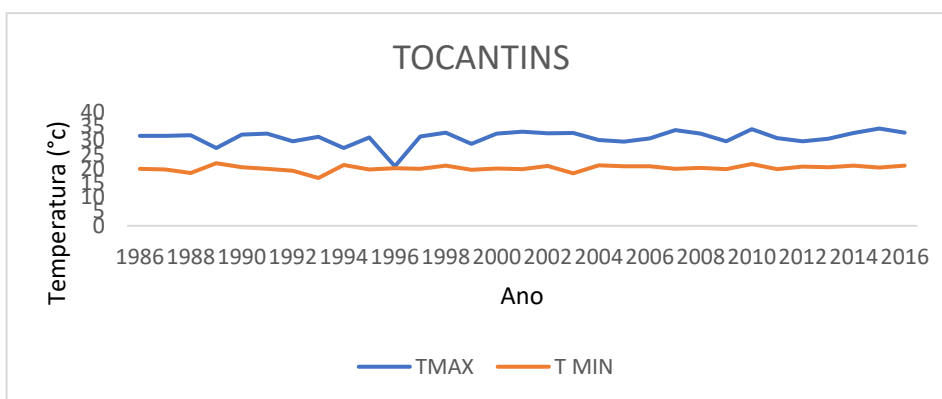


Figura 11: Temperatura Máxima e Mínima nas estações meteorológicas convencionais do INMET no Estado do Tocantins - período 1986-2016 Fonte: (Claudiléia, 2017).

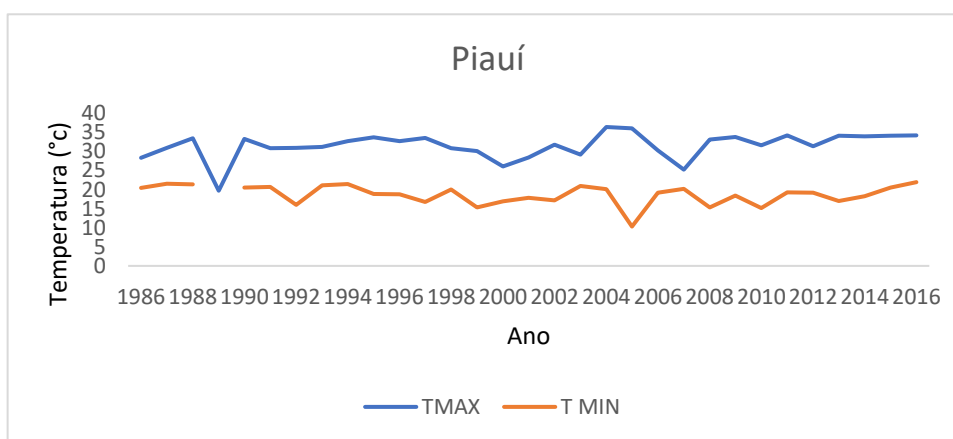


Figura 12: Temperatura Máxima e Mínima nas estações meteorológicas convencionais do INMET no Estado do Piauí - período 1986-2016 Fonte: (Claudiléia, 2017).

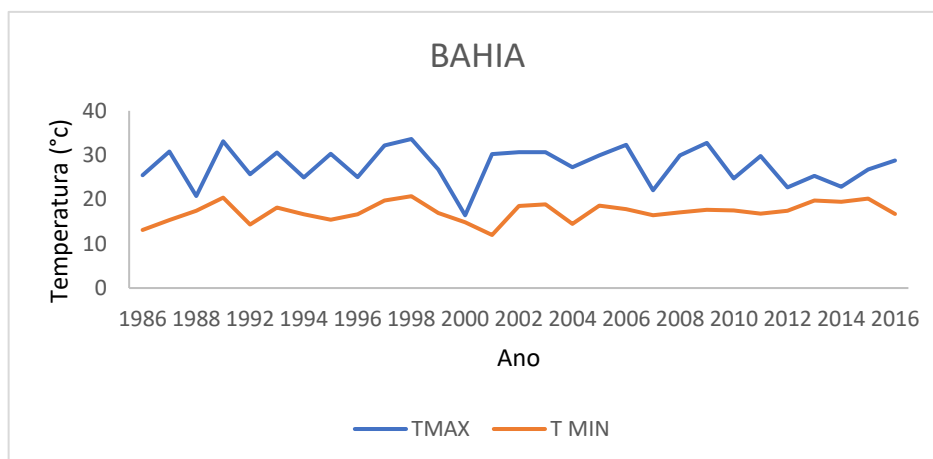


Figura 13: Temperatura Máxima e Mínima nas estações meteorológicas convencionais do INMET no Estado da Bahia - período 1986-2016 Fonte: (Claudiléia, 2017).

5.3 Expansão Agrícola

A retirada da cobertura de vegetação nativa para plantio de culturas agrícolas permanentes e temporárias foi constante, considerando a serie temporal de 1990 a 2016 (Figura 14).

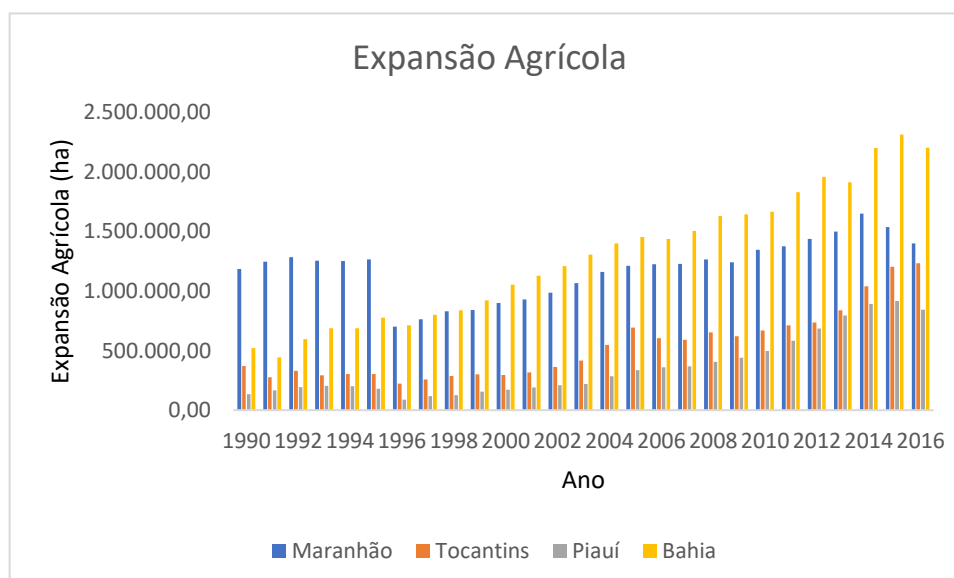


Figura 14: Expansão Agrícola MATOPIBA dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (SIDRA/IBGE) de expansão agrícola - período 1990 – 2016 Fonte: (Claudiléia, 2017)

A região apresenta diferentes produtos agrícolas, sendo as principais: milho, soja e algodão, de modo que se prestavam para analisar a evolução dessas culturas na região. Cabe

salientar que em certos anos, alguns produtos não foram registrados, de modo que aparecem zeros em algumas casas das tabelas apresentadas no Sistema de Recuperação Automática do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (SIDRA/IBGE) expansão agrícola de 1990-2016. A área total com culturas permanentes e temporárias plantadas no Matopiba de acordo com as médias calculadas foi de 2.213.944 ha em 1990 e em 2016 de 5.677.535 ha.

Os anos que apresentaram menor expansão numa escala temporal de 27 anos foram em 1991 na Bahia com um total de 444.272 ha e em 1996, ano em que 3 estados demonstraram os menores índices, Maranhão 701.913 mil ha, Tocantins 223,517 ha e Piauí apresentando o menor índice dos 4 estados com 89.590 mil ha de área expandida todos para culturas permanentes e temporárias. Os maiores índices no Maranhão aconteceram em 2014 1.650.158,00 há, em 2015 1.537.602,00 há, em 2016 1.399.553,00. No Estado do Tocantins o maior índice aconteceu no ano de 2016 com 1.232.549,00 há, nos anos de 2014 e 2015 constatou-se área expandida de 1.038.966,00 e 1.203.703,00 há. Já no Piauí o maior índice aconteceu no ano de 2015 com 917.516,00 e em 2016 de 842.837,00. Na Bahia Não foi diferente o ano com maior índice foi o de 2015 com 2.313.162,00 de área expandida e em 2016 de 2.202.596,00 (Figura 14).

6. CONCLUSÃO

Através das análises empregadas, constatou-se que a variável expansão agrícola não consegue explicar sozinha as mudanças climáticas. Precisa-se de um trabalho mais minucioso no assunto, e a utilização de novas variáveis para tentar explicar impactos nas mudanças climáticas na região do Matopiba. É certo que as alterações climáticas estão acontecendo, as análises mostram as variações. A precipitação variou entre 2000 a 500 mm, a temperatura máxima variou entre 30° a 36 °C a temperatura mínima variou entre 10° a 21 °C. A expansão agrícola apresentou taxa de crescimento de 5,3 % ao longo dos anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, T. J. A. **O processo de ocupação e uso do cerrado piauiense.** In: ENCONTRO NACIONAL DA ECOECO, 6., 2008, Brasília, DF. Anais... Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 2008. Disponível em: . Acesso em: 2017.

ÂNGELO, H.; BRASIL, A A; SANTOS, J. **Madeiras Tropicais: Análise Econômica das Principais Espécies Florestais Exportadas.** In: Revista Acta Amazônica 31 (2) 237-248, 2001.

ASSAD, E. D.; ZULLO JUNIOR, Jurandir; PINTO, Hilton Silveira. **Zoneamento Agrícola de riscos climáticos.** In: ALBUQUERQUE, Ana Christina Agebin; (ORG.), Aliomar Gabriel da Silva.. Agricultura Tropical Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 1291- 1318.

BARBOSA, V. V. et al. **Análise da variabilidade climática do município de Garanhuns.** Pernambuco – Brasil 2015.

ASSAD, E. D. **Chuva nos cerrados: análise e espacialização.** Brasília: Embrapa Spi, 1994. 423 p.

BATISTELLA, M.; VALLADARES, G. S. **Farming expansion and land degradation in Western Bahia, Brazil.** *Biota Neotropica*, v. 9, n. 3, p. 61-76, 2009.

BORGES, E. F.; ANJOS, C. S.; BAPTISTA, G. M. M. **Análise Multitemporal da Temperatura de Superfície no Oeste da Bahia.** In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba. Anais. 2011.

BORGHI, E. et al. **Desafios das novas fronteiras agrícolas de produção de milho e sorgo no Brasil: desafios da região do MATOPIBA.** In: KARAM, D.; MAGALHÃES, P. C. (Ed.). Eficiência nas cadeias produtivas e o abastecimento global. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2014. cap. 25, p. 263-278. P. 263-278.

BRASIL, AA. **As exportações de painéis de madeira.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, 2002.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_12_09_00_46_boletim_graos_janeiro_2016.pdf. Acesso 05/10/2017.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Matopiba. **Sobre o Matopiba.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-matopiba/sobre-o-tema>>. Acessado em 04 de setembro de 2017.

EVANGELISTA, B. A.; SILVA, F. A. M. da; SILVA NETO, S. P. da. Uso das informações agrometeorológicas no monitoramento das culturas agrícolas, tendo como referência a soja. Anuário da Associação Brasileira de Sementes e Mudas, Pelotas, p.38-42, jul. 2013.

GITE - grupo de inteligência territorial estratégica disponível em: <<https://www.embrapa.br/gite/>>. 15/08/2017

GUJARATI, D. N. **Econometria Básica**. Trad. Ernesto Yoshida. 3ª Ed. São Paulo: Makron Books, 2000.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2010. Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite – PMDBBS. **Monitoramento do Cerrado**. Brasília, DF. Disponível no sítio da Internet <http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/cerrado/>. Página acessada em 15/08/2017

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15/08/2017.

IBGE, Cidades. IBGE: **Censo Demográfico 2010**. <http://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 28/10/2017.

IBGE, **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola Disponível em:** <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil> Acesso em : 20/10/2017.

INMET. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP)**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em : 15/09/2017

KÖEPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Mexico, DF: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478 p.

MAGALHÃES, L. A.; MIRANDA, E. E. MATOPIBA. **Quadro natural**. Campinas, Dezembro, 2014.

MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2017-a-2027-versao-preliminar-25-07-17.pdf>

MELLOY. R.; OLIVEIRA, T. M. N. **Análise Estatística e Geoestatística da Precipitação Média para o Município de Joinville (SC)**, 2015.

MMA. 2007. **Biodiversidade do Cerrado e Pantanal: áreas e acoes prioritarias para conservacao**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-brasileira/%C3%A1reas-priorit%C3%A1rias/item/493>

SANTOS, C. C. M.; CAMARA, **Oeste da Bahia: modernização com (des) articulação econômica e social de uma região**. Salvador: UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA,

FACULDADE DE FILOSOFIA E CIENCIAS HUMANAS. 2007. 239 f. Tese (Doutorado) Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas.

SOUZA, W.M., AZEVEDO, P.V., 2009. **Avaliação das tendências de temperatura em Recife-PE**: p. 367

SOUZA, W.M., 2011. **Impactos socioeconômicos e ambientais dos desastres associados às chuvas na cidade do Recife-PE**. Tese (Doutorado). Campina Grande, UFCG.

STANTON, Jeffrey M. (2001), “**Galton, Pearson, and the peas: A brief history of linear regression for statistics instructors**”. Journal of Statistical Education, 9,3. Disponível em: <http://www.amstat.org/publications/JSE/v9n3/stanton.html>

STUDTE, M. **A expansão da fronteira agrícola e a agricultura familiar no Cerrado Maranhense**. 2008. 55 f. Tese (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo. Parte da tese do mestrado, resultado da cooperação entre a Universidade de São Paulo – USP e a Universidade Técnica de Berlin – TU Berlin: “Modelos alternativos de desenvolvimento na Amazônia”.

STRECK, N.A. et al. **Variabilidade interdecadal na série secular de temperatura ar em Santa Maria, RS. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46,p.781-790, 2011.

TEBALDI, C.; HAYHOE, K.; ARBLASTER, J.M.; MEEHL, G.A. **Going to the extremes: an intercomparison of model-simulated historical and future changes in extreme events. ClimateChange**, v.79, p.185-211, 2006.