

CAPACIDADE DE RECUPERAÇÃO DA AGRICULTURA FAMILIAR DO NORDESTE BRASILEIRO: UMA ANÁLISE PARA O PERÍODO 1990 - 2012¹

Recoverability of Family Farming in Brazilian Northeast: Analyses to period 1990- 2012

Jaqueline Saraiva de Lira

Engenheira Agrônoma. Mestre em Economia Rural pela Universidade Federal do Ceará - UFC. jaquelynejack@hotmail.com

José de Jesus Sousa Lemos

Engenheiro Agrônomo. Pós-Doutor em Economia dos Recursos Naturais. Professor Titular do Departamento de Economia Agrícola - DEA/UFC. Coordenador do Laboratório do Semiárido (LabSar). lemos@ufc.br

Patrícia Verônica Pinheiro Sales Lima

Engenheira Agrônoma. Doutora em Economia Aplicada. Professora Associada do DEA/UFC. Coordenadora Substituta do Laboratório do Semiárido (LabSar). pvpslima@gmail.com

Resumo: A pesquisa teve como objetivo avaliar a capacidade de recuperação da produção de arroz, feijão, mandioca e milho por agricultores familiares dos nove estados do Nordeste do Brasil (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe) no período sob investigação de 1990 e 2012. Para atingir esses objetivos utilizaram-se dados secundários retirados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para aferir a capacidade de recuperação das lavouras foi construído o Índice de Resiliência (IRES) da produção da agricultura familiar com base na produção per capita das culturas em análise, na relação do valor bruto da produção dos alimentos pelo PIB agrícola dos estados, nas áreas colhidas e nos rendimentos agregados das lavouras estudadas na pesquisa. Para estimar os pesos associados ao IRES, utilizou-se o método de análise fatorial com decomposição em um fator principal. Os resultados mostram que os IRES de todos os estados apresentaram tendência negativa de crescimento ao longo do período estimado. Observou-se também que o IRES conseguiu capturar, em magnitudes relativas menores, os anos de estresses hídricos observados no período analisado.

Palavras-chave: Estresse hídrico; resiliência; produção agrícola.

Abstract: The study aimed to evaluate the recoverability in production of rice, beans, cassava and maize by family farmers of the Northeastern Brazil states (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte and Sergipe) from 1990 to 2012. The research used secondary data from the IBGE. To assess the Recoverability of Family Farming was built resilience index (IRES) based on per capita production of crops, the relationship between the value of their production and agricultural GDP of states, annually aggregated areas and yields in each state. It uses factor analysis method by decomposes in a principal factor to estimate the weights associated with the IRES. The results show that the IRES of all states have negative growth trend over the estimated period. It is also observed that IRES could capture, in relative magnitudes, the years when it was observed water stress in the analyzed period.

Keywords: Water stress; resilience; family farming.

¹ Trabalho adaptado da Dissertação de Mestrado em Economia Rural pela Universidade Federal do Ceará da primeira autora.

1 Introdução

Desde o início do processo de ocupação do território brasileiro, a agricultura familiar faz parte da rotina das suas atividades produtivas do país, contribuindo de forma expressiva no que concerne à segurança alimentar, à geração de renda e à fixação produtiva do homem no campo.

Segundo o Censo Agropecuário (2006), no comparativo entre as regiões brasileiras, a região Nordeste se destaca, por conter metade do total dos estabelecimentos familiares (2.187.295) que ocupam 35,3% da área total.

De acordo com Lemos (2012), as Unidades Agrícolas Familiares (UAF) desempenham um papel bastante relevante para a Região, quer como absorvedora de mão de obra ou como provedora de alimentos e matérias primas agrícola, ou ainda como geradora de renda monetária para as famílias rurais. Segundo o mesmo autor, com condições minimamente adequadas, as UAF seguram o êxodo rural, ajudando a reduzir a pressão sobre as populações das cidades de médio e grande porte.

Dentre os diferentes produtos agrícolas encontrados na Região, e que são cultivados nas UAF regionais, as lavouras de arroz, feijão, mandioca e milho se destacam como os principais produtos da alimentação cultivados pelos agricultores familiares. Em praticamente todas as unidades produtivas dos nove estados que fazem parte do Nordeste haverá ao menos um desses produtos sendo cultivado (IBGE, 2013). Por esta razão, estes foram os produtos selecionados para serem avaliados nesta pesquisa.

No geral, essas atividades agrícolas são praticadas em regime de sequeiro que depende da pluviometria. Portanto, a ocorrência de estresse hídrico é um fator importante na definição do sucesso ou insucesso dessas atividades em todos os estados da Região. Agregue-se a esse aspecto o deficiente e, em muitos casos, inexistente serviço de assistência técnica, fomento e extensão rural que se observa nesses estados. A deficiente ou inexistente assistência técnica torna os agricultores familiares que cultivam arroz, feijão, mandioca e milho muito mais vulneráveis ao estresse hídrico (DUQUE, 1962).

Quando ocorrem os períodos de deficiência hídrica traduzida em seca durante períodos seguidos, observa-se que a manifestação do poder público aparece de forma improvisada ou voluntarista e, no geral, motivada pelo clamor da mídia. A rigor

não há planejamento de médio ou longo prazo para que os agricultores em geral, e os familiares em particular, atravessem quadras de estresse hídrico sem passarem por calamidades de toda ordem que têm como consequência o incremento do êxodo rural. Estes problemas se potencializam nos municípios da Região que fazem parte do semiárido.

Segundo Silva e Secreto (1999) essa condição favorece a evasão rural e, como consequência, a emigração para as áreas urbanas das cidades. Chegando nesses locais, ainda que existissem empregos, essa população migrante não conseguiria ser alocada, porque não está preparada para exercitá-los, tendo em vista que a especialização dessa mão de obra ser nas atividades agrícolas. Atividades que são bastante diferentes daquelas praticadas nas áreas urbanas.

O presente texto se insere no contexto descrito acima e estuda a resiliência da produção da agricultura familiar no tocante à produção de arroz, feijão, mandioca e milho nos nove estados do Nordeste brasileiro no período de 1990 a 2012. Assim, o objetivo geral da pesquisa consiste em avaliar a capacidade temporal de resiliência dos agricultores situados nas UAF dos nove estados do Nordeste, tendo como referência o ano em que os indicadores específicos apresentaram os maiores valores ao longo da série estudada.

De forma específica a pesquisa se propõe a:

- a. Estimar a capacidade de recuperação da produção de alimentos (arroz, feijão, mandioca e milho) nos nove estados da região Nordeste entre os anos de 1990 e 2012;
- b. Mostrar a trajetória, bem como a taxa média de crescimento ou de regressão, da capacidade de recuperação das lavouras anuais estudadas na pesquisa;
- c. Aferir o grau de homogeneidade da capacidade de recuperação da produção da agricultura familiar em cada estado da Região no período investigado;
- d. Comparar a trajetória das capacidades de recuperação das lavouras alimentares estudadas com a incidência de secas no Nordeste no período de 1990 a 2012;
- e. Hierarquizar os estados do Nordeste segundo a capacidade de recuperação da produção agrícola familiar de cada estado da Região, tendo como referência o maior valor médio

utilizado na pesquisa para aferir esta capacidade.

2 Conceito de resiliência aplicado na estimação da capacidade de recuperação da produção agrícola familiar

Para aferir a capacidade de recuperação da agricultura produtora de alimentos (arroz, feijão, mandioca e milho) nos nove estados do Nordeste adaptou-se o conceito de resiliência importado da Física.

Primeiramente, pode-se tentar definir 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. A ênfase do conceito recai sobre a dinâmica de recuperação do sistema quando experimenta estresses que o retiram do seu estágio modal inicial (PIMM, 1991).

Holling (1996) distinguiu dois tipos de resiliências. Resiliência na engenharia, definida como a velocidade que um sistema tem de recompor-se depois de ter experimentado um choque. Resiliência ecológica, que assume diferentes estágios sendo definida como a magnitude em que uma perturbação pode provocar mudanças criando estágios alternativos. Isto ocorre quando variáveis de controle experimentam diferenças qualitativas em uma série de estruturas, provocando modificações dinâmicas no sistema (HOLLING, 1996). A resiliência poderia advir das próprias forças latentes ou potenciais do sistema, ou provocadas por fatores externos, indutores ou catalisadores.

No Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) citado no Relatório de Desenvolvimento Humano encontra-se a seguinte definição para resiliência:

A habilidade que um sistema e as suas partes componentes tem de antecipar, absorver, acomodar ou recuperar-se de efeitos provocados por fatores externos, de uma maneira eficiente, de um ponto de vista temporal (PNUD, 2014. p. 16).

Em ecossistemas, os estudos presentes na literatura geralmente medem resiliência essencialmente de três maneiras: (1) analisando a quantidade de mudança que o sistema pode sofrer e ainda

reter o mesmo estado na função e estrutura; (2) o grau de auto-organização que o sistema é capaz de obter após situações de choques; e (3) a habilidade para construir e aumentar a capacidade de aprendizagem e adaptação (CABELL; OELOFSE 2012). Nessa mesma percepção outros estudos como o da FAO (2014) mensuram a resiliência em sistemas por meio de indicadores que captam as seguintes dimensões: capacidade de absorção de experiências; capacidade adaptativa e capacidade de transformação do sistema.

Nesta pesquisa, a resiliência na agricultura familiar praticada nos estados do Nordeste foi caracterizada como a capacidade que as culturas agrícolas têm para se recuperar de “choques” sofridos por condições edafoclimáticas (como, por exemplo, a seca), voltar ao estado inicial, ou aproximar-se dele antes do estresse. Essa visão de resiliência tem como base o conceito físico da elasticidade. Isso porque a elasticidade seria a característica dos materiais de se deformarem e voltarem à sua forma original, após o fim da causa da deformação (PIMM, 1991).

Deste modo, apesar de adotar o conceito físico, a capacidade de recuperação (resiliência) da produção agrícola familiar estudada nesta pesquisa não deixa de considerar a relevância das três dimensões utilizadas pela FAO (2014), Cabell e Oelofse (2012) e pelo IPCC (2007) para mensurar resiliência em ecossistemas. Isto porque quanto maior a resiliência da agricultura familiar, maior será a sua capacidade de absorção; de adaptação e de transformação da produção em resposta a “choques” existentes na Região, principalmente os relacionados às condições edafoclimáticas.

No entanto, buscou-se fazer uma adaptação do conceito de resiliência para a produção de alimentos (arroz, feijão, mandioca e milho) nas unidades agrícolas familiares (UAF) dos nove estados do Nordeste. Neste estudo, foi utilizado como estratégia para caracterizar resiliência na agricultura a capacidade que os agricultores produtores dessas culturas têm para se recuperar de “choques” externos, tal como definidos por Holling (1996) e pelo PNUD (2014). Nos casos abordados nesta pesquisa, o principal choque externo é a irregularidade pluviométrica, tanto de um ponto de vista temporal como espacial. Essas quatro culturas (arroz, feijão, mandioca e milho) são cultivadas em regime de

sequeiro em todos os estados e dependem dessa regularidade pluviométrica.

No Nordeste, depois do longo período de seca dos anos de 1980 que se estendeu por sete anos, a década de 1990 apresentou períodos críticos de precipitação de chuvas nos anos de 1993, 1996, mas foi mais intensa entre os anos 1997 a 1999 (CEPED, 2015).

Após a pausa, que aconteceu no ano 2000, o Rio São Francisco experimentou a pior falta de chuvas de sua história no ano de 2001 (CEPED, 2015). A partir de 2012, o Nordeste passou a ter a pior seca dos últimos trinta anos. Em algumas regiões do semiárido nordestino houve completa ausência de chuvas. O problema é agravado pelo aquecimento global, o desmatamento e o *El niño*, fenômenos que tendem a aumentar as áreas secas em todo o mundo (OBSERVATÓRIO HISTÓRICO GEOGRÁFICO, 2015).

Nesta pesquisa, foram levantadas informações que permitiram mostrar a capacidade de recuperação das lavouras alimentares a esses estresses hídricos que aconteceram no Nordeste brasileiro entre 1990 e 2012.

Vale ressaltar outro fator externo que provoca estresse na produção dessas lavouras na Região que é a deficiente, ou mesmo ausência do serviço de assistência técnica, extensão rural e fomento agrícolas a que os agricultores das UAF estão submetidos em todos os estados.

Para realizar esta pesquisa não foi possível buscar registros acerca do acesso, por parte dos agricultores familiares, aos serviços de assistência técnica, extensão e fomento rural em cada estado ao longo do período realizado. Como as lavouras analisadas no estudo se tratam de culturas anuais, o período mínimo de comparação entre a situação atual das culturas e uma posição de referência foi de um ano.

3 Metodologia

Para atingir todos os objetivos da pesquisa, que utilizou o conceito físico de resiliência, a aproximação feita no estudo segue as seguintes etapas: na primeira foram coletadas as informações anuais em séries no período de 1990 e 2012 para as lavouras de arroz, feijão, mandioca e milho referente aos valores brutos da produção em reais (VBP), áreas colhidas em hectares, produção física em

toneladas, rendimentos em quilograma por hectare e PIB, medido em reais, para cada um dos estados do Nordeste. Os valores anuais dos VBP e dos PIB estaduais foram corrigidos pelo fator de correção IGP-DI da Fundação Getúlio Vargas, tendo como base o ano de 2014.

Na segunda etapa, os VBP e as áreas das culturas foram agregados anualmente em cada estado ao longo da série estudada. Os rendimentos anuais de cada cultura foram obtidos dividindo-se a produção pelas áreas respectivas. Estas médias foram ponderadas para o cálculo do rendimento médio agregado anual das quatro culturas em cada um dos estados do Nordeste. A produção anual das culturas foi agregada e dividida pelas respectivas populações dos estados, no quais se obteve a produção *per capita* anual de alimentos.

Para atingir o primeiro objetivo específico da pesquisa, estimou-se a capacidade de recuperação das lavouras alimentares através de uma tentativa de aproximação que se faz para construir o Índice de Resiliência (IRES) em cada estado. Para tanto, foram construídos os seguintes indicadores:

- i. Relação entre o VBP anual agregado das culturas dividido pelo PIB de cada estado do Nordeste nas séries empregadas no estudo (VBP/PIB). Identificou-se a maior magnitude observada deste indicador em cada estado, ao longo da série, e atribuiu-se o escore cem (100). Nos demais anos as relações (VPB/PIB) foram ajustadas proporcionalmente. Dessa forma, o primeiro indicador construído foi denominado de índice parcial de VBP dividido pelo PIB estadual (IVB-PIB_i) caracterizado pela seguinte definição:

$IVBPIB_i = 100$ no ano em que a relação VBP/PIB foi máximo no *i*-ésimo estado do Nordeste;

$0 < IVBPIB_i < 100$ nos demais anos para a relação VBP/PIB no estado em análise.

- ii. Índice Parcial de Produção *per capita* de alimentos em cada estado do Nordeste (IPERCA_i), que assumiu valor igual a 100 no ano em que o *i*-ésimo estado apresentou valor máximo, e escores menores do que 100 nos demais anos. Assim o índice parcial de produção *per*

capita de alimentos foi definido como: $IPERCA_i = 100$ no ano em que a produção *per capita* de alimentos foi máxima no i-ésimo estado do Nordeste;

$0 < IPERCA_i < 100$ nos demais anos desse estado.

- iii. Construção do Índice Parcial de Rendimento Agregado das culturas sob investigação em cada estado do Nordeste ($IRENDM_i$). Neste caso, observou-se o ano em que o rendimento assumiu o valor máximo no i-ésimo estado e atribui-se escore 100 para este ano. Nos demais anos os escores foram ajustados proporcionalmente no estado. Assim, o indicador foi definido como:

$IRENDM_i = 100$ no ano em que o rendimento agregado das culturas é máximo no i-ésimo estado do Nordeste;

$0 < IRENDM_i < 100$ nos demais anos desse estado.

- iv. Índice de Área Agregada ($IAREAG_i$). Identificou-se o ano em que a soma das áreas colhidas pelas quatro culturas utilizadas na pesquisa apresentou o maior valor no i-ésimo estado, e atribuiu-se escore 100 para essa soma nesse ano específico. As áreas agregadas colhidas no i-ésimo estado nos demais anos foram ajustadas proporcionalmente, considerando o maior valor observado como referência em cada estado. Então, a variável construída foi definida da seguinte forma:

$IAREAG_i = 100$ no ano que a área agregada com arroz, feijão, mandioca e milho atingir o valor máximo no i-ésimo estado do Nordeste.

$0 < IAREAG_i < 100$ nos demais anos desse estado.

A partir da construção dos indicadores de resiliência, com esta formação, assumiu-se que, se em determinado ano as culturas puderam atingir um valor máximo em cada um dos indicadores, em cada um dos nove estados do Nordeste, este valor pode ser identificado como uma aproximação da capacidade potencial e a capacidade efetiva (na sé-

rie estudada) do estado com relação ao específico indicador analisado no estado. Nos anos em que os valores estiveram abaixo desse escore máximo, significa que deve ter acontecido algum tipo de estresse externo que inviabilizou que o índice atingisse a sua capacidade máxima.

Nesta pesquisa não se tem condições de afirmar quais fatores influenciaram para que nos anos em que o indicador não atingiu a sua capacidade máxima se comportassem daquela maneira. Contudo, como o Nordeste é uma região sujeita a estresses hídricos sistemáticos, e em todos os estados predominam serviços de assistência técnica, extensão e fomento rurais deficientes, acredita-se poder atribuir (sem afirmar) que estas, provavelmente, teriam sido as causas das atividades não alcançarem o seu potencial em um ano específico dentro do período analisado.

Os índices calculados desta forma foram dados em percentuais. Assim, quanto mais alto o percentual atingido em um determinado ano para um indicador, maior terá sido a capacidade de recuperação dos agricultores que cultivam aquelas culturas naquele ano. Isto pode ter decorrido de uma ação menos intensa dos fatores externos que provocam estresse. Tanto pode ter sido induzido por fatores climáticos mais favoráveis e/ou por uma melhora nos serviços de assistência técnica, extensão e fomento rural.

Construídos desta forma, acredita-se que não serão cometidos erros grosseiros se, na interpretação dos índices parciais, se afirmar que, quanto mais próximo de cem, maior a capacidade de recuperação, de adaptação, ou de resiliência das culturas naquele indicador específico para cada um dos estados do Nordeste. E isto pode ser dito em termos de percentagem. De outra forma, quanto mais distante de cem for o indicador em um determinado ano da série estudada, menos resiliente terá sido a prática da agricultura familiar com as culturas analisadas naquele determinado ano.

Na quarta etapa metodológica da pesquisa, tendo obtido os índices parciais que são identificados como aproximação das resiliências de cada um dos quatro indicadores utilizados no estudo, foi possível construir o Índice de Resiliência agregado, ou simplesmente Índice de Resiliência (IRES):

$$IRES_{it} = p1.IVBPIBit + p2.IPERCA_{it} + p3.IRENDMit + p4.IAREAG_{it} \quad (1)$$

Na equação (1) a variável $IRES_{it}$ é o Índice de Resiliência total para o estado “i” no ano “t” (t = 1990, ..., 2012). Os p_j (j = 1, 2, 3, 4) são os pesos associados a cada um dos indicadores parciais do Índice de Resiliência. Esses pesos foram estimados nesta pesquisa usando a técnica de decomposição em componentes principais da análise fatorial. Por definição, estes pesos variam entre zero e um, sendo que a sua soma deve ser um (1).

$$0 < p_j < 1 \text{ e } \sum p_j = 1$$

Definido desta forma, em que todos os indicadores são adimensionais e variando entre zero e cem, o Índice de Resiliência (IRES) também pode ser interpretado em termos percentuais, e o seu valor está contido no intervalo a seguir:

$$0 < IRES_{it} < = 100.$$

É válido ressaltar que os valores extremos de referência utilizados para estimar o IRES desta forma são exclusivos para cada um dos estados avaliados, apresentando validade para o período de tempo para o qual foi construído o índice neste estudo. Como os indicadores do IRES foram calculados de forma relativa por estado, não foi possível compará-los na série, até porque os estresses que podem ter provocado as alterações, assim como os fatores que causaram eventuais recuperações dos indicadores, não são exatamente os mesmos, inclusive em magnitude. Isto se aplica aos valores estimados para os IRES de cada estado. De modo que a única comparação realizada na pesquisa foi a que concerne à taxa de evolução ou involução do IRES por estado.

3. 1 Método de decomposição em componentes principais

A estatística multivariada de análise fatorial foi o método utilizado no presente estudo para estimar os pesos utilizados na construção do Índice de Resiliência (IRES). O principal motivo da utilização desse método foi atribuir pesos aos indicadores que compõem a construção do IRES sem que haja a influência do pesquisador, e assim, atribuí-los estatisticamente por meio das relações existentes entre as variáveis, ou seja, por meio da interdependência existente entre elas.

Em geral, pode-se representar um modelo de análise fatorial da seguinte forma:

$$X = \alpha f + \varepsilon; \quad (1)$$

Na equação $X = (X_1, X_2, \dots, X_p)^T$ constitui-se em um vetor transposto de variáveis aleatórias observáveis; $f = (f_1, f_2, \dots, f_r)^T$ é um vetor transposto $r < p$ de variáveis não observáveis ou variáveis latentes chamadas de fatores; α é uma matriz $(p \times r)$ de coeficientes fixos chamados de cargas fatoriais; $\varepsilon = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_p)^T$ é um vetor transposto de termos aleatórios. Normalmente $E(\varepsilon) = E(f) = 0$. Uma propriedade adicional associada aos fatores é que eles são ortogonais.

Em geral, a estrutura inicial das estimativas das cargas fatoriais não é definitiva, quando são estimados dois ou mais fatores. Para confirmar ou rejeitar a estrutura inicial, o método de análise fatorial proporciona a possibilidade de se fazer a rotação da estrutura inicialmente estimada, quando é estimado mais de um fator. No caso deste estudo, utiliza-se o método *varimax* de rotação ortogonal dos fatores. Leitores interessados em mais detalhes sobre este e outros métodos de rotação (inclusive procedimentos de rotação oblíqua) podem encontrá-los nos trabalhos de Basilevsky (1994), Johnson e Wichern (2001), Fávero et al. (2009).

Após a rotação ortogonal da estrutura fatorial inicial, estimam-se os escores associados aos fatores obtidos. Por definição, o escore fatorial irá situar cada observação no espaço dos fatores comuns. Assim para cada fator f_i o i -ésimo escore fatorial que pode ser extraído é definido por F_i , e pode ser expresso pela seguinte equação:

$$F_i = B_1 X_{i1} + B_2 X_{i2} + \dots + B_p X_{ip} \quad (2)$$

; $i = 1, 2, \dots, n$; $j = 1, 2, \dots, p$

B_1, B_2, \dots, B_p são n coeficientes de regressão; $X_{11}, X_{12}, \dots, X_{np}$ são p variáveis observáveis.

A variável F_i não é observável, contudo pode-se estimá-la através das técnicas existentes de análise fatorial, utilizando-se da matriz X de variáveis observáveis. Agora é possível reescrever a equação (2) de forma compacta, utilizando-se notação matricial. Esta redefinição assume a seguinte expressão:

$$F(n \times q) = X(n \times p) \cdot B(p \times q) \quad (3)$$

Nas equações (2) e (3), os escores fatoriais serão afetados tanto pela magnitude como pelas unidades em que as variáveis X são medidas. Para

evitar este tipo de problema, substitui-se a variável X pela variável normalizada Z, em que:

$$Z_{ij} = [(X_i - \mu_{xi}) / \sigma_{xi}]; \quad (4)$$

μ_{xi} é a média de X_i , e σ_{xi} é o seu desvio padrão. Desta forma a equação (3) pode ser modificada para a obtenção do seguinte resultado:

$$F(n \times q) = Z(n \times p) \cdot \beta(p \times q) \quad (5)$$

Na equação (5) o vetor β substitui B, porque as variáveis estão normalizadas em ambos os lados da equação.

Pré-multiplicando ambos os lados da equação (5) pelo valor $(1/n)Z^T$, onde n é o número de observações, e Z^T é a matriz transposta de Z, obtém-se:

$$(1/n) Z^T F = (1/n) Z^T Z \beta \quad (6)$$

A expressão $(1/n)Z^T Z$ se constitui na matriz de correlação entre os termos da matriz X e será designada de R. A equação $(1/n)Z^T F$ representa a correlação existente entre os escores fatoriais e os próprios fatores, sendo chamada de Λ . Agora se pode reescrever a equação (3) da seguinte forma:

$$\Lambda = R \cdot \beta \quad (7)$$

Se for possível assumir que R é uma matriz não singular, pode-se pré-multiplicar ambos os lados de (4) pela inversa de R (R^{-1}), obtém-se o seguinte resultado.

$$\beta = R^{-1} \cdot \Lambda \quad (8)$$

Tendo estimado o vetor β pode-se substituí-lo na equação (5) objetivando obter o escore fatorial associado a cada observação.

3.1.2 Passos para identificar a adequação do uso da análise fatorial é adequada

Segundo Fávero et al. (2009), para identificar se a utilização da análise fatorial é adequada, é necessário primeiramente efetuar os seguintes passos: analisar a matriz de correlações; verificar a estatística KMO; o teste de esfericidade de Bartlett e analisar a matriz anti-imagem. Além desses passos proposto por Fávero et al. (2009), no presente estudo ainda se utilizou a variância explicada no

modelo de análise fatorial. Esses procedimentos estão expostos a seguir.

a. Análise da Matriz de Correlações

Como a análise fatorial é baseada nas correlações existentes entre as variáveis, o primeiro passo é examinar a matriz de correlação e verificar se existem valores significativos para justificar a utilização da técnica. A matriz de correlações mede a associação linear entre as variáveis, por meio do coeficiente de correlação de Pearson. De acordo com Hair Jr. et al. (2005), se a inspeção visual da matriz de correlações não revelar um número substancial de valores superiores a 0,30, há fortes indícios de que a utilização da técnica não seja apropriada.

b. KMO e teste o de esfericidade de Bartlett

Uma forma de examinar a matriz de correlação e verificar a adequação da utilização da análise fatorial consiste na aplicação do teste de Bartlett. Tal teste é utilizado com o intuito de avaliar a hipótese de a matriz das correlações ser matriz identidade com determinante igual a 1. Se a matriz de correlação de fatores for igual à matriz identidade, isso significa que as inter-relações existentes entre as variáveis são iguais a 0 e, neste caso, deve-se reconsiderar a utilização da análise fatorial.

Se a hipótese nula (H_0 : a matriz de correlação é uma matriz identidade) não for rejeitada, significa que as variáveis não estão correlacionadas e, nesta situação, a utilização da análise fatorial não é adequada. Por outro lado, se a hipótese nula for rejeitada, haverá indícios de que existem correlações significativas entre as variáveis originais, representados por coeficientes de correlações superiores a 0,3 nas diagonais secundárias da matriz de correlação (HAIR JR. et al., 2005).

Uma estatística usual também utilizada para verificar a adequação da utilização da análise fatorial é a de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que compara as correlações simples às correlações parciais. Os valores de sua estatística variam entre 0 e 1. O valor de KMO próximo de zero indica que a análise fatorial pode não ser adequada, pois existe uma correlação fraca entre as variáveis. Por outro lado, quanto mais próximo de 1 o seu valor, mais adequada é a utilização da técnica. Os intervalos de análise dos valores de KMO podem ser observados no Quadro 1:

Quadro 1 – Limites da Estatística KMO (Keiser-Meyer-Olkin) e a sua aplicação em Análise Fatorial com decomposição em componentes principais

Valores para KMO	Adequação para Análise Fatorial
1 – 0,9	Muito boa
0,8 – 0,9	Boa
0,7 – 0,8	Média
0,6 – 0,7	Razoável
0,5 – 0,6	Má
<0,5	Inaceitável

Fonte: Fávero et al. (2009).

Deste modo, de acordo com os valores apresentados no Quadro 1, a estatística KMO igual ou inferior a 0,60 é um indicador de que a análise fatorial pode ser inadequada para realizar o estudo que se pretende.

c. Matriz Anti-imagem

A matriz de correlação anti-imagem contém os valores negativos das correlações parciais, e é uma forma de obter indícios acerca da necessidade de eliminação de determinada variável do modelo. Pode-se calcular uma Medida de Adequação da Amostra para cada variável, de forma similar à estatística KMO. Esta medida inclui apenas os coeficientes que se deseja analisar. Segundo Hair Jr. et al. (2005), o pesquisador deve analisar, primeiramente, os valores de medida de adequação da amostra para cada variável individualmente e excluir aquelas que se encontram no domínio inaceitável.

A diagonal principal da matriz anti-imagem gerada como output pelo *software* SPSS fornece os valores de medida de adequação da amostra. É de se esperar que, quanto maiores forem tais valores, melhor tende ser a utilização da análise fatorial. Entretanto, se alguma variável apresentar baixo valor na diagonal principal e alto valor fora dela, talvez haja necessidade de excluí-la do modelo. Cabe observar que, por vezes, a baixa correlação de determinada variável com as demais, não necessariamente implica na sua eliminação, uma vez que esta variável pode representar um fator isoladamente.

Se um conjunto de variáveis de uma análise genérica estiver altamente correlacionado, elas serão combinadas de modo a formar um fator que explicará a maior quantidade de variância na amos-

tra. O segundo componente terá a segunda maior quantidade de variância e não correlacionado com o primeiro e, assim, sucessivamente.

d. A variância explicada no modelo de análise fatorial

Outro indicador importante para ajudar na decisão de aceitar a análise fatorial como adequada para fazer a avaliação que se pretende é a variância explicada pelos fatores. Em geral, os fatores são hierarquizados pelo próprio procedimento em escala decrescente da capacidade de explicação ao fenômeno que se está estudando. Ao final, o modelo selecionará o número de fatores e agregará a variância explicada por eles. Quanto mais próxima de cem por cento, melhor será o ajustamento obtido.

Para atingir ao segundo objetivo da pesquisa, empregou-se um modelo simples de regressão de tendência. Neste trabalho utilizou-se o seguinte modelo.

$$IRES_{it} = \rho_0 + \rho_1 T + \xi_{it} \quad (9)$$

Na equação (9) a variável T ($T = 0, 1, 2, \dots, n$) é o tempo; ρ_0 é o coeficiente linear que será o valor médio do Índice de Resiliência se o coeficiente angular ρ_1 for igual a zero. O coeficiente angular, que é dado pela derivada do Índice de Resiliência em relação à variável tempo, mostra o crescimento médio anual da variável $IRES_{it}$, em decorrência do acréscimo de cada ano no tempo. O termo de erro aleatório ξ_{it} , por hipótese, atende aos pressupostos do modelo linear clássico de ser não autorregressivo e ter variância constante.

As estabilidades ou graus de homogeneidades dos IRES estimados nos estados serão avaliados pela estimativa do coeficiente de variação do índice. Por definição, uma variável aleatória X que tenha média μ_x e desvio padrão σ_x terá o coeficiente de variação (CV) definido em percentagem da seguinte forma:

$$CV = (\sigma_x / \mu_x) \cdot 100$$

Quanto mais elevado o CV mais heterogênea consiste a distribuição dos valores de X em torno da sua média. Portanto, o coeficiente pode ser entendido como um indicador de instabilidade ou de estabilidade, dependendo da sua magnitude. Quanto maior o tamanho do CV mais instável, ou mais heterogênea, é a distribuição das observações em torno da média. Distribuições de variáveis aleatórias

podem ser hierarquizadas de acordo com as magnitudes dos respectivos coeficientes de variação.

4 Resultados e discussão

Por meio da decomposição em componentes principais, observou-se (Tabela 1) que foi extraído um único fator que explicou 51,9% da variância total das variáveis estudadas. Entre os coeficientes de comunalidades estimados, o Índice da Quantidade Agregada *per capita* (IPERCA) foi a variável que esteve mais relacionada no período em análise com o fator principal desenvolvido. Os outros coeficientes estimados de comunalidade medida, variaram de 0,515 para o Índice de Área Agregada (IAREAG); 0,500 para Índice da relação Valor Bruto da Produção dos itens alimentares estudados pelo PIB estadual (IVBPIB); e 0,335

para o Índice de Rendimento Agregado das quatro culturas estudadas (IRENDM).

Os testes de Kaiser-Meyer-Olkin, que medem a adequação da amostra, bem como o teste de qui-quadrado de Bartlett, matriz de correlações e a matriz anti-imagem, confirmaram que os resultados encontrados nesta etapa do estudo foram adequados para a utilização da análise fatorial. Os componentes do fator estimado bem como os respectivos escores fatoriais estão apresentados na Tabela 1.

Assim sendo, o peso associado ao valor bruto agregado da produção agrícola em relação ao PIB do estado foi de 0,25; o peso associado à produção agrícola agregada *per capita* é 0,30; o peso associado ao rendimento agregado é igual a 0,20; e o peso associado à área agregada com as quatro culturas foi de 0,25 (Tabela 1).

Tabela 1 – Resultados obtidos pela análise fatorial com a decomposição em componentes principais

Variáveis (%)	Comunalidade	Componentes (Fator 1)	Escores	Pesos
IVBPIB _{it}	0,500	0,707	0,341	0,25
IPERCA _{it}	0,726	0,852	0,410	0,30
IRENDM _{it}	0,335	0,578	0,279	0,20
IAREAG _{it}	0,515	0,718	0,346	0,25

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Notas: Variância explicada pelo único componente estimado = 51,89%; Teste de KMO = 0,62; Teste de Bartlett para 6 graus de liberdade: Qui-quadrado = 167,29 significante a 0,0% de erro.

Com base nos pesos estimados e apresentados na Tabela 1 a equação (1) pode ser reescrita da seguinte forma:

$$IRES_{it} = 0,25.IVBPIB_{it} + 0,30.IPERCA_{it} + 0,20.IRENDM_{it} + 0,25.IAREAG_{it}$$

Com base nesta equação foram estimados os valores anuais dos IRES para cada estado do Nordeste entre os anos de 1990 e 2012. Estes valores estão apresentados na Tabela 2.

Na Tabela 2, o Índice de Resiliência da agricultura familiar dos estados do Nordeste, onde a sua amplitude de variação está contida no intervalo zero por cento (total incapacidade de resiliência) a cem por cento (perfeita capacidade de resiliência). Esses valores do índice expressam, em termos percentuais, a capacidade de recuperação das culturas alimentares mais cultivadas pela agricultura familiar no Nordeste brasileiro. Quanto menor o

valor do índice, menor a capacidade de recuperação dessas culturas e, conseqüentemente, aponta maior tendência de vulnerabilidade da agricultura familiar na Região, que depende em grande parte do sucesso da produção dessas culturas para permanecer no campo e para retirar fonte de sustento.

Ainda com relação à Tabela 2, assim como os resultados apresentados no Gráfico 1, é possível observar que todos os estados exibem tendência negativa de evolução dos respectivos IRES no período avaliado nesta pesquisa. Paraíba (TGC = -1,7% a.a.), Piauí (TGC = -1,6% a.a.) e Rio Grande Norte com TGC = -1,5% ao ano, foram os estados que apresentaram as maiores quedas médias anuais nas respectivas capacidades de recuperação das lavouras alimentares estudadas, de acordo com o instrumento utilizado nesta pesquisa (Tabela 2).

Resultado consistente com o que foi demonstrado anteriormente, haja vista que em 2012, ano

em que se encerra a sequência de informações utilizadas nesta pesquisa foi um ano de forte estresse hídrico de uma sequência que havia começado em 2010, portanto, três anos seguidos, impactando para menos a capacidade de recuperação das lavouras tal como captadas pelo instrumento utilizado no estudo - IRES (Tabela 2).

A pesquisa também mostra que o maior IRES médio ocorreu em Alagoas (75%). Em seguida aparecem os estados da Bahia (73,8%) e Maranhão (71,9%). Ademais, os estados que têm as maiores quantidades de municípios e áreas relativas no semiárido apresentaram os menores valores médios de capacidade de recuperação medidos pelo IRES. Destacaram-se o Piauí com 51,9%, Paraíba com 54,9% e Ceará com 57,6% como os estados do Nordeste que tiveram as menores capacidades médias de recuperação ao longo do período analisado (Tabela 2).

Em relação à estabilidade, ou à homogeneidade do IRES, que é avaliada pelo coeficiente de variação (CV), os estados mais homogêneos quanto à capacidade de recuperação entre 1990 e 2012 foram Bahia, com CV = 10,9%; Maranhão com CV = 13,9% e Alagoas com CV=14%. Os estados com maior instabilidade na capacidade de recuperação foram: Paraíba com CV = 36,1% e Piauí com CV = 35,6% (Tabela 2). Estas evidências mostram que os

estados com menores capacidades médias de recuperação, aferidas pelo IRES, são os que mostraram, também, as maiores instabilidades em relação a este indicador.

Todos os estados, com exceção de Alagoas, indicaram IRES mínimos nos anos em que as secas se manifestaram de forma mais intensa no Nordeste no período analisado nesta pesquisa: 1993, 1997, 1998, 2001 e 2012. Alagoas teve em 2003 o seu ano crítico (menor magnitude) para o IRES estimado (Tabela 2). No caso do Ceará, o ano mais crítico em termos de magnitude para o IRES estimado foi o de 1993. Este estado detém, proporcionalmente, as maiores áreas e populações inseridas no semiárido e, por isso, com maior sensibilidade à ocorrência de secas (MINTER, 2005). Acrescenta-se que, em 1994, quando a precipitação de chuvas no estado voltou à normalidade (1.156,10 milímetros), em uma situação cuja média histórica é de 872,5 mm, segundo a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2015), o IRES alcançou o seu valor máximo, sinalizando uma capacidade de recuperação praticamente imediata, associada à produção agrícola familiar de arroz, feijão, mandioca e milho nesse estado, quando o fator externo que provocava estresse desaparece e a situação climática volta à normalidade (Tabela 2).

Tabela 2 – IRES de todos os estados do Nordeste

ANO	AL	BA	CE	MA	PB	PE	PI	RN	SE
1990	88,2	71,7	53,6	83,4	65,1	77,4	89,0	58,8	60,2
1991	84,4	82,4	73,3	93,4	88,0	86,4	96,7	89,0	73,4
1992	81,8	87,8	58,5	82,9	91,4	79,7	64,2	75,6	65,6
1993	68,5	71,2	28,1	79,3	46,7	51,6	53,8	47,3	65,2
1994	95,1	76,0	91,1	92,7	91,8	92,4	81,5	94,5	90,8
1995	89,6	66,3	81,7	88,9	78,5	77,6	85,0	85,7	77,4
1996	82,1	66,7	51,7	60,7	54,5	73,9	34,8	66,8	76,5
1997	88,2	74,9	48,0	57,7	66,6	70,5	40,4	58,5	72,9
1998	80,9	63,0	42,3	60,4	21,8	35,5	31,6	41,2	71,6
1999	81,8	68,5	55,2	64,2	33,9	36,2	44,0	38,7	57,1
2000	76,2	84,4	62,3	67,3	59,2	51,8	47,8	53,9	50,2
2001	74,7	67,9	49,9	68,6	29,2	40,3	42,1	40,7	46,1
2002	78,7	78,2	64,7	67,4	49,6	55,0	35,0	53,1	48,2
2003	56,3	79,9	67,2	69,2	58,7	51,1	44,0	60,8	55,7
2004	68,4	83,0	56,3	70,5	53,8	58,4	43,4	66,7	55,6
2005	71,0	82,4	53,0	67,6	49,8	58,3	41,5	62,4	58,9

ANO	AL	BA	CE	MA	PB	PE	PI	RN	SE
2006	69,4	72,7	66,4	69,1	61,6	63,4	44,0	58,7	60,3
2007	67,6	78,9	52,8	69,2	50,8	60,5	41,6	56,7	64,1
2008	70,4	77,2	67,5	70,4	58,5	66,1	45,6	63,3	77,8
2009	68,7	73,0	54,2	64,5	52,1	64,3	48,9	61,8	79,0
2010	63,3	72,5	41,4	67,5	31,7	53,7	42,1	42,0	81,2
2011	62,9	65,2	69,1	71,1	45,0	56,3	55,8	51,8	65,7
2012	57,4	53,5	35,7	67,9	23,8	32,2	41,1	30,8	55,1
TGC (% a.a.)	-1,2	-0,3	-0,4	-0,8	-1,7	-1,2	-1,6	-1,5	-0,2
IRES Médio	75,0	73,8	57,6	71,9	54,9	60,5	51,9	59,1	65,6
CV (%)	14,0	10,9	24,9	13,9	36,1	26,7	35,6	27,3	17,9
IRES mínimo	56,3	53,5	28,1	57,7	21,8	32,2	31,6	30,8	46,1
(Ano)	(2003)	(2012)	(1993)	(1997)	(1998)	(2012)	(1998)	(2012)	(2001)
IRES máximo	95,1	87,8	91,1	93,4	91,8	92,4	96,7	94,5	90,8
(Ano)	(1994)	(1992)	(1994)	(1991)	(1994)	(1994)	(1991)	(1994)	(1994)

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Notas: (i) Taxa Geométrica de Crescimento; (ii) Coeficiente de Variação.

Comportamento parecido, embora em menor magnitude, foi observado nos outros estados do Nordeste, no que concerne ao IRES, captando uma recuperação da produção agrícola familiar nos anos seguidos aos de maiores estresses hídricos (Tabela 2).

Alagoas apresentou a maior capacidade média de recuperação (IRES) na produção das lavouras estudadas. Na Tabela 3 e no Gráfico 1, mostram, em números absolutos e relativos e em ordem decrescente, o total (e o percentual) de anos em que a capacidade de recuperação da produção agrícola familiar dos estados esteve abaixo da média estimada para Alagoas, tomada como referência por ser a maior quando mensurada pelo IRES. Esta informação é relevante no sentido de mostrar comparativamente, e em ordem decrescente, o comportamento dos nove estados do Nordeste em capacidade de recuperação das respectivas lavouras produtoras de alimentos entre os anos de 1990 e 2012.

Os resultados mostrados na Tabela 3 e no Gráfico 1 hierarquizados pelos estados com as maiores quantidades de anos com IRES acima da sua maior média (mais alta capacidade de recuperação) no período sob análise, destacam o Ceará, como aquele que apresentou o maior número de anos (91,3%), no período estudado, com valores do IRES abaixo da média estimada para Alagoas.

O Ceará é o estado que detém a maior área relativa, o maior número relativo e a maior população relativa de todos os estados que fazem parte do

semiárido. Embora esse estado tenha apresentado boa capacidade de recuperação, houve uma situação de grande estresse hídrico, como a que aconteceu em 1993, não se seguiu uma ocasião de confortável normalidade, como aconteceu em 1994, quando as chuvas apresentaram patamares acima da média histórica do estado. Observou-se que naqueles dois anos (1993 e 1994), o Ceará atingiu os dois extremos em termos da magnitude do IRES estimado. Ainda assim, os resultados encontrados no geral para esse estado mostraram ser o Ceará o de maior vulnerabilidade, ou menor capacidade de recuperação na produção agrícola familiar, no período sob investigação. Fatos que podem ser decorrências das características do estado, que o colocam na posição de líder em área relativa, população relativa e número relativo de municípios no semiárido brasileiro (Tabela 3; Gráfico 1).

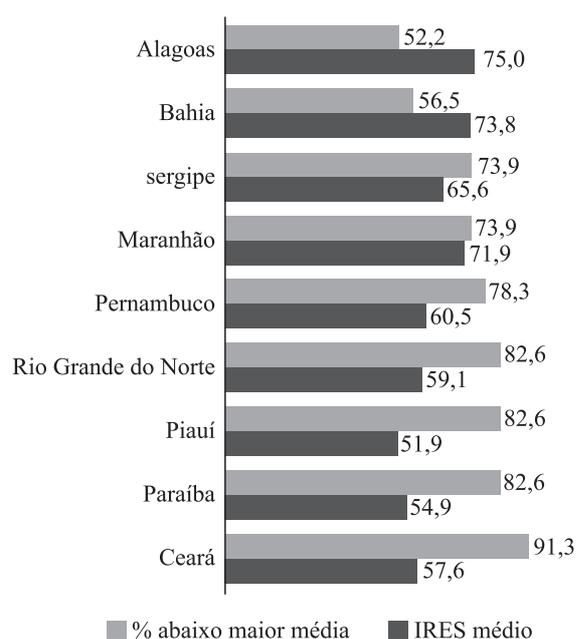
Tabela 3 – Ranking dos estados que apresentaram a maior quantidade de anos com IRES abaixo da maior média observada entre eles no período de 1990 a 2012

Estados hierarquizados em ordem decrescente	Média do IRES	CV do IRES (%)	Anos com IRES abaixo da média de Alagoas, tomada como referência	
			Total de anos abaixo da maior média	Total de anos abaixo da maior média (%)
Ceará	57,6	24,9	21,0	91,3
Paraíba	54,9	36,1	19,0	82,6
Piauí	51,9	35,6	19,0	82,6
Rio Grande do Norte	59,1	27,3	19,0	82,6
Pernambuco	60,5	26,7	18,0	78,3
Maranhão	71,9	13,9	17,0	73,9
Sergipe	65,6	17,9	17,0	73,9
Bahia	73,8	10,9	13,0	56,5
Alagoas	75,0	14,0	12,0	52,2

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da Tabela 2.

Paraíba, Piauí e Rio Grande do Norte com 19 dos 23 anos estudados (82,6%) aparecem em seguida como os estados que, de um ponto de vista hierárquico no Nordeste e no período analisado, apresentam as segundas maiores fragilidades na capacidade de recuperação das lavouras produtoras de alimentos (Tabela 3; Gráfico 1).

Gráfico 1 – Estados do Nordeste hierarquizados pelo percentual de anos em que a capacidade de recuperação da produção alimentar aferida pelo IRES esteve abaixo do valor médio estimado para Alagoas tomado como referência



Fonte: Elaborado pelos autores com base na Tabela 3.

5 Considerações finais

Os resultados encontrados na pesquisa evidenciam que os objetivos estipulados no estudo foram alcançados na íntegra. O primeiro desses objetivos de construir um instrumento analítico e sintético (com apenas quatro indicadores), o Índice de Resiliência (IRES), para medir a capacidade da produção familiar nordestina de recuperar-se tendo experimentado previamente um estresse hídrico parece ter sido alcançado.

No caso dos nove estados do Nordeste, o maior estresse refere-se à escassez ou má distribuição das chuvas, tanto de um ponto de vista temporal como de uma perspectiva espacial. Na avaliação que se fez na pesquisa, embora possa parecer uma tentativa reducionista de mensurar um conceito holístico (capacidade de recuperação da produção das lavouras alimentares arroz, feijão, mandioca e milho em cada um e em todos os estados do Nordeste), as características estatísticas que o IRES apresentou sinalizam que o índice tem robustez para estimar essa capacidade que foi a proposta no primeiro objetivo da pesquisa.

Além disso, como instrumento sintético, é possível vislumbrar em cada um dos seus indicadores qual tem maior impacto, de um ponto de vista quantitativo, sobre o fenômeno que se queria estudar, qual seja a capacidade de recuperação da produção agrícola familiar dos estados do Nordeste.

Os valores anuais do IRES evidenciam tendências em todos os estados do Nordeste, de queda do índice (vale dizer, da capacidade de recuperação

das lavouras estudadas), ao longo do período analisado, fortemente influenciadas pelas secas que aconteceram no período que foram identificadas e apresentadas no estudo. Consolidando este resultado de tendência de regressão do Índice, os nove estados do Nordeste apresentam taxas geométricas negativas de crescimento do IRES, sendo que a Paraíba e o Piauí detêm as maiores taxas de regressão do IRES entre os anos de 1990 e 2012. Portanto, o segundo objetivo da pesquisa foi atendido.

Os graus de homogeneidade dos IRES – que podem ser entendidos como uma boa aproximação dos padrões de estabilidade da capacidade de recuperação na produção das lavouras alimentares nos estados do Nordeste entre os anos de 1990 e 2012 – foram estimados utilizando-se como instrumentos os coeficientes de variação (CV) do índice em cada estado ao longo do período analisado. Os estados da Paraíba e do Piauí apresentaram as maiores heterogeneidades medidas pelo CV. Esta informação sugere que além de terem a maior tendência de queda no período analisado, ambos os estados foram os mais instáveis na evolução da sua capacidade de recuperação ao longo do período analisado. Assim, acredita-se que o terceiro objetivo da pesquisa foi plenamente atendido.

Relacionando os valores mínimos dos IRES estimados nos estados com as secas no período, verifica-se que, com exceção de Alagoas, os estados apresentam os menores valores dos índices nos anos mais críticos, em termos de ocorrência de secas na Região Nordeste. Também, nos anos que se seguem às secas, as magnitudes do índice de resiliência se elevam de forma diferenciada, sinalizando, portanto, as variadas capacidades de recuperação entre os estados do Nordeste. Chama a atenção o IRES encontrado para o Ceará no ano de 1993 (durante o qual se registrou uma das mais fortes secas no Estado), o mais baixo para todos os estados e anos analisados. No ano seguinte, de 1994, quando a precipitação de chuvas atingiu 1.156,10 mm (superior à média histórica do Estado de pouco mais 800 mm), segundo a FUNCEME (2015), o IRES estimado para o Ceará teve sua maior magnitude comparativamente aos demais estados da Região em todo o período analisado. Estas evidências, além de atestarem a capacidade do IRES de apreender a magnitude do fenômeno da seca, oferecem indicações consistentes da sua sensibilidade para captar a capacidade de recupe-

ração das lavouras alimentares nos estados nordestinos após um estresse hídrico.

Na hierarquização dos estados do Nordeste, tendo como referência o maior valor médio estimado, que se constituiu no quinto objetivo específico da pesquisa, empregou-se como referência o IRES médio estimado para o estado de Alagoas no período analisado. Neste caso, o Ceará foi o que apresentou o maior número de anos com valores médios do IRES abaixo da maior média de referência. Tal resultado indica que o Ceará – que possui, proporcionalmente, o maior número de municípios, a maior população e a maior área inserida no semiárido – é o de maior vulnerabilidade na produção de arroz, feijão, mandioca e milho, e também o de menor capacidade de recuperação na produção dessas lavouras. Paraíba, Piauí e Rio Grande do Norte, depois do Ceará, são os estados com menores capacidades de recuperação utilizando-se o instrumento desta pesquisa (índice de resiliência - IRES).

A conclusão geral da pesquisa é que os produtores das lavouras alimentares (arroz, feijão, mandioca e milho) nos estados do Nordeste, sem exceção, tiveram dificuldades na produção dessas lavouras entre os anos de 1990 e 2012. Por fim, os resultados mostram que o instrumento metodológico adotado na pesquisa, apesar do defeito de origem – ser uma tentativa reducionista de mensurar um conceito holístico – pode ser útil para outros estudos da mesma natureza. Trata-se, portanto, de uma contribuição ao debate sobre o tema e que pode ser aperfeiçoado em futuros trabalhos, inclusive por outros autores, com objetos semelhantes.

De um ponto de vista da aplicação das evidências encontradas, acredita-se que os níveis de resiliências dos agricultores produtores das lavouras alimentares estudadas podem ser incrementados, mediante o acesso às tecnologias adequadas e adaptadas às condições de produção com escassez hídrica. Para tanto, é necessária maior intervenção dos Governos dos Estados da região fomentando políticas de acesso à assistência técnica gratuita e ao crédito rural. O Pronaf apresenta linhas importantes de crédito que poderiam alcançar uma maior quantidade de agricultores, desde que devidamente acompanhados em todas as fases da produção: desde a escolha e preparo das áreas, até a colheita e venda dos eventuais excedentes.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer aos dois pareceristas anônimos que proferiram sugestões, correções e críticas ao texto original. As intervenções de ambos foram fundamentais para o incremento da qualidade do texto final.

Referências

BASILEVSKY, A. **Statistical factor analysis and related methods: theory and applications**. New York: John Wiley & Sons, 1994.p. 768.

CABELL, J. F., OELOFSE, M. An indicator framework for assessing agroecosystem resilience. **Ecology and Society**. v. 17, p. 13, 2012.

CENSO AGROPECUÁRIO/IBGE. **Brasil, grandes regiões e unidades da federação**, Rio de Janeiro, 2006. p. 778. ISSN 0103-6157.

CEPED. CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. 1583/2012: **Histórico de secas no nordeste do Brasil**. Universidade de Santa Catarina. 2015. Disponível em: <<http://www.ceped.ufsc.br/historico-de-secas-no-nordeste-do-brasil/>>. Acesso em: 22 jun. 2016.

DUQUE, J. G. **Solo e água no polígono das secas**. Fortaleza. Banco do Nordeste do Brasil, 1962.

FAO. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. 2014. **Strengthening the links between resilience and nutrition in food and agriculture**. Disponível em: <[file:///D:/Usuarios/USUARIO/Downloads/a-i3824e%20\(1\).pdf](file:///D:/Usuarios/USUARIO/Downloads/a-i3824e%20(1).pdf)>. Acesso em: 30 abr. 2016.

FÁVERO, L. P. et al. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. 2.ed. Rio de Janeiro. Elsevier Editora Ltda, 2009. p. 641.

FUNCEME. FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. **Evolução da precipitação de chuvas no Ceará**. Governo do Estado do Ceará, Fortaleza. 2015.

HAIR Jr. J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HOLLING, C. S. Engineering resilience versus ecological resilience. In: SHULTZE, P. (Ed.). **Engineering within ecological constraints**. Washington, DC: The National Academy of Sciences, 1996. p. 31-42.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa agrícola municipal**. Rio de Janeiro, 2013.

IPCC, INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. 2007. “summary for policymakers” In: PARRY, M.; CANZIANI, O. F.; PALUTIKOF, J.; VAN DER LINDEN, P. J.; HANSON, C. E., eds. **Climate Change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability**. contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, UK; New York: Cambridge University Press, 2007.

JOHNSON, A.; WICHERN, D. **Applied multivariate statistical analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 2001.

LEMOS, J. J. S. **Mapa da Exclusão Social no Brasil: radiografia de um país assimetricamente pobre**. 3.ed. Revisada e atualizada. Fortaleza. Banco do Nordeste do Brasil, 2012.

MINTER: MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO REGIONAL. **Nova delimitação do semiárido brasileiro**. Brasília. 2005. Disponível em:<http://www.asabrasil.org.br/UserFiles/File/cartilha_delimitacao_semi_arido.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2016.

OBSERVATÓRIO HISTÓRICO GEOGRÁFICO. **A crise hídrica brasileira**. Os onze períodos de seca no Brasil.2015. Disponível em: <<http://obshistoricogeo.blogspot.com.br/2015/01/a-crise-hidrica-brasileira-os-dez.html>>. Acesso em: 22 jun. 2016.

PIMM, S. I. **The balance of nature: ecological issues in the conservation of species and communities**. Chicago: University of Chicago, 1991.

PNUD. PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Relatório do desenvolvimento humano**

2014 - Sustentar o progresso humano: reduzir as vulnerabilidades e reforçar a resiliência. Plaza, New York, NY, USA, 2014.

SILVA, L. M. O.; SECRETO, M. V. Terras públicas, ocupação privada: elementos para a história comparada da apropriação territorial na Argentina e no Brasil. In: **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 12, p. 109-141, jun. 1999.