

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA
MONOGRAFIA DE BACHARELADO

**DESASTRES NATURAIS E A ECONOMIA:
ANÁLISE DAS PERDAS NA PRODUÇÃO
AGROPECUÁRIA PELA SECA NO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO**

LUCAS DE ALMEIDA NOGUEIRA DA COSTA
Matrícula nº 114183170

ORIENTADOR: Prof. Dr. Carlos Eduardo Frickmann Young

COORIENTADOR: Dr. André Albuquerque Sant'Anna

JANEIRO 2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA
MONOGRAFIA DE BACHARELADO

**DESASTRES NATURAIS E A ECONOMIA:
ANÁLISE DAS PERDAS NA PRODUÇÃO
AGROPECUÁRIA PELA SECA NO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO**

LUCAS DE ALMEIDA NOGUEIRA DA COSTA
Matrícula nº 114183170

ORIENTADOR: Prof. Dr. Carlos Eduardo Frickmann Young

COORIENTADOR: Dr. André Albuquerque Sant'Anna

JANEIRO 2019

As opiniões expressas neste trabalho são da exclusiva responsabilidade do autor

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de dedicar esse trabalho à minha família, especialmente aos meus pais, Heleno e Christina, agradecendo-os eternamente pela educação, pelo apoio incondicional e pelo amor que formaram a pessoa que sou. E à minha irmã Isabela por ser minha parceira e melhor amiga. Agradeço aos diversos professores que passaram por minha vida, que ajudaram e continuam ajudando a construir em mim um senso científico e amor pelo conhecimento.

Agradeço ao Cadu, meu amigo, professor e orientador, pela confiança nos diversos trabalhos que tive o prazer de realizar no GEMA, pela sua sinceridade e pela dedicação em ensinar.

Ao André Sant'Anna, agradeço também por sua orientação e pelos seus ensinamentos, tentando sempre tirar o melhor de mim. Igualmente, meus agradecimentos ao Marcio Alvarenga pelo seu comprometimento com os colegas de trabalho e pelo seu companheirismo.

Às instituições que financiam projetos científicos acadêmicos, especialmente as que financiaram os projetos que fiz parte no GEMA. Agradeço ao MMA e ao PNUD pelo projeto do PSA, que me fez identificar imensamente com a carreira acadêmica. À CI Brasil e às organizações que apoiaram a elaboração do livro “Quanto vale o verde: a importância econômica das unidades de conservação brasileira”. Agradeço também ao Grupo Cataratas, à Tijoá e ao FIDA pelos projetos de pesquisa de valoração que realizei enquanto estive no GEMA.

Meus sinceros agradecimentos aos meus amigos Marcos, Daniel e Camilla que compartilharam comigo boa parte das experiências do GEMA, me apoiando, me ensinando e tornando o trabalho e a universidade ambientes muito mais agradáveis. Ao Rodrigo, meu muito obrigado por ser meu irmão de vida. Agradeço às minhas amigas Bia e Gabi por estarem comigo desde o início da faculdade e por sempre se importarem comigo. E agradeço à Camila por me ajudar a superar as complicadas últimas semanas de conclusão do curso.

Aos meus amigos da FAETEC – especialmente à Nata do Charme – e aos meus amigos do Xexélly, meu muito obrigado pelo companheirismo, pela força e por me fazerem acreditar em mim mesmo.

RESUMO

O Nordeste brasileiro sofreu, entre 2012 e 2015, uma das piores secas registradas na sua história, resultando em diversas perdas socioeconômicas na região. Dada a importância do desastre da seca para o semiárido brasileiro, esse estudo pretende avaliar e quantificar as perdas agropecuárias decorrentes desse desastre. O objetivo é identificar as perdas de área plantada e de valor da produção agropecuária, avaliando se as culturas familiares sofrem maiores consequências na ocorrência de secas. Além disso, outro objetivo é estudar a relação da seca com a produtividade por hectare colhido e estimar as perdas monetárias no decorrer das últimas décadas. Para isso, foi construída uma base de dados em painel em níveis anual e municipal de precipitação média mensal, incluindo diversas variáveis de produção agropecuária. A construção e utilização dessa base permitiu a implementação de uma estratégia empírica robusta e difundida na literatura mais recente sobre economia do clima.

Os resultados encontrados apontam na mesma direção que a literatura existente, alertando para as grandes perdas agropecuárias causadas pelas secas em regiões vulneráveis. Municípios com precipitação média inferior a 30mm/mês perdem, em média, 27,4 pontos percentuais da sua área plantada por conta da seca, enquanto municípios com precipitação média entre 30 e 60mm/mês perdem pela seca, em média, 9,5 p.p. da área plantada. Esses resultados são ainda mais expressivos quando são analisadas culturas majoritariamente familiares separadamente: no caso do milho, municípios com menos de 30mm/mês perdem, em média e pela seca, 44,0 p.p. de toda área plantada. Isso corrobora a hipótese – extensamente abordada na literatura – de que os produtores familiares sofrem as maiores perdas por sua maior vulnerabilidade.

Palavras-chave: Desastres Naturais; Seca; Impactos da Seca; Vulnerabilidade; Semiárido Brasileiro

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	10
CAPÍTULO I – MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESASTRES NATURAIS	12
<i>I.1. Desastres naturais e suas consequências</i>	12
<i>I.2. A seca no semiárido brasileiro</i>	14
<i>I.3. Mudanças climáticas e um novo problema</i>	17
CAPÍTULO II – BASE DE DADOS E ESTRATÉGIA EMPÍRICA	20
<i>II.1. Base de dados</i>	20
<i>II.1.1. Variáveis Explicativas</i>	20
<i>II.1.2. Variáveis Dependentes</i>	26
<i>II.1.3. Variável de Controle</i>	29
<i>II.2. Estratégia Empírica</i>	29
CAPÍTULO III – IMPACTOS DA SECA NA AGRICULTURA DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO	31
<i>III.1. Estatísticas Descritivas</i>	32
<i>III.2. Resultados das Regressões</i>	36
<i>III.3. Estimações das Perdas</i>	44
CONCLUSÃO	48
BIBLIOGRAFIA	50
ANEXO I	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BDMEP	Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
FIDA	Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NE	Nordeste
PAM	Pesquisa Agrícola Municipal
PIB	Produto Interno Bruto
PPM	Pesquisa Pecuária Municipal
S2iD	Sistema Integrado de Informações sobre Desastres
VP	Valor da Produção

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa dos municípios do Semiárido brasileiro, 2017	15
Figura 2. Estações climáticas e mapa interpolado, 2003	22
Figura 3. Precipitação média por município, 2003	23
Figura 4. Evolução dos municípios afetados por desastres de seca, 2003-2016	25
Figura 5. Área perdida por seca estimada ao longo do tempo para todas as culturas, 1997-2016.....	45
Figura 6. Áreas Plantadas Perdidas estimadas por grupo de ano e por município para todas as culturas, 1997-2016	46
Figura I. Áreas Plantadas Perdidas estimadas por grupo de ano e por município para feijão e milho, 1997-2016	60
Figura II. Valor da Produção Perdido estimado por grupo de ano e por município para todas as culturas, 1997-2016	61
Figura III. Valor da Produção Perdido estimado por grupo de ano e por município para feijão e milho, 1997-2016	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Área colhida total e pela agricultura familiar	27
Tabela 2. Percentual da área colhida de cada cultura em relação à área colhida total	28
Tabela 3. Estatísticas descritivas por variável ao nível município-ano, 1997-2016	32
Tabela 4. Estatísticas descritivas da precipitação média mensal por categoria de precipitação e pela ocorrência de desastre	33
Tabela 5. Média da área perdida e do valor da produção agropecuária, por categoria de precipitação, 1997-2016	33
Tabela 6. Média da área perdida e do valor da produção agropecuária, pela auto declaração de desastre, 2003-2016	34
Tabela 7. Média da área perdida e do valor da produção agropecuária de milho e feijão, por categoria de precipitação, 1997-2016	35
Tabela 8. Média da área perdida e do valor da produção agropecuária de milho e feijão, pela auto declaração de desastre, 2003-2016	36
Tabela 9. Regressão das categorias de precipitação na dummy de desastres, 2003-2016	37
Tabela 10. Regressão das Categorias de Precipitação na Área Perdida, 1997-2016	38
Tabela 11. Regressão das Categorias de Precipitação no VP Agrícola, 1997-2016	40
Tabela 12. Regressão das Categorias de Precipitação na Produtividade Agrícola, 1997-2016.....	41
Tabela 13. Regressão das Categorias de Precipitação no Valor da Produção Pecuária e no Tamanho dos Rebanhos, 1997-2016	43
Tabela I. Regressão da Dummy de Desastres na Área Perdida, 2003-2016	55
Tabela II. Regressão da Dummy de Desastres no VP Agrícola, 2003-2016	55
Tabela III. Regressão da Dummy de Desastre na Produtividade Agrícola, 2003-2016	56
Tabela IV. Regressão da Dummy de Desastre no Valor da Produção Pecuária e no Tamanho dos Rebanhos, 2003-2016	56
Tabela V. Áreas Plantadas Perdidas estimadas por ano para todas as culturas e discriminando feijão e milho, 1997-2016	58
Tabela VI. Valor da Produção Perdido estimados por ano para todas as culturas e discriminando feijão e milho, 1997-2016	59

INTRODUÇÃO

Segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (CEPED/UFSC, 2012), que resumizou as declarações de desastres para todo o país entre 1991 e 2012, os desastres naturais no país passaram de 8.515 nos anos 90 para 21.741 nos anos 2000 – aumento de 155% entre os registros. As ocorrências entre 2010 e 2012 já superaram as ocorrências totais da década de 90, notificando 8.740 casos. Entre as mesmas décadas houve um aumento de 170% nos casos de seca e estiagem em todo o país, afetando durante todo o período observado cerca de 126 milhões de pessoas – caracterizando este desastre natural como o que mais afeta a população de alguma forma, por conta de sua alta recorrência e abrangência. Apesar de essa comparação ter alguns problemas por conta dos registros que podem ter sido perdidos na década de 90, observando os dados entre 2010 e 2012 pode-se dizer que o patamar das ocorrências parece ter se movido.

O Nordeste é a região do país que se tem mais afetados por desastres naturais (44%) e registra cerca de 57% dos casos de seca e estiagem, que afetaram no período mais de 41 milhões de pessoas.¹ Apesar desses desastres não serem tão mortais quanto as enxurradas e inundações, as estiagens e as secas têm aumentado cada vez mais (CEPED/UFSC, 2012), causando diversos danos socioeconômicos e afetando, principalmente, os produtores familiares rurais e as populações mais vulneráveis (MACHADO FILHO et al., 2016; MARENGO et al., 2016, 2018; BRITO et al., 2018).

Portanto, dada a importância e as graves implicações das secas e estiagens no Nordeste brasileiro – principalmente na região conhecida por semiárido –, esse estudo pretende entender o impacto desses desastres na produção agropecuária da região. Historicamente, observa-se na região, além de níveis médios de precipitação inferiores à média geral do Brasil, uma maior quantidade de choques adversos. Segundo Campos & Studart (2001), esse padrão, inclusive, sempre determinou o modo de ocupação do espaço no semiárido, de forma que as pessoas e as atividades econômicas estejam adaptadas à essas condições – denotando um caráter endógeno na identificação do impacto da seca sobre os diferentes tipos de produção agropecuária.

Portanto, de forma mais precisa, pretende-se estudar nesse trabalho o impacto dos baixíssimos níveis de precipitação média – choques adversos – na produção agropecuária do semiárido brasileiro e se esse impacto é maior nas produções familiares. Uma outra questão que

¹ O mesmo grupo de afetados pode ser contabilizado mais de uma vez no caso de ocorrências distintas.

será abordada é como tem se dado as perdas na produção agrícola no decorrer das últimas duas décadas, destacando-se as grandes secas no Nordeste brasileiro após 2011. Para isso, foi traçada uma estratégia empírica a partir de uma base de dados em painel ao nível de município e ano, que permite abordar com mais precisão as oscilações entre níveis de precipitação e produção agrícola. Dell et al. (2014) destacam como a nova literatura da economia do clima tem usado estratégias semelhantes na identificação de efeitos de desastres naturais e como estas têm permitido alcançar resultados robustos.

Esse estudo foi uma iniciativa do Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola (FIDA) que, junto ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), demandaram subsídios técnicos para propor um projeto de mitigação e adaptação à mudança climática no semiárido brasileiro para o *Green Climate Fund* (GCF).

No decorrer desse trabalho são apresentados três capítulos. O Capítulo 1, através de uma revisão bibliográfica interdisciplinar, busca motivar a discussão sobre desastres naturais, apresentando seus efeitos e possíveis ações de prevenção e mitigação, além das expectativas para as próximas décadas em um contexto de mudanças climáticas. No segundo capítulo são explicadas as metodologias utilizadas no trabalho, descrevendo a construção da base de dados e da estratégia empírica. O terceiro e último capítulo discute os resultados estatísticos das regressões e apresenta um simples exercício de valoração para calcular os efeitos das secas no espaço e no tempo.

CAPÍTULO I – MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESASTRES NATURAIS

Este capítulo introdutório busca apresentar o problema dos desastres naturais, revisando a literatura recente interessada nos seus impactos, destacando a relevância e urgência do tema; objetiva também caracterizar e entender o que se já se sabe sobre os desastres de seca no semiárido brasileiro e seus diferentes impactos nas comunidades afetadas; e abordar os possíveis impactos que as mudanças climáticas poderão, ou já estão tendo sobre a ocorrência de desastres naturais e seus danos, buscando possíveis explicações para os casos de seca mais recentes no Nordeste brasileiro.

1.1. Desastres naturais e suas consequências

Primeiramente, é importante definir o termo desastres naturais. A compreensão utilizada nesse estudo é que um desastre natural ocorre quando uma comunidade é atingida por um evento climático extremo e não tem a resiliência necessária para prevenir que ocorram danos socioeconômicos (PAUL, 2011). Portanto, a ocorrência de um desastre natural exige que um grupo de pessoas sejam prejudicados por determinado evento climático.

Dell et al. (2014) destacam a ascensão de uma nova literatura sobre economia do clima nas últimas décadas. Essa literatura busca, principalmente através de resultados empíricos, relacionar variáveis climáticas (níveis de temperatura, precipitação e velocidade do vento) com resultados socioeconômicos diversos, como produção agrícola, crescimento econômico, produtividade, doenças, mortes, migração e etc. Esses novos estudos foram possibilitados, em grande parte, por avanços metodológicos e tecnológicos que permitem a construção de base de dados em painel com grande detalhamento espacial, atingindo resultados mais robustos do ponto de vista da inferência estatística. Eles permitiram a confirmação de muitas teorias que, até então, não poderiam ser empiricamente comprovadas: choques de temperatura e precipitação têm relação com produção agrícola e industrial, com produtividade do trabalho, com demanda energética, com conflitos e estabilidade política, destacando-se também a maior vulnerabilidade de países pobres aos choques de temperatura.

Outros estudos tentam valorar as grandes perdas econômicas geradas por eventos climáticos e desastres naturais. Young et al. (2013) alerta para os crescentes custos gerados pelas chuvas no estado do Rio de Janeiro e como a má alocação de recursos faz com que os

problemas se perpetuem. No caso das chuvas de 2011 na região serrana do Rio de Janeiro – uma das piores chuvas que se tem conhecimento na região –, o relatório do Banco Mundial (2012) estimou uma perda de aproximadamente 40% do PIB para os sete municípios atingidos e mais de 900 mortos, alertando que provavelmente há subestimações nos resultados. Da perda do PIB, mais de 50% está relacionada à ocupação irregular, caracterizando condições de extrema vulnerabilidade.

Freitas et al. (2012) alertam como as condições de vulnerabilidade potencializam os danos dos desastres, utilizando como exemplo as chuvas na região serrana do Rio de Janeiro e os terremotos no Haiti. Os autores chamam a atenção para o descompasso entre crescimento de países emergentes e suas condições de prevenir e mitigar desastres naturais, o que tende a aumentar a vulnerabilidade nesse grupo de países. Anbarci et al. (2005) destacam que a passividade dos agentes – muitas vezes argumentando que terremotos são fenômenos incontroláveis – faz com que os danos causados por terremotos sejam maiores ainda. Eles verificam que fortes instituições que construam ações coletivas de prevenção e mitigação são essenciais na redução dos efeitos de terremotos.

Além dos diversos impactos diretos que variáveis climáticas têm sobre os resultados socioeconômicos observados em dada região, outras condições podem prevenir, mitigar ou agravar esses danos. Neumayer et al. (2014) tentam compreender algumas das causas que podem agravar os danos dos desastres naturais. Os autores argumentam que a prevenção e mitigação dos danos de desastres naturais estão intimamente ligadas à propensão daquela região a sofrer com aquele desastre – entendendo propensão como a frequência e a intensidade do desastre. De forma geral, localidades que sempre sofrem com furacões ou terremotos tendem a estar mais preparados a mitigar os danos causados pelo desastre. Keefer et al. (2011) explicam, por exemplo, que quanto maior a propensão de uma comunidade sofrer terremoto, ela tenderá a ter menos mortos por terremoto. Neumayer et al. (2014) desenvolvem também a importância dos governos na prevenção e mitigação dos desastres. Isso porque os indivíduos e agentes privados têm dificuldade de agir coletivamente e sofrem com grande assimetria de informação e falhas de mercados, fazendo com que haja subestimação dos desastres naturais e seus efeitos. E as políticas do governo não devem subestimar os problemas: investimentos paliativos sem soluções de longo prazo podem criar uma falsa sensação de segurança e aumentar a vulnerabilidade e os riscos causados por desastres futuros.

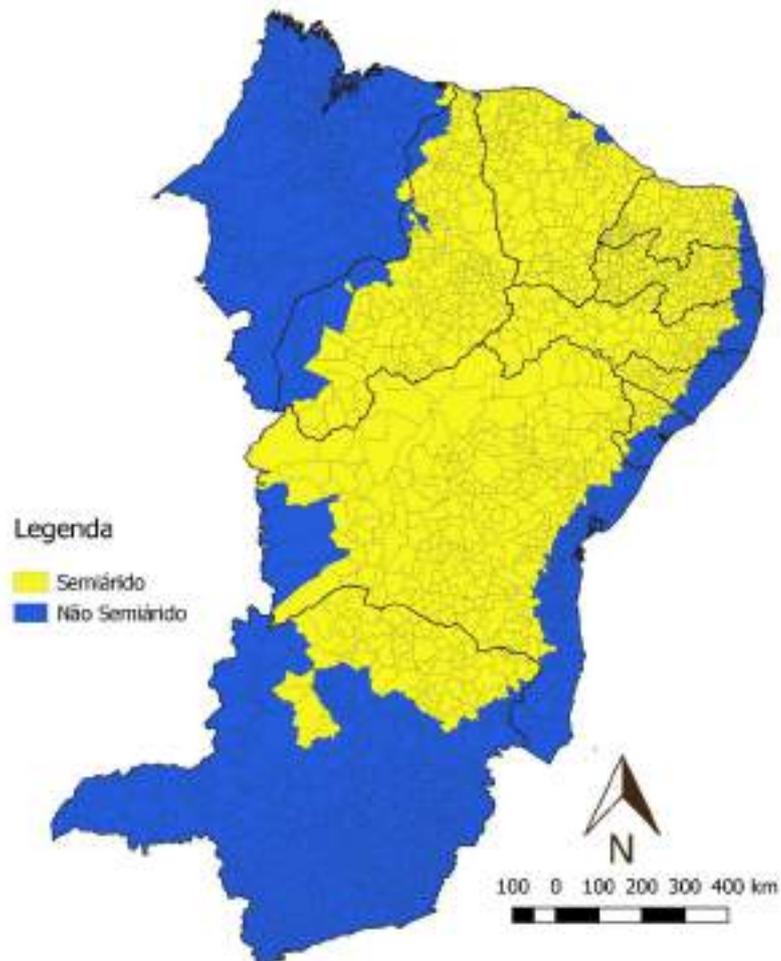
Algumas ações se destacam na prevenção e mitigação dos danos causados por desastres naturais. Destaca-se, por exemplo, como a ocupação irregular pode aumentar a

vulnerabilidade de comunidades a deslizamentos, sendo importante a manutenção de florestas para aumentar a resiliência em áreas com grandes declividades (GLADE, 2003). Sant’Anna (2018) argumenta o importante papel que a infraestrutura urbana tem na redução dos danos de desastres naturais, aumentando a resiliência de regiões que estariam mais propensas aos efeitos de um evento climático extremo. Ou seja, as conclusões e resultados desses estudos indicam que, para se minimizar a vulnerabilidade aos desastres climáticos é imprescindível que o poder público atue no sentido de fiscalizar, de regularizar e de prover uma estrutura ideal para que os danos possam ser minimizados.

1.2. A seca no semiárido brasileiro

A ocorrência de secas no Nordeste, mais especificamente, no semiárido brasileiro, não é um problema recente. No século XVII já eram reportados diversos casos de desastres por baixa precipitação na região, ocasionando a morte de criações de gados e milhares de pessoas – além de diversos problemas sociais (CAMPOS & STUDART, 2001). Essa característica, que, inclusive, marca o processo de colonização da região, é anterior a processos antrópicos degradantes, sendo intrínseca a uma faixa de latitude do globo terrestre, exposta, entre outros, a altas temperaturas e a grandes quantidades de energia solar (MARENGO, 2010). Outra importante característica, decorrente da exposição às altas temperaturas e grandes quantidades de energia solar, é que essa região costuma apresentar taxas de evapotranspiração maiores do que as taxas de precipitação. A Figura 1 apresenta os municípios considerados pertencentes ao semiárido brasileiro em 2017.

Figura 1. Mapa dos municípios do Semiárido brasileiro, 2017.



Fonte: Elaboração própria a partir do IBGE.

Apesar de muitas regiões no planeta sofrerem com a baixa disponibilidade hídrica devido às elevadas taxas de evaporação da água, o semiárido brasileiro se destaca por ser a região mais populosa com tais características climáticas no mundo. Adicionalmente, grande parte dessa população depende da agricultura de subsistência e sofre com grandes déficits de políticas públicas efetivas focadas na mitigação dos efeitos da seca (TRAVESSOS et al., 2013; SILVA et al., 2013). Esse quadro explica, além dos eventos climáticos extremos, a vulnerabilidade em que a população nordestina está exposta, internalizando economicamente e socialmente os danos causados pelo desastre da seca.

Cirino et al. (2015) explicam ainda a importância do fenômeno do El Niño para as variáveis climáticas de temperatura e precipitação no Nordeste brasileiro. Os autores encontram evidências empíricas de que este fenômeno climático exógeno está correlacionado com maiores taxas de temperatura e menores níveis de precipitação – ou seja, correlacionado com a ocorrência de secas. Como a produção agrícola depende de fatores meteorológicos como temperatura e precipitação, os autores também explicam que o El Niño causa grandes perdas

agrícolas na região. No caso das culturas de feijão e milho – culturas de grande importância para a agricultura familiar – as perdas em anos de El Niño é, em média, de 50% no Nordeste.

A grande variabilidade climática associada à vulnerabilidade da população aumentam os riscos relacionados aos danos de desastres naturais. O déficit hídrico, além de gerar problemas diretamente ligados ao abastecimento de água, acarreta também em deficiência alimentar e energética, que reduzem a segurança da população e aumentam os riscos de doenças e mortes. Rocha & Soares (2015) explicam que choques negativos de chuva no semiárido brasileiro são correlacionados com maiores taxas de mortalidade infantil, menores períodos de gestação e bebês com menores pesos no nascimento. Os movimentos migratórios são outra consequência desse cenário, apesar de ter representado ameaças mais graves no passado. Outro problema extremamente relevante é a desertificação, como consequência da baixa umidade em solos semiáridos. Ela tende a aumentar ainda mais a vulnerabilidade na região ao degradar, inutilizando os solos úteis e, conseqüentemente, diminuindo o bem-estar da população afetada. (TRAVESSOS et al., 2013; VIEIRA et al., 2015).

Castro (1965), em sua obra “Geografia da fome; o dilema brasileiro: pão ou aço”, descreve como a falta de segurança alimentar se dá no Nordeste brasileiro, consequência de um forte subdesenvolvimento e da exploração descontrolada de latifundiários e das monoculturas. Essa contribuição é importante para a compreensão de que a vulnerabilidade do cidadão rural sertanejo também é fruto de negligência política, onde muitas vezes se argumenta que o problema é proveniente de causas naturais e, portanto, não é possível que se resolva por completo.

Apesar das características semiáridas históricas observadas em boa parte do Nordeste, existe uma tendência de aumento das secas e de suas consequências nas últimas décadas. Conforme explica Brito et al. (2018), a frequência, a duração e a severidade da seca no Nordeste tem sido cada vez maiores, atingindo áreas maiores e mais pessoas, gerando perdas na agricultura e danos sociais.

O aumento da duração dos casos de seca se evidencia na seca que começou em 2011. Essa seca - que, na verdade, tem seus anos mais severos entre 2012 e 2015 - é caracterizada pelo longo período, pela sua persistência e manutenção de baixa precipitação, tornando-se, se não a mais grave já reportada, uma das mais severas da história (GUTIÉRREZ et al, 2014; CUNNINGHAM et al., 2017; BRITO et al., 2018, MARENGO et al., 2016, 2018). Segundo os autores, essas novas características reforçam dois pontos: um novo padrão climático parece

estar se configurando, baseado nas tendências de severidade e durabilidade das secas; e que, apesar de haver políticas públicas voltadas para as regiões semiáridas, claramente há um déficit de políticas – principalmente de longo prazo – para mitigar os efeitos dos desastres.

1.3. Mudanças climáticas e um novo problema

O Banco Mundial lançou em 2012 o relatório “Turn down the Heat: Why a 4 °C Warmer World Must Be Avoided”, onde projeta diversos resultados socioeconômicos em um mundo 4°C mais quente – projeção factível para a maioria dos cientistas para o final do século se não forem promovidas relevantes ações sustentáveis. No documento se destacam algumas projeções feitas para os níveis de precipitação e seca, onde, de forma geral, é esperado que as regiões mais secas fiquem ainda mais secas e as mais úmidas ainda mais úmidas – e que as regiões secas dos países emergentes fiquem ainda mais pobres. Estima-se que nas regiões mais secas do planeta, esse cenário acarretaria em perda de produtividade agrícola – mesmo em cenários mais conservadores de aumento da temperatura esperam-se esses resultados.

O planeta está e sempre esteve suscetível a mudanças em seu clima, de forma natural, através de ciclos longos ou curtos. Na história da humanidade esses eventos estiveram presentes em várias ocasiões, influenciando nos movimentos migratórios de comunidades e na adaptação do modo de viver. Na discussão atual, ainda não existe um consenso sobre as causas das mudanças climáticas. Mesmo que muitos cientistas atribuam boa parte das causas às ações humanas, que alteram as relações de equilíbrio dos sistemas climáticos da Terra (HSIANG & KOOP, 2018), a discussão – também influenciada pelos diversos interesses políticos – parece longe de se encerrar. Contudo, para a produção desse trabalho, não se entrará no mérito das causas, apenas nos seus efeitos e onde algumas ações mitigatórias deveriam ser focadas.

Cada vez mais estimam-se os efeitos das mudanças climáticas sobre os setores da economia, e as consequências socioeconômicas sobre toda a população mundial. Apesar das expectativas serem difusas e de haver muito conflito de interesse na discussão, muitos estudos – em grande parte, baseados nos relatórios do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) – apontam cada vez mais para consequências negativas nas próximas décadas. A oferta e os preços dos alimentos podem sofrer graves desequilíbrios, os desastres naturais, como secas, inundações e ciclones devem aumentar sua frequência, a disponibilidade hídrica tenderá a ser menor, os ecossistemas deverão ficar mais expostos à extinção, e o bem-estar de grande parte da população mundial poderá ser afetado (BANCO MUNDIAL, 2012).

Barcellos et al. (2009) chamam a atenção para os problemas de saúde que poderiam ser consequência das mudanças climáticas: além das mortes causadas por desastres, as mudanças climáticas poderiam aumentar ainda mais a vulnerabilidade de diversas comunidades, expondo-as a condições propícias para uma série de doenças. Confalonieri & Marinho (2007) alertam que as mudanças no clima poderiam também aumentar o número de pessoas afetadas por extremos climáticos, e que esses eventos poderiam ser mais intensos e duradouros, aumentando, não só os acidentes por eventos climáticos, mas o número de doenças infecciosas e de desnutrição. A conclusão é que se não forem tomadas diversas ações, como o deslocamento de habitações em áreas de risco, o investimento em infraestrutura básica e em saneamento, e o controle de doenças influenciadas pelo clima, os resultados poderiam botar em risco anos de conquistas em relação ao combate às doenças transmissíveis.

Em certa parte, os problemas relacionados às mudanças climáticas são deixados de lado pela aparente falta de urgência nas suas consequências, já que normalmente se alerta apenas para os problemas de longo prazo. Nobre (2010) alerta para a vulnerabilidade que as populações mais pobres e que estão mais expostas às degradações ambientais. Apesar de países emergentes, como o Brasil, serem conhecidos pelas suas riquezas naturais, é falacioso acreditar que os impactos seriam menores nessas localidades, pelo contrário: a vulnerabilidade deve ser um motivo de preocupação e de atuação mais imediata contra os efeitos das mudanças climáticas.

Nos últimos anos, foram observadas algumas evidências na seca da Síria, que agravou o conflito político, religioso e econômico (GLEICK, 2014). Argumenta-se que a seca começada em meados dos anos 2000, combinada com um sistema de irrigação pouco eficiente e um déficit de políticas voltadas para o campo, fez com que boa parte da população rural migrasse, aumentando a insegurança alimentar e o desemprego. As evidências sugerem que os resultados dos últimos anos já sejam resultado de mudanças no clima (KELLY et al., 2015). Diffenbaugh et al. (2015) e Mann & Gleick (2015) fornecem alguma evidência sobre o impacto das mudanças climáticas nas secas mais recentes no oeste dos Estados Unidos. Para eles, existem fortes evidências sugerindo um novo regime climático, onde altas temperaturas e secas extremas serão cada vez mais concomitantes, e o risco de desastres climáticos será cada vez maior.

O cenário das mudanças climáticas para o semiárido brasileiro, portanto, é drástico e pessimista. Os estudos baseados em diversos modelos de predição convergem para resultados relativamente similares: as temperaturas médias e as máximas tendem a aumentar, acarretando

em uma maior variabilidade e intensidade nos extremos chuvosos, em mais dias consecutivos sem chuva e em um clima ainda mais seco e com maior deficiência hídrica (MARENGO et al., 2011, 2018; WORLD BANK, 2012; Lacerda et al., 2017). Darela Filho et al. (2015) explicam que, apesar da implementação de algumas medidas paliativas, as políticas públicas focadas no semiárido não são suficientes para mitigar a maior parte dos efeitos da seca. A tendência é que elas serão ainda mais insuficientes em um cenário de mudança climática, de modo que será de extrema importância a cooperação entre a comunidade científica e os *policy makers* para se alcançar algum sucesso.

Machado Filho et al. (2016) estudam ainda os possíveis impactos para os agricultores familiares no Norte e Nordeste do Brasil, destacando a não linearidade dos danos das mudanças climáticas: as culturas majoritariamente familiares dependentes de chuva deverão ser as mais afetadas nas próximas décadas. Ou seja, as comunidades rurais mais pobres deverão ser as mais afetadas, colocando em grande risco a segurança alimentar desses grupos. Para mitigar tais danos, será necessário o desenvolvimento e aplicação de novas estratégias e tecnologias, criando uma maior resiliência das culturas mais afetadas. Será necessário reverter, principalmente, os hábitos degradantes da ocupação extensiva e da mineração, internalizando técnicas agroecológicas e hábitos sustentáveis – que, inclusive, seriam benéficos para preservação ambiental e da biodiversidade.

Apresentada todas essas evidências, onde o estudo da seca e as ações políticas no semiárido brasileiro parecem ter cada vez mais urgência, espera-se nesse estudo entender o impacto desse recorrente desastre para a produção agropecuária no Nordeste brasileiro. Além disso, deseja-se estudar se as produções familiares são, de fato, as mais afetadas e como tem se dado a evolução no espaço-tempo dos danos causados pela seca.

CAPÍTULO II – BASE DE DADOS E ESTRATÉGIA EMPÍRICA

II.1. Base de dados

Com o objetivo de estudar o impacto das secas na produção agrícola do semiárido brasileiro, foi construída uma base de dados em nível anual e municipal para Minas Gerais e para os estados do Nordeste brasileiro, contendo dados sobre precipitação média, episódios de desastres declarados à Defesa Civil e de produção agropecuária – área plantada, área colhida, valor da produção agrícola e valor da produção pecuária. O termo “município-ano” será comumente utilizado nesse trabalho para especificar que o objeto tratado é um município em um ano t específico, já que o mesmo município pode ter caracterizado um evento de seca em um ano e no outro não.

II.1.1. Variáveis Explicativas

Para estudar a correlação proposta nesse trabalho, foram coletados dois tipos de informações que, posteriormente, permitirão a construção de duas variáveis explicativas – variáveis independentes do modelo que impactam, em determinado grau, as variáveis dependentes. Os dados coletados se separam em:

- (i) Precipitação média mensal, coletada pelas estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e disponibilizada no Banco de Dados Meteorológicos para o Ensino e Pesquisa (BDMEP); e
- (ii) Episódios de estiagem e seca, fornecidos pela série histórica do Sistema Integrado de Informação sobre Desastres (S2iD).

Para construir uma variável de precipitação média mensal e incluí-la na base de dados, primeiro foi calculada a média simples da precipitação mensal para cada ano e para cada estação meteorológica, tal qual na fórmula (1).

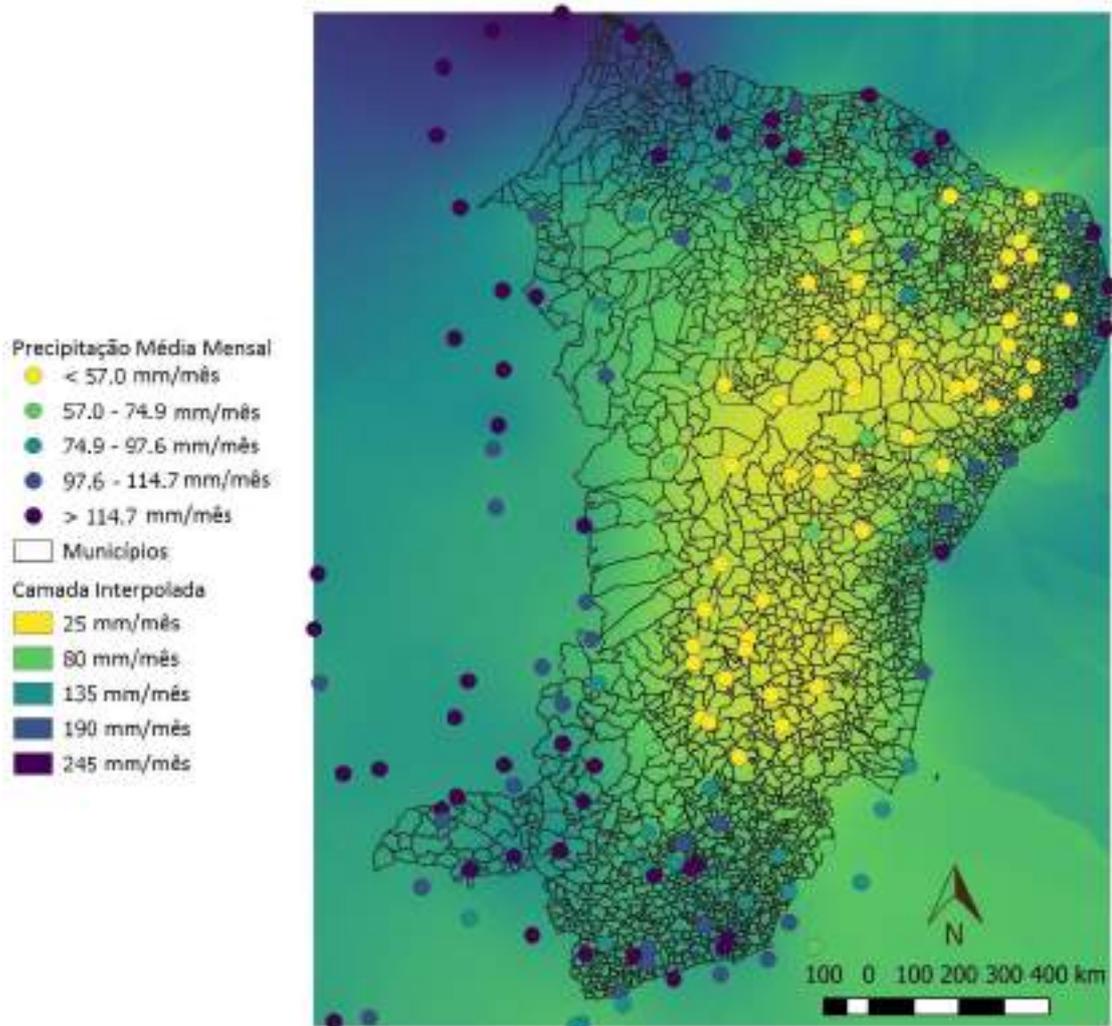
$$Precipitação\ Média_{it} = \frac{\sum_{m=1}^{12} Precipitação\ Total_{im}}{12} \quad (1)$$

Ou seja, primeiro foi calculada uma média de precipitação para cada estação i e cada ano t , a partir de uma média simples das precipitações totais mensais disponibilizadas para cada estação.²

Por seguinte, a fim de atribuir os dados de precipitação média das estações ao nível municipal, utilizou-se o software *ArcMap*. Primeiro, os dados das estações foram interpolados pelo método *Kriging*, utilizando suas respectivas coordenadas geográficas. Para realização dessa interpolação, foram mantidos as configurações do método de krigagem do *ArcMap*, onde os parâmetros padrões são o método normal de krigagem e o modelo esférico. Nos parâmetros padrões também é definido um máximo de 12 observações que podem influenciar o cálculo para cada ponto do mapa – influenciam em maior ou menor grau, a depender da distância de cada observação em relação ao ponto de interesse. Esse cálculo foi realizado para cada ano, gerando mapas de *pixels* com tamanho de 3,5km por 3,5km, contendo em cada *pixel* o valor da precipitação média mensal por ano. Como exemplo, apresenta-se na Figura 2 o mapa interpolado, além dos pontos com os valores observados nas estações para o ano de 2003.

² Estações com menos de 10 observações mensais no ano foram descartadas para evitar médias anuais viesadas.

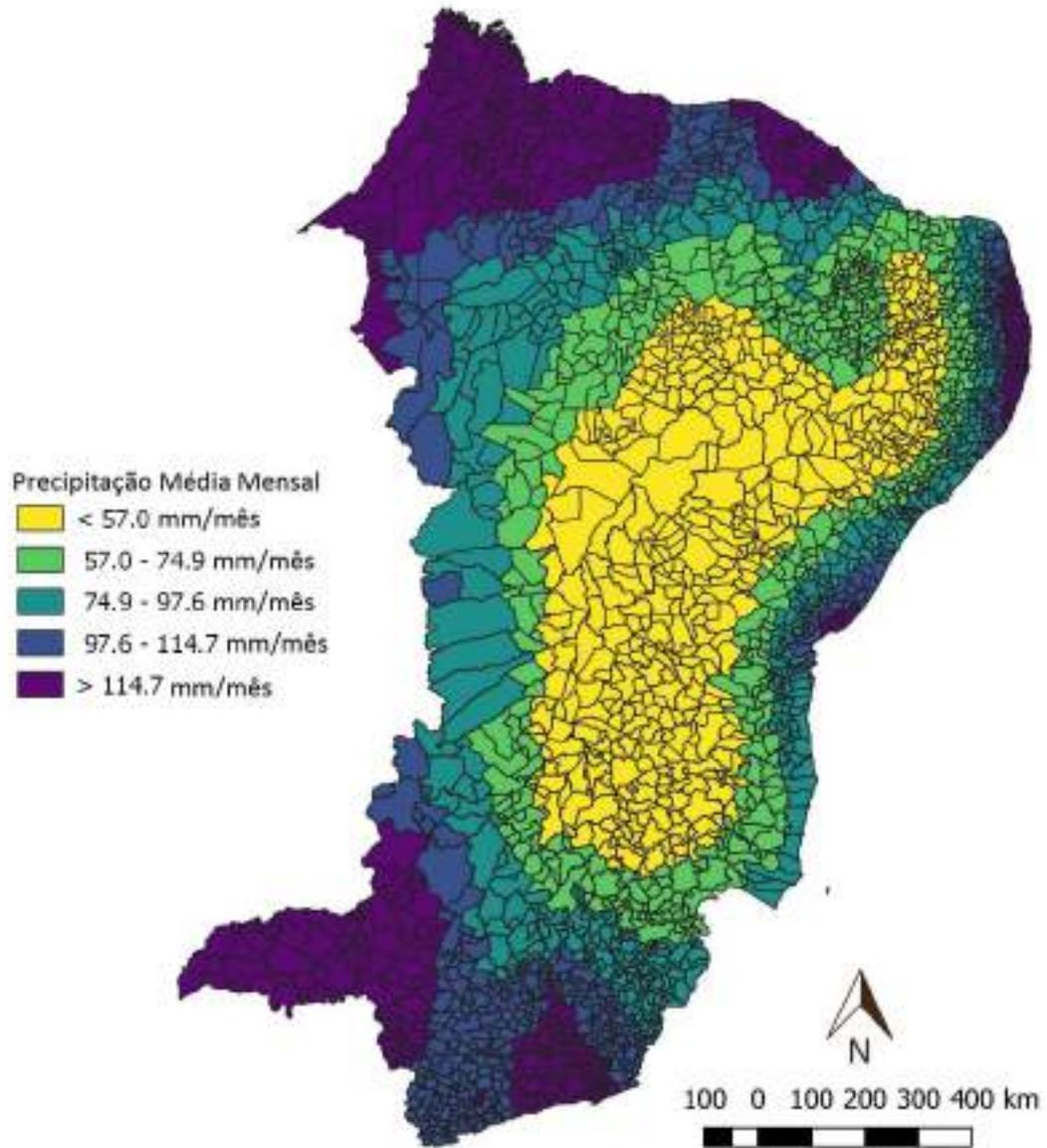
Figura 2. Estações climáticas e mapa interpolado, 2003.



Fonte: Elaboração própria a partir de BDMEP/INMET.

A partir dos mapas interpolados para cada ano, utilizou-se a função *Zonal Statistics* do *ArcMap* para, enfim, calcular as médias para cada município. Para isso, utilizou-se como máscara o *shapefile* dos municípios do Nordeste e Minas Gerais e, dessa forma, se obteve as médias de precipitação para cada município (Figura 3).

Figura 3. Precipitação média por município, 2003.



Fonte: Elaboração própria a partir de BDMEP/INMET.

Para melhor identificação da causalidade na aplicação da estratégia empírica desse trabalho, foi preferível, ao invés de trabalhar com a variável linear de precipitação média anual por município, usar uma variável categórica por faixas de precipitação média. Essa escolha se justifica uma vez que o efeito da baixa precipitação na agricultura não é dado de forma linear: a variação de 20mm/mês para 40mm/mês provavelmente não terá a mesma consequência que a variação de 100mm/mês para 120mm/mês. A variável categórica se divide em 4 faixas de precipitação: (1) para os municípios-ano em que a precipitação média mensal é maior que 100mm/mês; (2) para os municípios-ano em que a precipitação média mensal fica entre 60mm/mês e 100mm/mês; (3) nos casos em que a precipitação média mensal está entre

30mm/mês e 60mm/mês; e (4) para os municípios-ano com precipitação média mensal menor que 30mm/mês. Para facilitar a identificação das categorias, atribuiu-se os nomes “Categoria de Precipitação (1)” para a primeira faixa de precipitação média mensal, e para as outras categorias, respectivamente.

As informações sobre desastres do S2iD são disponibilizadas a partir do geocódigo³ do município que declarou estiagens ou secas. Portanto, esses dados são incluídos de forma direta na base de dados construída para esse estudo. Como não foram verificadas diferenças estatísticas muito relevantes nos resultados ao separar os casos de seca e estiagem (apesar de alguns estados serem mais propensos a declararem seca ou estiagem), preferiu-se simplificar essa variável em uma variável binária de desastres – ou variável *dummy* de desastres.⁴ Essa variável assume o valor 1 nos anos em que o município *m* declara seca, ou declara estiagem, ou ambos; enquanto isso, o valor 0 é assumido pelos municípios em que naquele ano específico não declararam quaisquer casos de seca ou estiagem.

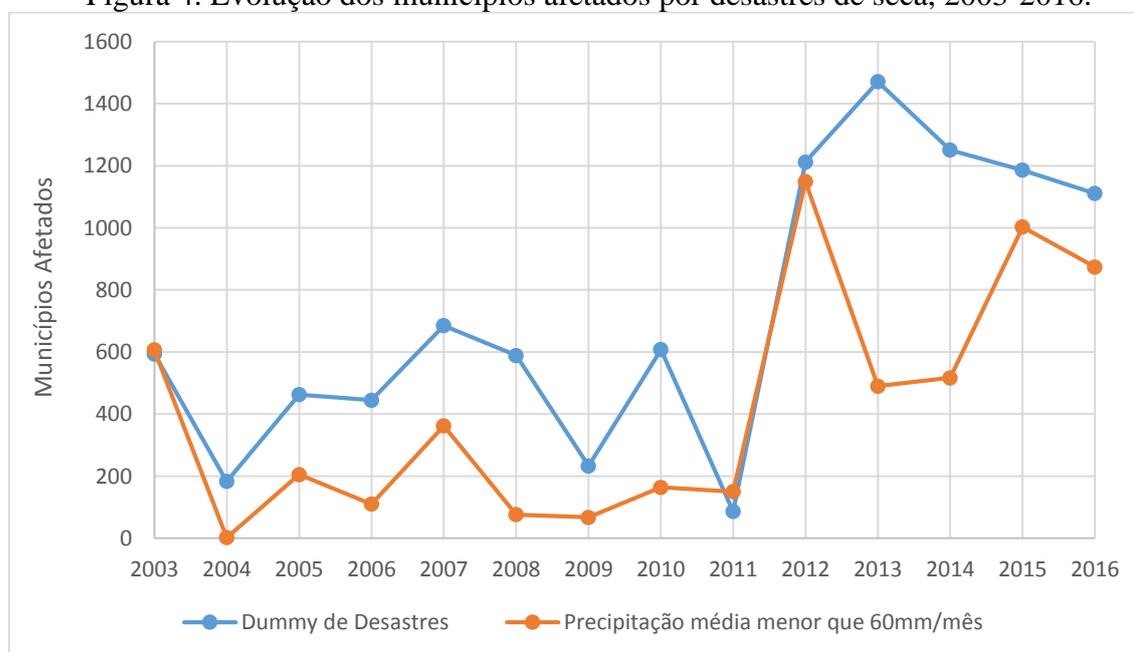
Tanto as *Categorias de Precipitação*, quanto a *Dummy de Desastres* desempenham um papel semelhante neste estudo, identificando os municípios que sofreram com a falta de chuva em determinados períodos. No entanto, a série histórica de episódios de estiagem e seca só está disponível a partir de 2003. Portanto, a análise a partir das informações de desastres do S2iD será realizada para o período 2003-2016. No caso dos dados de precipitação mensal do INMET, as informações são disponibilizadas para todos os anos das últimas décadas do século XX. Porém, na década de 1990 houve um surto emancipacionista, onde centenas de municípios foram criados e instalados no Brasil. Esse processo se encerrou apenas em 1996, com a aprovação da Emenda Constitucional n° 15, onde a emancipação dos municípios passaria a depender de uma série de requisitos como leis estaduais específicas, estudos de viabilidade e a aprovação da população dos municípios envolvidos em plebiscito (BRASIL, 1996; NUNES & GARCIA, 2015). Como mudanças nas divisões territoriais podem acarretar em problemas na estratégia empírica proposta nesse trabalho, decidiu-se por limitar a análise pelas Categorias de Precipitação apenas aos anos entre 1997 e 2016.

³ Geocódigo é um código municipal definido pelo IBGE para melhor identificação das unidades municipais.

⁴ Segundo a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade) disponibilizada no S2iD, estiagem é um período prolongado de baixa ou nenhuma pluviosidade, que ocasiona déficit de umidade do solo. A seca se caracteriza como uma estiagem prolongada em período suficiente para provocar graves desequilíbrios hídricos.

A Figura 4 mostra a evolução do número de municípios que sofreram com desastres e os municípios nos anos em que a precipitação média ficou abaixo de 60 mm/mês – *Categorias de Precipitação (3) e (4)*. É evidente que houve um forte aumento nos episódios de seca a partir da segunda década do século XXI (CEPED/UFSC, 2012), e que há uma correlação entre a *Dummy de Desastres* e os municípios observados nas *Categorias (3) e (4)* de precipitação média mensal. As observações nos anos 2013 e 2014 parecem ter uma maior diferença entre as duas estratégias de identificação. Esse fato não descaracteriza a correlação entre as curvas e, tampouco, vai contra a conclusão de que há um aumento dos casos de seca a partir de 2012. Porém, alguns argumentos podem justificar esse distanciamento: primeiro, como Brito et al. (2018) argumentam, a severidade e duração da seca têm se intensificado nos últimos anos, o que pode ter diminuído a resiliência dos afetados, de forma que, mesmo com uma precipitação não tão baixa, os desastres declarados possam ter aumentado. Outro fato que pode ajudar a explicar essa diferença é a Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que, após os desastres de 2011 na região serrana do Rio de Janeiro, estabeleceu um marco regulatório e mecanismos institucionais para uma nova política nacional de prevenção aos desastres naturais – podendo ter criado condições mais favoráveis à declaração de desastres (SÉGUIN, 2012).

Figura 4. Evolução dos municípios afetados por desastres de seca, 2003-2016.



Fonte: Elaboração própria a partir de S2iD e BPMED/INMET.

No Capítulo III, no início da seção III.2, são realizados dois testes de regressão para verificar se existe correlação entre as categorias de precipitação média anual e a ocorrência de

desastres.⁵ Os resultados são positivos e significativos, indicando que quando há um município-ano na *Categoria de Precipitação (4)*, a ocorrência de declaração de desastre é 30,1 pontos percentuais maior do que na *Categoria (1)*; da mesma forma, na *Categoria (3)*, essa probabilidade é 21,6 p.p. maior. Isso indica que os municípios nas categorias de precipitação mais secas são mais propensos a declarar desastres por falta de chuva. Essa correlação sugere que, até certo ponto, ambas as variáveis podem ser usadas como identificação de seca nos exercícios realizados no Capítulo 3. Porém, a variável preferida desse estudo será a que usa as categorias de precipitação, já que, como os desastres são declarados juntos à defesa civil, acredita-se que possa haver interesses políticos e, até mesmo, defasagens nas datas de declaração das estiagens e das secas – além de se tratar de uma variável endógena, uma vez que municípios que declaram desastres normalmente são os que sofrem maiores perdas.

II.1.2. Variáveis Dependentes

Para analisar o impacto da falta de chuvas na produção agrícola, uma série de informações de produção agropecuária foram coletadas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Essas variáveis agrícolas são as variáveis dependentes deste estudo – variáveis que são impactadas pelas variáveis explicativas – e são utilizadas com o objetivo de avaliar o volume de produção, os valores monetários e as áreas agrícolas perdidas pela ocorrência de eventos climáticos de seca no semiárido brasileiro.

Para a produção agrícola e área plantada (e colhida), foram coletados dados da tabela identificada pelo código 5457 no Sistema de Recuperação Automática do IBGE (SIDRA). Essa tabela fornece informações sobre as seguintes variáveis: área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor de produção.⁶ Os dados são fornecidos em nível municipal e anual para todo o período que esse trabalho se propõe estudar. Essas estatísticas são provenientes do levantamento da Produção Agrícola Municipal (PAM), realizado anualmente pelo IBGE.

O SIDRA também fornece dados sobre a pecuária, resultantes do levantamento da Produção Municipal de Gado (PPM) – também realizado no nível município-ano para todo o período de interesse. As tabelas identificadas com os códigos 3939 e 74 pelo SIDRA foram

⁵ Optou-se por incluir esse teste no Capítulo III, uma vez que a estratégia empírica é semelhante à estratégia dos resultados finais, e ela só será melhor explorada ao fim do presente capítulo.

⁶ Para trabalhar com valores reais, foi construído um índice de preços baseado no crescimento real do PIB agropecuário (série do Ipeadata “Produto interno bruto (PIB) - agropecuária: variação real anual - referência 2010”) e a variação nominal da produção agropecuária para a região estudada (tabelas da PAM e da PPM do IBGE). Os preços foram inflacionados para os valores de 2016.

coletadas para este estudo. As variáveis apresentadas em cada tabela são, respectivamente: o número de rebanhos discriminados por tipo (bovinos, bubalinos, equinos, suínos totais, suínos, caprinos, ovinos, frangos, frangos e codornizes); volume e valores monetários dos produtos de origem animal (leite em mil litros, ovos de galinha em mil dúzias, ovos de codorna em mil dúzias, mel de abelha em quilos, casulos de bicho-da-seda em quilogramas e lã em quilos).

Também é de interesse desse trabalho estudar se agricultores familiares tendem a sofrer mais com os impactos das ocorrências de seca. Para verificar se há maiores perdas na agricultura familiar ou de subsistência, utilizamos alguns dados coletados a partir do Censo Agropecuário de 2006, também realizado pelo IBGE. Esses dados não foram usados para a análise final, eles foram coletados e apresentados apenas para identificar as culturas de produção majoritariamente familiar e de grande participação no total da produção agrícola.

Especificamente, o Censo Agropecuário realizado em 2006 foi o único a apresentar os dados discriminados por Agricultura Familiar, baseada nas definições da Lei nº 11.326/2006, que permite identificar a produção das principais culturas e qual proporção da produção é de origem familiar. A Tabela 1 apresenta, para as culturas presentes no Censo e que são representativas nos estados estudados nesse trabalho, a área plantada total e a área plantada por agricultura familiar, bem como a proporção da área plantada de cada cultura que é plantada pela agricultura familiar. Destacam-se como culturas majoritariamente familiares o arroz, o feijão, a mandioca e o milho.

Tabela 1. Área colhida total e pela agricultura familiar.

Culturas	Total colhido (ha)	Total colhido pela Agricultura Familiar (ha)	Percentual colhido pela AF (%)
Arroz	787,948	648,060	82.2%
Feijão	3,163,011	2,688,850	85.0%
Mandioca	822,969	724,329	88.0%
Milho	4,235,213	3,115,650	73.6%
Soja	2,170,132	32,722	1.5%
Café	878,980	323,046	36.8%
Total	12,058,253	7,532,657	62.5%

Fonte: Elaboração própria a partir do Censo Agropecuário de 2006 (IBGE).

Apesar dessas quatro culturas se destacarem na fatia colhida pela agricultura familiar, apenas duas delas tem peso muito relevante na área colhida total: juntas, as áreas colhidas de feijão e arroz representam 77,1% da área colhida de todas essas seis culturas. Na Tabela 2 são apresentadas as porcentagens das áreas colhidas de cada cultura em relação à área colhida de todas as culturas juntas.

Tabela 2. Percentual da área colhida de cada cultura em relação à área colhida total.

Culturas	Total	Agricultura Familiar
	Percentual da área colhida de cada cultura na área colhida total	
Arroz	6.5%	8.6%
Feijão	26.2%	35.7%
Mandioca	6.8%	9.6%
Milho	35.1%	41.4%
Soja	18.0%	0.4%
Café	7.3%	4.3%
Total	100.0%	100.0%

Fonte: Elaboração própria a partir do Censo Agropecuário de 2006 (IBGE).

Portanto, foram selecionadas as culturas de feijão e milho para representar as perdas da agricultura familiar causadas pela seca, uma vez que têm grande parte de sua área colhida por agricultura familiar e ainda representam grande parte da área colhida total. Tomada essa decisão, foi possível coletar pela PAM as áreas plantadas e colhidas e o valor da produção total para feijão e milho, especificamente.

Para se ter resultados mais intuitivos, as variáveis coletadas tiveram suas formas funcionais adaptadas para também indicar perdas percentuais, além das perdas totais – expressas em hectares plantados perdidos, valor da produção perdido em reais e cabeças de rebanhos perdidas. Primeiramente, a área percentual perdida foi calculada conforme apresenta a fórmula (2):

$$\text{Área perdida } \%_{mt} = \frac{\text{Área plantada}_{mt} - \text{Área colhida}_{mt}}{\text{Área plantada}_{mt}} \quad (2)$$

Essa será a variável dependente preferida nesse estudo por se tratar de uma variável com variação entre 0 e 1 – sendo de fácil interpretação –, que indica uma perda física real da produção agrícola pela ocorrência de seca, e que é de fácil aplicação para estimar os ganhos monetários em um cenário contra factual (onde casos de seca não fossem observados). A outra forma funcional utilizada para interpretar uma perda relativa da produção agrícola pela seca é o logaritmo natural dos valores absolutos. Para evitar valores nulos no caso do logaritmo de zero, somou-se uma unidade monetária antes do cálculo de logaritmo natural para todas as observações. Essa forma funcional permite que se estime perdas percentuais de variáveis absolutas, tais quais o valor da produção perdido e as cabeças de rebanho perdidas.

II.1.3. Variável de Controle

O longo período de análise proposto nesse trabalho é satisfatório para dar maior robustez aos resultados, de forma que tendências específicas a curtos períodos de tempo possam ser controladas por uma extensa gama de observações. Ao mesmo tempo que o nível temporal e espacial observado na amostra garante certo nível de robustez, ele também dificulta a inserção de outras variáveis de controle. Isso porque é difícil encontrar variáveis de controle com séries históricas ao nível de município-ano, para toda a região estudada, e em um período de duas décadas. Esse é um trade-off da estratégia empírica desse estudo, porém os benefícios da escolha de um longo período de análise parecem superar os problemas de acrescentar variáveis de controle ao modelo.

Apesar dessa dificuldade, foi possível coletar, através da mesma base de dados de precipitação (BPMED/INMET), dados de temperatura máxima média para cada mês e por estação meteorológica. Através da mesma estratégia utilizada para se chegar a precipitação média mensal – explicada na seção II.1.1 –, foi possível atribuir uma média para cada município-ano de temperatura máxima média. Essa variável foi acrescentada à base de dados e foi usada como controle das regressões realizadas na seção III.2.

II.2. Estratégia Empírica

Neste trabalho, parte-se de uma hipótese inicial de que a ocorrência de secas impacta diretamente as variáveis produtivas e econômicas da agropecuária no semiárido brasileiro. Para verificar a pertinência dessa hipótese, construiu-se uma base em painel ao nível municipal e anual para os municípios do nordeste brasileiro, acrescentando também os municípios do estado de Minas Gerais. Essa estratégia, conforme verificam Dell et al. (2014) na revisão de uma série de estudos empíricos, é extensamente utilizada pela literatura mais recente de economia do clima e tem alcançado muito sucessos nas identificações causais. Isso porque a análise em painel permite controlar diversas variáveis não observadas, gerando estimadores mais consistentes do que em uma análise em *cross-section*, Hsiang (2016) também reforça, através de uma revisão metodológica e econométrica, a importância e a satisfatória precisão que o uso de variáveis meteorológicas podem ter na identificação de impactos do clima sobre a sociedade e a economia.

Utilizando as *Categorias de Precipitação* e a *Dummy de Desastres* para caracterizar os casos de seca, e as variáveis de produção agrícola para identificar as perdas ocasionadas pela seca, foram realizadas diversas regressões lineares pelo Método de Mínimos Quadrados (MQO)

em painel. Primeiramente, usando as *Categorias de Precipitação*, a regressão apresenta-se genericamente na fórmula algébrica exposta em (3):

$$Y_{mt} = \beta_0 + \beta_1 \text{Categoria (2)}_{mt} + \beta_2 \text{Categoria (3)}_{mt} + \beta_3 \text{Categoria (4)}_{mt} + \gamma \\ * \text{Temperatura Máxima Média}_{mt} + \alpha_t + \lambda_m + \varepsilon_{mt} \quad (3)$$

Onde Y_{mt} pode ser qualquer uma das variáveis dependentes apresentadas na seção II.1.2; β_1 , β_2 e β_3 são os coeficientes das *Categorias de Precipitação* (2), (3) e (4), respectivamente – o valor de cada β será o impacto de cada uma dessas categorias em relação às perdas verificadas na *Categoria (1)*, ou seja, o quanto se perde a mais em cada categoria em contraste com a categoria (1) –; *Temperatura Máxima Média* $_{mt}$ é uma variável de controle que pode impactar as variáveis dependentes; α_t é um termo de efeito fixo de tempo, que captura efeitos que afetem igualmente todos os municípios no ano t (como câmbio e preços agrícolas); λ_m é o efeito fixo de município, que captura efeitos constantes no tempo para cada município m (características topográficas e vegetais, por exemplo); ε_{mt} é o termo de erro do modelo.

Além das variáveis unidimensionais, que são captadas pelo efeito fixo de tempo e pelo efeito fixo de município, existem outras variáveis que variam no tempo e no espaço de forma relativamente linear e que também podem impactar no modelo. Para eliminar os possíveis vieses dessas variáveis não observadas foram incluídas tendências lineares de tempo específicas por município.

Ao utilizar uma variável estimada por uma operação de interpolação é possível que exista dependência espacial. Ou seja, é possível que a distância entre os pontos observados tenha influência estatística na estimação do modelo. Para contornar esses problemas de correlação espacial entre os dados de precipitação média dos municípios foram feitos *clusters* de municípios que se encontram próximos das mesmas estações meteorológicas do INMET. Essa classificação em grupos a partir da estação meteorológica mais próxima permite uma melhor estimação dos desvios padrões dos coeficientes das variáveis e, portanto, um modelo mais robusto.

Ao identificar as secas ocorridas pela *Dummy de Desastres* – variável construída a partir da declaração de estiagem ou seca pelos municípios – o modelo algébrico pode ser expresso genericamente como na equação (4):

$$Y_{mt} = \beta_0 + \beta_1 \text{Dummy Desastre}_{mt} + \beta_2 \text{Dummy Desastre}_{m(t+1)} + \gamma \\ * \text{Temperatura Máxima Média}_{mt} + \alpha_t + \lambda_m + \varepsilon_{mt} \quad (4)$$

Onde β_1 é o coeficiente de interesse da variável explicativa *Dummy Desastre_{mt}*. Por ser possível que as declarações possam ter problema de defasagem na identificação dos casos de seca – casos em que a auto declaração aconteça algum período depois dos efeitos da seca serem sentidos –, foi incorporado ao modelo um controle através da variável *Dummy Desastre_{m(t+1)}*. As outras variáveis de controle e as várias variáveis dependentes que podem ser usadas são semelhantes à equação (3).

Realizou-se também um teste de aderência entre as *Categorias de Precipitação* e a *Dummy de Desastre* – variáveis essas utilizadas como identificação das ocorrências de seca. O objetivo com esse teste é confirmar uma correlação positiva entre ambas as variáveis independentes do modelo, de modo que a baixa precipitação média seja o principal motivo de se declarar um caso de seca ou estiagem. O modelo proposto é expresso pela equação (5).

$$\begin{aligned} & \textit{Dummy Desastre}_{mt} \\ &= \beta_0 + \beta_1 \textit{Categoria (2)}_{mt} + \beta_2 \textit{Categoria (3)}_{mt} + \beta_3 \textit{Categoria (4)}_{mt} \\ &+ \alpha_t + \lambda_m + \varepsilon_{mt} \quad (5) \end{aligned}$$

Esse modelo é semelhante ao modelo expresso na equação (3), porém, nesse caso, a variável dependente é a *Dummy de Desastre_{mt}* – ao invés das variáveis de produção agrícola. Através dessa regressão foi possível saber quantos pontos percentuais os município-ano que estão nas categorias (2), (3) e (4) são mais propensos a auto declarar situações de desastre por seca.

CAPÍTULO III – IMPACTOS DA SECA NA AGRICULTURA DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Este capítulo apresenta os resultados desse trabalho divididos em três seções: primeiramente são apresentadas tabelas descritivas simples, com médias de área perdida e valor da produção segundo os municípios-ano que sofreram e não sofreram com seca. Em seguida, são expostos os resultados das regressões de desastres e precipitação na produção agrícola – esses são os resultados principais desse trabalho. Finalmente, é proposto um exercício de valoração em cenário contra factual à ocorrência das secas (ou seja, quanto as ocorrências de secas fez com que a região perdesse de produção agrícola).

III.1. Estatísticas Descritivas

Primeiramente, a Tabela 3 fornece algumas estatísticas básicas sobre as principais variáveis utilizadas nesse estudo. A partir dessas estatísticas é possível dimensionar e interpretar melhor os resultados desse capítulo. Essa tabela também apresenta o número de observações e de unidades municipais, caracterizando melhor a amostra utilizada no presente trabalho.

Tabela 3. Estatísticas descritivas por variável ao nível município-ano, 1997-2016.

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Nº Municípios	Observações
Precipitação Média Mensal	93,49	32,30	12	267	2.645	52.900
Área Perdida	289,18	1.375,26	0	51.600	2.634	52.678
Área Perdida (Feijão)	29,61	164,43	0	6.171	2.647	52.940
Área Perdida (Milho)	40,55	224,79	0	7.648	2.647	52.940
VP Agrícola - Mil R\$	21.142,83	68.681,04	0	2.856.833	2.634	52.678
VP Agrícola - Mil R\$ (Feijão)	1.193,39	6.239,60	0	451.665	2.634	52.678
VP Agrícola - Mil R\$ (Milho)	2.085,26	9.449,31	0	292.654	2.634	52.678
VP Pecuária - Mil R\$	5.511,66	12.782,81	0	393.912	2.643	52.859

Fonte: Elaboração própria a partir de BDMEP/INMET, PAM/IBGE e PPM/IBGE.

Para melhor compreensão das variáveis de identificação dos casos de seca, apresenta-se na Tabela 4 estatísticas básicas da precipitação média mensal e do número de observações. Essas estatísticas estão separadas pelas Categorias de Precipitação e pela Dummy de Desastres. Note que a Categoria de Precipitação (4), por se tratar de uma situação muito extrema, é observada muito menos do que as demais – sendo que, dos 597 casos, 375 ocorreram apenas no ano de 2012.

Tabela 4. Estatísticas descritivas da precipitação média mensal por categoria de precipitação e pela ocorrência de desastre.

Categorias	Precipitação Média	Desvio Padrão	Observações
Menos de 30mm (4)	23,96	4,13	597
Entre 30mm e 60mm (3)	49,48	7,61	7.385
Entre 60mm e 100mm (2)	80,05	11,42	22.855
Mais de 100mm (1)	124,03	21,13	22.063
Total Geral (1997-2016)	93,49	32,30	52.900
Com Desastre	67,78	23,74	10.331
Sem Desastre	104,18	30,37	26.699
Total Geral (2003-2016)	94,03	33,00	37.030

Fonte: Elaboração própria a partir de S2iD e BPMED/INMET.

A fim de fornecer um panorama geral sobre os resultados agrícolas dos municípios que sofreram com seca em determinados anos, essa seção apresenta tabelas descritivas com resultados médios para municípios com ou sem seca. Na Tabela 5, as médias são discriminadas pelos municípios-ano que se enquadraram em cada categoria de precipitação média mensal. Pode-se observar que as médias de área perdida são muito maiores nas categorias (4) e (3), enquanto o valor da produção agropecuária média é muito menor nessas mesmas categorias. Essa evidência é um primeiro indício de que municípios-ano afetados por seca e, portanto, com menores precipitações, sofrem perdas significativas nos resultados de sua produção agropecuária.

Tabela 5. Média da área perdida e do valor da produção agropecuária, por categoria de precipitação, 1997-2016.

Faixas de Precipitação	Área Plantada Média (ha)	Área Colhida Média (ha)	Área Plantada Perdida (ha)	Área Plantada Perdida (%)	Valor Médio da Produção Agrícola (mil R\$)	Valor Médio da Produção Pecuária (mil R\$)
Menos de 30mm (4)	4,007	2,382	1,624	40.5%	R\$ 13,113	R\$ 2,649
Entre 30mm e 60mm (3)	5,197	4,274	923	17.8%	R\$ 12,044	R\$ 3,506
Entre 60mm e 100mm (2)	6,251	5,995	256	4.1%	R\$ 17,377	R\$ 4,373
Mais de 100mm (1)	6,935	6,862	73	1.1%	R\$ 28,350	R\$ 7,445
Média Geral	6,362	6,073	289	4.5%	R\$ 21,143	R\$ 5,512

Fonte: Elaboração própria a partir de BPMED/INMET, PAM/IBGE e PPM/IBGE.

Assim como na tabela anterior, a Tabela 6 apresenta as mesmas estatísticas discriminadas pelos municípios-ano que declararam seca ou estiagem. Municípios com seca ou estiagem têm média de área perdida maior que os demais, porém essa diferença é muito menor se comparada à diferença de área perdida média apresentada na Tabela 5. Já o valor da produção agrícola médio dos municípios com seca ou estiagem são tão menores quanto os valores médios

da produção agrícola dos municípios-ano presentes na categoria de precipitação (3) e (4) – apesar de o valor da produção pecuária não ser tão menor em contraste com os resultados da Tabela 5.

Tabela 6. Média da área perdida e do valor da produção agropecuária, pela auto declaração de desastre, 2003-2016.

Desastres	Área Plantada Média (ha)	Área Colhida Média (ha)	Área Plantada Perdida (ha)	Área Plantada Perdida (%)	Valor Médio da Produção Agrícola (mil R\$)	Valor Médio da Produção Pecuária (mil R\$)
Sem Estiagem	6,890	6,696	195	2.80%	R\$ 26,435	R\$ 6,828
Com Estiagem	5,924	5,354	570	9.60%	R\$ 13,395	R\$ 4,029
Sem Seca	6,826	6,563	263	3.90%	R\$ 24,639	R\$ 6,283
Com Seca	4,733	4,270	463	9.80%	R\$ 9,622	R\$ 5,352
Média Geral	6,624	6,349	275	4.10%	R\$ 23,386	R\$ 6,165

Fonte: Elaboração própria a partir de S2iD, PAM/IBGE e PPM/IBGE.

Como já explicado no Capítulo II, a variável preferida nesse trabalho é a que separa os municípios-ano por categoria de precipitação. Essa preferência se deve à possibilidade de que as declarações podem estar correlacionadas com outras variáveis políticas e institucionais – além de poder apresentar caráter endógeno, já que municípios com grandes impactos socioeconômicos podem ter maior probabilidade de declarar o desastre. Outra preocupação é que exista problemas de defasagem temporal entre o momento da declaração e a ocorrência do desastre. Esses problemas podem gerar vieses às estimações pretendidas, subestimando ou superestimando o impacto das secas nos resultados agropecuários. Em contrapartida, uma variável que parte de um dado observado é menos influenciada por interesses políticos e apresentam menos probabilidade de erros sistêmicos em suas medições. Em adição a essa observação, se comparados os dados entre as Tabelas 5 e 6, os dados da Tabela 5 aparentam ser mais consistentes, onde uma grande perda de área plantada estaria correlacionado com um menor valor na produção agrícola. Portanto, os resultados mais intuitivos ao se usar as categorias de precipitação reforçam a preferência por essa variável independente frente à variável de desastres.

Apresentadas as diferenças estatísticas entre os municípios-ano identificados com seca e os municípios não atingidos por desastres desse tipo, as Tabelas 7 e 8 apresentam estatísticas semelhantes, destacando duas culturas majoritariamente familiares: feijão e milho. Na Tabela 7 percebe-se que a área perdida média, em percentual, é consideravelmente maior para feijão e milho do que é a média geral de todas as culturas. Os municípios-ano nas categorias (4) e (3)

de precipitação perdem, em média, 74,2% e 27,9% da área plantada de milho, respectivamente – em contraste aos 40,5% e 17,8% perdidos pela média de todas as culturas nas mesmas categorias da Tabela 5. Assim como a área perdida por essas duas culturas, os municípios-ano nas categorias (4) e (3) têm os valores médios das produções de feijão e milho proporcionalmente muito menores do que a média de todas as culturas: no resultado de todas as culturas o valor da produção agrícola que é, em média, R\$28,3 milhões para municípios-ano na categoria (1), fica entre R\$ 12,0 e R\$ 13,0 milhões em municípios-ano nas categorias (3) e (4). Já na produção de milho, o valor da produção médio da categoria (1) cai de cerca de R\$ 3,1 milhões para R\$ 0,6 milhão na categoria (3) e R\$ 0,1 milhão na categoria (4). Esse resultado pode indicar que, além de haver uma perda da área plantada em decorrência de desastres climáticos, possa haver também uma perda de produtividade das áreas que são colhidas de fato.

Tabela 7. Média da área perdida e do valor da produção agropecuária de milho e feijão, por categoria de precipitação, 1997-2016.

	Faixas de Precipitação	Área Plantada Média (ha)	Área Colhida Média (ha)	Área Plantada Perdida (ha)	Área Plantada Perdida (%)	Valor Médio da Produção Agrícola (mil R\$)
Feijão	Menos de 30mm (4)	939	368	571	60.8%	R\$ 290
	Entre 30mm e 60mm (3)	1,507	1,169	338	22.4%	R\$ 1,012
	Entre 60mm e 100mm (2)	1,183	1,097	86	7.3%	R\$ 1,331
	Mais de 100mm (1)	516	504	13	2.4%	R\$ 1,136
	Média Geral	948	852	96	10.2%	R\$ 1,193
Milho	Menos de 30mm (4)	1,180	305	875	74.2%	R\$ 124
	Entre 30mm e 60mm (3)	1,638	1,181	457	27.9%	R\$ 605
	Entre 60mm e 100mm (2)	1,546	1,433	113	7.3%	R\$ 1,677
	Mais de 100mm (1)	1,434	1,416	18	1.3%	R\$ 3,062
	Média Geral	1,508	1,378	131	8.7%	R\$ 2,085

Fonte: Elaboração própria a partir de BPMED/INMET, PAM/IBGE e PPM/IBGE.

A Tabela 8 apresenta as estatísticas para feijão e milho, assim como a tabela anterior, porém separando pelos municípios-ano que declararam seca ou estiagem. Os resultados são novamente desfavoráveis para as categorias de seca e estiagem, havendo maior perda média de área plantada e menor valor médio da produção agrícola. Porém a magnitude dessa diferença é muito menor se comparada com as perdas das categorias de precipitação (3) e (4), da Tabela 7. Comparando também com os resultados da Tabela 6 de todas as culturas discriminados por estiagem e seca, percebe-se que as culturas majoritariamente familiares sofrem mais perdas na presença de desastres climáticos, mas essas perdas são muito menores do que quando a análise utiliza as categorias de precipitação.

Tabela 8. Média da área perdida e do valor da produção agropecuária de milho e feijão, pela auto declaração de desastre, 2003-2016.

	Desastres	Área Plantada Média (ha)	Área Colhida Média (ha)	Área Plantada Perdida (ha)	Área Plantada Perdida (%)	Valor Médio da Produção Agrícola (mil R\$)
Feijão	Sem Estiagem	801	736	64	8.00%	R\$ 1,287
	Com Estiagem	1,359	1,169	191	14.00%	R\$ 1,094
	Sem Seca	900	812	88	9.80%	R\$ 1,280
	Com Seca	1,222	1,078	145	11.80%	R\$ 779
	Média Geral	915	824	91	10.00%	R\$ 1,234
Milho	Sem Estiagem	1,510	1,425	85	5.60%	R\$ 2,712
	Com Estiagem	1,728	1,435	294	17.00%	R\$ 1,196
	Sem Seca	1,553	1,432	121	7.80%	R\$ 2,491
	Com Seca	1,620	1,360	261	16.10%	R\$ 917
	Média Geral	1,544	1,415	129	8.40%	R\$ 2,359

Fonte: Elaboração própria a partir de S2iD, PAM/IBGE e PPM/IBGE.

III.2. Resultados das Regressões

Depois de apresentar algumas estatísticas descritivas, indicando que os municípios atingidos por secas aparentemente têm piores resultados na produção agropecuária do que os municípios não atingidos, foram realizados diversos testes de regressão. As estatísticas descritivas, apesar de relevantes, podem ter muitos problemas na estimação do impacto das secas na produção agrícola: por exemplo, é possível que municípios mais pobres estejam localizados em regiões que tem média de precipitação muito mais baixa, o que faria com que as categorias (3) e (4) naturalmente tivessem médias inferiores para o valor da produção agropecuária. Portanto, revela-se a importância dos resultados das regressões, onde é possível eliminar vieses e tendências da amostra, de modo que o efeito captado do impacto das secas na produção agropecuária seja mais limpo e acurado.

Primeiramente, realizou-se um teste para explorar a aderência das duas variáveis independentes utilizadas nesse trabalho. Como já explicada a estratégia empírica no Capítulo II, nesse teste adotou-se a Dummy de Desastre como a variável dependente e as Categorias de Precipitação como variável independente, uma vez que é plausível a suposição de que a baixa precipitação pode levar o município a declarar seca ou estiagem. Pelos coeficientes da regressão da Tabela 9 interpreta-se que municípios-ano que se enquadram na Categoria (3) e na Categoria (4) têm, respectivamente, probabilidade de 21,6 pontos percentuais e 30,1 p.p. maior do que os municípios na categoria (1) de declarar seca ou estiagem – ou seja, municípios que declaram

algum desses desastres, em grande parte, realmente apresentam baixos índices de precipitação. Na coluna (2) regressiu-se as Categorias de Precipitação na Dummy de Desastres do ano seguinte: os coeficientes foram igualmente positivos e significativos, apesar de serem um pouco menores. Isso é uma forte evidência de que existam defasagens nas declarações de seca e estiagem, uma vez que a baixa precipitação do ano anterior impacta na declaração de desastre do ano seguinte.

Tabela 9. Regressão das categorias de precipitação na dummy de desastres, 2003-2016.

Variáveis	(1) Dummy Desastre	(2) Dummy Desastre (t+1)
Categoria Precipitação (2)	0.0561*** (0.0171)	0.0475*** (0.0116)
Categoria Precipitação (3)	0.216*** (0.0277)	0.135*** (0.0195)
Categoria Precipitação (4)	0.301*** (0.0617)	0.247*** (0.0395)
Observações	37,058	34,047
Efeito Fixo Município	Sim	Sim
Efeito Fixo Ano	Sim	Sim
Tendência Temporal	Sim	Sim
Cluster	Estações	Estações
R-squared	0.622	0.628

Erros padrões robustos entre parênteses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fonte: Elaboração própria a partir de S2iD e BDMEP/INMET.

Essas evidências fortalecem o argumento de que a variável de Categorias de Precipitação representa uma estratégia de identificação de causalidade mais robusta que a Dummy de Desastres. Isso por ela ser capaz de captar os efeitos da seca de forma mais ampla no território, sem vieses políticos e de forma qualitativa, além de representar a precipitação observada no período, sem defasagens temporais. Portanto, como a variável Categorias de Precipitação é preferida pelos motivos expostos, os resultados dessa seção serão apresentados a partir das regressões que utilizam essa variável independente. Os resultados para a Dummy de Desastres estão disponíveis nas Tabelas I, II, III e IV do Anexo 1.

A Tabela 10 apresenta os coeficientes da regressão das Categorias de Precipitação na Área Plantada Perdida. Na coluna (1), os coeficientes representam a área perdida média – em hectares – que os municípios-ano que se enquadram nas Categorias de Precipitação (2), (3) e (4) têm em relação aos municípios-ano que se encontram na categoria (1). Nas colunas

seguintes as interpretações permanecem as mesmas, porém a perda de área adicional é dada em pontos percentuais. A coluna (3) e a coluna (4) exploram as áreas perdidas de feijão e milho, objetivando estudar se as culturas majoritariamente familiares são mais afetadas pela ocorrência de seca.

Tabela 10. Regressão das Categorias de Precipitação na Área Perdida, 1997-2016.

Variáveis	(1)	(2)	(3)	(4)
	Total (ha)	Área Perdida		
		Total (p.p.)	Feijão (p.p.)	Milho (p.p.)
Categoria Precipitação (2)	-34.13* (19.00)	-0.00846 (0.00519)	-0.00234 (0.00862)	-0.00147 (0.00941)
Categoria Precipitação (3)	313.2*** (70.67)	0.0953*** (0.0146)	0.121*** (0.0171)	0.151*** (0.0191)
Categoria Precipitação (4)	686.9*** (159.9)	0.274*** (0.0464)	0.382*** (0.0489)	0.440*** (0.0444)
Temp. Máxima Média	57.22** (23.55)	0.0249*** (0.00484)	0.0244*** (0.00609)	0.0312*** (0.00741)
Observações	52,676	52,661	49,870	50,175
Efeito Fixo Município	Sim	Sim	Sim	Sim
Efeito Fixo Ano	Sim	Sim	Sim	Sim
Tendência Temporal	Sim	Sim	Sim	Sim
Cluster	Estações	Estações	Estações	Estações
R-squared	0.456	0.478	0.467	0.478

Erros padrões robustos entre parênteses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fonte: Elaboração própria a partir de BDMEP/INMET e PAM/IBGE.

Pelos coeficientes da Tabela 10 percebe-se que a Categoria de Precipitação (2) é estatisticamente indiferente da Categoria (1), de modo que municípios-ano com precipitação média mensal entre 60mm/mês e 100mm/mês não perdem mais áreas plantadas do que os municípios-ano com precipitação média mensal maior que 100mm/mês. Porém, as Categorias de Precipitação (3) e (4) têm perdas de área plantada positivas e significativas em comparação aos municípios-ano da Categoria (1): a Coluna (2) indica que municípios-ano na Categoria de Precipitação (4) perdem, em média, 27,4 pontos percentuais de área plantada a mais que municípios-ano na Categoria (1). Para a Categoria (3) essa perda adicional é de, em média, 9,5 p.p. Em adição a esses resultados, as Colunas (3) e (4) indicam que as áreas plantadas perdidas de feijão e milho sofrem ainda maiores perdas com a baixa precipitação: no caso do milho, as perdas chegam, em média, aos 15,1 p.p. e 44,0 p.p. para as Categorias de Precipitação (3) e (4), respectivamente. Ou seja, as culturas majoritariamente familiares aparentam ser mais sensíveis aos eventos de baixa precipitação.

A estratégia empírica utilizada para encontrar os coeficientes da Tabela 10 é a estratégia preferida desse estudo – principalmente os coeficientes das Colunas (2), (3) e (4). Isso porque a variável dependente *Área Perdida* permite estimar o diferencial entre “o quanto deveria ser” caso não houvesse eventos extraordinários (*Área Plantada*), e “o quanto de fato foi realizado” (*Área Colhida*) após a existência – ou não – de eventos extraordinários. Isso ocorre pois a variável *Área Plantada Perdida* é a única variável dependente nesse estudo que se baseia em uma observação *ex ante* e em outra observação *ex post*. Apesar de também serem importantes na identificação proposta por esse estudo, as variáveis econômicas de produção são, em última instância, de caráter *ex post*, o que não permite uma análise semelhante entre “o quanto deveria ser” e “o quanto de fato foi produzido”.

Em seguida, uma série de quatro regressões foram realizadas para identificar o impacto da baixa precipitação no Valor da Produção Agrícola, representadas na Tabela 11. Na Coluna (1) os coeficientes indicam o valor da produção (em mil R\$) adicional médio de cada Categoria de Precipitação – sempre em contraste com a Categoria (1). Nas colunas restantes, os coeficientes indicam o valor da produção adicional, em percentual, das Categorias (2), (3) e (4) em relação a Categoria (1) – calculados a partir do logaritmo natural do valor da produção agrícola. Note que, como os coeficientes são negativos, então o valor adicional da produção agrícola para essas Categorias de Precipitação representa, na verdade, uma perda.

Tabela 11. Regressão das Categorias de Precipitação no VP Agrícola, 1997-2016.

Variáveis	(1)	(2)	(3)	(4)
	Valor Agro Todas (mil R\$)	Total (%)	ln (Valor Agro) Feijão (%)	Milho (%)
Categoria Precipitação (2)	-642.7** (314.9)	-0.00468 (0.0184)	0.000850 (0.0417)	-0.0312 (0.0487)
Categoria Precipitação (3)	-1,648*** (550.9)	-0.331*** (0.0439)	-0.556*** (0.102)	-0.662*** (0.104)
Categoria Precipitação (4)	-6,004** (2,422)	-0.610*** (0.100)	-0.929*** (0.254)	-0.924*** (0.199)
Temp. Máxima Média	-685.7** (300.5)	-0.130*** (0.0206)	-0.185*** (0.0398)	-0.265*** (0.0393)
Observações	52,676	52,676	52,676	52,676
Efeito Fixo Município	Sim	Sim	Sim	Sim
Efeito Fixo Ano	Sim	Sim	Sim	Sim
Tendência Temporal	Sim	Sim	Sim	Sim
Cluster	Estações	Estações	Estações	Estações
R-squared	0.940	0.908	0.754	0.816

Erros padrões robustos entre parênteses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Coefficientes de variáveis em logaritmo natural convertidos por (e^x-1)

Fonte: Elaboração própria a partir de BDMEP/INMET e PAM/IBGE.

Pela Coluna (1) da Tabela 11 interpreta-se que a Categoria de Precipitação (4) perde, em média, de VP Agrícola R\$ 6,0 milhões em relação à Categoria (1); enquanto a mesma perda para municípios-ano na Categoria (3) é de, em média, R\$ 1,6 milhão. Os coeficientes da Coluna (2) sugerem que as Categorias de Precipitação (3) e (4) perdem, respectivamente, 33,1% e 61,0% a mais que o Valor da Produção Agrícola média dos municípios-ano da Categoria (1). Quando a análise é feita para o Valor da Produção Agrícola de feijão e milho, os resultados são bem mais graves: as perdas médias das Categorias (3) e (4) na produção de milho são, respectivamente, de 66,2% e de 92,4% em relação à perda dos municípios-ano da Categoria (1). Esse resultado evidencia com ainda mais ênfase que as culturas de grande importância aos produtores familiares ficam muito expostas aos extremos eventos climáticos, o que, além de gerar perdas em termos de produção agrícola, gera diversos danos sociais (MACHADO FILHO et al., 2016).

Na Tabela 12 realizou-se três regressões que visam a testar se a baixa precipitação tem algum impacto na produtividade agrícola. Para isso, definiu-se uma medida simples de produtividade: para cada município-ano dividiu-se o Valor da Produção Agrícola pela Área Colhida, encontrando um valor de produção agrícola por hectare colhido. Esse teste foi

realizado para a produção total (incluindo todas as culturas da PAM) e para as produções de Feijão e Milho.

Tabela 12. Regressão das Categorias de Precipitação na Produtividade Agrícola, 1997-2016.

Variáveis	(1)	(2)	(3)
	Produção Agrícola Média		
	Todas (mil R\$/ha)	Feijão (mil R\$/ha)	Milho (mil R\$/ha)
Categoria Precipitação (2)	-0.0731 (0.0483)	-0.0653** (0.0278)	-0.0335* (0.0175)
Categoria Precipitação (3)	0.307** (0.123)	-0.217*** (0.0441)	-0.143*** (0.0288)
Categoria Precipitação (4)	1.551*** (0.334)	-0.178 (0.137)	0.000779 (0.0711)
Temp. Máxima Média	0.00612 (0.0540)	-0.102** (0.0415)	-0.0173 (0.0158)
Observações	52,618	49,021	48,593
Efeito Fixo Município	Sim	Sim	Sim
Efeito Fixo Ano	Sim	Sim	Sim
Tendência Temporal	Sim	Sim	Sim
Cluster	Estações	Estações	Estações
R-squared	0.774	0.699	0.804

Erros padrões robustos entre parênteses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fonte: Elaboração própria a partir de BDMEP/INMET e PAM/IBGE.

Os resultados encontrados na Tabela 12 podem parecer controversos em um primeiro momento, mas podem ser explicados se analisado o panorama geral: na Coluna (1) as Categorias (3) e (4) tem coeficientes positivos, onde parece haver um aumento de produtividade nos municípios-ano com baixa precipitação. Porém, na interpretação das Tabelas 8 e 9, foi visto que a seca afeta de forma distinta as diferentes culturas, gerando maiores perdas nas culturas majoritariamente familiares. Ou seja, o método de analisar a perda de produtividade geral tem um grande problema, uma vez que as áreas plantadas de culturas menos produtivas podem sofrer maiores perdas, enquanto as áreas plantadas de culturas com maior produtividade aumentam a sua participação na produção total de dado município-ano. Portanto, o ideal é que se analise as culturas separadamente, de forma que uma perda absoluta de uma cultura não gere um aumento percentual de uma cultura diferente.

Nas Colunas (2) e (3) da Tabela 12 percebe-se que há uma perda de produtividade de feijão e milho nos municípios-ano que se encontram na Categoria de Precipitação (3): para as plantações de feijão há uma perda de produtividade, em média, de R\$ 217/hectare colhido, enquanto para o milho se observa uma perda de produtividade média de R\$ 143/hectares

colhidos. Para efeito de comparação, o valor médio da produção por hectare encontrado em toda a amostra é de R\$1.380/hectare para feijão e R\$965/hectare para milho. Ou seja, um município-ano pertencente a Categoria (3) perde, em média, 15,7% do valor da produção de cada hectare efetivamente colhido de feijão e 14,8% do valor da produção médio do hectare colhido de milho. Portanto, além de as culturas majoritariamente familiares sofrerem severos danos em termos de área plantada perdida em eventos climáticos de seca, se observa também perdas dentro das próprias áreas colhidas.

Cirino et al. (2015) também destacam as perdas de produtividade de feijão e milho em toneladas colhidas por hectare nos anos de El Niño e La Niña. Nos anos de El Niño – anos relacionados com seca no Nordeste brasileiro – as perdas de produtividade (toneladas por hectare) chegam a 48,6% para o feijão e 53,8% para o milho. Como não foi possível incorporar na base de dados desse trabalho uma série de toneladas colhidas por município-ano, a análise foi restringida ao valor da produção por hectare. De todo modo, os resultados do presente trabalho apontam na mesma direção da análise para os anos de El Niño realizada por Cirino et al. (2015) – apesar das perdas em anos de El Niño serem mais significativas do que nos anos de baixa precipitação.

A Tabela 13 apresenta uma série de regressões que visam analisar as perdas no Valor da Produção Pecuária e nos rebanhos bovino, caprino e ovino. As três primeiras colunas apresentam as perdas no Valor da Produção, em termos de valor absoluto e percentual – na terceira coluna destacam-se as perdas no Valor da Produção de mel, que tem grande importância na produção de subsistência do sertanejo (CASTRO et al., 1965). As três colunas restantes analisam se as baixas precipitações representam alguma perda para os Efetivos Bovino, Caprino e Ovino.

Tabela 13. Regressão das Categorias de Precipitação no Valor da Produção Pecuária e no Tamanho dos Rebanhos, 1997-2016.

Variáveis	(1) Valor Pecuária Total (mil R\$)	(2) ln (Valor Pecuária) Total (%)	(3) Mel (%)	(4) Bovino (%)	(5) ln (Efetivo) Caprino (%)	(6) Ovino (%)
Categoria Precipitação (2)	-60.99 (69.67)	0.0108 (0.00966)	-0.0385 (0.0239)	-0.000985 (0.00517)	0.00785 (0.0153)	0.0311 (0.0239)
Categoria Precipitação (3)	-88.25 (115.5)	-0.00413 (0.0166)	-0.158*** (0.0440)	-0.028*** (0.0103)	-0.0221 (0.0299)	-0.0411 (0.0323)
Categoria Precipitação (4)	92.76 (148.8)	-0.072** (0.0348)	-0.352*** (0.118)	-0.094*** (0.0234)	-0.149*** (0.0565)	-0.147*** (0.0530)
Temp. Máxima Média	65.79 (93.65)	0.0138 (0.00890)	0.044** (0.0209)	0.00206 (0.00685)	0.051** (0.0212)	0.039* (0.0207)
Observações	52,831	52,831	52,756	52,831	52,831	52,831
Efeito Fixo Município	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Efeito Fixo Ano	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Tendência Temporal	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Cluster	Estações	Estações	Estações	Estações	Estações	Estações
R-squared	0.917	0.946	0.841	0.975	0.937	0.928

Erros padrões robustos entre parênteses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Coeficientes de variáveis em logaritmo natural convertidos por (e^x-1)

Fonte: Elaboração própria a partir de BDMEP/INMET e PPM/IBGE.

Em termos absolutos, como expresso na primeira coluna da Tabela 13, não foram encontradas diferenças significativas entre o Valor da Produção Pecuária das quatro Categorias de Precipitação. Porém, ao utilizar o logaritmo natural do Valor da Produção Pecuária, verifica-se que municípios-ano na Categoria (4) têm alguma perda em relação aos demais municípios: eles perdem, em média, 7,2% a mais do Valor da Produção Pecuária do que os municípios-ano nas outras categorias. Essa perda, apesar de significativa para os municípios atingidos por eventos de seca, não representa a mesma magnitude das perdas agrícolas observadas nas tabelas anteriores. Para o valor da produção de mel o resultado é um pouco mais expressivo: se verifica perdas adicionais médias de 15,8% e 35,2% nas Categorias (3) e (4), respectivamente. Considerando que a produção de mel tem grande relevância na cesta de consumo da população rural, então destaca-se novamente a fragilidade das populações locais.

Em relação às perdas dos rebanhos bovinos, caprinos e ovinos observa-se que os municípios-ano que se enquadram na Categoria (4) têm perdas relevantes: as perdas adicionais de Efetivo Bovino são, em média de 9,4% em relação aos demais municípios-ano; para o Efetivo Caprino as perdas adicionais na Categoria (4) são, em média, 14,9%; e para o Efetivo Ovino essas perdas representam, em média, 14,7%. As perdas não se equiparam às perdas agrícolas, porém têm grande importância para os produtores dos municípios atingidos. Indo um

pouco além, levando em conta que os Efetivos Caprino e Ovino são de grande relevância para as famílias rurais,⁷ novamente argumenta-se que os produtores familiares sofrem mais perdas com os eventos de baixa precipitação.

III.3. Estimações das Perdas

Os resultados apresentados até então indicam o quão prejudiciais podem ser as secas para os produtores rurais do Nordeste e de Minas Gerais. Porém eles não dimensionam ou estimam as perdas ocorridas de fato, ou sequer quantificam os danos no tempo ou no espaço. Portanto, essa seção tem como objetivo estimar as perdas agrícolas nas dimensões temporais e espaciais, de forma que seja possível identificar as regiões mais atingidas e a evolução dos danos durante as duas últimas décadas.

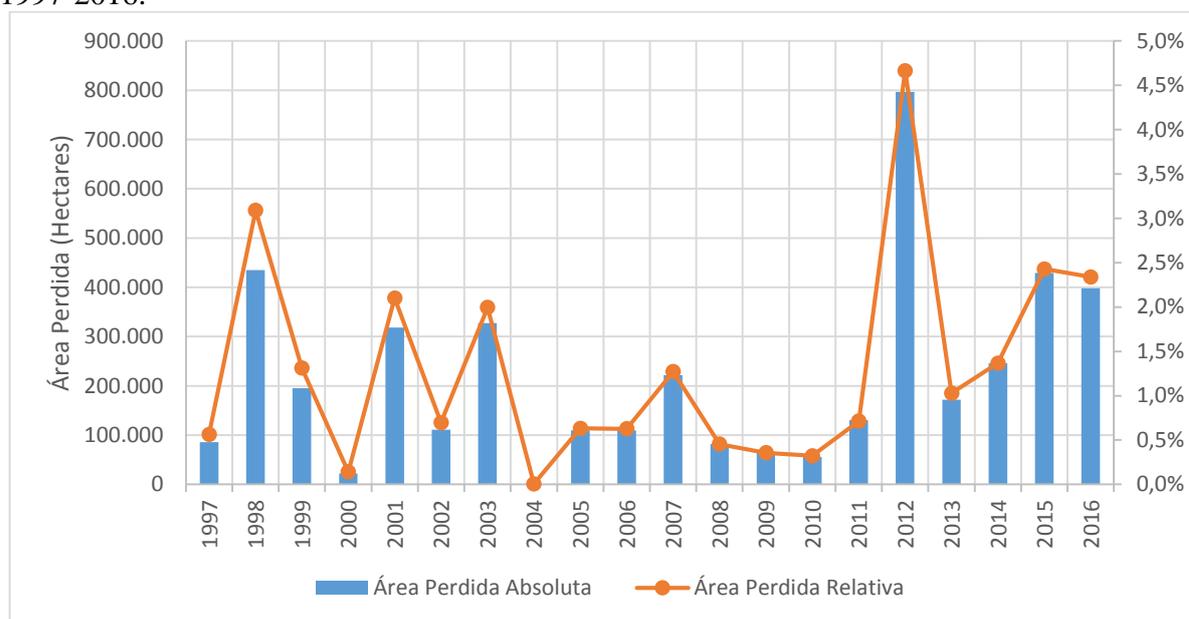
Para isso, utilizou-se nessa seção os coeficientes estimados na Tabela 10, apresentada na seção III.2. A partir da identificação dos municípios-ano que se encontram nas Categoria de Precipitação (3) e (4), atribuiu-se os respectivos coeficientes calculados na Tabela 10 e, então, eles foram multiplicados pela Área Plantada de cada município-ano, gerando, assim, uma Área Plantada Perdida, como explicado na equação (6):

$$\text{Área Perdida}_{mt} = \begin{cases} \beta_2 * \text{Área Plantada}_{mt} \text{ se Categoria (3)} \\ \beta_3 * \text{Área Plantada}_{mt} \text{ se Categoria (4)} \end{cases} \quad (6)$$

Onde β_2 coeficiente da Categoria de Precipitação (3) da Coluna (2) da Tabela 10, enquanto β_3 é o coeficiente da Categoria de Precipitação (4). Ao estimar a Área Perdida para cada município-ano, os resultados foram agregados por ano e estão representados na Figura 5.

⁷ Segundo os dados da Tabela 1749 do Censo Agropecuário de 2006, os efetivos caprinos e ovinos pertencem majoritariamente aos produtores familiares, enquanto o efetivo bovino é majoritariamente não familiar. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1749>>

Figura 5. Área perdida por seca estimada ao longo do tempo para todas as culturas, 1997-2016.



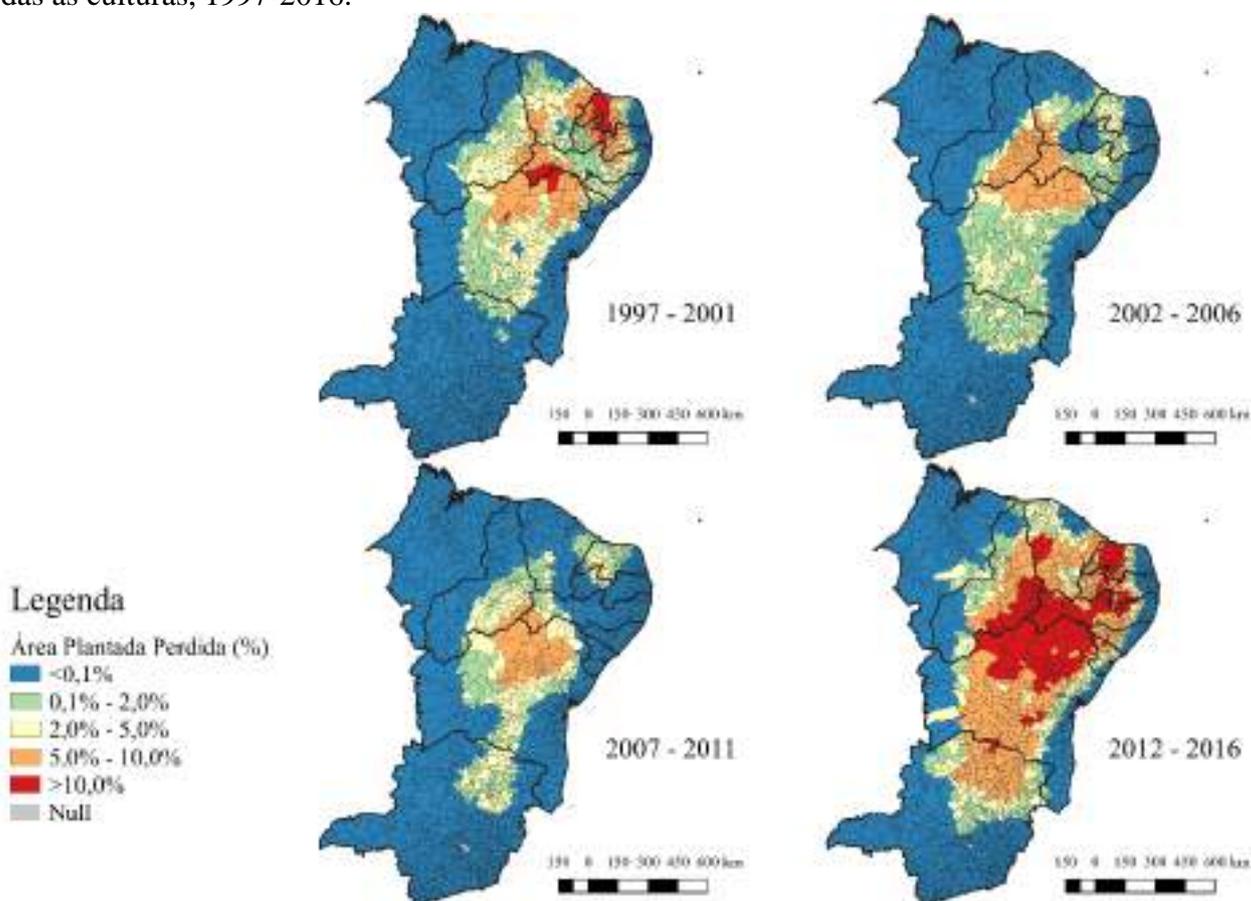
Fonte: Elaboração própria a partir de BDMEP/INMET e PAM/IBGE.

A partir da Figura 5 pode-se dizer que as perdas por seca – assim como os padrões de precipitação da região – apresentam comportamentos relativamente erráticos, ou seja, anos de grandes perdas de área plantada são seguidos de anos de relativa estabilidade. Entre 2004 e 2011 os níveis de precipitação se estabilizaram em um nível próximo do ideal, de forma que as perdas estimadas foram consecutivamente baixas. Porém, como em 2012 observou-se uma das piores secas do semiárido brasileiro (MARENCO et al., 2016), a perda estimada de 2012 foi a mais drástica de toda a série. Em adição a isso, nos anos que se seguiram, é possível perceber que houve um comportamento menos errático do que as secas anteriores: apesar das perdas terem sido menores após 2012, elas estacionaram em torno de uma média elevada. Esse padrão não observado anteriormente pode indicar um novo comportamento dos eventos climáticos de seca na região e pode ser muito danoso aos produtores rurais, uma vez que não tem períodos com precipitação satisfatória para recuperar as perdas acumuladas.

A Tabela V do Anexo I apresenta os dados numéricos por ano, destacando as perdas estimadas para as culturas somadas e discriminando por feijão e milho. Como as estimações partem da mesma base de dados de precipitação, elas convergem em grande grau – apesar de as perdas estimadas para feijão e milho serem relativamente bem maiores que a média geral das culturas. A Figuras 6 georreferencia as perdas de área plantada estimadas para cada grupo de 5 anos (1997-2001, 2002, 2006, 2007-2011, 2012-2016). A partir desses mapas pode-se

dimensionar como as perdas aumentaram na presente década – evidência essa que vai de encontro com boa parte da bibliografia de mudanças climáticas revista no Capítulo 1.

Figura 6. Áreas Plantadas Perdidas estimadas por grupo de ano e por município para todas as culturas, 1997-2016.



Fonte: Elaboração própria a partir de BDMEP/INMET e PAM/IBGE.

As perdas são maiores ainda se analisadas as culturas de feijão e milho – conforme apresenta a Figura 1 do Anexo 1. É possível verificar que as perdas se concentram, em grande escala, nos municípios mais ao centro da região estudada, principalmente no interior da Bahia, de Pernambuco, do Piauí, do Rio Grande do Norte, da Paraíba e do Ceará.

Para se ter uma dimensão monetária das perdas estimadas, utilizou-se a produtividade média do hectare colhido de cada município-ano, multiplicando esse valor pela Área Plantada Perdida. Essa conta pode ser controversa, uma vez que se verificou na Tabela 12 desse estudo que a ocorrência de secas tem algum impactos no índice de produtividade. Porém, para efeito de dimensionamento das perdas de Valor da Produção, esses resultados podem ter alguma utilidade.

Como os resultados convergem em sua essência com os resultados das Áreas Plantadas Perdidas, preferiu-se mantê-los expostos apenas no Anexo I. A Tabela VI do Anexo I apresenta

as perdas absolutas e relativos dos Valores da Produção Agrícola, enquanto as Figuras II e III do mesmo anexo apresentam as perdas especializadas por município para os mesmos grupos de anos. Comparando as Figuras II e III com os mapas das áreas perdidas, é possível perceber que as perdas de valor da produção parecem ser maiores em um conjunto de municípios do que as perdas de Área Plantada. Porém, de forma geral, as interpretações não são muito diferentes do que as anteriores.

Conclusão

A literatura de economia do clima e de desastres naturais apontam cada vez mais para os prejuízos gerados pelas ocorrências de eventos extremos. As perdas socioeconômicas são em diversos níveis e são cada vez maiores, como consequência da maior frequência e gravidade dos desastres. No caso da seca no Nordeste brasileiro, as conclusões são parecidas, destacando-se a seca no período entre 2012 e 2015 como uma das mais severas e com maiores prejuízos para as populações locais.

Esse estudo permitiu avaliar e quantificar as perdas de produção agrícola na ocorrência de seca nessa região. Através da construção de uma variável de precipitação média mensal para cada município-ano, estimou-se que municípios com precipitação média inferior a 60mm/mês sofrem perdas adicionais significativas em relação à área plantada e ao valor da produção agrícola. A produção pecuária também sofre com as consequências da baixa precipitação, levando a perdas, principalmente, nos efetivos de rebanhos de animais, porém parece ter maior resiliência na ocorrência desses eventos.

Um dos resultados mais relevantes nesse trabalho é a análise das perdas na agricultura familiar a partir da análise das culturas de produção majoritariamente familiar. Sem entrar no mérito do que leva à maior sensibilidade dessas culturas, observou-se que as perdas, tanto em área quanto em valor da produção, são muito maiores do que as perdas médias de todas as culturas – revelando condições de extrema vulnerabilidade dos produtores familiares. Adicionalmente a isso, estimou-se que a baixa precipitação, além de destruir grande parte das áreas plantadas dessas culturas, também diminui a produtividade das áreas colhidas, gerando perdas ainda maiores a esse grupo.

Também foi mostrado nesse estudo que os casos de seca a partir de 2012 refletiram em perdas muito maiores do que as perdas observadas desde 1996. Isso porque esse período de seca, além de severo, teve uma duração muito mais prolongada do que as secas observadas até então. Se somar isso ao contexto de mudança climática amplamente debatido pela literatura estudada, espera-se que as perdas socioeconômicas sejam cada vez maiores, prejudicando ainda mais os produtores rurais e as populações mais vulneráveis.

Portanto, espera-se que esse estudo alerte para a importância do tema de desastres naturais e suas consequências socioeconômicas, destacando o caso da seca no semiárido

brasileiro. A partir dos resultados apresentados, é necessário que se priorize políticas públicas na intenção de aumentar a resiliência rural dessa região, sanando problemas de deficiência hídrica e focando, principalmente, na grande vulnerabilidade de produtores familiares. Em um contexto de aquecimento global, medidas nessa direção serão extremamente necessárias para assegurar um nível mínimo de segurança alimentar, de renda e de disponibilidade de água para as populações locais.

Bibliografia

ANBARCI, Nejat; ESCALERAS, Monica; REGISTER, Charles A. Earthquake fatalities: the interaction of nature and political economy. **Journal of Public Economics**, v. 89, n. 9-10, p. 1907-1933, 2005.

BANCO MUNDIAL. Avaliação de perdas e danos: inundações e deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro-Janeiro de 2011. **Relatório elaborado pelo Banco Mundial com apoio do Governo do Estado do Rio de Janeiro. Brasília**, 2012.

BANCO MUNDIAL. Turn down the Heat: Why a 4 °C Warmer World Must Be Avoided: World Bank Group, Washington DC. 2012.

BARCELLOS, Christovam et al. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 18, n. 3, p. 285-304, 2009.

BRASIL. Emenda Constitucional Nº 15 de 12 de setembro de 1996. Dá nova redação ao § 4º do art. 18 da Constituição Federal. Brasília, 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Emendas/Emc/emc15.htm> Acesso em: 13 jan. 2019.

BRITO, S. S. B. et al. Frequency, duration and severity of drought in the Semi-arid Northeast Brazil region. **International Journal of Climatology**, v. 38, n. 2, p. 517-529, 2018.

BURGESS, Robin; COSTA, Francisco JM; OLKEN, Benjamin A. Wilderness Conservation and the Reach of the State: Evidence from National Borders in the Amazon. **National Bureau of Economic Research**, 2018.

CAMPOS, José Nilson B.; STUDART, TM de C. Secas no Nordeste do Brasil: origens, causas e soluções. **Boletim Trimestral do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental/UFCE**, n. 14, 2001.

CASTRO, Josué de et al. Geografia da fome; o dilema brasileiro: pão ou aço. 1965.

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES; UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Atlas brasileiro de desastres naturais 1991-2012. 2012.

CIRINO, Paulo Henrique et al. Assessing the impacts of ENSO-related weather effects on the Brazilian Agriculture. **Procedia Economics and Finance**, v. 24, p. 146-155, 2015.

CONFALONIERI, Ulisses EC; MARINHO, Diana P. Mudança climática global e saúde: perspectivas para o Brasil. **Revista Multiciência**, v. 8, p. 48-64, 2007.

DARELA FILHO, João Paulo et al. Socio-climatic hotspots in Brazil: how do changes driven by the new set of IPCC climatic projections affect their relevance for policy?. **Climatic change**, v. 136, n. 3-4, p. 413-425, 2016.

DE MELO, Josandra Araújo Barreto; PEREIRA, Ronildo Alcântara; NETO, José Dantas. Atuação do estado brasileiro no combate à seca no nordeste e ampliação das vulnerabilidades locais. **Qualitas Revista Eletrônica**, v. 8, n. 2, 2009.

DELL, Melissa; JONES, Benjamin F.; OLKEN, Benjamin A. What do we learn from the weather? The new climate-economy literature. **Journal of Economic Literature**, v. 52, n. 3, p. 740-98, 2014.

DIFFENBAUGH, Noah S.; SWAIN, Daniel L.; TOUMA, Danielle. Anthropogenic warming has increased drought risk in California. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, p. 201422385, 2015.

FREITAS, Carlos Machado de et al. Vulnerabilidade socioambiental, redução de riscos de desastres e construção da resiliência: lições do terremoto no Haiti e das chuvas fortes na Região Serrana, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, p. 1577-1586, 2012.

GLADE, Thomas. Landslide occurrence as a response to land use change: a review of evidence from New Zealand. **Catena**, v. 51, n. 3-4, p. 297-314, 2003.

GLEICK, Peter H. Water, drought, climate change, and conflict in Syria. **Weather, Climate, and Society**, v. 6, n. 3, p. 331-340, 2014.

GUITERAS, Raymond; JINA, Amir; MOBARAK, A. Mushfiq. Satellites, self-reports, and submersion: exposure to floods in Bangladesh. **American Economic Review**, v. 105, n. 5, p. 232-36, 2015.

GUTIÉRREZ, Ana Paula A. et al. Drought preparedness in Brazil. **Weather and Climate Extremes**, v. 3, p. 95-106, 2014.

HSIANG, Solomon M. Temperatures and cyclones strongly associated with economic production in the Caribbean and Central America. **Proceedings of the National Academy of sciences**, p. 201009510, 2010.

HSIANG, Solomon. Climate econometrics. **Annual Review of Resource Economics**, v. 8, p. 43-75, 2016.

HSIANG, Solomon; KOPP, Robert E. An Economist's Guide to Climate Change Science. **Journal of Economic Perspectives**, v. 32, n. 4, p. 3-32, 2018.

KEEFER, Philip; NEUMANYER, Eric; PLÜMPER, Thomas. Earthquake Propensity and the Politics of Mortality Prevention. **World Development**, v.39, n. 9, p. 1530-1541, 2011.

KELLEY, Colin P. et al. Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, p. 201421533, 2015.

LACERDA, F. F. et al. Long-term temperature and rainfall trends over Northeast Brazil and Cape Verde. **Journal of Earth Science & Climatic Change**, v. 6, n. 8, p. 1, 2015.

MACHADO FILHO, Haroldo et al. **Climate change and impacts on family farming in the North and Northeast of Brazil**. Working Paper, International Policy Centre for Inclusive Growth, 2016.

MANN, Michael E.; GLEICK, Peter H. Climate change and California drought in the 21st century. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 13, p. 3858-3859, 2015.

MARENGO, José A. et al. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**, p. 384-422, 2011.

MARENGO, Jose A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. **Parcerias estratégicas**, v. 13, n. 27, p. 149-176, 2010.

MARENGO, Jose A.; CUNHA, Ana P.; ALVES, Lincoln M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Article in Portuguese]. Climanálise**, v. 3, p. 49-54, 2016.

NEUMAYER, Eric; PLÜMPER, Thomas; BARTHEL, Fabian. The political economy of natural disaster damage. **Global Environmental Change**, v. 24, p. 8-19, 2014.

NOBRE, Carlos A. Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. **Parcerias estratégicas**, v. 6, n. 12, p. 239-258, 2010.

NUNES, Marcos Antônio; GARCIA, Ricardo Alexandrino. Surto emancipacionista no Brasil na década de 1990 e seu reflexo no balanço migratório dos municípios recémcriados. **Revista Geografias**, v. 1, n. 20, p. 108-127, 2015.

OLIVEIRA, M. B. L.; SANTOS, A. J. B.; MANZI, A. O.; ALVALÁ, R. C. S.; CORREIA, M.F.; MOURA, M. S. B. Trocas de energia e fluxo de carbono entre a vegetação de caatinga e atmosfera no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, p. 166–174. 2006.

OLIVEIRA, P. T.; E SILVA, CM Santos; LIMA, K. C. Climatology and trend analysis of extreme precipitation in subregions of Northeast Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 130, n. 1-2, p. 77-90, 2017.

PAUL, Bimal Kanti. **Environmental hazards and disasters: contexts, perspectives and management**. John Wiley & Sons, 2011.

ROCHA, Rudi; SOARES, Rodrigo R. Water scarcity and birth outcomes in the Brazilian semiarid. **Journal of Development Economics**, v. 112, p. 72-91, 2015.

SANT'ANNA, André Albuquerque. Not So Natural: Unequal Effects of Public Policies on the Occurrence of Disasters. **Ecological Economics**, v. 152, p. 273-281, 2018.

SCHLAEPFER, Daniel R. et al. Climate change reduces extent of temperate drylands and intensifies drought in deep soils. **Nature communications**, v. 8, p. 14196, 2017.

SÉGUIN, Elida. A Lei de Defesa Civil: algumas considerações. **Revista Interdisciplinar de Direito**, v. 9, n. 1, p. 207-230, 2012.

SILVA, VIRGÍNIA MIRTES DE ALCÂNTARA et al. O desastre seca no Nordeste Brasileiro. **POLÊMICA**, v. 12, n. 2, p. 284-293, 2013.

TRAVASSOS, Ibrahim Soares; DE SOUZA, Bartolomeu Israel; DA SILVA, Anieres Barbosa. Secas, desertificação e políticas públicas no semiárido nordestino brasileiro. **OKARA: Geografia em debate**, v. 7, n. 1, p. 147-164, 2013.

TRENBERTH, Kevin E. et al. Global warming and changes in drought. **Nature Climate Change**, v. 4, n. 1, p. 17, 2014.

VIEIRA, RM da Silva Pinto et al. Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast. **Solid Earth**, v. 6, n. 1, p. 347-360, 2015.

YOUNG, Carlos Eduardo Frickmann et al. É PAU, É PEDRA: CUSTO ECONÔMICO DOS DESASTRES CLIMÁTICOS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **X Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**, 2013.

Anexo I

Tabela I. Regressão da Dummy de Desastres na Área Perdida, 2003-2016.

Variáveis	(1)	(2)	(3)	(4)
	Total (ha)	Área Perdida		Milho (p.p.)
		Total (p.p.)	Feijão (p.p.)	
Dummy Desastre	-29.04 (57.64)	0.0222*** (0.00672)	0.0198*** (0.00748)	0.0365*** (0.00921)
Dummy Desastre (t+1)	71.86* (36.65)	0.0114** (0.00564)	0.0197*** (0.00700)	0.0286*** (0.00851)
Temp. Máxima Média	106.4*** (36.51)	0.0336*** (0.00780)	0.0365*** (0.0102)	0.0507*** (0.0122)
Observações	33,910	33,895	31,961	32,203
Efeito Fixo Município	Sim	Sim	Sim	Sim
Efeito Fixo Ano	Sim	Sim	Sim	Sim
Tendência Temporal	Sim	Sim	Sim	Sim
Cluster	Estações	Estações	Estações	Estações
R-squared	0.522	0.489	0.494	0.484

Erros padrões robustos entre parênteses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fonte: Elaboração própria a partir de S2iD e PAM/IBGE.

Tabela II. Regressão da Dummy de Desastres no VP Agrícola, 2003-2016.

Variáveis	(1)	(2)	(3)	(4)
	Valor Agro Total (mil R\$)	Total (%)	ln (Valor Agro) Feijão (%)	Milho (%)
Dummy Desastre	-714.0* (407.1)	-0.135*** (0.0215)	-0.179*** (0.0471)	-0.267*** (0.0518)
Dummy Desastre (t+1)	259.3 (373.9)	-0.0227 (0.0219)	-0.0987** (0.0445)	-0.125** (0.0537)
Temp. Máxima Média	-577.3 (361.5)	-0.201*** (0.0353)	-0.330*** (0.0759)	-0.4001*** (0.0702)
Observações	33,910	33,910	33,910	33,910
Efeito Fixo Município	Sim	Sim	Sim	Sim
Efeito Fixo Ano	Sim	Sim	Sim	Sim
Tendência Temporal	Sim	Sim	Sim	Sim
Cluster	Estações	Estações	Estações	Estações
R-squared	0.965	0.930	0.806	0.849

Erros padrões robustos entre parênteses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Coefficientes de variáveis em logaritmo natural convertidos por (e^x-1)

Fonte: Elaboração própria a partir de S2iD e PAM/IBGE.

Tabela III. Regressão da Dummy de Desastre na Produtividade Agrícola, 2003-2016.

Variáveis	(1)	(2)	(3)
	Todas (mil R\$/ha)	Produção Agrícola Média	
		Feijão (mil R\$/ha)	Milho (mil R\$/ha)
Dummy Desastre	0.0292 (0.0572)	-0.0997*** (0.0246)	-0.110*** (0.0159)
Dummy Desastre (t+1)	0.146*** (0.0536)	0.0452* (0.0266)	-0.00642 (0.0143)
Temp. Máxima Média	0.174** (0.0700)	-0.120* (0.0722)	0.00383 (0.0223)
Observações	33,864	31,490	31,295
Efeito Fixo Município	Sim	Sim	Sim
Efeito Fixo Ano	Sim	Sim	Sim
Tendência Temporal	Sim	Sim	Sim
Cluster	Estações	Estações	Estações
R-squared	0.835	0.734	0.842

Erros padrões robustos entre parênteses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fonte: Elaboração própria a partir de S2iD e PAM/IBGE.

Tabela IV. Regressão da Dummy de Desastre no Valor da Produção Pecuária e no Tamanho dos Rebanhos, 2003-2016.

Variáveis	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Valor Pecuária Total (mil R\$)	ln (Valor Pecuária) Total (%)		Bovino (%)	ln (Efetivo) Caprino (%)	
		Mel (%)			Ovino (%)	
Dummy Desastre	-167.1** (81.37)	-0.0157* (0.00949)	-0.112*** (0.0289)	-0.028*** (0.00686)	0.0477*** (0.0129)	0.027** (0.0116)
Dummy Desastre (t+1)	89.34 (66.42)	-0.00416 (0.00890)	0.0778*** (0.0274)	-0.0246*** (0.00554)	0.0323** (0.0150)	8.79e-06 (0.0148)
Temp. Máxima Média	-73.56 (95.79)	-0.0116 (0.0111)	-0.0374 (0.0257)	-0.0201** (0.00865)	0.0138 (0.0164)	-0.00480 (0.0156)
Observações	34,023	34,023	33,964	34,023	34,023	34,023
Efeito Fixo Município	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Efeito Fixo Ano	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Tendência Temporal	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Cluster	Estações	Estações	Estações	Estações	Estações	Estações
R-squared	0.959	0.963	0.899	0.983	0.957	0.951

Erros padrões robustos entre parênteses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Coefficientes de variáveis em logaritmo natural convertidos por (e^x-1)

Fonte: Elaboração própria a partir de S2iD e PPM/IBGE.

Tabela V. Áreas Plantadas Perdidas estimadas por ano para todas as culturas e discriminando feijão e milho, 1997-2016.

Ano	Área Plantada (ha)			Área Perdida por Seca (ha)			Área Perdida por Seca (%)		
	Todas Culturas	Feijão	Milho	Todas Culturas	Feijão	Milho	Todas Culturas	Feijão	Milho
1997	15.167.092	2.884.767	3.932.769	85.590	33.193	41.745	0,56%	1,15%	1,06%
1998	14.083.041	2.255.166	3.284.363	435.043	175.315	202.356	3,09%	7,77%	6,16%
1999	14.897.146	2.779.858	3.728.348	195.185	89.161	91.619	1,31%	3,21%	2,46%
2000	15.586.060	2.867.684	3.854.552	21.950	11.048	14.865	0,14%	0,39%	0,39%
2001	15.160.835	2.539.780	3.770.889	318.401	134.109	153.029	2,10%	5,28%	4,06%
2002	15.962.789	2.872.456	3.925.926	111.189	46.249	55.281	0,70%	1,61%	1,41%
2003	16.424.362	2.867.646	4.183.921	327.662	147.006	164.264	1,99%	5,13%	3,93%
2004	17.417.494	2.933.776	4.281.227	1.093	665	445	0,01%	0,02%	0,01%
2005	17.411.154	2.721.467	4.104.175	109.995	38.745	52.609	0,63%	1,42%	1,28%
2006	17.578.387	2.776.063	4.199.226	109.999	42.145	57.646	0,63%	1,52%	1,37%
2007	17.457.318	2.597.872	4.283.178	221.858	78.302	117.525	1,27%	3,01%	2,74%
2008	18.021.888	2.681.862	4.339.924	81.765	21.447	30.718	0,45%	0,80%	0,71%
2009	17.964.019	2.738.344	4.415.170	63.980	27.303	30.022	0,36%	1,00%	0,68%
2010	17.275.892	2.341.601	3.863.533	55.828	13.626	14.859	0,32%	0,58%	0,38%
2011	18.271.084	2.535.372	4.211.980	130.395	36.984	52.672	0,71%	1,46%	1,25%
2012	17.084.280	1.890.351	3.734.783	796.874	253.132	386.106	4,66%	13,39%	10,34%
2013	16.736.006	1.780.029	3.550.285	172.165	54.257	75.393	1,03%	3,05%	2,12%
2014	17.967.790	2.126.658	4.145.317	245.627	82.255	122.046	1,37%	3,87%	2,94%
2015	17.674.195	1.975.571	3.969.420	429.053	143.679	242.411	2,43%	7,27%	6,11%
2016	17.011.817	1.795.881	3.678.403	397.808	131.217	230.388	2,34%	7,31%	6,26%
Total Geral	335.152.649	49.962.204	79.457.389	4.311.460	1.559.836	2.136.000	1,29%	3,12%	2,69%

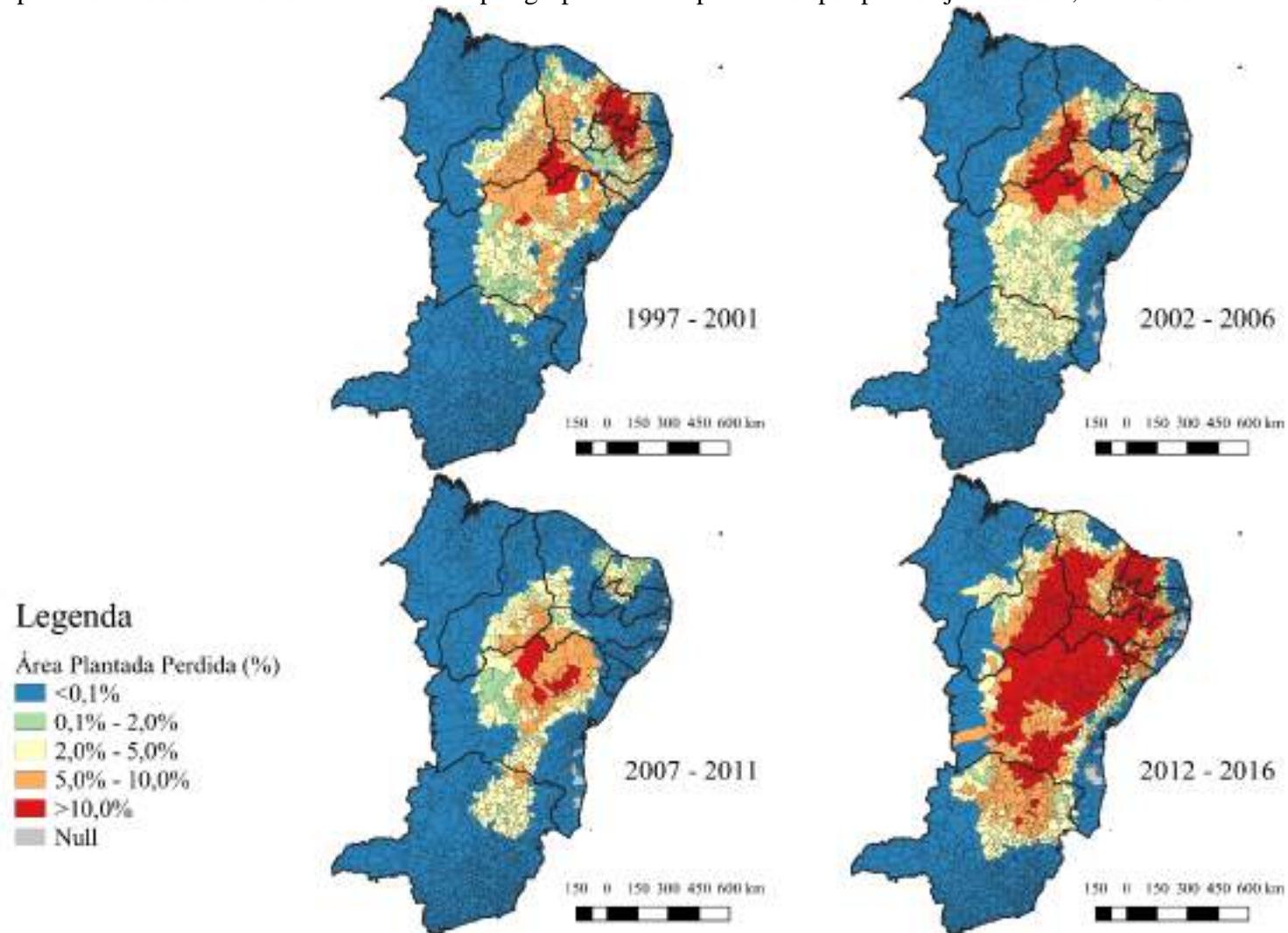
Fonte: Elaboração própria a partir de BDMEP/INMET e PAM/IBGE.

Tabela VI. Valor da Produção Perdido estimados por ano para todas as culturas e discriminando feijão e milho, 1997-2016.

Ano	VP Agrícola (mil R\$)			VP Agrícola Perdido por Seca (mil R\$)			VP Agrícola Perdido por Seca (%)		
	Todas Culturas	Feijão	Milho	Todas Culturas	Feijão	Milho	Todas Culturas	Feijão	Milho
1997	36.401.370	2.690.800	3.141.505	100.940	23.440	14.245	0,28%	0,87%	0,45%
1998	38.767.027	2.704.090	2.724.085	1.076.833	198.365	51.680	2,78%	7,34%	1,90%
1999	40.981.977	2.855.870	3.655.022	424.546	71.349	29.157	1,04%	2,50%	0,80%
2000	42.100.879	2.927.078	4.675.729	70.441	7.231	7.164	0,17%	0,25%	0,15%
2001	43.860.936	2.608.247	3.504.554	679.096	91.239	46.367	1,55%	3,50%	1,32%
2002	49.113.476	3.574.691	5.143.169	372.968	27.413	15.932	0,76%	0,77%	0,31%
2003	52.801.465	3.951.530	6.388.426	842.790	139.771	80.280	1,60%	3,54%	1,26%
2004	54.150.259	2.761.753	5.215.808	3.016	599	108	0,01%	0,02%	0,00%
2005	53.306.545	3.470.901	5.564.965	324.067	24.497	21.674	0,61%	0,71%	0,39%
2006	55.963.131	3.195.950	4.950.555	372.388	28.315	34.262	0,67%	0,89%	0,69%
2007	56.149.641	3.839.373	6.450.733	577.372	85.740	61.613	1,03%	2,23%	0,96%
2008	61.582.549	4.831.021	6.998.273	301.442	31.664	13.211	0,49%	0,66%	0,19%
2009	57.922.612	2.782.875	6.171.373	85.966	20.776	12.139	0,15%	0,75%	0,20%
2010	61.728.666	3.247.831	5.575.929	328.385	8.759	2.833	0,53%	0,27%	0,05%
2011	67.134.210	3.048.168	6.740.110	473.163	19.784	17.668	0,70%	0,65%	0,26%
2012	63.882.883	2.817.063	6.007.091	2.504.182	136.839	116.847	3,92%	4,86%	1,95%
2013	66.924.762	3.252.828	6.712.824	767.344	49.227	23.580	1,15%	1,51%	0,35%
2014	69.875.914	2.189.672	6.980.796	930.556	53.273	56.609	1,33%	2,43%	0,81%
2015	71.901.395	2.702.781	6.716.446	1.670.803	119.935	161.477	2,32%	4,44%	2,40%
2016	69.212.324	3.412.630	6.529.842	1.386.551	109.233	127.297	2,00%	3,20%	1,95%
Total Geral	1.113.762.023	62.865.154	109.847.235	13.292.849	1.247.449	894.142	1,19%	1,98%	0,81%

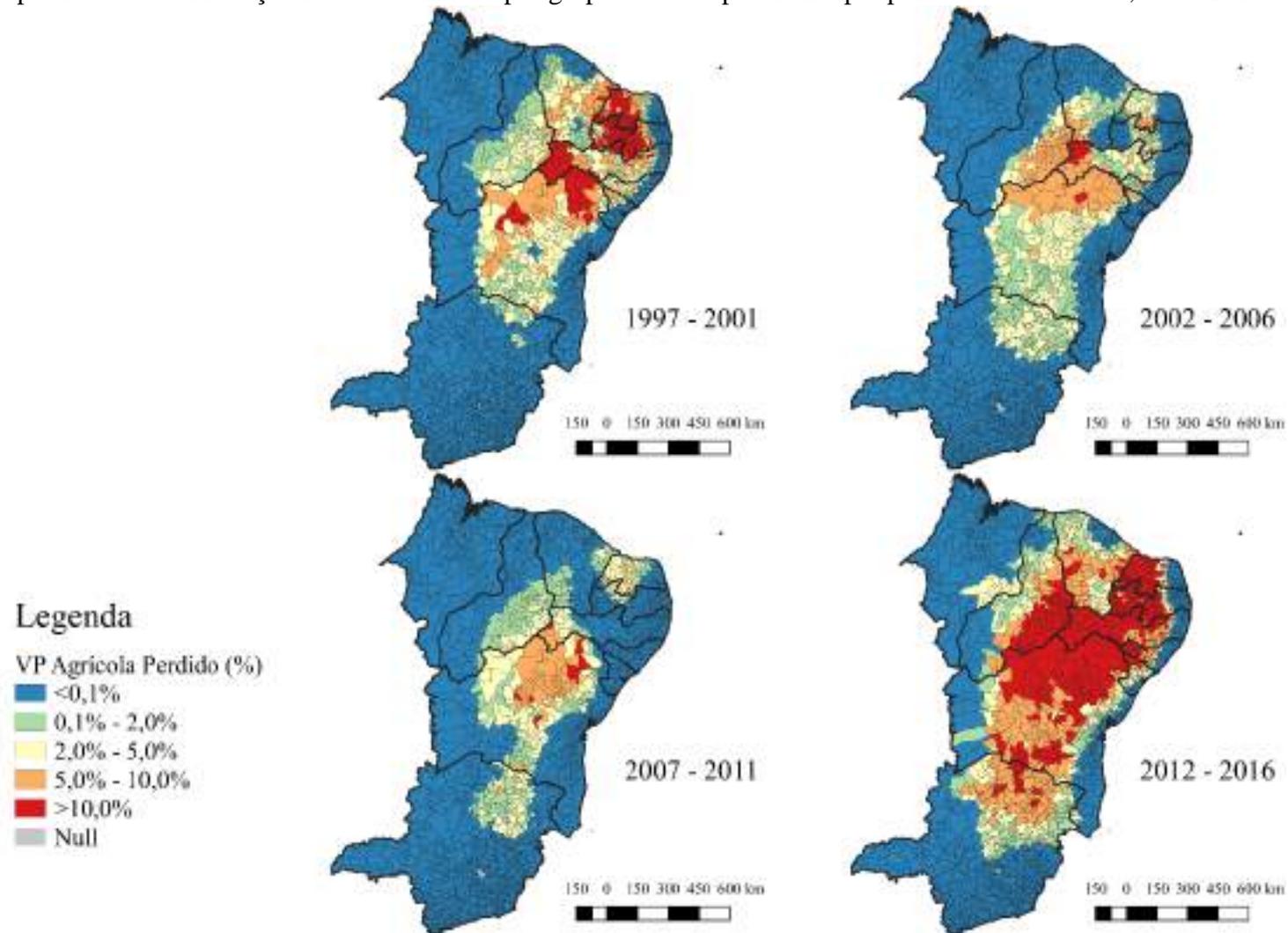
Fonte: Elaboração própria a partir de BDMEP/INMET e PAM/IBGE.

Mapa I. Áreas Plantadas Perdidas estimadas por grupo de ano e por município para feijão e milho, 1997-2016.



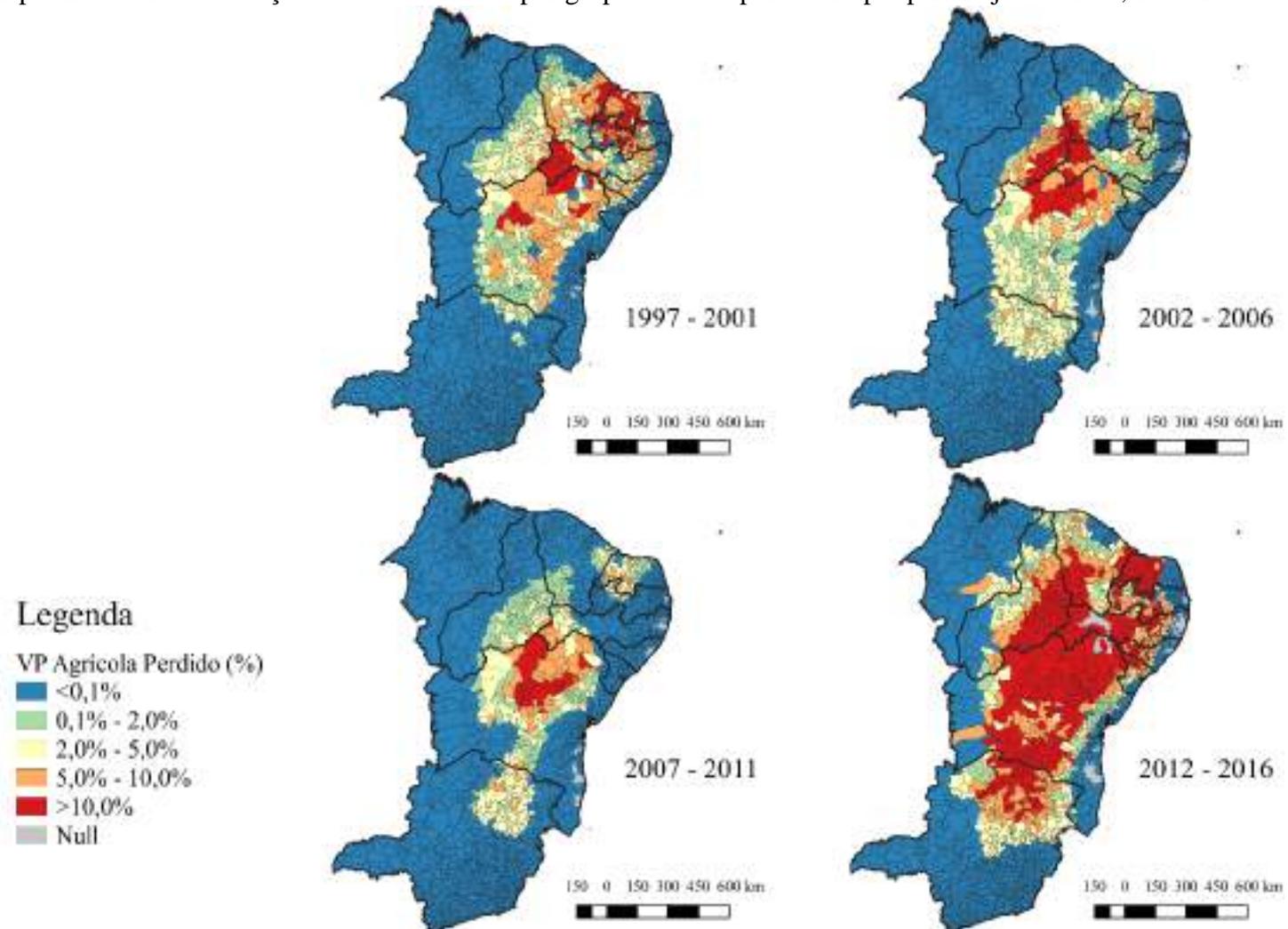
Fonte: Elaboração própria a partir de BDMEP/INMET e PAM/IBGE.

Mapa II. Valor da Produção Perdido estimado por grupo de ano e por município para todas as culturas, 1997-2016.



Fonte: Elaboração própria a partir de BDMEP/INMET e PAM/IBGE.

Mapa III. Valor da Produção Perdido estimado por grupo de ano e por município para feijão e milho, 1997-2016.



Fonte: Elaboração própria a partir de BDMEP/INMET e PAM/IBGE.