

Agricultura familiar e a crise hídrica no Sertão Cearense

Raquel Neris Teixeira ⁱ 

Responsável Técnico da Leo Pallets Indústria e Comércio de Pallets, Fortaleza, CE, Brasil

Robério Telmo Campos ⁱⁱ 

Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil

1

Resumo

O trabalho teve como objetivo aferir a capacidade de recuperação da agricultura familiar a partir das culturas mais praticadas (milho e feijão) no Sertão dos Inhamuns em resposta ao estresse provocado pela instabilidade hídrica entre os anos de 1977 e 2013. Avaliou-se a evolução do valor da produção, as áreas colhidas e os rendimentos dessas culturas. Para estimar esse índice de resiliência, utiliza-se o método de decomposição em componentes principais da análise fatorial objetivando encontrar os pesos associados aos indicadores empregados na formatação do índice. Os resultados mostraram a grande instabilidade das culturas que, inclusive, supera a instabilidade do regime pluviométrico, isso porque além de essa irregularidade climática, há problemas associados ao atraso tecnológico, que não foi objeto do estudo, e à flutuação dos preços demonstrada na pesquisa.

Palavras-chave: Agricultura Familiar. Resiliência. Estresse Hídrico.

Family farming and the water crisis in the Sertão Cearense

Abstract

The objective of this study was to assess the capacity of family farmers to recover from the most practiced crops (maize and beans) in the Sertão dos Inhamuns in response to the stress caused by water instability between 1977 and 2013. The evolution of the production value, areas harvested and yields of these crops were evaluated. In order to estimate this resilience index, we use the decomposition method in the main components of the factorial analysis to find the weights associated with the indicators used in the index format. The results showed the great instability of the crops, which even surpasses the instability of the pluviometric regime, because in addition to this climatic irregularity there are problems associated with technological backwardness, which was not the object of the study, and the fluctuation of prices shown in the research.

Keywords: Family Farming. Resilience. Hydric Stress.



1 Introdução

2

O semiárido brasileiro é uma região natural delimitada pelo conjunto de características edafoclimáticas integradas que o diferencia do espaço geográfico ao seu redor. O bioma característico desta região é a caatinga a qual se destaca por ter um patrimônio biológico diversificado e por ser um bioma exclusivamente brasileiro, não sendo encontrado em qualquer outra parte do mundo. As características desse bioma são temperaturas predominantemente altas, precipitações escassas e concentradas em um curto período, déficit hídrico devido ao alto potencial de evapotranspiração que é maior que as precipitações, solos rasos e pedregosos. A vegetação nativa é composta por plantas arbustivas ou arbóreas de porte baixo, retorcidas e resistentes ao estresse hídrico.

O semiárido no Brasil estende-se por oito estados da região Nordeste e parte do estado de Minas Gerais. A economia rural dessa região tem como base a agricultura familiar. Na região Nordeste, a qual tem a maior porção do seu território inserida no semiárido, 90,2% dos estabelecimentos agropecuários são caracterizados pela agricultura familiar, a categoria patronal representa apenas 6,4% do número total de estabelecimentos. No entanto, apesar de ocupar quase toda a extensão da área rural, a agricultura familiar representa apenas 52,2% do Valor Bruto da Produção, enquanto o setor patronal corresponde a 42,5% do VBP (SABINO, 2013). Esses dados evidenciam a dimensão do problema, pois retratam a situação de vulnerabilidade aos fatores ambientais, atraso tecnológico e falta de estrutura técnica e econômica a qual está submetida à agricultura que é praticada pela maioria dos agricultores que vivem no semiárido.

O Estado do Ceará possui mais de 90% do seu território pertencente ao semiárido. É o estado brasileiro com maior inserção proporcional nesse bioma. Dos 184 municípios cearenses, 150 estão incluídos oficialmente no semiárido (LEMOS; BOTELHO, 2014). O estado é dividido em oito macrorregiões de planejamento: Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), Litoral Oeste, Sobral/Ibiapaba, Sertão dos Inhamuns, Sertão Central, Baturité, Litoral Leste/Jaguaribe e Cariri/Centro Sul. A região discutida neste trabalho é a macrorregião do Sertão dos Inhamuns. Esta se constitui por dezesseis municípios: Aiuaba,





Ararendá, Arneiroz, Catunda, Crateús, Independência, Ipaporanga, Ipueiras, Monsenhor Tabosa, Nova Russas, Novo Oriente, Parambu, Poranga, Quiterianópolis, Tamboril e Tauá (IPECE, 2010). Compreende uma área de 26.227,3 Km² e tem uma população de 411.407 habitantes sendo que a população rural corresponde a 45% deste total (IBGE, 2010).

De acordo com dados do IPECE (2013), no ano de 2011 a agropecuária representou uma participação no PIB desta região de 14,67%. Embora essa seja a atividade exercida por quase metade da população, a sua participação no PIB é a menor ficando atrás do setor de serviços (74,7%) e transformação (10,62%). As atividades econômicas agropecuárias que predominam no Sertão dos Inhamuns é a agricultura de sequeiro, criação de gado de leite e de corte e criação de pequenos animais em sistema extensivo com baixo nível tecnológico. Verifica-se a inexistência de grandes áreas contínuas de agricultura mecanizada, sobressaindo-se a agricultura familiar, sendo predominante em toda a sua extensão.

Caracteriza-se ambientalmente por clima semiárido e a vegetação predominante é a caatinga, composta por plantas xerófitas, com alta resistência ao estresse hídrico, o solo é raso e pedregoso. A região é banhada por quatro importantes bacias hidrográficas: Alto Jaguaribe, Sertões de Crateús, Serra da Ibiapaba e Acaraú. O potencial hidrogeográfico dos municípios desta região, assim como de todo o semiárido, é pequeno em virtude da predominância de rochas cristalinas representadas por litologias do Pré-cambriano. Esta litologia caracteriza-se por solos rasos com ocorrência de afloramentos rochosos (OLIVEIRA, 2008). Esses fatores favorecem a baixa infiltração de água no subsolo e, conseqüentemente, o desabastecimento do lençol freático, o escoamento superficial provoca a erosão do solo, as características da vegetação xerófita também colaboram com a reduzida capacidade de infiltração da água e com o carreamento do solo para os cursos d'água. Somando todos esses aspectos o que se vê é um cenário de desertificação, o qual já vem sendo discutido por alguns autores.

Outros aspectos relevantes que caracterizam essa região é a elevada população, grandes áreas rurais, precipitações médias anuais abaixo de 800 mm, altas temperaturas médias anuais e, conseqüentemente, alta taxa de evaporação. As ações antrópicas que





se desenvolvem nessa região são predatórias devido, principalmente, à situação socioeconômica precária da população que usa como meio de subsistência, os recursos naturais de forma negligente. Como exemplo, tem-se a extração de madeira da caatinga para a produção de carvão e lenha, queimadas em áreas de mata nativa, uso do solo de forma irracional até a sua exaustão, desmatamento em áreas de encosta, nascentes de rios e matas ciliares para uso agrícola e de pastagem.

O objetivo deste trabalho é avaliar a capacidade de recuperação ou resiliência da produção agrícola das culturas de milho e feijão ao estresse hídrico na macrorregião do Sertão dos Inhamuns entre os anos de 1977 e 2013. De forma específica, a pesquisa objetiva: (a) Estimar os valores médios, máximos e mínimos da área colhida, produção, rendimento e valor bruto da produção de milho e feijão, comparando-os com os regimes pluviométricos médios sob os quais aconteceram; (b) Analisar comparativamente os valores máximos, médios e mínimos relativos ao Sertão dos Inhamuns com o Estado do Ceará; (c) Estimar de forma comparativa, a capacidade ou recuperação ou a resiliência das culturas de milho e feijão ao estresse hídrico, provocado pela variação das chuvas na região entre os anos de 1977 e 2013; (d) Estimar a capacidade de resiliência das culturas de milho e feijão em resposta às variações do regime pluviométrico no Sertão dos Inhamuns no período sob investigação.

2 Referencial teórico

O conceito de resiliência tem diferentes definições dependendo do ramo da ciência no qual é aplicada. Para Turner *et al.* (2003), nos estudos de ecologia utiliza-se a resiliência com o objetivo de caracterizar a capacidade de um sistema de se recuperar de uma perturbação ou estresse até chegar a um estado de referência e de manter determinadas estruturas e funções. O conceito de resiliência está fundamentado na ideia de que os sistemas ecológicos e sociais devem ser compreendidos como sistemas que se relacionam e que estão em constante mudança e não obrigatoriamente em equilíbrio estático (NELSON *et al.* 2007).





Para Carpenter *et al.* (2001) a resiliência apresenta três propriedades: a quantidade de mudança que o sistema pode suportar e ainda manter a sua estrutura e função; o grau de auto-organização do sistema; o grau no qual o sistema pode construir a capacidade de aprendizado e adaptação. Lemos e Botelho (2014) definem resiliência como a capacidade que possui um sistema de absorver impactos externos e reorganizar-se enquanto prepara mudanças para continuar mantendo as mesmas funções, estruturas, identidades e capacidades de prover retornos.

Para Holling (1973), resiliência é definida como a propensão de um sistema para reter sua estrutura organizacional e a produtividade na sequência de uma perturbação. Assim, um agroecossistema resiliente vai continuar a prestar um serviço vital como a produção de alimentos mesmo que haja uma seca grave ou uma grande redução nas chuvas. O desenvolvimento dos sistemas agrícolas resilientes é um tópico essencial de estudo, pois muitas comunidades têm forte dependência do provisionamento de serviços fornecidos pelo ecossistema tais como alimentação, forragem, combustível, ente outros para a sua subsistência (ALTIERI, 1999).

A irregularidade de chuvas, deficiência hídrica, baixa capacidade de adaptação e a pobreza da população faz com que a região semiárida no Nordeste brasileiro seja considerada uma das vulneráveis às variações climáticas (OBERMAIER, 2011). As alterações e a variabilidade climática surgem como um dos mais graves problemas globais afetando muitos setores no mundo e é considerado ser uma das mais graves ameaças para o desenvolvimento sustentável com impacto negativo sobre o meio ambiente, segurança alimentar, atividades econômicas e recursos naturais (MARY; MAJULE, 2009).

A agricultura em relação aos outros setores da economia é uma atividade que possui alta vulnerabilidade aos fatores ambientais, uma vez que o clima é o fator mais importante na determinação da sustentabilidade de sistemas de produção agrícola. As comunidades que dependem das atividades agrícolas para a sua sobrevivência estão entre as mais duramente afetadas e a população mais vulnerável desse grupo são aquelas de menor renda e nível educacional (MONTEIRO, 2007).





No semiárido brasileiro, a seca é parte da vida cotidiana, formação da cultura, ambiente, política e sociedade. Nesta região assolada pela pobreza, os agricultores aguardam ansiosamente a chegada anual da estação chuvosa e a promessa de uma colheita promissora. Em caso de seca, a produção agrícola é comprometida e o sofrimento humano prevalece (LEMOS *et al.*,2002).

O Estado do Ceará apresenta características de regiões semiáridas, com cobertura vegetal típica de Caatinga e, por não possuir rios perenes e ser um dos estados do Nordeste mais vulneráveis à seca, sofre severas limitações. A ausência de rios perenes combinado à frequência de secas é um entrave para o desenvolvimento do semiárido, pois problemas com solos rasos e salinos e baixa pluviosidade, associados à intermitência dos rios, inviabilizam, juntamente com outros fatores de caráter socioeconômico, o progresso da agricultura familiar (VIDAL; SANTOS, 2014).

A seca não influencia apenas o setor rural, uma vez que a economia nordestina depende do setor primário. A escassez de matéria-prima, o desemprego nas cidades que fazem parte do semiárido, a retração da economia e a diminuição da arrecadação tributária, são exemplos da extensão do problema provocado pelas estiagens sobre os diversos setores da economia nordestina (ARAUJO FILHO *et al.*,1987).

Sabe-se, no entanto, que além dos problemas provocados pelas condições edafoclimáticas, pela escassez de chuvas, pela falta de água corrente em decorrência das estiagens prolongadas, é necessário considerar também, as condições estruturais, no que diz respeito, principalmente, à posse e ao uso da terra e ao contexto cultural em que a agricultura familiar é realizada no semiárido nordestino (DUARTE, 2002).

Para Siniscalchi (2010), o setor agrícola no semiárido é dinâmico e bastante heterogêneo, com processos diferentes de modernização tecnológica, mas o sistema de produção predominante é a agricultura tradicional de base familiar. A base da economia no semiárido é a agricultura de sequeiro em que são grandes os riscos de prejuízos na colheita e aumentam no período de seca. Os fatores climáticos são decisivos nesse tipo de agricultura, principalmente a precipitação pluviométrica, pois nesse tipo de atividade agrícola não existe fonte de água disponível como ocorre em áreas irrigadas. A ocorrência





de baixas pluviosidades ou chuvas mal distribuídas acarreta decréscimo ou até a perda completa da produção (COUTINHO *et al.*, 2013).

No entanto, há um aparente paradoxo, pois de um lado existe a vulnerabilidade de agricultores familiares frente aos riscos climáticos e socioeconômicos e do outro, a resiliência socioambiental da agricultura familiar como um conjunto para absorver ou se recuperar de tais choques. Em resumo, ao mesmo tempo em que a agricultura familiar do sertão é altamente vulnerável, mostra-se extremamente resiliente (OBERMAIER, 2011).

7

3 Metodologia

3.1 Área Geográfica do Estudo

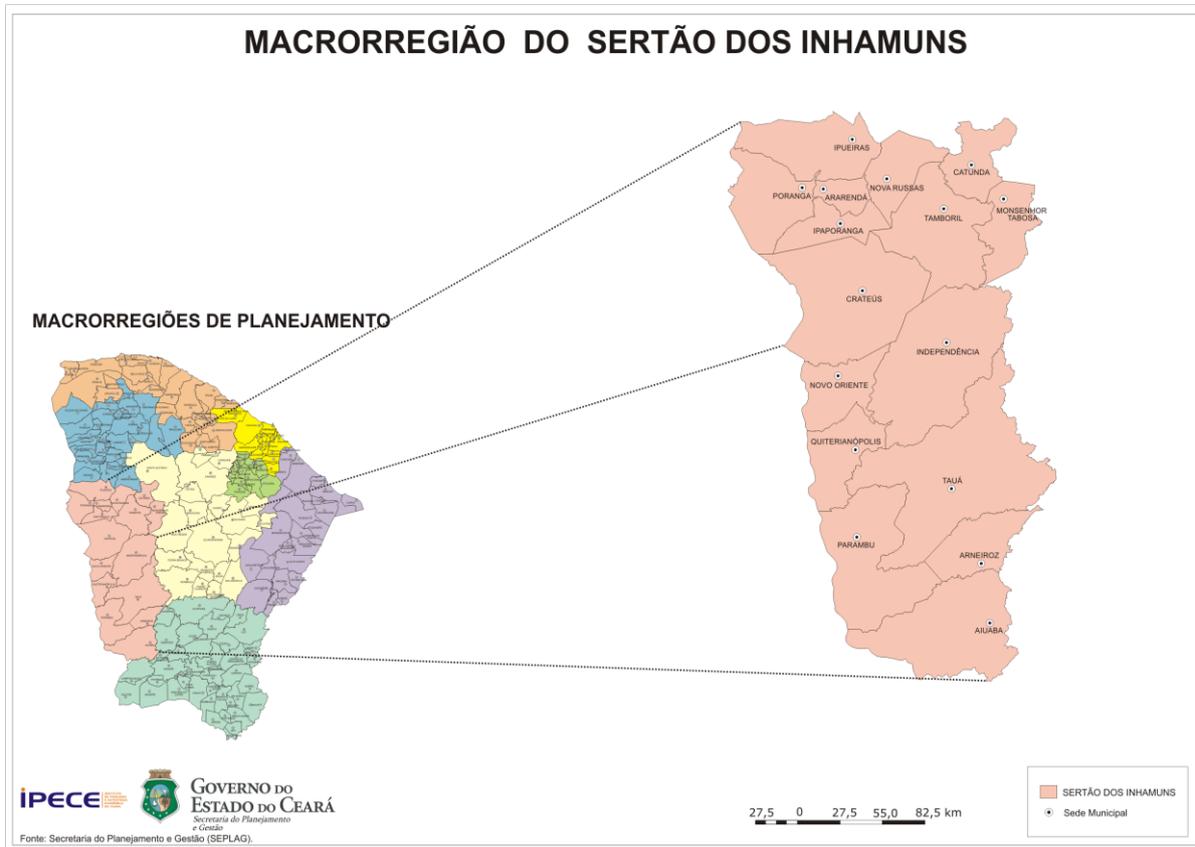
A área geográfica definida para o estudo foi a macrorregião do Sertão dos Inhamuns, a qual está entre as regiões com menor índice pluviométrico. No entanto, no processamento dos dados foram excluídos os municípios de Ararendá, Catunda, Iporanga e Quiterianópolis por terem sido criados no final da década de 1980 e início da década de 1990, ou seja, após o início da série histórica, então, para não comprometer a análise dos dados, optou-se por não fazer a inclusão posterior destes municípios.

3.2 Fonte dos Dados

Para realizar este estudo foram utilizadas séries históricas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), entre os anos de 1977 e 2013, de área colhida, produtividade e Valor Bruto da Produção (VBP) das culturas de milho e feijão, as quais são as culturas mais praticadas pela agricultura familiar na região do estudo. Os valores nominais de VBP foram corrigidos para valores de 2013 utilizando-se como fator de correção o IGP-DI da Fundação Getúlio Vargas. Utilizou-se, também, a série histórica de precipitações de chuva, levantadas junto à Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME) com período igual ao levantado para as culturas.



Figura 1. Posição geográfica da macrorregião do Sertão dos Inhamuns no estado do Ceará.



Fonte: IPECE, 2013.

3.3 Método de Análise

O método de análise para este trabalho baseou-se na metodologia de Lemos e Botelho (2014). Primeiramente, foram estimados os valores máximo e mínimo, assim como os coeficientes de variação das áreas colhidas, rendimento, VBP precipitação pluviométrica no período. Foram identificados os anos em que ocorreram os valores extremos para cada item.

Para estimar a resiliência de cada cultura ao estresse hídrico, foram tomados os valores máximos de VBP, rendimento e área colhida e transformados em índices em que se convertem os valores máximos em cem (100) e ajusta-se os demais valores proporcionalmente. Os índices de VBP (INVBP), Índices de Areas cOlhidas (INAREA) e os



Índices de Rendimentos (INREN) para as culturas de milho e feijão são construídos tendo como base de referência os respectivos picos entre os anos de 1977 e 2013. Assume-se neste estudo, que os valores máximos atingidos por cada um desses indicadores é a capacidade potencial das culturas em questão no Sertão dos Inhamuns. A partir da construção dos índices, admite-se que ao atingir as magnitudes máximas em um determinado ano, supõe-se que o não atingimento daqueles valores nos demais anos ou valores discrepantes do índice máximo devem ser atribuídos a alguma ou à sinergia de várias causas, sendo a escassez de chuva a mais relevante. Desta forma, as escalas em que os índices são construídos de zero a cem, transformam-se, por hipótese, na capacidade de recuperação, em determinado ano, de cada um dos indicadores. Quanto mais próximo de cem, maior a capacidade de recuperação ou de resiliência do indicador específico.

A magnitude do valor de cada ano em relação ao máximo pode ser considerada como um indicador de capacidade de recuperação daquele indicador. Neste estudo, os indicadores serão agregados, devidamente ponderados, para transformá-los na capacidade de recuperação conjunta de todos eles ou da resiliência da cultura. Isso será feito construindo-se o Índice de Resiliência (INRES) para a cultura do milho e do feijão. O “INRES”, por hipótese, captará de forma ponderada, as sinergias existentes entre valor da produção, área colhida e rendimento de cada cultura. Os índices parciais apresentados anteriormente serão agregados na seguinte equação:

$$\text{INREST}_i = P1\text{INVBPT}_i + P2 \text{INAREAT}_i + P3 \text{INRENDT}_i \quad (1)$$

Na equação (1), P1, P2 e P3 são pesos a serem estimados e que estão associados à cada um dos indicadores que compõem o INREST_i no ano “T” (1977, 1978, ..., 2013) para a cultura “i” (feijão ou milho). Como os indicadores apresentados na equação (1) são aferidos em percentuais e os pesos são valores adimensionais contidos no intervalo zero a um e somando um (1), o INREST_i será aferido em percentagem. Assume-se, neste trabalho, que a sua magnitude será uma aproximação do percentual de resiliência que estima a capacidade de recuperação da produção de alimentos no Ceará, aos estresses provocados por variações pluviométricas e/ou pelos demais fatores listados, que não





serão investigados neste estudo. A sua amplitude está contida no intervalo variando de zero por cento (total incapacidade de resiliência) a cem por cento (100%), perfeita capacidade de resiliência.

Os pesos associados à equação (1) foram estimados usando métodos de análise fatorial com decomposição em componentes principais. Para se chegar a esses valores, foi utilizado o software SPSS.

Tendo estimado o valor anual do índice de resiliência de cada cultura pode-se ilustrar graficamente a sua trajetória, comparativamente à distribuição no tempo da precipitação de chuvas na macrorregião dos Inhamuns entre 1977 e 2013. O trabalho estima os valores médios, máximos e mínimos dos índices de resiliência para feijão e milho para a região em estudo no período sob investigação e identifica os respectivos regimes pluviométricos sob os quais aqueles valores registraram-se.

Para testar a influência da precipitação de chuvas sobre o índice de resiliência estimado para cada cultura utiliza-se a seguinte equação:

$$\text{INREST}_i = \beta_0 + \beta_1 \text{INCHT} + \epsilon_{Ti} \quad (2)$$

A variável INCHT é a precipitação de chuvas transformada em índice, em que a maior precipitação observada na região vale cem (100) e as precipitações dos demais anos são ajustadas proporcionalmente. Sendo a equação (2) construída desta forma, o coeficiente de regressão “ β_1 ”, associado ao índice de precipitação de chuvas, mostrará estimativas da variação percentual no índice de resiliência da cultura “i” às variações percentuais das precipitações de chuvas. Espera-se que esse coeficiente seja positivo. O coeficiente β_0 é o parâmetro linear. Supondo que o termo aleatório ϵ_{Ti} também captará os prováveis impactos das demais variáveis que não foram incluídas nesta pesquisa, por falta de informações, assume as propriedades de não ser autorregressivo e ser homecedástico, os coeficientes β_0 e β_1 , da equação (2), podem ser estimados pelo método dos mínimos quadrados ordinários.

Com base nos resultados estimados, a partir da equação (2), pode-se aferir, além da relação entre a resiliência de cada cultura com o regime pluviométrico anual da região, tal como definida neste trabalho, qual das duas culturas estudadas terá maior (ou menor)





resiliência média à instabilidade pluviométrica, bem como os respectivos coeficientes de variação.

4 Resultados e Discussão

4.1 Valores Médios e Extremos das Culturas Alimentares e da Precipitação de Chuvas no Sertão dos Inhamuns entre 1977 e 2013.

Na Tabela 1 estão apresentadas as médias históricas e os valores extremos da precipitação de chuvas, áreas colhidas, rendimento e VBP para as culturas do milho e feijão com seus respectivos coeficientes de variações e com a identificação dos melhores e dos piores desempenhos na macrorregião do Sertão dos Inhamuns e no Estado do Ceará no período entre 1977 e 2013. Observa-se, neste estudo, que entre os 14 indicadores, o ano de 1983 aparece seis vezes (42,8%) sendo que esse ano apresentou o menor índice de precipitação no período do estudo. Ao verificar a coluna com os valores máximos, observa-se que o ano de 2011 prevalece como um dos melhores anos para a agricultura, aparecendo quatro vezes (28,5%) com os maiores índices. Apesar de não ter o maior índice de precipitação, o ano de 2011, no entanto, foi um ano com pluviosidade muito acima da média para a região (969,2mm).

A amplitude pluviométrica para a região do estudo foi de 1260,3mm e a média de 701mm, enquanto para o Estado do Ceará, a amplitude foi de 1470,3mm e a média de 904mm. Pode-se afirmar, então, que a região do estudo, embora apresente menor amplitude pluviométrica, a severidade na escassez hídrica é maior que para o estado como um todo. O Coeficiente de Variação (CV) para esta variável foi de 38%, mostrando-se elevado. A partir dessas informações sobre a variável precipitação de chuvas, pode-se inferir que a macrorregião do Sertão dos Inhamuns apresenta alta instabilidade climática associada a baixos índices de chuva. Essa informação estende-se também para o estado, pois este, embora apresente dados que mostram uma severidade climática inferior que a região do estudo, quando o coeficiente de variação é observado (34%), verifica-se que a irregularidade da quadra chuvosa é frequente.



Tabela 1. Síntese das evoluções das áreas colhidas, rendimento e VBP de milho e feijão, bem como as precipitações de chuva entre os anos de 1977 e 2013 na macrorregião do Sertão dos Inhamuns e no Estado do Ceará.

Macrorregião dos Inhamuns						
VARIÁVEIS	Mínimo		Máximo		Média	CV(%)
	Ano	Valor	Ano	Valor		
Precipitação chuvas (mm)	1983	266.1	1985	1526.4	701	38
Área com feijão(ha)	1983	24984	1991	118934	71061	34
Rendimento feijão(kg/ha)	2012	53	2011	456	229	52
VBP feijão(R\$)	2013	6735	1986	117444	46718	64
Área com milho	1993	17687	2003	123268	81544	36
Rendimento milho	1993	47.5	2011	1138.4	456	67
VBP milho(R\$)	1992	13.4	1994	461010	70960	123
Estado do Ceará						
Precipitação chuvas (mm)	1983	418.1	1985	1888.4	904	34
Área com feijão	1983	166,559	1994	765654	479970	29
Rendimento feijão	2012	117	2006	463	269	34
VBP feijão(R\$)	2013	123,465	1979	681,490	367969	42
Área com milho	1981	120,000	2011	726,777	510047	31
Rendimento milho	1983	120	2011	1254	569	52
VBP milho(R\$)	1983	36165.7	2011	599918	262666	55

Fonte: Dados da pesquisa.

Todas as variáveis estudadas apresentaram CV elevados, mas o Sertão dos Inhamuns destaca-se quando comparado ao estado como um todo por apresentar instabilidade superior. O CV para a região do estudo varia entre 34% para a área com feijão e 123% para o VBP do milho, enquanto essa diferença no CV, quando se analisa o estado do Ceará, está entre 29% para a área com feijão e 55% para o VBP do milho, ou seja, o estado apresenta diferenças mais coerentes entre os CV, enquanto a região do estudo apresenta alta discrepância que denuncia a instabilidade e a fragilidade das condições produtivas e econômicas na agricultura.

Entre as variáveis estudadas, o milho mostrou-se cultura mais vulnerável aos efeitos ambientais e econômicos, isso se deve, provavelmente, não apenas às características fisiológicas da cultura que apresenta uma exigência hídrica relativamente



alta, mas também à vulnerabilidade econômica do setor agrícola na região do estudo. Analisando apenas o Sertão dos Inhamuns, a área plantada com essa cultura variou entre 17.687 ha no ano de 1993 e 123.268 ha no ano de 2003, o CV foi de 36%. O rendimento da cultura apresentou um CV de 67%, variando a produtividade entre 47,5 kg/ha no ano de 1993 e 456 kg no ano de 2011. A variável VBP do milho mostrou-se mais instável, sendo o CV de 123%. O que impressiona de fato nesta variável é que o ano mais crítico foi o de 1992, enquanto o ano em que se verifica o maior Valor Bruto da Produção (VBP) foi o ano de 1994, havendo uma diferença de apenas dois anos entre os valores máximo e o mínimo para uma mesma cultura. Fazendo uma análise um pouco mais aprofundada, fica evidente a fragilidade e a dependência dos fatores ambientais do sistema agrícola da região ao se observar uma discrepância acentuada com uma diferença cronológica muito pequena.

Para o estado do Ceará, o CV para a cultura do milho também foi alto, no entanto, esses valores apresentaram-se bem inferiores em relação ao Sertão dos Inhamuns, evidenciando uma maior estabilidade da agricultura para o restante do estado. O maior CV foi para a variável VBP sendo de 55%. O pior ano para essa cultura foi o de 1983, correspondendo ao ano com menor precipitação de chuvas e o melhor ano foi o de 2011, o qual foi o ano com um dos maiores índices pluviométricos da série mostrada neste estudo. Essas observações mostram o quanto a agricultura no estado é dependente das condições climáticas.

Em relação à cultura do feijão, o que chama atenção é que, no Sertão dos Inhamuns, o melhor rendimento deu-se no ano de 2011 com 456 kg/ha e o pior rendimento foi verificado no ano seguinte, com apenas 53 kg/ha. O CV para essa variável foi de 52%, o segundo mais elevado dentre as variáveis relativas à cultura do feijão. O maior CV foi para a variável VBP, sendo de 64%. Assim como para a cultura do milho, a cultura do feijão no Sertão dos Inhamuns apresentou variáveis mais instáveis quando comparado ao Estado do Ceará.

4.2 Resultados obtidos na estimação do Índice de Resiliência (INRES)



Para estimar o Índice de Resiliência (INRES), os indicadores Índice de Rendimento (INREN), Índice de Área (INAREA) e Índice de VBP (INVBP) das culturas do milho e feijão foram colocados em série. Esse procedimento fez com que a análise do Índice de Resiliência tivesse um total de 222 observações, ou seja, foram 111 observações por cultura durante 37 anos. Dessa forma, foi possível elevar os graus de liberdade para fazer as estimações, além de possibilitar a comparação dos resultados obtidos entre elas, o que não seria possível se os pesos fossem diferentes. O método utilizado para estimar os pesos foi a decomposição das variáveis observáveis em componentes principais, em que foi extraído um fator com as características mostradas na Tabela 2, em que é mostrado os pesos estimados a partir da matriz estimada para os “escores fatoriais”.

Tabela 2. Resultados obtidos com a decomposição em componentes principais

CULTURA DO MILHO			
INDICADORES	Matriz de Componentes	Matriz dos Escores Fatoriais	Matriz dos Pesos Estimados
Índice do VBP (INVBP)	0.804	0.359	0.31
Índice de Área (INAREA)	0.884	0.394	0.34
Índice de Rendimento (INREN)	0.902	0.402	0.35
Variância Total Estimada	74.70		
CULTURA DO FEIJÃO			
Índice do VBP (INVBP)	0.786	0.383	0.30
Índice de Área (INAREA)	0.718	0.459	0.30
Índice de Rendimento (INREN)	0.860	0.419	0.33
Variância Total Estimada	62.49		

Fonte: Dados da pesquisa.

A partir dos itens que compõem a matriz estimada para os componentes, assim como a matriz dos escores fatoriais, obtêm-se os pesos para cada um dos indicadores utilizados na construção do INRES. Sendo assim, pode ser observado que os pesos para os indicadores estão muito próximos, variando entre 0,31 para o INVBP e 0,35 para o INREN na cultura do milho, 0,30 para o INVBP e INAREA e 0,33 para o INREN na cultura do feijão. Esse resultado reflete a alta variabilidade que os índices apresentaram durante o período do estudo. A variância explicada pelo modelo para a cultura do milho foi de 74,7% e para a cultura do feijão de 62,49%. Essa variância elevada demonstra que



faltaram incluir mais indicadores para aferir com maior precisão, a resiliência das culturas. Essas informações não foram incluídas porque não se têm dados disponíveis em longos períodos. A partir dessas informações, pode-se afirmar que os pesos obtidos nesta pesquisa, assim como os padrões estimados de resiliência, podem ser interpretados como tendência.

Todos os índices parciais que compõem o INRES estão medidos em percentagens, tendo como base os respectivos maiores valores iguais a cem (100), como foi discutido na metodologia do trabalho. Com base nesses pesos apresentados na Tabela 2, define-se a equação do INRES para a cultura do milho e do feijão, respectivamente, da seguinte forma:

$$\text{INRESTi (milho)} = 0,31\text{INVBPTi} + 0,34\text{INARETi} + 0,35\text{INRENTi} \quad (2)$$

$$\text{INRESTi (feijão)} = 0,30\text{INVBPTi} + 0,30\text{INARETi} + 0,33\text{INRENTi} \quad (3)$$

Com base nas equações 2 e 3, estima-se a trajetória do índice de resiliência para milho e feijão entre os anos 1977 e 2013. Essas evidências estão mostradas na Figura 2 para a trajetória da resiliência do cultivo do milho e na Figura 3 para a trajetória da resiliência no cultivo de feijão. Todas as figuras evidenciam que as trajetórias das resiliências das culturas guardam uma configuração bastante parecida como aquelas associadas às precipitações de chuvas, que estão apresentadas em índice (maior precipitação = 100), para facilitar a comparação visual. Isso evidencia que há uma relação de causa e efeito entre as variáveis.

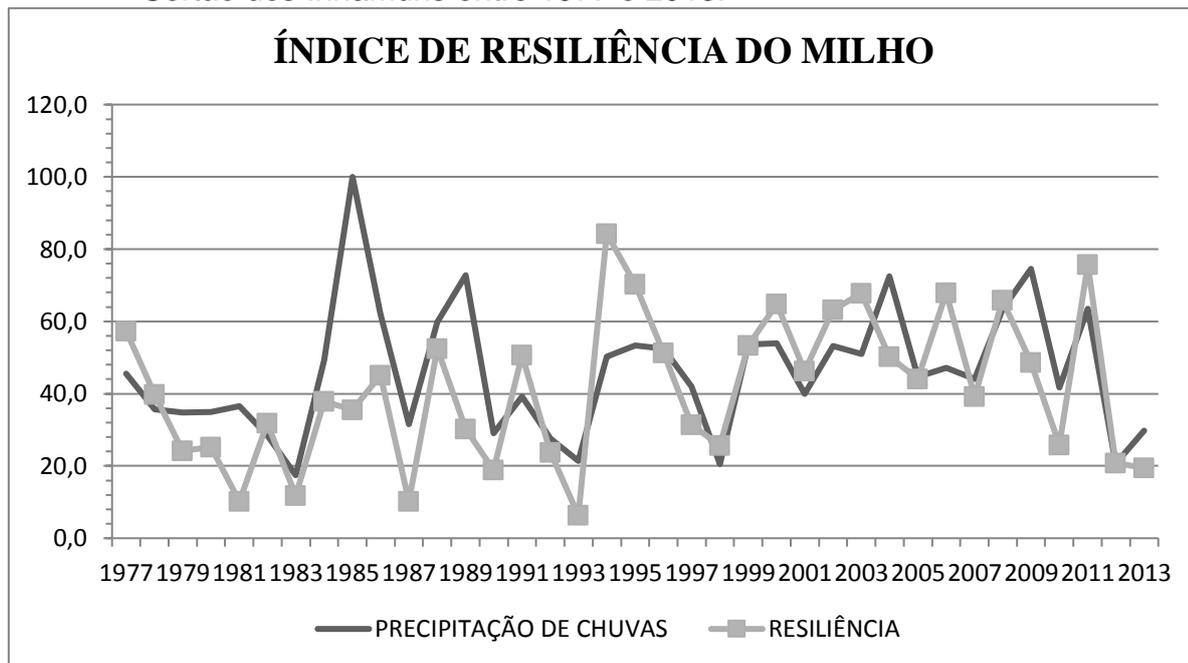
A partir das equações 2 e 3 foram estimadas as resiliências máximas, médias e mínimas do cultivo do milho e do feijão para o Sertão dos Inhamuns entre os anos de 1977 e 2013. Na Tabela 3, verifica-se que o milho e o feijão apresentaram maior índice de resiliência no ano de 1994, sendo a resiliência de 84,24% e 83,67%, respectivamente. Nesse ano, a precipitação de chuvas foi de 768 mm no Sertão dos Inhamuns.

Tabela 3. Estimativa da resiliência máxima das culturas no período de 1977-2013.

Cultura	Ano	Resiliência Máxima (%)	Precipitação de Chuvas (mm)
Milho	1994	84.24	768
Feijão	1994	83.67	768

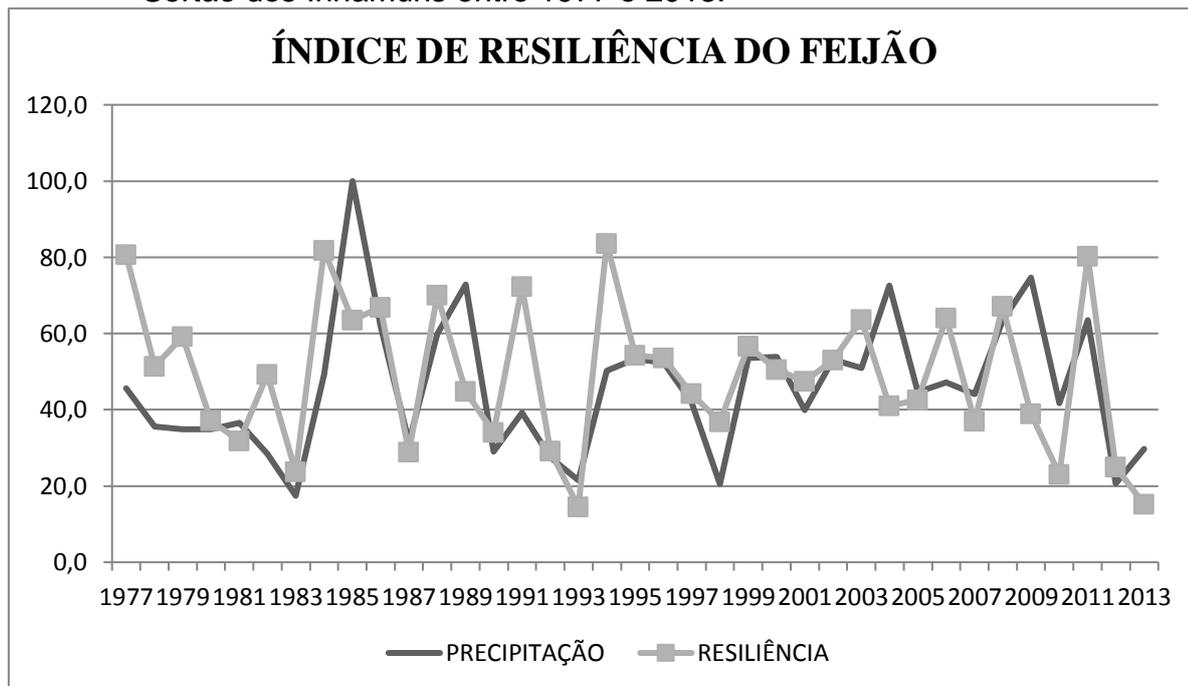
Fonte: Dados da Pesquisa.

Figura 2. Trajetórias da resiliência do cultivo do milho e da precipitação de chuvas no Sertão dos Inhamuns entre 1977 e 2013.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 3. Trajetórias da resiliência do cultivo do feijão e da precipitação de chuvas no Sertão dos Inhamuns entre 1977 e 2013.



Fonte: Dados da pesquisa.



De acordo com a Tabela 4, observa-se que a resiliência mínima para as culturas de milho e feijão foi no ano de 1993, sendo de 6,33% e 14,5%, respectivamente. O índice pluviométrico nesse ano foi de apenas 327. Quando se compara os índices de resiliência máximo e mínimo para o Sertão dos Inhamus, verifica-se que diferença cronológica desses índices é de apenas um ano, evidenciando a fragilidade e a dependência do fator chuva na agricultura dessa região.

Tabela 4. Estimativa da resiliência mínima das culturas no período de 1977-2013.

Cultura	Ano	Resiliência Mínima (%)	Precipitação de Chuvas (mm)
Milho	1993	6.33	327
Feijão	1993	14.5	327

Fonte: Dados da Pesquisa.

Na Tabela 5, estão os índices de resiliência médios para as culturas avaliadas. Esses valores também se apresentam baixos, sendo de 41,27% para a cultura do milho no ano de 1978, neste ano, a precipitação de chuvas foi de 544 mm, e 49,11% para a cultura do feijão no ano de 1982, a precipitação de chuvas nesse ano foi de 435 mm. O coeficiente de variação apresentou-se bem elevado sendo de 49,36% e 38,68% para a cultura do milho e feijão, respectivamente.

Tabela 5. Resiliência média das culturas no período de 1977-2013.

Cultura	Ano	Resiliência Média (%)	Coeficiente de Variação (%)	Precipitação de Chuvas (mm)
Milho	1978	41.27	49.36	544
Feijão	1982	49.11	38.68	435

Fonte: Dados da Pesquisa.

4.3 Relação entre Resiliência das Culturas Estudadas e Pluviometria no Sertão dos Inhamuns

Para estimar a relação entre os índices estimados de resiliência no cultivo de milho e feijão utilizou-se um modelo de regressão linear simples, em que a variável dependente é o Índice de Resiliência de cada cultura (INRES), e a variável explicativa é a precipitação pluviométrica observada para o Sertão dos Inhamuns no mesmo período em que foram

estimados os índices de resiliência: 1977 a 2013. As precipitações de chuvas foram transformadas em índice, tendo como base o maior valor ocorrido na série estudada de 37 anos. Os demais anos foram ajustados proporcionalmente. Esse tipo de modelagem facilita a interpretação do coeficiente angular porque a sua magnitude sinalizará para o percentual de variação do índice de resiliência da cultura, decorrente da variação de um por cento da precipitação de chuvas.

Tabela 6. Resultados obtidos das regressões entre os índices de resiliência e a precipitação de chuvas entre 1977 e 2013.

Variável Dependente INRES	R ² Ajustado	Coeficiente Linear	Coeficiente Angular	Significância (%)
Milho	0.281	12.209	0.633	0.0004
Feijão	0.244	23.671	0.554	0.0011

Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados da Tabela 6 mostram que há uma correlação positiva entre a resiliência das culturas de milho e feijão e a precipitação de chuvas no Sertão dos Inhamuns entre 1977 e 2013. Os coeficientes de determinação mostraram-se baixos, sendo de 0,281 para o milho e 0,244 para o feijão. Isso deixa evidente que há outras variáveis que afetam a resiliência dessas culturas não apenas na região do estudo, mas no semiárido como um todo. Os valores do R² Ajustado infere que 28% no caso da resiliência do milho e 24% para a resiliência do feijão é justificado pelo índice pluviométrico.

As elasticidades estimadas para os índices de resiliência, em resposta às variações da precipitação de chuvas no Ceará foram de 0,633 para a cultura do milho e 0,554 para a cultura do feijão. Esse resultado mostra que a cultura do milho é mais sensível à pluviometria no Sertão dos Inhamuns que a cultura do feijão.

5 Considerações finais

A pesquisa mostrou que a área colhida, rendimento e valor bruto da produção, tomando como base as duas culturas representativas, que são milho e o feijão, no Sertão dos Inhamuns apresentam elevada instabilidade quando aferem os seus respectivos



coeficientes de variação, os quais foram todos acima de 29%. O regime pluviométrico na região também apresentou elevada instabilidade, sendo seu coeficiente de variação igual a 38%. Entretanto, os indicadores relacionados aos cultivos, apresentaram coeficientes de variação maiores que aquele estimado para a trajetória pluviométrica na região entre 1977 e 2013. Esse resultado mostra que há outros fatores, como o baixo nível tecnológico e a fragilidade da economia, que influenciam a variabilidade da agricultura local. No entanto, não foi possível captar esses indicadores ao longo da série em decorrência da indisponibilidade desses dados em séries históricas longas.

Observou-se que os valores máximo e mínimo de área colhida, rendimento e valor bruto da produção estão diretamente ligados à pluviometria na região. Nos anos em que houve regime pluviométrico normal, a agricultura atingiu seus valores máximos, o contrário aconteceu nos anos de baixa pluviometria, em que foi possível verificar que a agricultura na região atingiu seus valores mais baixos. A cultura do milho mostrou-se ainda mais sensível que a cultura do feijão às variações do regime pluviométrico. O valor bruto da produção foi a variável que apresentou a maior instabilidade com coeficiente de variação extremamente elevado, de 123% para a cultura do milho.

A comparação dos valores máximo e mínimo das variáveis estudadas entre o Sertão dos Inhamuns e o Estado do Ceará como um todo mostrou que a região do estudo possui uma agricultura mais instável, maior variabilidade dos índices, assim como um regime pluviométrico com média inferior à do estado. Isso caracteriza uma maior fragilidade e vulnerabilidade da agricultura nessa região.

O índice de resiliência que foi estimado na pesquisa para aferir a capacidade de recuperação conjunta do valor da produção, área colhida e rendimento de cada cultura, mostrou que a cultura do feijão apresenta a maior magnitude média. Em relação à resiliência máxima, para ser obtida, não necessita de patamares pluviométricos muito altos, bastando apenas estar dentro da média. Entretanto, os índices de resiliência muito baixos foram observados nos anos com os menores índices pluviométricos.

A análise de regressão construída para verificar a relação entre a resiliência das culturas estudadas e a pluviometria no Sertão dos Inhamuns, mostrou que há uma





correlação positiva entre as duas variáveis, mas que há outros fatores que influenciam a resiliência que não puderam constar neste trabalho.

A pesquisa permite concluir que a agricultura praticada pela agricultura familiar na região do estudo enfrenta sérias dificuldades que estão associadas não apenas às variações ambientais, mas a outros fatores como a falta de assistência técnica, baixo nível tecnológico e uma economia instável. As culturas do milho e do feijão apresentaram alta dependência do regime pluviométrico, entretanto, a dependência do milho em relação à chuva é ainda mais severa. Com este estudo foi possível inferir que o Sertão dos Inhamuns apresenta uma agricultura mais fragilizada e vulnerável que a agricultura praticada no restante do estado do Ceará.

Referências

ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 74, n. 1-3, p.19-31, jun. 1999.

ARAÚJO FILHO, J. A. de *et al.* Efeitos da Manipulação da Vegetação Lenhosa sobre a Produção e Compartimentalização da Fitomassa Pastável de uma Caatinga Sucessional. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 31, n. 1, p.11-19, 2002.

CARPENTER, S. *et al.* From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What?. **Ecosystems**. v. 4, n. 8, p.765-781, dez. 2001. Springer Science + Business Media.

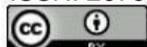
COUTINHO, M^a. J. F. *et al.* A pecuária como atividade estabilizadora no semiárido brasileiro. **Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, v. 20, n. 3, p.434-441, set. 2013.

DUARTE, R. S. **O Estado da arte das tecnologias para a convivência com as secas no Nordeste**. Recife: Fundação Joaquim Nabuco; Fortaleza: BNB, 2002.

FUNCEME – **Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos**. Disponível em: www.funceme.br/. Acesso em: 09 de fevereiro de 2017.

HOLLING C. S. Resilience and stability of ecological systems. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.4, p. 1–23, 1973.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. Banco de Dados Agregados. Disponível em: www.sidra.ibge.gov.br. Acesso em: 04 de fevereiro de 2017.





IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Disponível em: www.ipece.ce.gov.br. Acesso em: 04 de fevereiro de 2017.

LEMOS, J. de J. S.; BOTELHO, D. C. Resiliência ao estresse hídrico nas lavouras alimentares no Ceará. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 52., 2014, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sober, 2014. p. 1 - 20.

21

LEMOS, M^a. C. *et al.* The use of seasonal climate forecasting in policymaking: lessons from northeast Brazil. **Climatic Change**, v. 55, n. 1, p.479-501, dez. 2002.

MARY, A. L.; MAJULE, A. E. Impacts of climate change, variability and adaptation strategies on agriculture in semi arid areas of Tanzania: The case of Manyoni District in Singida Region, Tanzania. **African Journal of Environmental Science and Technology**. v. 8, n. 3, p.206-218, ago. 2009.

MONTEIRO, J. M^a. G. **Plantio de oleaginosas por agricultores familiares do semiárido nordestino para produção de biodiesel como uma estratégia de mitigação e adaptação às mudanças climáticas**. 2007. 302 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

NELSON, D. R.; ADGER, N.; BROWN, K. Adaptation to environmental change: contributions of a resilience framework. **The Annual Review of Environment and Resources** 32, p. 395-419, 2007.

OBERMAIER, M. Vulnerabilidade e resiliência socioambiental no contexto da mudança climática: o caso do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB). **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v. 16, n. 33, p.109-134, jul./dez. 2011.

OLIVEIRA, Z. B. de. **Análise da desertificação nos sertões dos Inhamuns – Ceará, no contexto das políticas públicas e o papel da mídia**. 2008. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

SABINO, M^a. J. C. **A vulnerabilidade da agricultura familiar nos municípios do Ceará: o caso do maciço de Baturité**. 2013. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia Rural, Economia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

SINISCALCHI, C. R. **Análise da viabilidade para inserção da agricultura familiar do semiárido no programa nacional de produção e uso de biodiesel: o caso do Ceará**. 2010. 175 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.





TURNER, B. L. *et al.* A framework for vulnerability analysis in sustainability science. **Proc Natl Acad Sci**, Washington, v. 100, n. 14, p.8074-8079, jul. 2003.

ⁱ **Raquel Neris Teixeira**, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9737-357X>

Setor de Tratamento Fitossanitário, Empresa: Leo Pallets Indústria e Comércio de Pallets LTDA-Brasil.

Mestrado em Economia Agrícola pela Universidade Federal do Ceará – UFC; Graduada em Agricultura pela Universidade Federal do Ceará – UFC a UFC; Responsável Técnico da Leo Pallets Indústria e Comércio de Pallets LTDA, Brasil.

Contribuição de autoria: Escrita do artigo.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2342828443120379>.

E-mail: raquelneris@alu.ufc.br

ⁱⁱ **Robério Telmo Campos**, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1393-987X>

Programa de Pós-Graduação em Economia Rural (PPGER), Departamento de Economia Agrícola, Universidade Federal do Ceará.

Prof. Titular do Departamento de Economia Agrícola da UFC; Doutor em Economia pela Universidade Federal de Pernambuco; e, Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Ceará – UFC, Brasil.

Contribuição de autoria: Orientação e supervisão do artigo.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2652530418454016>.

E-mail: roberio@ufc.br

Editora responsável: Cristine Brandenburg

Especialista *ad hoc*: Karla Angélica Nascimento

Como citar este artigo (ABNT):

TEIXEIRA, Raquel Neris; CAMPOS, Robério Telmo. Agricultura familiar e a crise hídrica no Sertão Cearense. *Rev. Pemo*, Fortaleza, v. 3, n. 3, e337172, 2021. Disponível em:

<https://doi.org/10.47149/pemo.v3i3.7172>

Recebido em 10 de julho de 2021.

Aceito em 07 de outubro de 2021.

Publicado em 09 de outubro de 2021.



