

Características e comportamento da população frente às secas: estatística multivariada dos municípios do Alto Vale da Sub-bacia do Rio Piracuruca (CE/PI)


Francílio de Amorim dos Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Piri-piri, PI, Brasil
e-mail: francilio.amorim@ifpi.edu.br

 0000-0002-0415-6673

Maria Lucia Brito da Cruz

Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil
e-mail: mlbcruz@gmail.com

 0000-0002-2202-923X

p. 361-380

revista

Geo 
USP
espaço e tempo

Volume 24 • nº 2 (2020)

ISSN 2179-0892

Como citar este artigo:

SANTOS, F. A.; CRUZ, M. L. B. Características e comportamento da população frente às secas: estatística multivariada dos municípios do Alto Vale da Sub-bacia do Rio Piracuruca (CE/PI). **Geosp – Espaço e Tempo** (On-line), v. 24, n. 2, p. 361-380, ago. 2020. ISSN 2179-0892.

Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/167227>. doi: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2020.167227>.



Este artigo está licenciado sob a Creative Commons Attribution 4.0 Licence

Características e comportamento da população frente às secas: estatística multivariada dos municípios do Alto Vale da Sub-bacia do Rio Piracuruca (CE/PI)

Resumo

A pesquisa analisa variáveis demográficas, de estrutura etária e de gênero, educacionais e de renda por meio de análise fatorial e de análise de componentes principais, para conhecer as características e o comportamento da população dos municípios do Alto Vale da Sub-bacia do Rio Piracuruca como possibilidade para estudar as secas. Com abordagem quantitativa, o estudo se configura como descritivo e tratou as informações recolhidas com técnicas estatísticas, sobretudo ligadas à estatística multivariada à análise de componentes principais. Essa metodologia permitiu extrair quatro fatores dentre as 15 variáveis iniciais. O Fator 1 (rendimento mensal, pessoas alfabetizadas e estrutura etária) e o Fator 2 (renda do domicílio) contribuíram positivamente para reduzir a Criticidade, enquanto o Fator 3 (pessoas residentes e sem rendimento) e o Fator 4 (densidade populacional) concorreram para aumentá-lo. Integrados, esses quatro fatores levaram à conclusão de que, em 48,0% dos setores do Alto Vale, a Criticidade é de alta a muito alta, evidenciando a necessidade de investimento em áreas estratégicas para reduzir esse grau de Criticidade frente à ocorrência de secas.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica. Setores censitários. Análise fatorial. Secas.

Population characteristics and behavior in the face of droughts: multivariate analysis of the Alto Vale municipalities in the Piracuruca River Sub-basin (CE/PI)

Abstract

The research sought to carry out analysis of demographic variables, age structure and gender, educational and income, through factor analysis and principal component analysis method, to understand the characteristics and population behavior of the municipalities of the Upper Valley of the Piracuruca River Sub-basin, as a possibility for studying droughts. The study is configured as descriptive, exhibits a quantitative approach and used statistical techniques to handle the acquired information, particularly linked to multivariate statistics and the use of principal component analysis. Through the methodology it was possible to extract 4 Factors among the 15 initial variables, where Factor 1 (linked to monthly income, literate people and age structure) and Factor 2 (associated with household income) contributed positively to the reduction of Criticality, while Factor 3 (resident and without income) and Factor 4 (population density) contributed to increase the level of Criticality. Thus, when these 4 Factors are integrated, it was identified that in 48.0% of the Alto Vale sectors there is high to very high Criticality, showing the need for investments in strategic areas, to reduce the degree of Criticality in the face of the occurrence of droughts.

Keywords: Hydrographic basin. Census sectors. Factor analysis. Dried.

Características y comportamiento de la población frente a las sequías: análisis multivariado de los municipios de Alto Vale en la subcuenca del río Piracuruca (CE/PI)

Resumen

La investigación buscó realizar análisis de variables demográficas, estructura de edad y género, educación e ingresos, a través del análisis factorial y el método

de análise de componentes principais, para compreender las características y el comportamiento de la población de los municipios del Valle Superior de la Subcuenca del Río Piracuruca, como una posibilidad para estudiar sequías. El estudio se configura como descriptivo, exhibe un enfoque cuantitativo y utiliza técnicas estadísticas para manejar la información adquirida, particularmente vinculada a estadísticas multivariadas y el uso del análisis de componentes principales. A través de la metodología, fue posible extraer 4 Factores entre las 15 variables iniciales, donde el Factor 1 (vinculado al ingreso mensual, las personas alfabetizadas y la estructura de edad) y el Factor 2 (asociado con el ingreso del hogar) contribuyeron positivamente a la reducción de la Criticalidad, mientras que El factor 3 (residente y sin ingresos) y el factor 4 (densidad de población) contribuyeron a aumentar el nivel de criticidad. Por lo tanto, cuando se integran estos 4 Factores, se identificó que en el 48.0% de los sectores de Alto Vale hay una Criticalidad de alta a muy alta, lo que demuestra la necesidad de inversiones en áreas estratégicas para reducir el grado de Crítica ante la ocurrencia de sequías.

Palabras clave: Cuenca hidrográfica. Sectores censales. Análisis factorial. Secado.

Introdução

De acordo com Rebouças (1997), o semiárido brasileiro exhibe as seguintes características edafoclimáticas: secas periódicas, cheias frequentes dos rios intermitentes, bem como solos arenosos, rasos, salinos e pobres em nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas. Nesse contexto, Ab'Saber (2003) destaca que o fator que mais assola o espaço social, o cotidiano e a família do sertanejo são as irregularidades climáticas periódicas, particularmente em anos secos.

Importa destacar que, desde o processo de povoamento, a população do Nordeste do Brasil (NEB) tem sido acometida por eventos de seca, que atingem mais intensamente a de baixa renda. Ressalte-se que, segundo a Defesa Civil, secas são longos períodos de baixa ou falta de chuvas por tempo suficiente para provocar grave desequilíbrio hidrológico em determinada região (Brasil, 2014).

Nesse cenário, órgãos governamentais foram criados e políticas públicas buscaram atenuar os efeitos das secas periódicas. Destaca-se, inicialmente, a criação da Inspeção de Obras Contra as Secas (Iocs), por meio do Decreto n. 7.619, de 21 de outubro de 1909, cujo principal objetivo foi estudar o problema das secas no semiárido (Brasil, 1909).

Posteriormente, o Iocs passou a se chamar Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (Dnocs), por ocasião do Decreto n. 8.486, de 28 de dezembro de 1945, que definia como finalidades o beneficiamento de áreas e obras de proteção contra secas e inundações; a irrigação; a radicação de população em comunidades de irrigantes ou em áreas especiais; a assistência às populações atingidas por calamidades públicas e a cooperação com os municípios (Brasil, 1945; Dnocs, 2016).

Nesse período inicial, da ótica do combate às secas, a política governamental por meio do Dnocs concentrou-se na construção de diversos açudes na região semiárida do Nordeste.

Contudo, essa política de açudagem mostrou-se ineficiente na produção de alimentos, servindo mais como moeda de troca utilizada pela oligarquia agrária para obter votos, fato que ficou conhecido como “indústria da seca” (Cabral, 2011).

Nesse contexto, destaca-se a criação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene), cuja área de atuação é o polígono das secas, que compreende os nove estados nordestinos, o norte de Minas Gerais e do Espírito Santo (Araújo, 2015). Esse órgão foi criado por meio da Lei n. 3.692, de 15 de dezembro de 1959, tendo como finalidades: estudar e propor diretrizes para o desenvolvimento do Nordeste; supervisionar, coordenar e controlar a elaboração e execução de projetos de desenvolvimento a cargo de órgãos federais na região; executar, diretamente ou mediante convênio, acordo ou contrato, os projetos relativos ao desenvolvimento do Nordeste; coordenar programas de assistência técnica, nacional ou estrangeira, ao Nordeste (Brasil, 1959).

No âmbito do semiárido, destaca-se também a Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA), criada em 1999, que constitui uma rede que defende, propaga e põe em prática o projeto político para convivência com o semiárido, cujas entidades integrantes organizam-se em fóruns e redes nos dez estados que compõem o semiárido brasileiro, a partir da filosofia da convivência com suas características (ASA Brasil, [s.d.]).

Registra-se também a criação do Instituto Nacional do Semiárido (Insa), por meio da Lei n. 10.860, de 14 de abril de 2004, unidade de pesquisa vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, cuja prioridade é promover o desenvolvimento científico e tecnológico e integrar os polos socioeconômicos e ecossistemas estratégicos da região do semiárido brasileiro (Brasil, 2004a).

Salienta-se ainda a criação do Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-Brasil), em 2004, que, no viés do combate à seca e foco no desenvolvimento sustentável, tinha como objetivo geral estabelecer diretrizes e instrumentos legais e institucionais para formular e executar políticas públicas e investimentos privados em áreas suscetíveis à desertificação (ASD) (Brasil, 2004b).

Diante da relevância e da complexidade histórica do tema, tornou-se importante estudar bacias hidrográficas, tendo como recorte espacial o Alto Curso da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Piracuruca, situado entre os estados do Ceará e do Piauí. De acordo com Santos (2019), nessa área, entre 1985 e 2016, ocorreram oito anos secos, sete muito secos e dois extremamente secos, fato que indica a necessidade de se estudarem as características da população residente como perspectiva de integrar informações que permitam melhorar sua qualidade de vida e lhe permitam ampliar sua capacidade de conviver com as condições semiáridas. Ressalte-se ainda a relevância do estudo, embora incipiente, tanto do ponto de vista temático como metodológico.

Nesse sentido, a pesquisa classifica-se como descritiva quanto a seu objetivo e empregou estatística multivariada, com aplicação de análise de componentes principais (ACP) e método de análise fatorial (AF) para selecionar variáveis e reduzir os dados, respectivamente. Mingoti (2005) afirma que, em geral, a ACP se propõe a reduzir o número de variáveis com que se trabalha e que avalia, com o objetivo de explicar a estrutura, a variância e a covariância de um vetor aleatório. Já para Rogerson (2012), a ACP reduz o número de dados, quando se trabalha com muitas variáveis, pois permite construir fatores que correspondem proporcionalmente à

variabilidade do conjunto de dados. Desse modo, o estudo tomou como base a proposta metodológica sugerida por Cunha et al. (2011), considerando o emprego apenas da criticidade (C) para conhecer as características e o comportamento populacional para reagir a secas.

Assim, define-se criticidade como o conjunto de características e comportamentos dos indivíduos que podem romper o sistema ou os recursos das comunidades para reagir a desastres (Mendes et al., 2011), neste estudo, as secas. Mendes (2018) complementa que o sistema territorial apresenta igualmente um conjunto de recursos que permitem à população enfrentar episódios de desastres naturais.

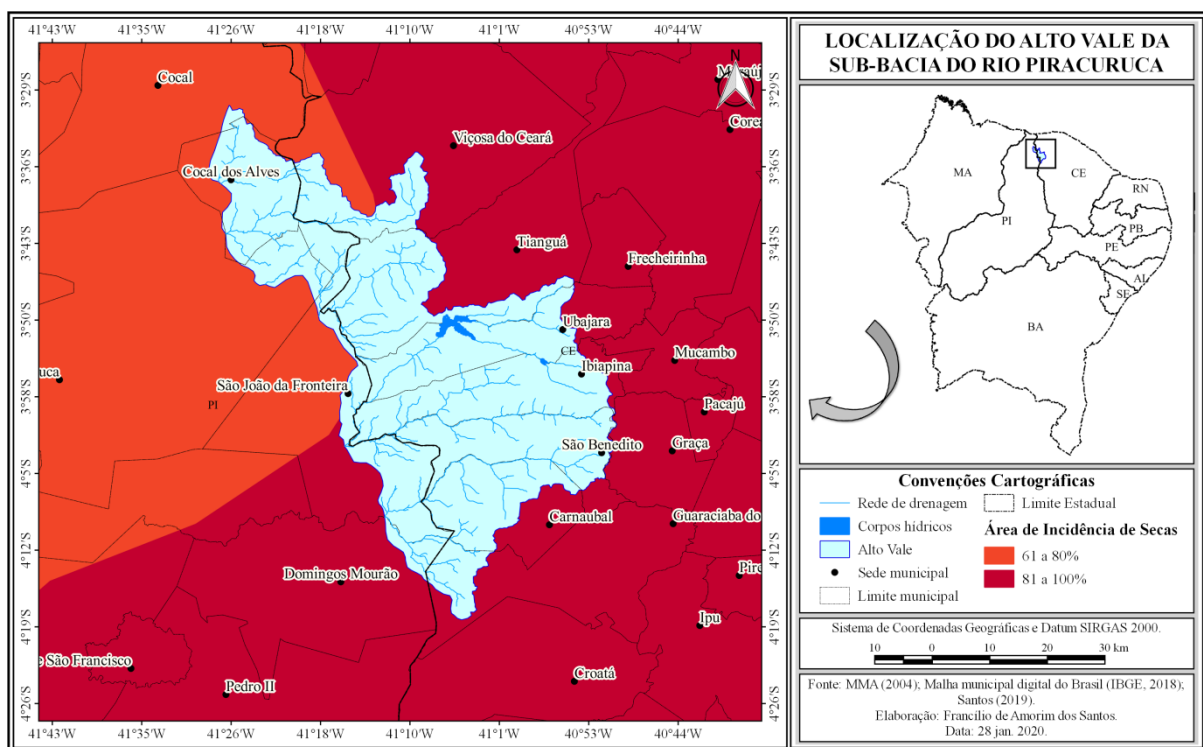
Reitere-se a relevância do emprego de técnicas estatísticas para analisar informações socioeconômicas em área semiárida, e o estudo se concentrou em variáveis demográficas, educacionais e de renda, estrutura etária e de gênero, aplicando AF e ACP para conhecer as características e o comportamento populacional dos municípios do Alto Vale da Sub-bacia do Rio Piracuruca como possibilidade de estudar as secas.

Material e métodos

A área de estudo

O Alto Vale da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Piracuruca (AVSBHRP) fica na divisa do Ceará com o Piauí, em área semiárida e sujeita à incidência de secas (Figura 1). Ressalta-se que, de acordo com dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2004), no trecho estudado, incidem secas na proporção de 61% a 100%.

Figura 1 – Localização do Alto Vale da Sub-bacia do Rio Piracuruca, na divisa entre os estados do Ceará e do Piauí



fontes: MMA (2004), IBGE (2018) e Santos (2019).
organização: Os autores.

O AVSBHRP está assentado inteiramente sobre o Planalto da Ibiapaba e compreende 37,7% (2.904,4 km²) da área total da Sub-bacia do Rio Piracuruca. O Alto Vale drena áreas de sete municípios cearenses (Carnaubal, Guaraciaba do Norte, Ibiapina, São Benedito, Tianguá, Ubajara e Viçosa do Ceará) e cinco municípios piauienses (Cocal, Cocal dos Alves, Domingos Mourão, Piracuruca e São João da Fronteira). Contudo, apenas as sedes municipais de Cocal dos Alves, Ibiapina, São Benedito, São João da Fronteira e Ubajara estão dentro do AVSBHRP.

É relevante destacar que o Alto Vale está na área de influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que atua principalmente entre os meses de março e abril, constituindo o principal sistema atmosférico provedor de chuvas no norte do Nordeste do Brasil (NEB). A ZCIT tem seu posicionamento associado aos fenômenos globais El Niño Oscilação Sul (Enos) e Dipolo do Atlântico, importantes na configuração de anos com precipitação normal ou anômala.

A ZCIT corresponde a uma faixa de nuvens que se forma pela convergência dos ventos alísios de nordeste do sistema de alta pressão subtropical do hemisfério norte com os alísios de sudeste, originados da alta subtropical do hemisfério sul (Molion; Bernardo, 2000; Varejão-Silva, 2006).

Por sua vez, o El Niño que diz respeito ao aquecimento das águas superficiais do oceano Pacífico, em torno do Equador, promove a inibição da formação de nuvens e a descida da ZCIT (Ferreira; Mello, 2005). Ao passo que a fase positiva do Dipolo, ocorre quando as águas do Atlântico Sul estão mais frias que as do Atlântico Norte e configura gradiente desfavorável à ocorrência de chuvas.

A ocorrência conjunta ou individual de El Niño e da fase positiva do Dipolo do Atlântico interferem no posicionamento da ZCIT e, assim, impedem a descida desse sistema atmosférico a sua posição mais setentrional (Ferreira; Mello, 2005). Isso resulta na ocorrência de anos secos em diferentes proporções no Nordeste do Brasil, particularmente onde está situado o Alto Vale da Sub-bacia do Rio Piracuruca.

Procedimento metodológico

A pesquisa classifica-se como descritiva, posto que se tenha proposto a integrar variáveis como possibilidade de conhecer as características e o comportamento populacional dos municípios do Alto Vale da Sub-bacia do Rio Piracuruca e a estudar as secas. Sua abordagem é quantitativa, pois empregou técnicas estatísticas para tratar as informações obtidas. Adaptou a metodologia proposta por Cunha et al. (2011), pois se utilizou apenas do elemento criticidade (C) para conhecer as características e o comportamento populacional para reagir a secas.

Assim, colheram-se dados de 15 variáveis ligadas a condições demográficas, estrutura etária e de gênero, educacionais e de renda (Quadro 1), do Censo 2010, junto ao banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010b, 2010c), a partir dos 204 setores censitários (127 setores rurais e 77 setores urbanos) do Alto Vale da Sub-bacia. Essas variáveis foram selecionadas considerando seu impacto na atenuação/acentuação das condições para

reagir a secas. Dessa maneira, áreas com grande contingente populacional, pessoas em faixa etária extrema (crianças ou idosos), baixo nível de escolaridade e baixos rendimentos exibem maior nível de criticidade.

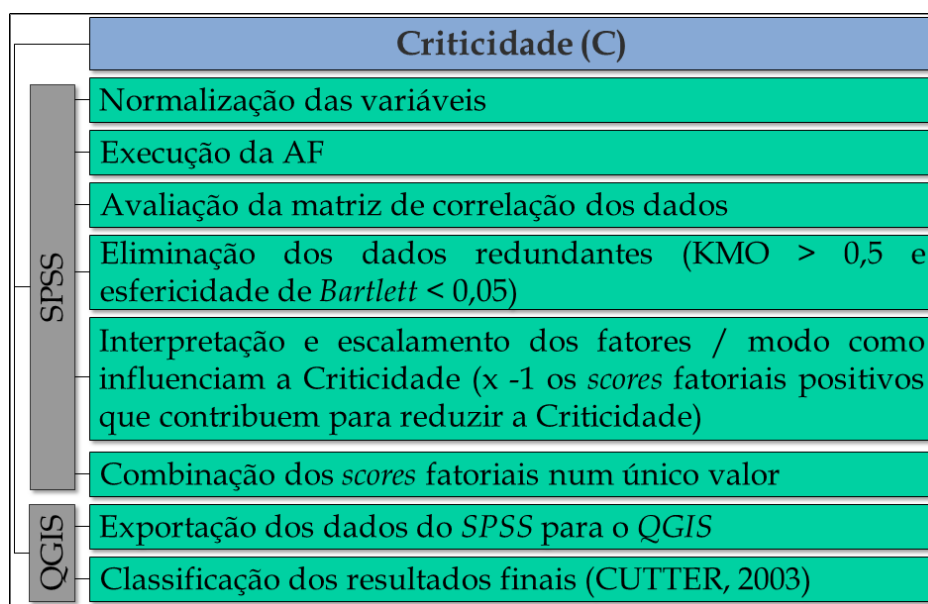
Quadro 1 – Variáveis utilizadas na análise das características e do comportamento populacional frente às secas nos municípios do Alto Vale da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Piracuruca

bloco temático	código	variável
demográfico	V01	peças residentes
	V02	densidade de domicílios particulares permanentes
	V03	densidade populacional
estrutura etária e de gênero	V04	peças com 0 a 5 anos de idade
	V05	peças residentes com 65 ou mais anos de idade
	V06	peças responsáveis do sexo feminino
	V07	peças responsáveis do sexo masculino
escolaridade	V08	peças alfabetizadas com 5 ou mais anos de idade
	V09	peças responsáveis alfabetizadas do sexo masculino
renda	V10	total do rendimento nominal mensal dos domicílios particulares permanentes
	V11	total do rendimento nominal mensal dos domicílios particulares improvisados
	V12	peças responsáveis sem rendimento nominal mensal
	V13	peças responsáveis com rendimento nominal mensal de 1/2 a 1 salário-mínimo
	V14	peças responsáveis com rendimento nominal mensal de 1 a 2 salários-mínimos
	V15	peças responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 5 a 10 salários-mínimos

fonte: Elaborado pelos autores em 2020.

Ressalta-se que foi utilizado o *software* SPSS Statistics versão 17 para os procedimentos ligados à metodologia proposta. Assim, inicialmente, padronizaram-se os dados das 15 variáveis previamente selecionadas, isto é, se converteram os valores iniciais em porcentagens. Depois, ser aplicou o método de ACP para reduzir a quantidade de dados a um tamanho manejável (Field, 2009; Rogerson, 2012). A metodologia aplicada compreende oito etapas (Quadro 2), de acordo com a proposta de Cunha et al. (2011).

Quadro 2 – Rotinas utilizadas para análise fatorial (AF) e análise dos componentes principais (ACP) da criticidade (C) do Alto Vale da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Piracuruca



fonte: Adaptado de Cunha et al. (2011).

A análise fatorial aplicou ainda o método de rotação ortogonal Varimax com normalização Kaiser para selecionar as variáveis com valor de comunalidade $\geq 0,5$. Posteriormente, foram realizados os seguintes testes para validar o modelo: Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que varia de 0 a 1, sendo que, quanto mais próximo de 1, melhor é o modelo; e o teste de esfericidade de Bartlett, que deve apresentar significância $< 0,05$.

Esses procedimentos foram executados no *software* SPSS Statistics, a partir do uso de sua ferramenta Analyze e função Dimension Reduction \rightarrow Factor. Assim, as características e o comportamento da população, sintetizados por meio da criticidade para cada setor censitário do Alto Vale da Sub-bacia foram calculados a partir do fator principal, por sua influência positiva ou negativa nos resultados obtidos nessa análise segundo a Equação 1:

$$C = (-F1) + (-F2) + F3 + F4 \quad [\text{Equação 1}]$$

Onde:

- Fn são fatores de criticidade resultantes da AF/ACP
- n = 1 a 4

Assim, os valores de C para cada um dos setores censitários inseridos no Alto Vale da Sub-bacia pesquisada foram exportados, no formato excel (*.csv), para a plataforma de trabalho no QGIS, onde se reuniram esses dados com o arquivo vetorial dos setores censitários. Feito isso, foi possível classificar, por meio do método quebra naturais (*jenks*), considerando os intervalos expostos no Quadro 3.

Quadro 3 – Intervalos, classes atribuídas e notas de criticidade (C) dos setores censitários inseridos nos limites do Alto Vale Sub-bacia Hidrográfica do Rio Piracuruca – 2010

intervalo de C	classe atribuída	nota
-8,8851 a -2,7672	muito baixa	1
-2,7672 a -0,4016	baixa	2
-0,4016 a 1,2121	média	3
1,2121 a 3,9970	alta	4
3,9970 a 10,0723	muito alta	5

fonte: Elaborado pelos autores.

Resultados e discussão

Na primeira rodada de testes para análise da Criticidade do Alto Vale da Sub-bacia do Rio Piracuruca, a variável z011 (total do rendimento nominal mensal dos domicílios particulares improvisados) foi eliminada, posto seu coeficiente de comunalidade ter ficado abaixo de 0,5, especificamente 0,282. A nova rodada resultou em valores de comunalidades satisfatórias, visto que todas as variáveis apresentaram valores acima de 0,5. Desse modo, a rotação ortogonal pelo método Varimax permitiu selecionar as variáveis que melhor se correlacionaram com os fatores selecionados (Tabela 1).

Assim, pode-se afirmar que os quatro fatores elencados explicam 87,490% da variância acumulada, quando considerados os setores censitários situados no Alto Vale na Sub-bacia do Rio Piracuruca. Reitera-se que as cargas fatoriais foram maiores que 0,50 em todas as variáveis (as cargas fatoriais relevantes estão em negrito), com destaque para z03 (densidade populacional), que exibiu a maior comunalidade, ou seja, 99,6% de sua variabilidade se explicam pelos fatores.

O modelo final, com 14 variáveis foi validado pelo teste KMO, cujo valor foi de 0,717, enquanto o teste de esfericidade de Bartlett obteve significância (Sig.) no valor 0,00, menor que 0,05 (Quadro 4). Nesse sentido, o modelo obtido foi considerado adequado, assim como os modelos apresentados nos estudos de Mendes et al. (2011) e Bortoletto (2016), cujos valores de KMO foram superiores a 0,7 e o teste de esfericidade de Bartlett, menor que 0,05.

Tabela 1 – Cargas fatoriais após a rotação Varimax e comunalidades obtidas na análise fatorial das variáveis para a criticidade (C) dos setores censitários do Alto Vale da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Piracuruca

variável	fator				comunalidade
	1	2	3	4	
z01	0,920	0,140	0,299	-0,19	+0,955
z02	0,045	0,127	-0,069	0,986	+0,995
z03	0,053	0,113	-0,070	0,988	+0,996
z04	0,592	0,150	0,586	-0,036	+0,718
z05	0,086	-0,020	0,878	-0,066	+0,782
z06	0,573	0,318	0,379	0,170	+0,601
z07	0,925	0,131	0,171	-0,061	+0,906
z08	0,913	0,292	0,227	0,050	+0,972
z09	0,856	0,402	0,038	0,113	+0,908
z010	0,542	0,815	0,007	0,111	+0,971
z012	0,162	-0,094	0,854	-0,076	+0,771
z013	0,948	0,077	0,008	0,080	+0,911
z014	0,578	0,667	-0,032	0,187	+0,815
z015	0,088	0,962	-0,045	0,106	+0,947
autovalores	7,067	2,616	1,497	1,069	
% variância explicada	50,481	18,683	10,691	7,635	
% variância acumulada	50,481	69,165	79,856	87,490	

fonte: Elaborada pelos autores.

Esse modelo considerou a variação total dos dados, e a escolha do número de fatores tomou como base os critérios de Kaiser, pelos quais os autovalores devem ser ≥ 1 , o percentual da variância explicada (Tabela 2) e o gráfico *screeplot* (Figura 2).

Quadro 4 – Testes KMO e Bartlett empregados na análise da criticidade (C) dos setores censitários do Alto Vale da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Piracuruca

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy		0,717
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	5150,004
	Df	91
	Sig.	0,000

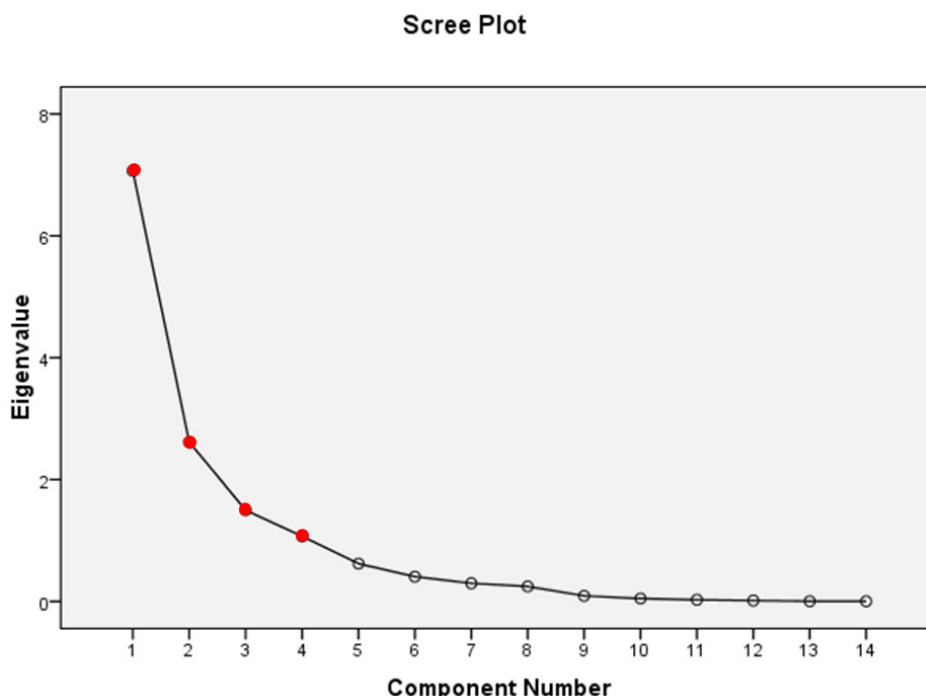
fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 2 – Variância total explicada por fator, conforme extração pelo método AF/ACP da criticidade

fator	autovalor inicial			soma de rotação de cargas fatoriais		
	total	% da variância	% variância acumulada	total	% da variância	% variância acumulada
1	7,067	50,481	50,481	5,519	39,419	39,419
2	2,616	18,683	69,165	2,486	17,758	57,178
3	1,497	10,691	79,856	2,171	15,510	72,687
4	1,069	7,635	87,490	2,072	14,803	87,490

fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 2 – Os pontos vermelhos representam a retenção dos quatro fatores que integram a análise fatorial da criticidade (C)



fonte: Elaborada pelos autores.

Os fatores para análise fatorial/análise de componente principal (AF/ACP) foram selecionados a partir dos critérios de Kaiser, que consideram autovalores maiores ou iguais a 1. O percentual da variância explicada está representado na Tabela 2, onde se observa que os quatro fatores explicam 86,209% da variância acumulada nos setores censitários situados na Sub-bacia do Rio Piracuruca.

As variáveis de maior correlação para o Fator 1, que integrou a análise de Criticidade, estão dispostas no Quadro 5, onde se observa que o Fator 1 corresponde, particularmente, às variáveis associadas à condição de pessoas responsáveis com rendimento mensal, pessoas responsáveis alfabetizadas e estrutura etária. Nesse Fator, se sobressai a variável z013 (pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal com 1/2 a 1 salário-mínimo), cujo valor de

comunalidade foi de +0,948, o que indica sua maior influência nesse Fator e permite afirmar que amplia o potencial de resposta quando ocorrem secas.

Quadro 5 – Síntese das variáveis de maior correlação para o Fator 1 no Alto Vale da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Piracuruca – 2010

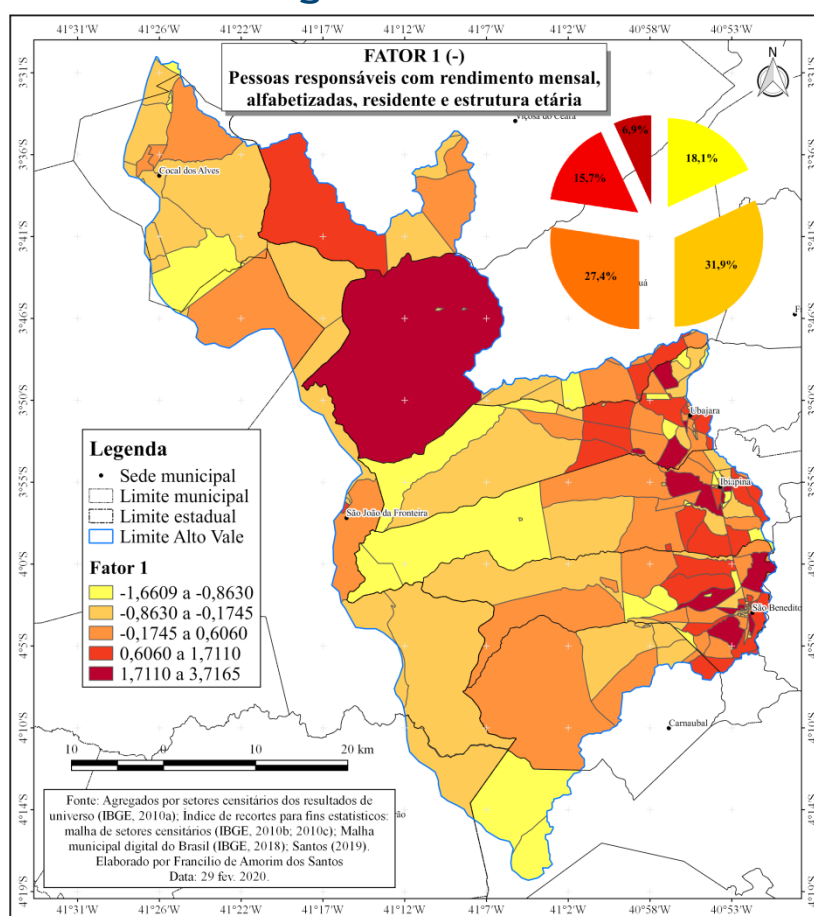
fator (sinal)	variáveis mais influentes
1 (-) pessoas responsáveis com rendimento mensal, alfabetizadas, residentes e estrutura etária	z013 – pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de 1/2 a 1 salário-mínimo (+0,948)
	z07 – pessoas responsáveis do sexo masculino (+0,925)
	z01 – pessoas residentes (+0,920)
	z08 – pessoas alfabetizadas com 5 ou mais anos de idade (+0,913)
	z09 – pessoas responsáveis alfabetizadas do sexo masculino (+0,856)
	z04 – pessoas com 0 a 5 anos de idade (+0,592)
	z06 – pessoas responsáveis do sexo feminino (+0,573)

fonte: Elaborado pelos autores.

As sete variáveis agrupadas no Fator 1 demonstraram correlação alta e positiva, e o sinal negativo desse fator indica a influência positiva das variáveis na redução da criticidade no Alto Vale da Sub-bacia estudada. Assim, renda e escolaridade se sobressaem como variáveis que podem concorrer para ampliar as diversas formas de reagir a períodos de seca na área pesquisada.

Desse modo, espacializaram-se os dados relativos às sete variáveis que integraram o Fator 1 (-), como está exposto na Figura 3, onde se percebe a predominância da classe -0,8630 a -0,1745, que ocorre por 65 (31,9%) setores censitários do Alto Vale da Sub-bacia. As demais classes ocorrem da seguinte forma: -0,1745 a 0,6060, que se distribui por 56 (27,4%) setores do Alto Vale da Sub-bacia; -1,6609 a -0,8630, que foi frequente em 37 (18,1%) setores; 0,6060 a 1,7110, identificada em 32 (15,7%) e 1,7110 a 3,7165, presente em 14 (6,9%). No que tange às secas, infere-se que 50% dos setores do Alto Vale têm Criticidade baixa para resistir à ocorrência de secas, ou seja, a população que ocupa esses setores apresenta características que lhe permite reagir a esse tipo de desastre.

Figura 3 – Espacialização dos valores ligados ao Fator 1 por setor censitário da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Piracuruca – 2010



fontes: IBGE (2010a, 2010b, 2010c, 2018) e Santos (2019).

organização: Os autores.

O Quadro 6 apresenta as variáveis ligadas ao Fator 2, que tange ao rendimento nominal mensal. No Fator 2, destaca-se a variável z010 (total do rendimento nominal mensal dos domicílios particulares permanentes), que apresentou valor de comunalidade de +0,854, fato que possibilita melhorar a resposta da população à ocorrência de secas. Dessa forma, pode-se dizer que as três variáveis ligadas ao Fator 2 apresentam correlação alta e positiva, cujo sinal negativo deve-se ao fato de as variáveis concorrerem para reduzir a Criticidade no Alto Vale da Sub-bacia estudada.

A Figura 4 apresenta os valores espacializados das três variáveis que integraram o Fator 2 (-), onde se pode identificar a predominância da classe -1,1721 a -0,3526, cuja ocorrência dá-se em 90 (41,1%) setores censitários do Alto Vale da Sub-bacia. Na sequência, aparecem as classes -0,3526 a 0,1878, 0,1878 a 1,2987, 1,2987 a 3,8229 e 3,8229 a 7,6624, que ocorreram respectivamente em 75 (36,8%), 20 (9,8%), 17 (8,3%) e 2 (1,0%) setores censitários. Esse fator está diretamente ligado à renda nominal mensal da população residente: quando maior é a renda da população, maior será seu potencial para reagir às secas, tendo em vista que aumentará suas possibilidades de adquirir alimentos, roupas, medicamentos etc.

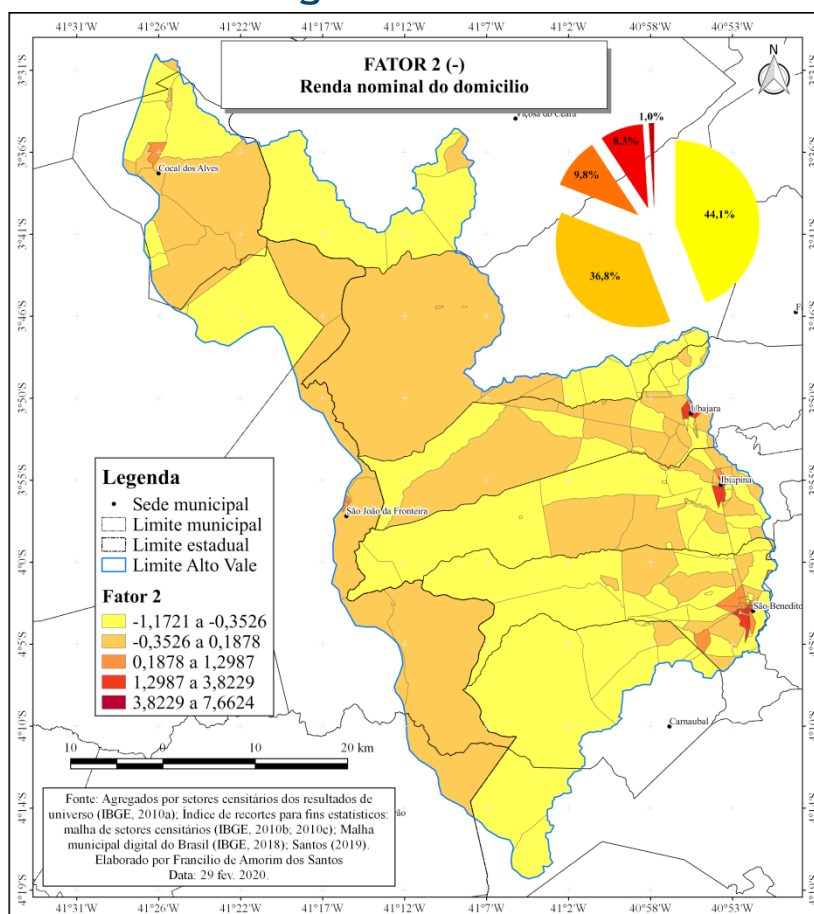
Quadro 6 – Síntese das variáveis de maior correlação para o Fator 2 no Alto Vale da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Piracuruca – 2010

fator (sinal)	variáveis mais influentes
2 (-) renda nominal do domicílio	z010 – total do rendimento nominal mensal dos domicílios particulares permanentes (+0,854)
	z014 – pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de 1 a 2 salários-mínimos (+0,667)
	z015 – pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 5 a 10 salários-mínimos (+00,962)

fonte: Elaborado pelos autores.

O Fator 3 integrou apenas duas variáveis para a análise de Criticidade, que estão diretamente relacionadas a pessoas residentes e sem rendimento (Quadro 7), prevalecendo a variável z05 (pessoas residentes com 65 anos ou mais), que exibiu comunalidade de +0,878. As duas variáveis desse fator demonstraram correlação alta e positiva, onde o sinal positivo é devido a essas variáveis aumentarem o potencial de Criticidade do Alto Vale da Sub-bacia estudada no tocante à ocorrência de secas.

Figura 4 – Espacialização dos valores ligados ao Fator 2 por setor censitário da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Piracuruca – 2010



fontes: IBGE (2010a, 2010b, 2010c, 2018) e Santos (2019).

organização: Os autores.

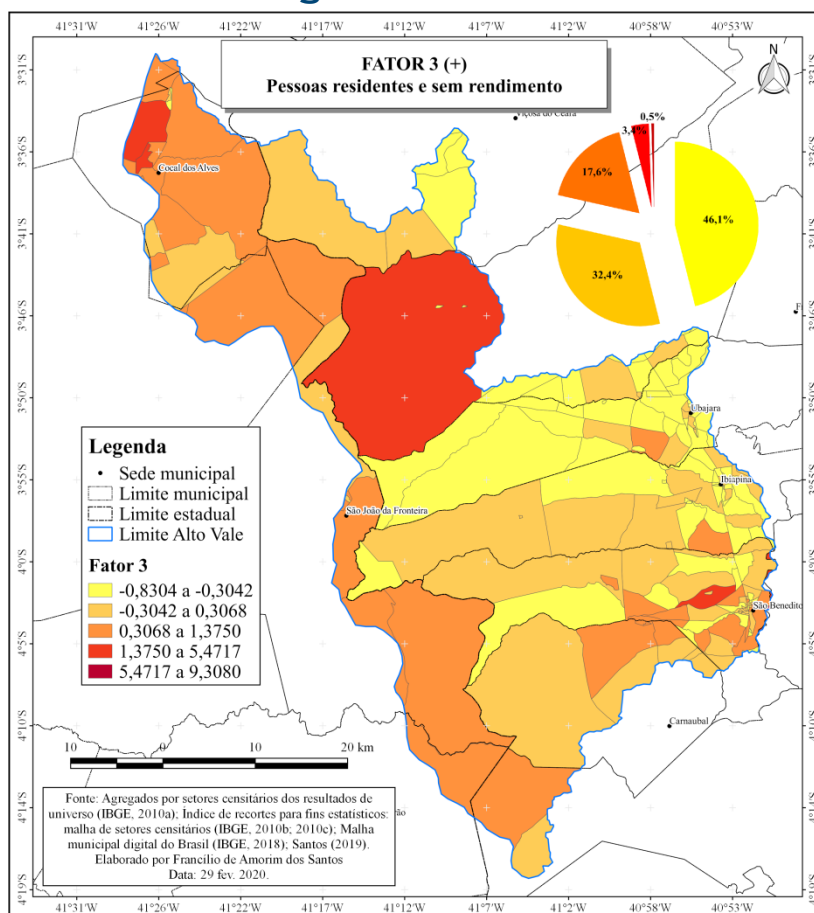
Quadro 7 – Síntese das variáveis de maior correlação com o Fator 3 no Alto Vale da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Piracuruca – 2010

fator (sinal)	variáveis mais influentes
3 (+)	z05 – pessoas residentes com 65 anos ou mais de idade (+0,878)
	z012 – pessoas responsáveis sem rendimento nominal mensal (+0,854)

fonte: Elaborado pelos autores.

Os valores das duas variáveis que foram agrupadas no Fator 3 (+) estão espacializados na Figura 5, onde se observa a predominância da classe -0,8304 a -0,3042, que se deu por 94 (46,1%) setores censitários do Alto Vale da Sub-bacia. Ressalta-se que as demais classes apresentaram a seguinte distribuição: -0,3042 a 0,3068 com frequência em 66 (32,4%) setores censitários; 0,3068 a 1,3750 que ocorre em 36 (17,6%) setores do Alto Vale da Sub-bacia; 1,3750 a 5,4717 que foi identificada em 7 (3,4%) setores; 5,4717 a 9,3080, que está presente em 1 (0,5%) setor do Alto Vale da Sub-bacia analisada. É preciso atentar para o fato de que a presença de pessoas com idade ≥ 65 anos, com locomoção mais limitada, e pessoas sem rendimento, pouco poder de compra, no Alto Vale apontam uma resposta menos ágil frente à ocorrência de secas.

Figura 5 – Espacialização dos valores ligados ao Fator 3 por setor censitário da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Piracuruca – 2010



fontes: IBGE (2010a, 2010b, 2010c, 2018) e Santos (2019).

organização: Os autores.

As duas variáveis que compõem o Fator 4 estão ligadas à densidade populacional (Quadro 8), onde se sobressai a variável z03 (densidade populacional), cujo valor de comunalidade foi de +0,988. As duas variáveis que compõem o Fator 4 demonstraram correlação alta e positiva, ao passo que seu sinal positivo diz respeito ao fato de essas variáveis reduzirem o potencial de reação populacional à ocorrência de secas no Alto vale da Sub-bacia.

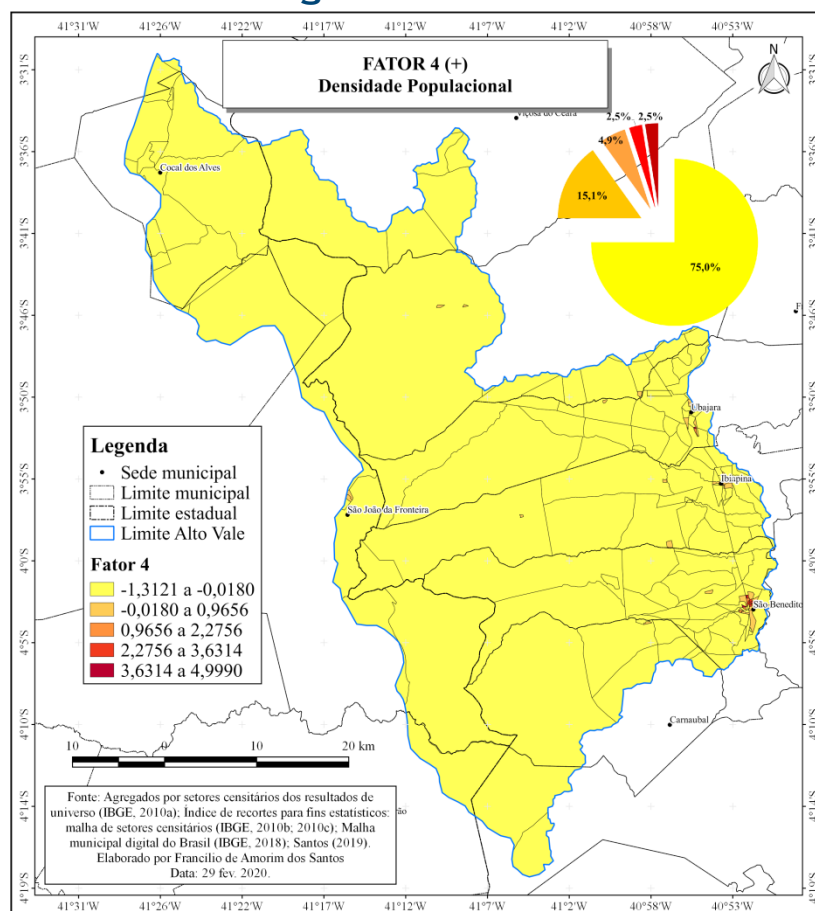
Quadro 8 – Síntese das variáveis de maior correlação para o Fator 4 no Alto Vale da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Piracuruca – 2010

fator (sinal)	variáveis mais influentes
4 (+)	z03 – densidade populacional (+0,988)
densidade populacional	z02 – densidade de domicílios particulares permanentes (+0,986)

fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 6 exibe os valores espacializados das duas variáveis que integraram o Fator 4 (+), e percebe-se a prevalência da classe -1,3121 a -0,0180, que ocorreu em 153 (75,0%) setores censitários do Alto Vale da Sub-bacia. As demais classes apresentaram a seguinte frequência: -0,0181 a 0,9656 em 31 (15,1%) setores censitários; 0,9656 a 2,2756 em dez (4,9%) setores; 2,2756 a 3,6314 e 3,6314 a 4,9990 perfizeram, juntas, dez setores (5,0%). Quanto ao Fator 4, o Alto Vale tem poucos setores com maior densidade populacional, o que permite a essa população reagir melhor a situações de seca.

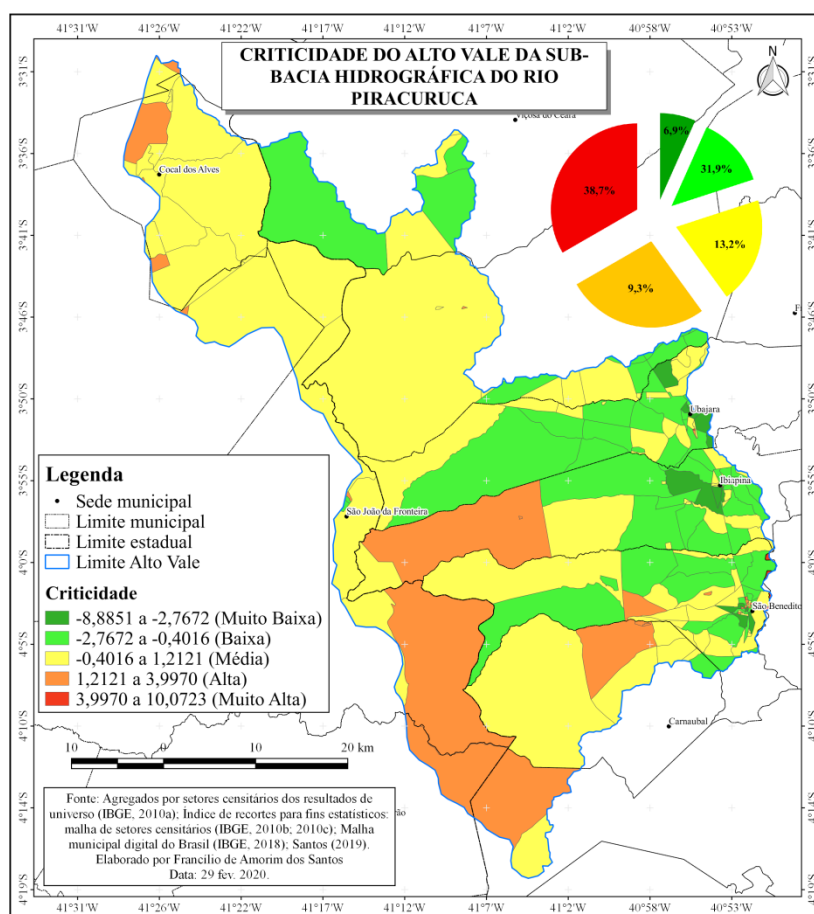
Figura 6 – Espacialização dos valores ligados ao Fator 4 por setor censitário da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Piracuruca – 2010



fontes: IBGE (2010a, 2010b, 2010c, 2018) e Santos (2019).
organização: Os autores.

Os quatro fatores analisados foram integrados e permitiram estimar a Criticidade do Alto Vale da Sub-bacia do Rio Piracuruca, cujos valores estão espacializados na Figura 7, onde se verifica o predomínio da classe de Criticidade muito alta (3,9970 a 10,0723), que foi identificada em 79 (38,7%) dos setores censitários. Por sua vez, 65 (31,9%) dos setores censitários foram classificados como tendo Criticidade baixa (-2,7672 a -0,4016), enquanto a classe média (-0,0406 a 1,2121) está presente em 27 (13,2%) setores. As classes de Criticidade alta (1,2121 a 3,9970) e muito baixa (-8,8851 a -2,7672) se dispersam por 19 (9,3%) e 14 (6,9%) dos setores censitários do Alto Vale, respectivamente.

Figura 7 – Criticidade por setor censitário do Alto Vale da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Piracuruca – 2010



fontes: IBGE (2010a, 2010b, 2010c, 2018) e Santos (2019).

organização: Os autores.

Dessa forma, é notória a necessidade de investimento em vários setores censitários de modo geral, bem como de atentar para indicadores elementares como a renda e a educação, posto que 98 (48,0%) dos setores censitários do Alto Vale apresentam Criticidade de alta a muito alta no que diz respeito a secas. Sendo um fenômeno frequente na área estudada, os investimentos devem ser contínuos e destinados a atender à população com características mais críticas, apontada aqui.

Conclusões

Cabe ressaltar que o estudo atingiu seu objetivo e foi de suma importância para ratificar a metodologia aplicada. Assim, confirma-se que a estatística e os programas computacionais podem ser aplicados a estudos geográficos, particularmente aqueles ligados à seca, pela análise de variáveis demográficas, de estrutura etária e de gênero, educacionais e de renda, podendo ser aplicada também a outras áreas.

Foi possível individualizar quatro fatores extraídos das 15 variáveis iniciais. O Fator 1 (rendimento mensal, pessoas alfabetizadas e estrutura etária) e o Fator 2 (renda do domicílio) tiveram influência positiva na redução da Criticidade. Já os Fatores 3 (pessoas residentes e sem rendimento) e 4 (densidade populacional) concorreram para aumentar o nível de Criticidade do Alto Vale.

Em 48,0% dos setores do Alto Vale, verificou-se Criticidade de alta a muito alta, de modo que investimentos em áreas estratégicas, a exemplo da educação e da renda, seriam uma perspectiva de redução do nível de Criticidade à ocorrência de secas. Por outro lado, salienta-se a necessidade de estudos posteriores para um conhecimento sistêmico das características ambientais do Alto Vale, o que permitirá a integração dessas informações para subsidiar o planejamento ambiental na área.

Finalmente, é importante salientar que, por meio da metodologia empregada, podem-se evidenciar a intensidade da desigualdade social e sua repercussão na forma como a população reage à ocorrência de secas no Alto Vale da Sub-bacia do Rio Piracuruca. Nesse sentido, por considerar informações que estão disponíveis em banco de dados de acesso gratuito, com as devidas adaptações, a proposta metodológica adotada pode ser aplicada a outros ambientes, e não apenas ao semiárido brasileiro.

Referências

- AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza do Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê, 2003.
- ARAÚJO, G. F. **A trajetória da Sudene, suas (re)invenções, na condução do projeto de desenvolvimento regional**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2015.
- ASA BRASIL. ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. **História**. Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br>. Acesso em: 6 fev. 2019.
- BORTOLETTO, K. C. **Estudo das vulnerabilidades social e ambiental em áreas de riscos de desastres naturais no município de Caraguatatuba-SP**. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2016.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Centro de Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. **Anuário brasileiro de desastres naturais**: 2013. Brasília: Cenad, 2014.

- BRASIL. Lei n. 10.860, de 14 de abril de 2004. Dispõe sobre a criação do Instituto Nacional do Semi-Árido – INSA, unidade de pesquisa integrante da estrutura básica do Ministério da Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. Brasília: MCT, 2004a.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN-Brasil**. Brasília: MMA, 2004b.
- BRASIL. Lei n. 3.692, de 15 de dezembro de 1959. Institui a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste e dá outras providências. Rio de Janeiro: Presidência da Casa Civil, 1959.
- BRASIL. Decreto-Lei n. 8.486, de 28 de dezembro de 1945. Dispõe sobre a reorganização da Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (Ifocs), que passa a denominar-se Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (Dnocs). Rio de Janeiro: Câmara dos Deputados, 1945.
- BRASIL. Decreto n. 7.619, de 21 de outubro de 1909. Aprova o regulamento para organização dos serviços contra os efeitos das secas. Rio de Janeiro: Câmara dos Deputados, 1909.
- CABRAL, R. 1959: das ideias à ação, a Sudene de Celso Furtado – oportunidade histórica e resistência conservadora. **Cadernos do Desenvolvimento**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 8, p. 17-34, maio 2011.
- CUNHA, L.; MENDES, J. M.; TAVARES, A.; FREIRIA, S. **Construção de modelos de avaliação de vulnerabilidade social a riscos naturais e tecnológicos: o desafio das escalas**. Coimbra, PT: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2011.
- CUTTER, S. L. The vulnerability of science and the science of vulnerability. **Annals of the Association of American Geographer**, v. 93, n. 1, p. 1-12, 2003: doi: <https://doi.org/10.1111/1467-8306.93101>.
- DNOCS. Departamento Nacional de Obras Contradas as Secas. **História**. Brasília, 2016. Disponível em: <https://www2.dnocs.gov.br/historia>. Acesso em: 16 jun. 2020.
- FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 15-28, dez. 2005.
- FIELD, A. **Descobrimo a estatística usando SPSS**. Trad. Lorí Viali. 2a ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malha municipal digital do Brasil: situação em 2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm. Acesso em: 10 jun. 2019.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Agregados por setores censitários dos resultados de universo**. Censo 2010a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=10410&t=resultados>. Acesso em: 25 jun. 2018.

- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Índice de recortes para fins estatísticos**: malha de setores censitários, censo 2010, base de faces de logradouros para o CE. Censo 2010b. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/recortes_para_fins_estatisticos/malha_de_setores_censitarios/censo_2010/base_de_faces_de_logradouros/CE. Acesso em: 25 jun. 2018.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Índice de recortes para fins estatísticos**: malha de setores censitários, censo 2010, base de faces de logradouros para o PI. Censo 2010c. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/recortes_para_fins_estatisticos/malha_de_setores_censitarios/censo_2010/base_de_faces_de_logradouros/PI. Acesso em: 25 jun. 2018.
- MENDES, J. M. Risco, vulnerabilidade social e resiliência: conceitos e desafios. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, p. 463-492, jun. 2018. Número especial. doi: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v7e02018463-492>.
- MENDES, J. M.; TAVARES, A. O.; CUNHA, L.; FREIRIA, S. A vulnerabilidade social aos perigos naturais e tecnológicos em Portugal. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, Coimbra, n. 93, p. 95-128, jun. 2011. doi: <https://doi.org/10.4000/rccs.90>.
- MINGOTI, S.A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2005.
- MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE DOS RECURSOS HÍDRICOS E DA AMAZÔNIA LEGAL. **Download de dados geográficos**. Brasília: MMA, 2004. Disponível em <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso em: 27 jan. 2020.
- MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: 2000. p. 1334-1342.
- REBOUÇAS, A. D. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 11, n. 29, p. 127-154, 1997. doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-40141997000100007>.
- ROGERSON, P.A. **Métodos estatísticos para geografia**: um guia para o estudante. Trad. téc. Paulo Fernando Braga Carvalho e José Irineu Rangel Rigotti. 3a ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- SANTOS, F. A. **Resiliência ambiental a secas e a inundações na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Piracuruca (CE-PI)**. Tese (Doutorado em Geografia) – Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2019.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Versão Digital 2. Recife, 2006.