

## Impacto da seca na saúde nos municípios do nordeste brasileiro

### DROUGHT IMPACT ON HEALTH IN CITIES OF NORTHEAST OF BRAZIL

Estefano Batista Silva<sup>1</sup> 

O aquecimento global é um dos temas mais discutidos na atualidade pela sociedade, devido suas consequências para humanidade, e tem a seca como um de seus resultados. Diante disso, este artigo tem o objetivo de perceber o impacto da seca sobre o Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal na dimensão Saúde na região nordeste do Brasil, no período entre 2005 e 2016. Para alcançar o resultado, foi utilizado o recorte conceitual de seca, gasto público e desenvolvimento municipal. Na seara metodológica foi empregado o método quantitativo, por meio da estratégia do modelo econométrico em painel, composto pela variável dependente IFDM\_SAUDE, seca como variável independente de interesse e gasto público, população e tempo como de controle. Para obtenção do indicador seca foi utilizado o método *Standardized Precipitation Index* (SPI), desenvolvido por McKee, Doesken e Kleist (1993). Com isso, concluiu-se que seca, despesa pública e tempo foram significativos em nível de 95%, em relação ao índice de desenvolvimento municipal com impacto positivo e população com impacto negativo, evidenciando que à medida que existe um maior volume de gasto público em políticas de mitigação dos efeitos da seca, maior será o resultado do desenvolvimento municipal em saúde.

**PALAVRAS-CHAVE:** Seca. Administração Pública. Nordeste.

Global warming is one of the most discussed topics today by society, due to its consequences for humanity, and drought is one of its results. That said, the present article analyzed the drought impact on the health dimension of Firjan Index of Municipal Development in Northeast of Brazil, during the period between 2005 and 2016. In order to achieve this result, it was used the conceptual approaches of drought, public spending, and municipal development. As methodology, this paper selected a quantitative method by using a Panel Data econometric model composed by the dependent variable IFDM\_SAUDE; drought as the independent variable of interest; public spending, population and time as variables of control. To generate the indicator drought, it was used the Standardized Precipitation Index (SPI), created by McKee, Doesken and Kleist (1993). Thus, it was concluded that drought, public spending and time were 95% relevant regarding municipal development index with a positive impact and population with a negative impact, evidencing that the larger volume of public spending towards a policy of drought effects mitigation, the best results for municipal development in health.

**KEYWORDS:** Drought. Public Administration. Northeast of Brazil.

#### **Autor correspondente:**

Estefano Batista Silva

#### **E-mail:**

[estefano.silva@yahoo.com.br](mailto:estefano.silva@yahoo.com.br)

#### **Endereço:**

Rua Desembargador João Cavalcante de Azevedo, 144, Ap. 201, Jardim Placaford, Piatã, Salvador -BA, CEP: 41.612-405, Brasil.

**Declaração de Interesses:** Os autores certificam que não possuem implicação comercial ou associativa que represente conflito de interesses em relação ao manuscrito.

---

<sup>1</sup>Mestre em Administração pela Universidade Salvador (UNIFACS), Brasil.

## INTRODUÇÃO

O aquecimento global é uma das grandes ameaças mundial, sendo o aumento da temperatura o grande responsável por uma série de consequências que envolve as dimensões ecológica e socioeconômica, numa relação de causas e consequências, que expõem a forma como ação humana impacta o meio ambiente, representado pelo lançamento excessivo de gás carbônico (CO<sub>2</sub>), por meio da queima de combustíveis fósseis, situação agravada com a derrubada e queimada das florestas, retirando de ação estes captadores naturais de carbono da atmosfera.

Diante desse cenário, os fenômenos meteorológicos extremos que se manifestam por meio de enchorradadas e secas são consequências diretas do processo de aquecimento global IPCC (2007). Ayoade (2004) afirma que a seca pode ser resultado de um processo natural e até mesmo cósmico, como os movimentos de aproximação da Terra com o Sol. Mas ao certo é que a região Nordeste do Brasil é uma das áreas mais afetadas por esse fenômeno tão devastador na seara socioeconômica. Alguns danos desses fenômenos são a perda de lavouras, pressão sobre do consumo acerca dos recursos hídricos para o consumo humano atingindo a saúde e bem-estar da sociedade (HEROLD et al. 2018; EBI e BOWEN,2016).

Com isso, surge a inquietação deste artigo: como a seca impactou o desenvolvimento municipal em saúde na região Nordeste do Brasil entre o período de 2005 e 2016?

A Federação das Indústrias do Rio de Janeiro (FIRJAN) é responsável pela produção do Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal Brasileiro (IFDM), composto por três dimensões: Educação, Saúde e Emprego e Renda. Com o levantamento do índice no ano de 2016, a região Nordeste teve o menor desempenho entre as cinco regiões, apontando negativamente o setor de emprego e renda. Outras produções científicas apontam a seca como as causas dos problemas socioeconômicos, agravados com a dificuldades da gestão pública. Este artigo justifica a necessidade de perceber a importância da seca, dos gastos público, da população e do tempo quando relacionadas ao IFDM Saúde da região Nordeste. Ao mesmo tempo, como esse fenômeno meteorológico (nos períodos de ocorrência) contribui para a sociedade dessa, com menos danos a dimensão da Saúde. Já que, essa localidade do país é, possivelmente, a mais afetada pela seca meteorológica.

Desta forma esta pesquisa tem o objetivo de perceber de que forma o IFDM\_SAÚDE foi impactado pela seca. Para alcançá-la, será utilizada a estratégia metodológica exploratória quantitativo que trará em seu modelo teórico o recorte conceitual de seca, gasto público e desenvolvimento municipal, bem como um conglomerado de evidências das consequências deste fenômeno meteorológico. Para isso, utilizará um banco de dados composto pela quantidade de chuva dos municípios que compõem a região, em que o estabelecimento de seca será por meio do método SPI desenvolvido por Mckee (1993).

## REVISÃO DE LITERATURA

Para que o objetivo deste artigo seja alcançado, este capítulo abarcará o recorte conceitual de seca, gasto público e desenvolvimento municipal.

### Seca

Em seus estudos, Cunha (2008) define seca como um fenômeno natural complexo de ascendência meteorológica e climática de formação lenta e que sua principal característica é o déficit

de precipitação, de chuva, podendo ter consequências graves como desastre naturais. Em consonância com esse conceito Minter (1973) coloca que o fenômeno extremo é resultado da escassez e má distribuição das chuvas numa determinada área.

No que concerne as causas da seca ela é encontrada na literatura por uma diversidade de formas. Inicialmente Nimer (1982) retrata que as secas são provenientes de mecanismos naturais com as movimentações das massas de ar, em especial as originadas no polo sul, que ao se deslocarem, encontram barreiras físicas denominadas de força de fricção. Exemplo, temos a Serra do Mar, que não permitem a passagem das frentes frias para alcançar o Nordeste brasileiro e, da Serra da Borborema que impede as massas originadas no Oceano Atlântico (carregada de umidade) chegarem ao interior do território. Nas duas situações provocam a seca no sertão nordestino.

O IPCC (2007) aponta a seca como resultado do processo de aquecimento global. Sustentada por pesquisas desenvolvidas pelos órgãos em que deixam evidentes o aumento da temperatura no planeta, mostram que os resultados no derretimento das calotas polares; elevação dos mares; ocorrências de extremos climáticos, como fortes chuvas e fortes secas, são resultados do lançamento excessivo de CO<sub>2</sub> na atmosfera vindos da queima de combustíveis fósseis pelo homem.

As secas podem ser classificadas em quatro tipos: meteorológica, agrária, hidrológica e socioeconômica. A primeira é resultado do déficit prolongado de precipitação numa dada região. O segundo tipo acontece quando o déficit de precipitação proporciona uma redução significativa de água no solo, impactando o bioma e a produção agrícola. O terceiro tipo ocorre quando há implicações no sistema hidrológico, no nível dos lençóis freáticos, do volume dos rios, com consequente redução de disponibilidade de água. E por último, a socioeconômica ocorre quando as reservas de água não são suficientes para satisfazerem – as necessidades humanas. Assim, esta pesquisa terá como referência a seca meteorológica.

O fenômeno climático extremo em déficit hídrico é responsável por danos socioeconômicos na região Nordeste do Brasil. O difícil acesso a água potável e alimentos provocados pela seca pode agravar alguns indicadores de saúde, exemplo: a mortalidade infantil pós-parto, peso ao nascer e tempo de gestação, infecção intestinal, desnutrição, infecção respiratória e má formação congênita (HEROLD et al. 2018; EBI e BOWEN, 2016; ROCHA e SOARES, 2015). Sena, Bacellos, Freitas e Corvalan (2014) colocam que a seca também provoca danos à educação quando ocorre descontinuidade no processo educacional, provocado pela evasão dos alunos em virtude da necessidade de ajudar o sustento do lar, pela escassez de recursos e até mesmo pela mobilidade populacional, fugindo da seca trazendo prejuízos ao desenvolvimento social e educacional. Duarte (2002) afirma que o primeiro problema a ser encarado em período de seca é o desemprego rural, em que grandes quantidades de pessoas abandonam suas atividades habituais a procura de trabalho em outras funções no ambiente urbano. Assim, fica evidente que é de fundamental importância a atenção dos gestores da administração pública no que concerne a mitigação das consequências socioeconômicas provocadas pela seca.

## Gasto Público

Uma das formas da Administração Pública realizar suas políticas é por meio do gasto público. Segundo Slonski (2003) gasto público é todo dispêndio público regulado pelas leis orçamentárias prevista no orçamento público realizado pela administração pública e aprovado pelo poder legislativo. Rech, Comunelo e Godarth (2014) colocam que gasto público é o instrumento em que os governos

definem suas prioridades das ações públicas a serem realizado mediante investimentos de forma eficiente.

Ao versar sobre o tema, Castro (2015) explica que os gastos públicos em Educação, Saúde e Segurança Pública são de grande importância para redução da criminalidade, um dos entraves da sociedade moderna, mas destaca que a despesa para surtir efeito sobre seu objetivo, tem que ser utilizada com eficiência, um dos princípios básicos da Administração Pública. Na mesma direção, Castro (2018) em sua pesquisa teve como objeto de estudo os gastos públicos de 149 municípios do estado do Ceará, constatou-se que apenas três deles são plenamente eficientes na alocação dos recursos públicos, com isso, foi verificado que o gasto realizado pelo poder municipal é excessivo, havendo, portanto, o mau emprego de recurso público, ficando claro que, na situação analisada, o problema não é a falta de recurso financeiro, mas sim a ineficiência da aplicação dos recursos. Por conseguinte, a eficiência da despesa pública é de fundamental importância para o desenvolvimento da sociedade.

A eficiência do gasto público está ligada a dois conceitos importantes: Governabilidade e Governança. Nesse contexto, a Governabilidade, de acordo com Araújo (2002), refere-se às próprias condições substanciais, materiais, de exercício do poder e de legitimidade do Estado e do governo derivadas da sua postura diante da sociedade civil e do mercado, em um regime democrático, ou seja, o reconhecimento do poder político pela sociedade. O mesmo autor coloca que, a governança pode ser compreendida como uma característica da governabilidade, tendo em vista que sem governabilidade não é possível haver governança. Ele explica que, a governança trata da capacidade (financeira, gerencial e técnica) de um determinado governo para planejar e executar as suas políticas, cujas metas estão previstas no programa desse governo, que foi legitimado pelas urnas.

Inúmeras pesquisas apontam que muitos investimentos públicos não alcançam o resultado esperado pela sociedade devido ineficiência da utilização dos recursos financeiros. Em contraponto, há localidades que gastam os recursos de forma mais racional, conseguindo melhores resultados (CÂNDIDO JUNIOR 2001; CASTRO e SOUZA, 2018; DABLA-NORRIS, 2015).

## Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal

Para ampliar o escopo dos conceitos, o desenvolvimento socioeconômico dos municípios brasileiros é medido pela Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN), por meio do Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM) que se baseia em três dimensões: Emprego e Renda, Educação e Saúde. Este indicador é calculado com base em série histórica, que tem 2005 como ano inicial e 2016 como último ano de sua atualização.

A área Emprego e Renda é formada por duas dimensões. A primeira, Emprego, avalia a capacidade de geração de emprego formal e o nível de absorção da mão de obra municipal, e é analisada através da geração de emprego formal e da taxa de formalização do mercado de trabalho. Já a segunda dimensão, Renda, é composta pelas seguintes variáveis: geração de renda, massa salarial real no mercado de trabalho formal e índice de Gini de desigualdade de renda no trabalho formal (FIRJAN, 2018).

Na área Educação é capturada a oferta de educação infantil e, principalmente, a qualidade da educação prestada no ensino fundamental, em escolas públicas e privadas. Para isso, essa dimensão é composta por seis variáveis: atendimento à educação infantil, abandono no ensino fundamental, distorção idade-série do ensino fundamental, docentes com ensino superior no ensino fundamental,

média de horas-aula diária no ensino fundamental e nota de desenvolvimento da educação básica (IDEB) do ensino fundamental (FIRJAN, 2018).

A dimensão Saúde tem foco na saúde básica composta pelos seguintes indicadores: proporção de atendimento adequado de pré-natal, óbitos por causas mal definidas, óbitos infantis por causas evitáveis e internações sensíveis à atenção básica (FIRJAN, 2018).

A interpretação dos dados ocorre com a variação numérica entre 0 (zero) e 1 (um), em que quanto mais próximo de 1 (um), maior é o desenvolvimento do município, como classificado abaixo:

Quadro 1 - Classificação do IFDM

Município com IFDM entre 0,0 e 0,4	Baixo estágio de desenvolvimento
Município com IFDM entre 0,4 e 0,6	Desenvolvimento regular
Município com IFDM entre 0,6 e 0,8	Desenvolvimento moderado
Município com IFDM entre 0,8 e 1,0	Alto estágio de desenvolvimento

Fonte: Firjan (2018)

O Brasil, em 2016, demonstrou piora nos resultados do IFDM, na dimensão emprego e renda, o impacto negativo foi tão expressivo que anulou os números positivos das outras duas áreas do indicador. Contudo, a Firjan (2018) ao analisar as vertentes IFDM Educação e IFDM Saúde isoladamente, observou-se que, apesar do crescimento no período de crise econômica, a evolução apresentada pelos indicadores foi a menor em dez anos, demonstrando que, além da área econômica, a crise também impactou as dimensões sociais, provocando um grande retrocesso para o desenvolvimento municipal (FIRJAN, 2018).

## METODOLOGIA

O Nordeste brasileiro é composto por nove unidades federativas estaduais: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. A região ocupa uma área territorial de 1.544.291,6 Km<sup>2</sup> (correspondendo a 18,2% do território brasileiro), composto por 1794 municípios e uma população residente estimada em 57.374.243 habitantes, dados de 2019 (IBGE, 2021). Para buscar resposta à pergunta problema colocada na introdução desta pesquisa, foi montado um banco de dados composto pela precipitação mensal acumulada de uma amostra de 1631 municípios da região nordeste, que possuíam estação meteorológica, com capitação diária de precipitação e seu acumulado mensal.

Nesta pesquisa, será utilizado o método quantitativo, por meio da regressão linear em formato de painel. O banco de dados é composto pelas variáveis IFDM\_SAÚDE, população, precipitação (média de chuvas anual) e despesa pública (soma do gasto pública em Educação, Saúde e Emprego e Renda) dos municípios nordestinos, no decorrer dos doze anos, com 20.203 observações, processados pelo *software Gretl*. Os dados dessas variáveis são de fonte secundária e foram obtidos junto a Federação da Indústria do Rio de Janeiro (FIRJAN), o IBGE, o INPE e do Ministério da Economia, Tesouro Nacional, Finanças do Brasil (FINBRA) respectivamente. A figura 1 ilustra o modelo a ser perseguido neste capítulo.

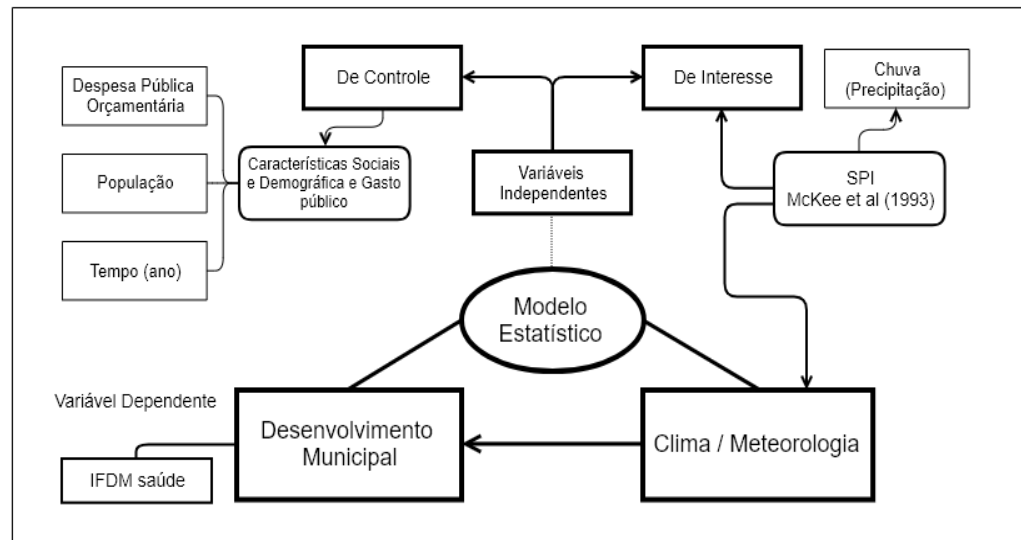


Figura 1 - Modelo metodológico  
 Fonte: desenvolvido pelo autor

## Modelo Econométrico em Painel

Modelo em painel é uma regressão econométrica que envolve inúmeros elementos em vários períodos temporais. Os efeitos do modelo podem ser classificados em fixos ou aleatórios. No primeiro, os coeficientes podem variar de indivíduo para indivíduo ou no decorrer do tempo, ainda que permaneçam como constantes não aleatórios. Já o segundo pressupõe que o comportamento específico dos indivíduos e períodos de tempo são desconhecidos, não podendo ser observados, nem medidos (MARQUES, 2000). Mostrando-se mais adequado a esta pesquisa, o modelo de efeitos fixos procura controlar os efeitos das variáveis omitidas que variam entre municípios e permanecem constantes ao longo do tempo. Para tanto, o modelo pressupõe que o intercepto ( $\beta_0$ ) não varia ao longo do tempo, apenas de um município para outro. Além disso, os parâmetros-resposta são constantes para os municípios, nos períodos de tempo. O modelo contempla as estimativas por mínimos quadrados ordinários. Elas são não-tendenciosas e consistentes, já que o modelo pressupõe que os erros possuem distribuição normal, variância constante e não são correlacionados. De acordo com Hill, Judge e Griffiths (1999), o modelo apresenta:

$$\beta_{0it} = \beta_{0i}; \beta_{1it} = \beta_1 \dots \beta_{k_i} \quad (1)$$

e é dado por:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_1 x_{1it} + \dots + \beta_k x_{kit} + e_{it} \quad (2)$$

A parte constante  $\alpha_i$  na Equação (2) é fixa ao longo do tempo e diferente para cada município, captando o efeito das diferenças invariantes no tempo. Os resultados esperados da regressão de dados em painel são as variáveis explicativas com estimadores significantes diferentes de zero, identificando as variáveis independentes que explicam a variável dependente. Outra característica importante desse método é a organização dos dados em modelo de painel curto ou longo. O primeiro é caracterizado pela disposição em que, a quantidade de elementos, indivíduos, serem maiores que os períodos temporais, tendo assim maiores quantidade de elementos que de períodos temporais. Já o segundo formato é composto por menos elementos e mais períodos temporais. Para efeito deste artigo, o banco de dados foi organizado no modelo de painel curto, composto por 5.461 elementos (municípios) e períodos de 12 anos. Para formação do modelo empírico, o quadro 2 apresenta as principais variáveis do modelo de regressão linear em painel.

Quadro 2 - Descrição das variáveis, sinais esperados e período de coleta

Variáveis	Descrição	Período
<b>Variável Dependente</b>		
IFDM_SAUDE	Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal na dimensão Saúde	2005 - 2016
<b>Variável Independente ou Explicativa de Interesse</b>		
SPI (-)	Índice de Seca Meteorológica	2005 - 2016
<b>Variáveis Independentes de Controle</b>		
LOGDESPESA (+)	Logarítimo da soma das despesas públicas em Educação, Saúde e Emprego e Renda.	2005 - 2016
LOGPOP (-)	População dos municípios	
ANO	Tempo cronológico	

Fonte: desenvolvido pelo autor

Assim, pode se ter a seguinte equação:

$$IFDM\_SAUDE_{it} = \alpha_i + \beta_1(SPI)_{it} + \beta_2(LOGDESPESA)_{it} + \beta_3(LOGPOP)_{it} + \beta_4(ANO)_{it} + e_{it} \quad (3)$$

em que, tomando como referência a equação (2), as variáveis são representadas por:

$y = IFDM\_SAUDE$

$x_1 = SECA\_SPI$

$x_2 = LOGDESPESA$

$x_3 = LOGPOP$

$x_4 = ANO$

## Método SPI

O modelo *Standardized Precipitation Index* (SPI), desenvolvido por McKee, Doesken e Kleist (1993), foi idealizado com a finalidade de quantificar o déficit de precipitação e compreender os vários impactos provocados pela ausência de água no solo como estabelecimento de seca meteorológica. As diferentes escalas de tempo possibilitam uma reflexão do impacto que uma situação de seca tem nas diferentes fases do ciclo hidrológico. Assim, o SPI, para qualquer escala de tempo de análise, é baseado na probabilidade de ocorrer precipitação. Este índice é muito

utilizado na gestão de situações de seca, pois se trata de um indicador bastante útil (CUNHA, 2008).

O SPI é calculado (versão simplificada) através da precipitação normalizada, que resulta da diferença entre o valor da precipitação para um dado período de tempo e a média da precipitação para o mesmo período de tempo, dividida pelo desvio padrão (MCKEE et al. 1993). A média e o desvio padrão são calculados a partir de registros históricos.

$$SPI = \frac{Xi - \bar{x}_i}{\sigma} \quad (4)$$

Sendo:

SPI = Índice de Precipitação Standard;

$X_i$  = Precipitação real para o período em análise;

$\bar{x}_i$  = Média da precipitação para a série de anos considerados;

$\sigma$  = Desvio padrão da série de precipitação considerada.

No entanto, as precipitações sob o ponto de vista estatístico, não são distribuídas uniformemente em torno do valor médio (sobretudo para períodos de acumulação inferiores a doze meses), mas sim de modo irregular, com grande desvio em relação ao valor médio. Assim, para que seja possível calcular este índice, é aplicada uma transformação à distribuição da probabilidade de ocorrência de um dado registro de precipitação.

Matematicamente, o SPI corresponde à probabilidade cumulativa de ocorrer precipitação e baseia-se no conceito de precipitação normalizada, inferindo que valores de SPI positivos indicam que, para uma dada zona e para o período em análise, a precipitação verificada é superior à média e que, ao contrário, para valores de SPI inferiores a zero, a precipitação verificada é inferior à média. Ou seja, uma situação de seca ocorre sempre que o valor do SPI é continuamente negativo e atinge uma intensidade inferior a -1 (menos um).

Deve ser recolhidos os registros da precipitação mensal para um dado período de análise, que deve ser contínuo e preferencialmente igual ou superior a 30 anos. Posteriormente, são escolhidas as escalas temporais de análise contabilizadas em meses. O cálculo índice de seca é efetuado de modo que o valor de SPI em cada mês seja determinado a partir dos meses anteriores. Neste estudo, esse método foi realizado por meio do banco de dados de precipitação mensal dos municípios regional com início em 1950 e término em 2017, utilizando um período contínuo de 67 anos para a obtenção do indicador.

A série precipitação é então ajustada a distribuição probabilística Gama para definir a relação entre a probabilidade de ocorrência e os valores da precipitação. A distribuição gama é definida pela seguinte equação:

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\hat{\beta}^{\hat{\alpha}} \Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x x^{\hat{\alpha}-1} e^{-x/\hat{\beta}} dx \quad (5)$$

Onde:

$G(x)$  = Probabilidade acumulada;

$\beta$  = Parâmetro de escala ( $\beta > 0$ );



$\alpha$  = Parâmetro de forma ( $\alpha > 0$ );

$x$  = Variável aleatória ( $x > 0$ );

$T(\alpha)$  = Função Gama.

Os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  são estimados em cada estação para cada escala de tempo e para cada mês do ano. A máxima probabilidade aproximada dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$ , é calculada através da expressão:

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (6)$$

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}}$$

Em que:

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (7)$$

E onde  $n$  é o número de observação.

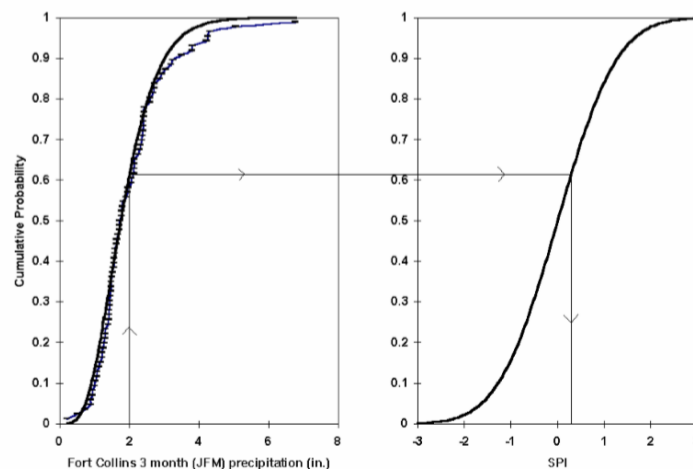


Figura 2 - SPI parâmetros  
Fonte: McKee, et al (1993)

Calculada a probabilidade acumulada,  $G(x)$ , sendo  $x$  a variável em análise, determina-se o valor de  $Z$  (variável normalizada) para a mesma probabilidade, obtendo-se assim, o índice normalizado. Ou seja, a série de precipitação ajustada à distribuição da probabilidade Gama é transformada numa distribuição normal, definindo-se uma relação entre a probabilidade de ocorrência e os valores de precipitação. O valor deste índice corresponde à paralisação dos totais dos registros gama-transformados pelo que o índice igual a zero, isso indica que não houve desvios nos valores dos registros relativamente à sua média para o período analisado. Assim, valores positivos deste índice indicam que a variável respectiva assume valores superiores à sua média e valores negativos indicam

que a variável é inferior à média. Deste modo, os períodos de seca são assinalados por valores negativos deste índice.

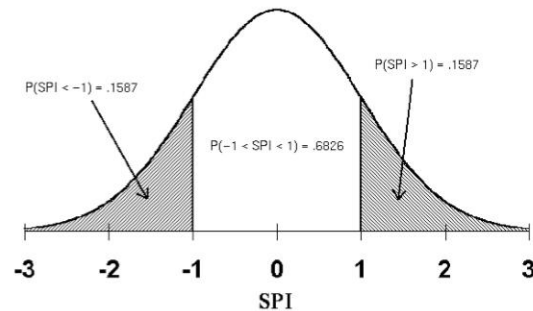


Figura 3 - Distribuição normal do SPI com média igual a 0 (zero) e desvio padrão 1 (um)  
 Fonte: McKee et al (1993)

A severidade da seca, de acordo a análise de probabilidade, é especificada da seguinte forma:

Quadro 3 - Classificação SPI

SPI	INTENSIDADE DA SECA
2.0 +	Extremamente Úmido
1.5 até 1.99	Muito Úmido
1.0 até 1.49	Moderadamente Úmido
(-) 99 até 99	Normal
(-) 1.49 até (-) 1	Seca Moderada
(-) 1.99 até (-) 1.5	Seca Severa
Menor igual a (-) 2	Seca Extrema

Fonte: McKee et al (1993)

Para realização dos cálculos do SPI e obtenção da classificação da seca nos municípios nordestinos, foi utilizado o Programa SPI disponibilizado no site do Centro Nacional de Mitigação de Secas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes de iniciar a análise do modelo estatístico é importante identificar o comportamento da seca no Nordeste do Brasil. A seca esteve presente em todos os estados da região como mostra a figura 4.

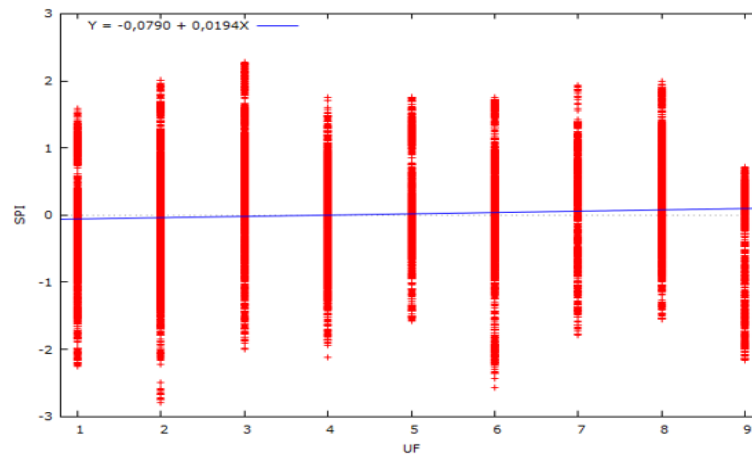


Figura 4 - Gráfico de dispersão SPI por estado  
 Legenda: 1 – CE, 2 – BA, 3 – PE, 4 – MA, 5 – RN, 6 – PI, 7 – AL, 8 – PB e 9 – SE  
 Fonte: desenvolvido pelo autor

Mas a maior representação e severidade do fenômeno meteorológico extremo foi nos estados da Bahia e Piauí, o que convida a sociedade acadêmica a pesquisas futuras tanto no viés climatológico de causas, quanto das consequências socioeconômico da seca e sua mitigação.

A análise estatística das variáveis dependente e independente de interesse na tabela 1, demonstra que a região possui classificação média regular, com base no quadro 1, exposto no referencial teórico, e SPI normal.

Tabela 1 - Estatística descritiva

	Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
IFDM_SAUDE	0,57498	0,16735	1	0,033368
SPI	0,0051952	0,77798	2,2767	-2,7958

Fonte: desenvolvido pelo autor

Inicialmente, o desenvolvimento municipal ao ser aplicado o desvio padrão sobre a média, observa-se que existe municípios que estão classificados em desenvolvimento moderado, já o valor mínimo expõe unidades federativas ocupando a classificação baixa. O relatório do FIRJAN (2018) coloca que 24,4% da região teve classificação mais baixa do IFDM saúde, com destaque para os estados do Maranhão com (54,8%) e a Bahia com (51,8%) dos municípios. No que concerne a classificação de seca, em seus estudos Silva (2021) expõe que dentre as cinco regiões brasileiras o Nordeste é a que possui menor média de SPI, seguida pelo Sudeste, Centro-Oeste, Norte e Sul do país.

Tabela 2 - Modelo econométrico em painel

	Coefficiente	Erro padrão	Razão-t	P-Valor	
Const	-40,3720	0,646401	-62,46	0,0000	***
SPI	0,0104827	0,00111022	9,442	4,06e-021	***
LOGDESP	0,0730921	0,00301168	24,27	3,22e-128	***
LOGPOP	-0,0488150	0,00276403	-17,66	2,90e-069	***
ANO	0,0199973	0,000330893	60,43	0,0000	***

R<sup>2</sup> = 0,66

Fonte: desenvolvido pelo autor

O resultado da análise do modelo matemático na tabela 2 explicita que a seca, despesa pública, população e o tempo são significantes estatisticamente em nível de 95% em relação a IFDM\_SAÚDE, o modelo estatístico possui um  $R^2$  de 0,66 o que significa que 34% das variáveis estão no erro, ou seja, não estão mensuradas no modelo. Ao analisar as variáveis independentes percebe-se que as duas primeiras exercem impacto positivo sobre a variável dependente, indicando que quanto maior for a seca maior será o desenvolvimento municipal da região, como ilustra a figura 5. Já a população possui significância estatística com impacto negativo sobre desenvolvimento municipal, denotando que quanto maior o número de pessoas no município menor será o IFDM. Santos (2008) coloca que o aumento populacional, devido seu maior consumo per capita provoca uma pressão sobre os recursos hídricos em atividades diversas, podendo conduzir a graves consequências econômicas.

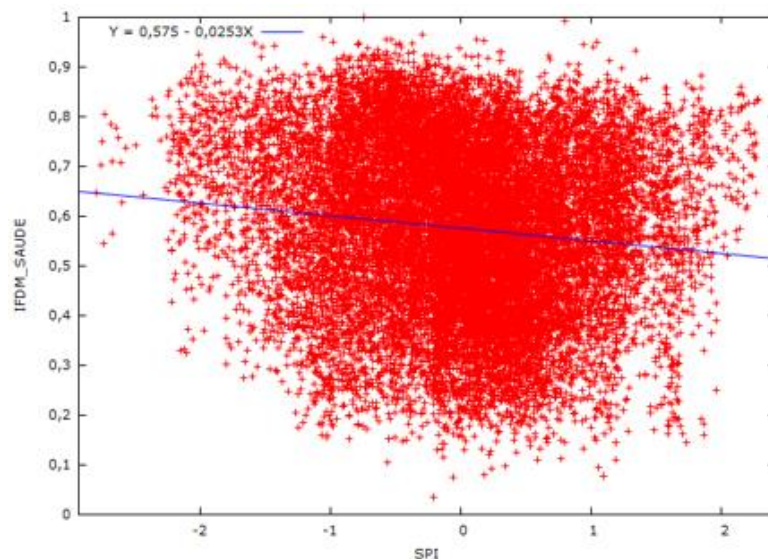


Figura 5 - Gráfico de dispersão de IFDM\_SAÚDE versus SPI  
 Fonte: desenvolvido pelo autor

Ao analisar o coeficiente angular do modelo estatístico na tabela 2, expresso na equação (8), percebe-se que a variável independente que controla o desenvolvimento municipal com maior influência é a despesa pública, o que evidencia a importância da aplicação dos recursos financeiros na área de Educação, Saúde e Emprego e Renda no enfrentamento dos períodos de seca na região Nordeste.

$$IFDM\_SAUDE_{it} = \alpha_i + 0,10(SPI)_{it} + 0,73(LOGDESPESA)_{it} + 0,48(LOGPOP)_{it} + 0,19(ANO)_{it} + e_{it} \quad (8)$$

A figura 6 expressa a relação da seca com o desenvolvimento municipal no Nordeste brasileiro. A análise corrobora a evidência que logo após a ocorrência de seca há uma elevação do índice estudado. O eixo horizontal representado pelo tempo, na imagem que expressa média de SPI, demonstra que os picos das secas foram nos períodos 2, 5 e 10 correspondentes aos anos de 2006, 2009 e 2014. Ao analisar o gráfico da média do IFDM, percebe-se que os maiores índices tiveram topos entre 2006 e 2007 e o período que inicia em 2011 e atinge seu maior momento entre 2015 e 2016. Assim, percebe-se que ocorre uma elevação do desenvolvimento municipal na dimensão saúde após ocorrências de seca, isto evidencia a importância da variável dependente de controle de gasto público nos períodos de ocorrência do evento meteorológico extremo na região para o desenvolvimento municipal na saúde.

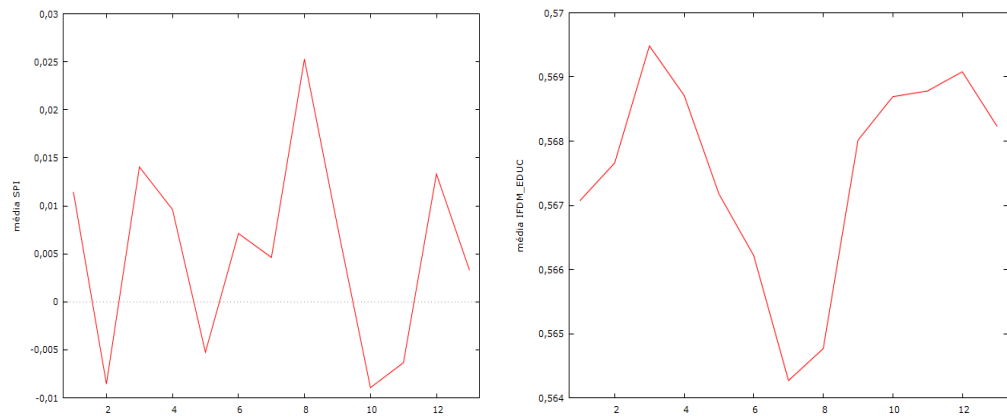


Figura 6 - Média de seca e do IFDM no período  
 Fonte: desenvolvido pelo autor

O desenvolvimento municipal em saúde possui uma relação linear ascendente no decorrer do tempo, como mostra a figura 7. Este comportamento foi capturado pelo FIRJAN (2018) ao mensurar essa dimensão em sua série histórica de 2006 a 2016, em que constatou a evolução dos indicadores que compõem o índice, mesmo diante da crise econômica nacional de 2015.

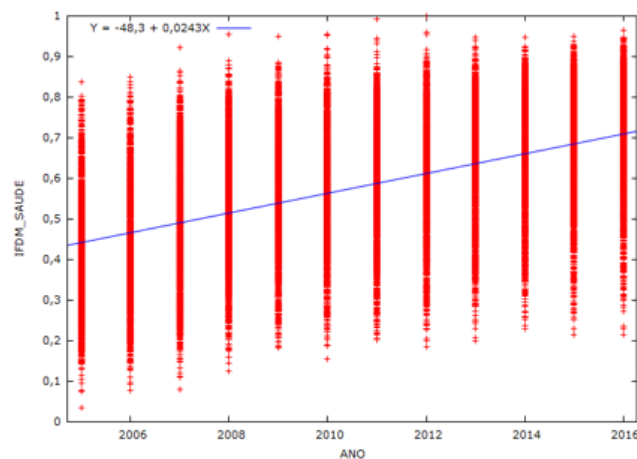


Figura 7 - Gráfico de dispersão IFDM\_SAUDE versus ANO  
 Fonte: desenvolvido pelo autor

Assim, as políticas públicas voltadas para mitigação da seca são de fundamental importância para a dimensão social em saúde na região Nordeste brasileiro, realizadas por meio do gasto público, em que quanto mais intensas maiores os resultados.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste artigo foi perceber o impacto da seca no Índice de Desenvolvimento Municipal na dimensão saúde na região Nordeste do Brasil, entre o período de 2005 a 2016, considerando os dados populacionais e de despesa pública. A análise do modelo estatístico em painel constatou que a seca exerce influência estatística significativa em relação ao IFDM\_SAUDE dos municípios nordestinos, com impacto positivo, a mesma forma com a variável de controle despesa pública, ocorrendo o contrário com a população, quanto maior a população menor é o resultado do desenvolvimento municipal, elucidando a pergunta problema desta pesquisa colocada na introdução deste artigo. Para iluminar a

ideia central desta pesquisa Herold et al. (2018), através de estudo realizado na Austrália, explicam de forma comparativa com o Brasil, que a seca provoca impacto na mortalidade diária da população. A elevação da temperatura diurna ou noturna em 1°C possibilita a disseminação de doenças por meio de vetores, como vírus, culminando no aumento da morbidade.

A qualidade da saúde pública composta pelas variáveis: óbitos por causas mal definidas, óbitos infantis por causas evitáveis, internação sensível à atenção básica, proporção de atendimento adequado de pré-natal (que compõem o IFDM\_SAUDE) possuem melhores resultados diante o período de seca quando os gastos públicos em Educação, Saúde e Emprego e Renda municipais tem maior atenção. Magalhães e outros (2016) esclarecem que os melhores resultados em saúde pública são motivados por maiores volumes de gastos público estão diretamente relacionados ao desenvolvimento econômico dos municípios. Os autores relacionam o desempenho em saúde com a qualidade dos serviços prestados à comunidade e o desenvolvimento econômico representado pelo Produto Interno Bruto (PIB) do Município. Já Silva e Johan Junior (2018) defendem que os gastos públicos quando são direcionados para saúde pública municipal de forma eficiente tem como *output* o aumento do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). O resultado do modelo estatístico leva a perceber que à medida que a seca aumenta as políticas públicas são realizadas com mais intensidade, por meio dos gastos públicos, resultando numa elevação do IFDM, o que justifica a relação estatística da ocorrência de seca com maior desenvolvimento municipal na dimensão estudada.

As dificuldades encontradas para desenvolvimento da pesquisa foi o acesso ao programa de análise estatístico. O software utilizado foi o *Gretl*, de acesso livre, o que limitou o estudo a dimensão regional, em que poderia ser buscado uma comparação dos estados, que compõe a região concernente as variáveis independentes em relação a dependente, se fosse realizado pelo *software Stata* de acesso pago, o que abre novas possibilidades de estudo.

Com isso, espera-se que esta pesquisa contribua para comunidade acadêmica interessada pelo tema, da mesma forma, para os gestores públicos federais, estaduais e municipais na identificação dos períodos de seca, na adoção de estratégias e políticas públicas para mitigação das consequências desse fenômeno climático e melhor atender as necessidades sociais.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Vinícius de Carvalho. A conceituação de governabilidade e governança, da sua relação entre si e com o conjunto da reforma do Estado e do seu aparelho. **Escola Nacional de Administração Pública**, Brasília, 2002.

AYOADE J. O. **Introdução a Climatologia para os Trópicos**. 10. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

CÂNDIDO JÚNIOR, José Oswaldo. **Os gastos públicos no Brasil são produtivos?** Brasília: Ipea, 2001. (Texto para discussão, n. 781)

CASTRO; Marília de Souza; SOUZA, Eliane Pinheiro de. Eficiência dos gastos públicos da rede de ensino municipal cearense. **Gestão & Regionalidade**, v. 34, n. 100, p. 92-109, jan./abr. 2018.

CUNHA, Rita Abreu da. **Definição de cenários de referência para avaliação dos impactos das secas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2008.

CASTRO, Miguel. A.R.; SANTOS, Leilane A. de A.; SOUZA, Fabiana M.A.S. Gastos com educação, saúde e segurança pública: uma relação com as taxas de criminalidade nos municípios do Brasil. *In: ENCONTRO DA ANPAD*, 39. Belo Horizonte, 2015.

CASTRO; Marília de Souza; SOUZA, Eliane Pinheiro de. Eficiência dos gastos públicos da rede de ensino municipal cearense. **Gestão & Regionalidade**, v. 34, n. 100, p. 92-109, jan./abr. 2018.

DABLA-NORRIS, Era et al. **Causes and Consequences of Income Inequality: A Global Perspective**. International Monetary fund, 2015.

DUARTE, Renato Santos. **A seca de 1958: uma avaliação pelo ETENE**. Fortaleza: Banco do Nordeste; Recife: Fundação Joaquim Nabuco; Série Estudos sobre as Secas no Nordeste; v. 1, 2002.

EBI, Kristie; BOWEN, Kathryn. Extreme events as sources of health vulnerability: drought as an example. **Weather and Climate Extremes**, v.11, p. 95-102, mar. 2016.

HEROLD, Nicholas et al. Australian climate extremes in the 21st century according to a regional climate model ensemble: Implications for health and agriculture. **Weather and Climate Extremes**, v.20, p. 54-68, June 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativa de população: tabela sidra**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6579#resultado>. Acesso em: 20 jan. 2021.

IFDM – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIA DO RIO DE JANEIRO. **IFDM 2018 Índice de Desenvolvimento Municipal**, ano base 2016. Rio de Janeiro, jun. 2018. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/data/files/E8/06/F0/D5/58E1B610E6543AA6A8A809C2/Methodologia%20IFDM%20-%20Final.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2020. Acesso em: jul. 2020.

**Índice de precipitação padronizada**. Disponibilizado em: <https://www.droughtmanagement.info/standardized-precipitation-index-spi/>. Acesso em: 05 mai. 2020.

IPCC – THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. AR4 Mudanças climáticas 2007: impactos, adaptações e vulnerabilidade. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg2/>. Acesso em: 10 mar. 2020.

MAGALHÃES, Fernanda Gabriela Granda Pimenta et al. Desempenho em Saúde nos municípios mineiros: uma análise sobre a relação com o perfil econômico e os investimentos em saúde. *In: ENCONTRO DA ANPAD*, Costa do Saúípe, 25 a 28 set. 2016.

MARQUES, Luís David. Modelos dinâmicos com dados em painel: revisão de literatura. **Cempre, Faculdade De Economia Do Porto**, Porto, out. 2000.

MCKEE, TB et al. *A Relação entre Frequência e Duração da Seca e Escalas de Tempo*. *In: SOCIEDADE METEOROLÓGICA AMERICANA*, Anaheim, Boston, 17 a 22 de janeiro de 1993. **Anais da 8ª Conferência sobre Climatologia Aplicada**. Anaheim, Boston, 1993.

MINISTÉRIO DE ESTADO DO INTERIOR. **Plano integrado para o combate preventivo aos efeitos das secas no Nordeste**: por Otamar de Carvalho e outros. Brasília, MINTER, 1973.

NIMER, Edmon. **Quatro livro das secas**: Organização Vingt-Um Rosado, Fundação Guimarães Duque; coleção mossoroense. v. 185, 1982.

RECH, Andressa Tamara; COMUNELLO, André Luiz; GODARTH, Kellerman Augusto Lemes. Análise da eficiência dos gastos públicos na educação fundamental dos municípios do sudoeste do estado do Paraná. *In: ENCONTRO DA ANPAD*, 38, Rio de Janeiro, 13 a 17 de set. 2014.

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

SENA, Aderitav; BACELLOS, Christovam; FREITAS, Carlos e CORVALAN, Carlos. Managing the Health Impacts of Drought in Brazil. *Int. J. Environ. Research Public Health*, v 11, p. 10737-10751, 2014.

SILVA, Estefano Batista. **Impacto da seca meteorológica no índice de desenvolvimento municipal**. Dissertação (Mestrado em Administração) – Escola de Ciências Sociais Aplicada, Educação, Arte e Humanidade, Universidade Salvador, 2021.

SILVA, Vanderleia de Souza da; JOHAN JÚNIOR, Hendrik Poker. Análise de eficiência dos gastos públicos em saúde nos municípios paranaenses. *In: ENCONTRO DA ANPAD*, Curitiba, 03 a 06 jun. 2018.

SLOMSKI, V. **Manual de contabilidade pública: um enfoque na contabilidade municipal, de acordo com a lei de responsabilidade fiscal**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

WOOLDRIGGE, Jeffrey M. **Introdução à econometria: uma abordagem moderna**. São Paulo, Thomson Learning, 1960.

Recebido: 08 de setembro de 2021

Versão Final: 24 de abril de 2022

Aprovado: 27 de julho de 2022



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.