

RISCO DE DESABASTECIMENTO HÍDRICO NA REGIÃO OESTE DO RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL

RISK OF WATER SHORTAGE IN THE WEST REGION OF RIO GRANDE DO NORTE, BRAZIL
RIESGO DE DESABASTECIMIENTO DE AGUA EN LA REGIÓN OCCIDENTAL DE RÍO GRANDE DO NORTE, BRASIL

<https://doi.org/10.26895/geosaberes.v11i0.1074>

YURI MARQUES DE MACEDO ¹
ADRIANO LIMA TROLEIS ²
VINNÍCIUS VALE DIONÍZIO FRANÇA ³

¹ Doutorando em Geografia na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e Professor do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN). Campus Macau, CEP: 59500-000, Macau (RN), Brasil, Tel.: (+55 84) 4005-4106, yurimmacedo@hotmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-4997-1628>

*Autor correspondente

² Professor do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Campus Natal, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, CEP: 59078-970, Natal (RN), Brasil, Tel.: (+55 84) 3342-2222, adrianotroleis@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-9413-2829>

³ Geógrafo pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Campus Natal, Centro de Ciências Humanas Letras e Artes, CEP: 59078-970, Natal (RN), Brasil, Tel.: (+55 84) 3342-2221, vinnydionizio@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-1675-4857>

Histórico do Artigo:

Recebido em 27 de Março de 2020.

Aceito em 17 de Agosto de 2020.

Publicado em 17 de Agosto de 2020.

RESUMO

Este trabalho é parte da tese de doutorado, a qual tem como propósito analisar o risco de desabastecimento hídrico no Rio Grande do Norte (RN) a partir do Índice de Risco de Desabastecimento Hídrico (IRDH). Esta pesquisa está direcionada pela hipótese de que a relação entre fatores ambientais, infraestruturais, socioeconômicos e de planejamento estatal, produz territórios de risco de desabastecimento hídrico no RN. Neste contexto, o índice foi estruturado em uma perspectiva sistêmica, através de 19 variáveis, as quais correspondem a 4 indicadores inerentes aos fatores presentes nesta hipótese. Neste trabalho foi apresentado o IRDH da região de abastecimento hídrico oeste potiguar. Esta região tem 16 municípios, dos quais 6 foram classificados como 'alto risco' de desabastecimento hídrico; 7 com 'médio risco'; e 3 considerados de 'baixo risco' conforme a classificação do IRDH.

Palavras-chave: Risco. Desabastecimento Hídrico. Índice.

ABSTRACT

The present work is part of a doctoral thesis, which aims to analyse the risk of water shortages in Rio Grande do Norte (RN) using the Water Shortages Risk Index (IRDH) as reference. This research is ushered by the hypothesis that the relationship among some factors (environment, infrastructure, socioeconomic status and state planning) produces territories at risk of water shortages in the State. In this context, in a systemic perspective the index was structured: 19 variables, which correspond to 4 indicators inherent to this hypothesis present factors, were taken into consideration. This work presents the IRDH that belongs to the west water supply region in Rio Grande do Norte. There are 16 municipality in that region, six of them were classified at 'high risk' of water shortages; seven at 'medium risk'; and three considered at 'low risk' according to the IRDH classification.

Keywords: Risk. Shortage Water. Index.

RESUMEN

Este trabajo es parte de la tesis de doctorado que tiene como objetivo analizar el riesgo de desabastecimiento hídrico en el Rio Grande do Norte (RN) a partir del Índice de Riesgo de Desabastecimiento Hídrico (IRDH). Esta investigación está

Geosaberes, Fortaleza, v. 11, p. 532-550, 2020.

Copyright © 2010, Universidade Federal do Ceará

direccionada por la hipótesis de que la relación entre factores ambientales, infraestructurales, socioeconómicos y de planeamiento estatal produce territorios de riesgo de desabastecimiento hídrico en el RN. En este contexto, el índice fue estructurado en una perspectiva sistémica, a través de 19 variables, las cuales corresponden a 4 indicadores inherentes a los factores presentes en esta hipótesis. En este trabajo fue presentado el IRDH de la región de abastecimiento hídrico oeste potiguar. Esta región tiene 16 municipios, de los que 6 fueron clasificados como 'alto riesgo' de desabastecimiento hídrico; 7 con 'medio riesgo'; y 3 considerados de 'bajo riesgo' de acuerdo con la clasificación del IRDH.

Palabras clave: Riesgo. Desabastecimiento Hídrico. Índice.

INTRODUÇÃO

Ao longo da história, a maioria das sociedades antigas se desenvolveram em territórios próximos a cursos d'água, utilizando-se deste recurso em suas atividades, com níveis tecnológicos cada vez mais avançados, que incidiram diretamente na maior produtividade da relação do homem com o abastecimento hídrico. Cidades estabelecidas na idade média (Sec. V a XVI) e moderna (Séc. XVI a XVIII) também tiveram sua origem associada a rios perenes como, por exemplo: Paris (Rio Sena), Viena (Rio Danúbio), Londres (Rio Tâmisa), Lisboa (Rio Tejo) e, no Brasil, São Paulo (Rios Tietê e Pinheiros) e Recife (Rios Capibaribe e Beberibe).

Nesse cenário, os elementos técnicos do abastecimento hídrico urbano evoluíram junto com o aparato tecnológico de cada sociedade, e no Rio Grande do Norte não foi diferente. O estado tem características ambientais, em maior parte do seu território, de clima semiárido, o qual tem de 7 a 8 meses por ano de estiagem, com média pluviométrica em torno de 600 mm/ano. Esta característica fez com que a sociedade do estado tivesse a necessidade de uma densa infraestrutura técnica para promover o abastecimento hídrico urbano municipal de suas cidades, sobretudo no interior do estado, que é, em toda sua extensão, de clima semiárido.

Dessa forma, tem-se como objeto desta pesquisa a elaboração de um sistema de indicadores socioambientais de risco de desabastecimento hídrico urbano, utilizando o estado do Rio Grande do Norte como estudo de caso, seguido da análise dos resultados especializados regionalmente pelo território estadual. O estado localiza-se, em sua maior parte, na região climática do semiárido brasileiro (SAB), a qual é caracterizada pela ocorrência de estiagem prolongada, popularmente conhecida como "Seca", que é um fenômeno climático natural, sazonal, também considerado como um desastre do tipo "gradual ou de evolução crônica" (BRASIL, 1999), afetando a população local ao longo dos anos, que aprendeu e estruturou ações de convivência e resistência com o fenômeno. Neste contexto, a região mencionada se configura como a região semiárida mais povoada do planeta.

A seca afeta o abastecimento hídrico municipal pela alteração negativa do regime pluvial médio, com valores abaixo da média durante o ano em que ocorre, ou em períodos de estiagem prolongada, como os 7 anos entre 2012 e 2017, que prejudicaram o abastecimento hídrico da região nordeste do Brasil e do Rio Grande do Norte, especificamente.

As perdas humanas e materiais num lugar a partir de um evento danoso à população, com causas naturais, agravadas ou produzidas pelo homem em sociedade caracterizam um desastre, como neste caso da seca no estado. O desperdício no uso de água, as escolhas por formas de produção econômica mais consumptivas de água, como a fruticultura irrigada; as festas no interior semiárido, como carnaval e outras, levam grandes contingentes populacionais, são alguns exemplos de como este desastre pode ser agravado pela sociedade, aumentando a demanda hídrica nas cidades onde ocorrem, mesmo em tempo de escassez nos mananciais.

Nesse contexto, esta pesquisa está direcionada pela hipótese que a relação entre fatores ambientais, infraestruturais, socioeconômicos e de planejamento estatal, materializados ou não no espaço, produz territórios de risco de desabastecimento hídrico no RN. Com base nesta hipótese, foram construídos os objetivos deste trabalho, cujo principal propósito consiste em analisar o risco de desabastecimento hídrico no Rio Grande do Norte (RN) a partir do Índice de

Risco de Desabastecimento Hídrico (IRDH) gerado pelo sistema de indicadores socioambientais de risco ao desabastecimento hídrico. Para realização deste capítulo de livro os seguintes objetivos específicos foram definidos:

- (I) Propor um sistema de indicadores socioambientais de risco de desabastecimento hídrico, a partir da geração do IRDH.
- (II) Analisar o risco de desabastecimento hídrico da região oeste do Estado.

METODOLOGIA

Este trabalho estrutura-se a partir de uma análise sistêmica dos elementos que compõem a estrutura e funcionalidade do(s) sistema(s) de abastecimento hídrico do RN, utilizando-se das proposições conceituais e metodológicas dos estudos de risco socioambiental como área aplicada do conhecimento geográfico e, especificamente, dos estudos de risco voltados à problemática do desabastecimento hídrico no Nordeste e Rio Grande do Norte, Brasil.

O estudo desta temática em Geografia tem seus primeiros trabalhos de destaque por volta da Década de 1920, com Gilbert F. White, juntamente com Ian Burton e Robert W. Kates, geógrafos e colegas de graduação na tradicional Escola de Chicago (EUA), sendo os precursores das discussões sobre os riscos e perigos socioambientais na Geografia, a partir da produção de estudos, concepções e conceitos em torno dos “Natural Hazards”, traduzido e utilizado no Brasil como “Perigos Naturais”. Neste contexto, em 1927, o governo dos Estados Unidos solicita ao Corpo (Conselho) Nacional de Engenharia (U.S. Corps of Engineers) a proposição de estudos e medidas voltadas aos problemas de inundações em áreas rurais e urbanas (MARANDOLA JR e HOGAN, 2004), em que os geógrafos mencionados chefiaram o grupo de trabalho, com a participação de profissionais de áreas diversas correlacionadas ao tema, denotando a natureza transdisciplinar destes estudos.

Neste contexto, o conceito de Risco é uma função entre vulnerabilidade social e perigos naturais de uma localidade ou município, devendo-se ter em mente a necessidade de se compreender tanto a dinâmica dos elementos ambientais - naturais e artificiais (ai se insere a infraestrutura hídrica também) - que compõem um território, como também os condicionantes sociais que expõem um indivíduo (ou grupo) a situação de risco. Portanto, o Risco socioambiental pode ser conceituado pela seguinte equação: $R = P \times V$. Onde: R = Risco; P = Perigo e V= Vulnerabilidade.

O risco seria uma função entre a vulnerabilidade dos indivíduos ou sociedade e o perigo (álea) a que está exposta (o), o risco é uma construção social e está diretamente ligado à concepção da população em relação a algum perigo potencial de causar danos físicos e/ou perdas materiais de grande monta. Nesse contexto, uma população pode não ter a percepção de que está em risco. Esta pesquisa compartilha da perspectiva de prevenção de um perigo potencial e percepção da população quanto ao risco que está exposta, conforme aponta Veyret (2007) o:

Risco é a percepção de um indivíduo ou Grupo de indivíduos da probabilidade de ocorrência de um evento potencialmente perigoso e causador de danos, cujas consequências são uma função da vulnerabilidade intrínseca desse grupo ou indivíduo (VEYRET, 2007, p. 24).

Já o termo Perigo, que compõe a fórmula do risco junto com a vulnerabilidade, é utilizado como tradução mais adequada ao termo Hazard, desenvolvido nos Estados Unidos por White et al (2001). O Perigo seria o agente causador de danos ou prejuízos materiais e/ou imateriais. Ou ainda, para Veyret, “esse termo é, às vezes, empregado também para definir as consequências objetivas de uma álea sobre um indivíduo, um grupo de indivíduos, sobre a organização do território ou sobre o meio ambiente” (VEYRET, 2007, p.24), no caso desta pesquisa, o colapso do abastecimento hídrico seria a consequência objetiva da seca ou outro

perigo incidente para o desabastecimento hídrico, como a contaminação do manancial subterrâneo por nitrato, por exemplo. Neste contexto, para Smith:

O perigo é uma inelutável parte da vida e é uma das componentes do risco. Para o autor, perigo é uma ameaça potencial para as pessoas e seus bens, enquanto risco é a probabilidade da ocorrência de um perigo e de gerar perdas. (SMITH, 2001, p. 392)

Nos anos 1980, os estudos sobre riscos naturais (Natural Hazards) passaram a ter foco no fator social da problemática. É nesse sentido que emerge o conceito de vulnerabilidade nesta pesquisa, quando do estudo de características sociais e econômicas da população em escala municipal, que caracteriza a resistência ou capacidade de lidar com o desastre (no caso deste trabalho, o desabastecimento hídrico). A vulnerabilidade seria a mensuração da capacidade de cada indivíduo para se preparar, lidar, resistir e possuir habilidade de resiliência quando exposto a um perigo. Nesta perspectiva, a vulnerabilidade é entendida como condição de susceptibilidade a algum evento potencialmente causador danos materiais e físicos à população residente, conforme o conceito de Blaikie et al. (1994):

Por vulnerabilidade queremos dizer as características de uma pessoa ou grupo em termos de sua capacidade de prever, lidar com, resistir e se recuperar do impacto de um perigo natural. Trata-se de uma combinação de fatores que determinam o grau em que a vida de alguém e os meios de subsistência são postos em risco por um evento discreto e identificável na natureza ou na sociedade (BLAIKIE et al., 1994, p. 9).

Nesse contexto, o Perigo é inerente ao lugar, ou seja, ao espaço ocupado e vivido pela sociedade, como por exemplo em um dado município do RN que é a unidade elementar de análise desta pesquisa. Já a vulnerabilidade é inerente à população que ocupa e territorializa/apropria-se deste ambiente natural. Ambos os conceitos serão utilizados no IRDH, de maneira integrada, relacionando-os no índice geral e individualmente: a vulnerabilidade social a partir dos fatores socioeconômico e de planejamento estatal; e o Perigo a partir dos fatores ambiental e de infraestrutura.

Nesta perspectiva, faz-se necessário definir o conceito de Desastre utilizado neste trabalho, no caso do desabastecimento hídrico no Rio Grande do Norte (RN), com todos os danos provocados ao poder público a partir dos gastos e prejuízos financeiros à população, com a mortalidade de rebanhos, migrações e estagnação econômica. Assim, o desastre é definido como “resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais” (BRASIL, 1999), relacionando características ambientais, naturais ou artificiais, e sociais no cerne desta problemática.

A partir destas definições conceituais, a coincidência entre alta demanda hídrica municipal, tanto urbana (população concentrada nas sedes municipais) quanto rural (fruticultura irrigada, principalmente), associada com o tipo climático predominante no RN (semiárido), deficiência na infraestrutura hídrica, problemas em seu funcionamento, associados à oferta hídrica limitada, gera os “Territórios de Risco” ao desabastecimento hídrico no estado. Esta categoria de análise, por sua vez, parte da concepção teórico-metodológica que é pauta nos estudos de risco socioambiental em Geografia (ALMEIDA, 2010, p. 171).

Os territórios de risco são caracterizados pela imbricação no espaço de objetos técnicos e/ou naturais em que sua má disposição, uso descontrolado ou mal gerido, precariedade ou problemas de manutenção (ações) promovem o aumento do risco de desabastecimento hídrico, materializado como um desastre quando afeta a população dos municípios. Deste modo, no RN, esta categoria de análise reflete a centralidade da discussão teórica e metodológica desse trabalho, ou seja, o caráter territorial do risco, com as esferas material e humana especializadas/mapeadas nos limites do estado a partir da unidade elementar de análise, que são os municípios; e sua análise macro, a partir das regiões de abastecimento hídrico.

Neste contexto, é possível entender o encadeamento dos conceitos de Espaço geográfico e Território, em que o Risco de desabastecimento tem importância central dentro desta relação. O Risco, por sua vez, tem os conceitos necessários à sua análise, que é uma função entre Vulnerabilidade e Perigo, tendo como resultados as classes de risco de cada município, as quais, quando agrupadas, formam Regiões de risco de desabastecimento hídrico do Rio Grande do Norte a partir dos níveis de risco (Muito baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto). Esta configuração é operacionalizada pelo IRDH – Índice de Risco de Desabastecimento Hídrico – que relaciona de maneira sistêmica, ou seja, integrada, aos fatores inerentes à hipótese desta pesquisa, que são colocados como responsáveis pela materialização do risco no território, sendo eles: ambiental, infraestrutura, socioeconômica e planejamento estatal.

Para a produção do IRDH do estado do Rio Grande do Norte, teve-se como ponto de partida a metodologia utilizada em 2010 por Almeida que, por sua vez, se fundamentou no Índice Paulista de Vulnerabilidade Social, elaborado pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados do Estado de São Paulo (SEADE, 2008). Também houve influência dos trabalhos realizados nesta mesma perspectiva de análise de risco socioambiental a partir de sistema de indicadores, com suas variáveis categorizadas e ponderadas, resultando em um índice síntese, tais como: Medeiros (2014), Macedo (2015); Crepani (2001); Guerra (2009); Almeida, Welle e Birkmann (2016); Welle e Birkmann (2015), entre outros.

O sistema de indicadores de risco ao desabastecimento hídrico urbano do RN contribui com a base metodológica para o mapeamento deste tipo de risco no estado, esta pesquisa se propõe analisá-lo, definindo suas causas e consequências, assim como medidas mitigadoras para diminuição do risco e, com isso, dos problemas relacionados ao desabastecimento hídrico no estado. A partir deste entendimento, foi elaborada uma equação contemplando variáveis que compõem indicadores e estes se estruturam em um índice (IRDH). Cada variável tem seu peso no resultado, que ocorre na escala municipal, portanto, o município é a unidade elementar fundamental desta análise.

A fórmula de cálculo para a análise deu-se sobre a perspectiva multivariada, a partir de média ponderada. Para tanto, foi preciso dividir a análise em duas fórmulas. A primeira para cada indicador (Equação 1), representando o nível microescalar, e a segunda para todos, a fim de calcular o índice - IRDH (Equação 2), representando o nível macroescalar, expressos a seguir:

Equação 1) Média Ponderada por Indicador (MPI):

$$MPI = \frac{(Vx.P) + n \dots}{\Sigma P}$$

De maneira detalhada, Vx é o resultado obtido para cada variável de um indicador específico, produto da avaliação e levantamento de dados da pesquisa. Há variáveis mais importantes do que outras para a caracterização do risco de desabastecimento hídrico municipal e isso é respaldado na literatura, experiências de trabalho e relatórios técnicos sobre a temática, que foram detalhados na tese em seção específica, a qual tratará sobre análise das variáveis, sua funcionalidade, limites e ponderação. As variáveis foram categorizadas em até 5 níveis (em escala de 0,2 a 1), em que o Nível 5 é o de mais alto risco e o nível 1 o de menor risco.

Para visualização geral das variáveis, o Quadro 2 traz esta categorização, associada ao peso de cada uma dentro do indicador, em que a soma dos pesos de cada variável é igual à quantidade de variáveis do indicador, seguindo princípios de estatística básica nas ciências sociais. Esta forma de agrupamento estatístico consiste na normalização do índice, com objetivo de colocar os resultados na mesma base quantitativa, padronizando os resultados (BARBETTA, 1994).

Os respectivos valores de variável, conforme composição da fórmula, são multiplicados pelo peso (**P**) de cada variável e, por sua vez, cada indicador tem seu peso específico dentro do índice geral (IRDH), como identificado na Equação 2. Outro elemento da equação refere-se à soma dos pesos (ΣP), sendo igual à quantidade de variáveis do indicador. Por sua vez, 'n' representa as outras variáveis do indicador que serão somadas sequencialmente e divididas pela soma dos pesos (ΣP).

Equação 2) Índice de Risco de Desabastecimento Hídrico (IRDH):

$$IRDH = \frac{(MPI1.P1) + n \dots}{\Sigma P}$$

A Equação 2 trata do IRDH, onde MPI1 é o resultado da equação 1, ponderado pelo peso específico de cada indicador (P1). Seguindo a mesma lógica da equação 1, cada indicador tem uma importância diferenciada dentro do índice geral. Dessa forma, 'n' se refere à ponderação dos outros indicadores que compõem o IDRH, sendo eles: Ambiental; Infraestrutural; Planejamento estatal; e Socioeconômico. A ponderação por indicador é dividida pela soma dos pesos que, por sua vez, é igual à quantidade de indicadores (4). Assim tem-se o índice com valores para cada município do RN.

Os resultados das duas equações foram classificados em cinco (5) níveis de risco, a partir da classificação pelo método "intervalos idênticos".

O Quadro 1 mostra as variáveis que compõem o sistema de indicadores de Risco de Desabastecimento Hídrico municipal do RN e sua forma de classificação, sendo 19 variáveis agrupadas em indicadores.

Quadro 1 - Variáveis que compõem o sistema de indicadores de risco ao desabastecimento hídrico municipal do RN

Fator	Variáveis	Peso Variável	Peso Indicador
Ambiental	(V1) Vazão média dos poços;	1,25	1
	(V2) Corpos d'água superficiais naturais no município	1,25	
	(V3) Tipo Climático predominante do Município	0,75	
	(V4) Vulnerabilidade geral do manancial subterrâneo de abastecimento hídrico municipal (índice GOD)	0,75	
Infraestrutura	(V5) Tipo de Captação	1,5	1,75
	(V6) Existência de tratamento de esgoto e coleta de lixo no município (fonte principais de contaminação)	0,75	
	(V7) Capacidade dos Reservatórios do município (exceto barragens)	1	
	(V8) Tempo de Instalação da rede de abastecimento hídrico urbano (vida útil)	1	
	(V9) Material construtivo da rede de abastecimento hídrico urbano	1	
	(V10) Porcentagem de Domicílios abastecidos por água encanada em meio urbano	0,75	
Planejamento Estatal	(V11) Ocorrências registradas de Colapso de abastecimento urbano do município, nos últimos 6 anos de seca.	1,5	0,75
	(V12) Medidas estruturais para reduzir risco de desabastecimento	0,75	
	(V13) Gestão de risco de desabastecimento no município (Defesa Civil; secretaria responsável etc.)	0,75	
	(V14) Existência de plano municipal referente ao abastecimento hídrico (plano de saneamento etc.)	1	
Socioeconômico	(V15) Nível de cobertura de programa de transferência de renda (Bolsa Família, 2012)	0,75	0,50
	(V16) IDHM – Renda (<i>renda per capita</i> da população, ou seja, a renda média mensal dos indivíduos residentes no município)	1	
	(V17) IDHM – Educação	1	
	(V18) Quantidade de habitantes urbanos do município	1,50	
	(V19) Índice de Gini	0,75	

Fonte: elaboração própria (2019).

O processo de sistematização dos indicadores socioambientais de desabastecimento hídrico em um índice especializado a partir de uma produção cartográfica do Rio Grande do Norte, conforme exposto no quadro 1, foi possível através do levantamento de dados municipais urbanos referentes aos recursos hídricos e sociedade, agregados às poligonais municipais georreferenciadas. Posteriormente, esses dados foram especializados e relacionados, configurando uma base cartográfica de referência, a qual possibilitou a produção e análise dos resultados do IRDH em ambiente S.I.G. – Sistema de Informações Geográficas. Os resultados foram analisados de duas maneiras: por fator (ambiental, socioeconômico, infraestrutural e de planejamento estatal); e por índice geral, ambos agrupados a partir de cada região de abastecimento do estado, sendo visualizado em mapa (produto) e analisado. Feito este procedimento, seguindo a proposição do sistema de indicadores (seus fatores, variáveis e ponderações), cujo produto é o IRDH, foi possível atingir o objetivo em questão neste capítulo. Nesse sentido, foi gerado o índice com sua classificação especializada em um mapa com cinco classes, sendo elas: IRDH muito baixo, IRDH baixo, IRDH médio, IRDH alto e IRDH muito alto. Esses mapas serão analisados por regiões de abastecimento hídrico do estado para detalhamento e, ao final, será gerado um mapa geral do IRDH do Rio Grande do Norte.

Esta etapa da análise foi agrupada por regiões de abastecimento hídrico do estado, seguindo a classificação da concessionária estadual de abastecimento hídrico (CAERN) de oito (8) regiões, sendo elas: Oeste, Alto Oeste, Sertão Central, Agreste, Mato Grande, Seridó, SAAE e Natal. Por sua vez, os mapas regionais, agrupados por indicador do índice, mostram também a espacialização das variáveis que compõem, portanto, cada mapa demonstra a configuração dos resultados por indicador e por variáveis que respondem por cada tema do índice. Após essa etapa, foi confeccionado o mapa geral de Risco ao desabastecimento hídrico do RN. Neste trabalho, especificamente, serão analisados somente os resultados da região oeste do estado.

Outro aspecto importante foi a categorização dos dados de cada variável que, preferencialmente, serão agrupadas em cinco categorias, seguindo a seguinte lógica: Nível 1 – Risco Muito Baixo, Nível 2 – Risco Baixo, Nível 3 – Risco Médio, Nível 4 – Risco Alto e Nível 5 – Risco Muito Alto. A configuração dos dados de cada variável foi analisada visando esta categorização. Em seguida, tanto as variáveis quanto os indicadores foram ponderados, de acordo com o seu respectivo nível de importância para o risco de desabastecimento hídrico do estado.

RESULTADOS

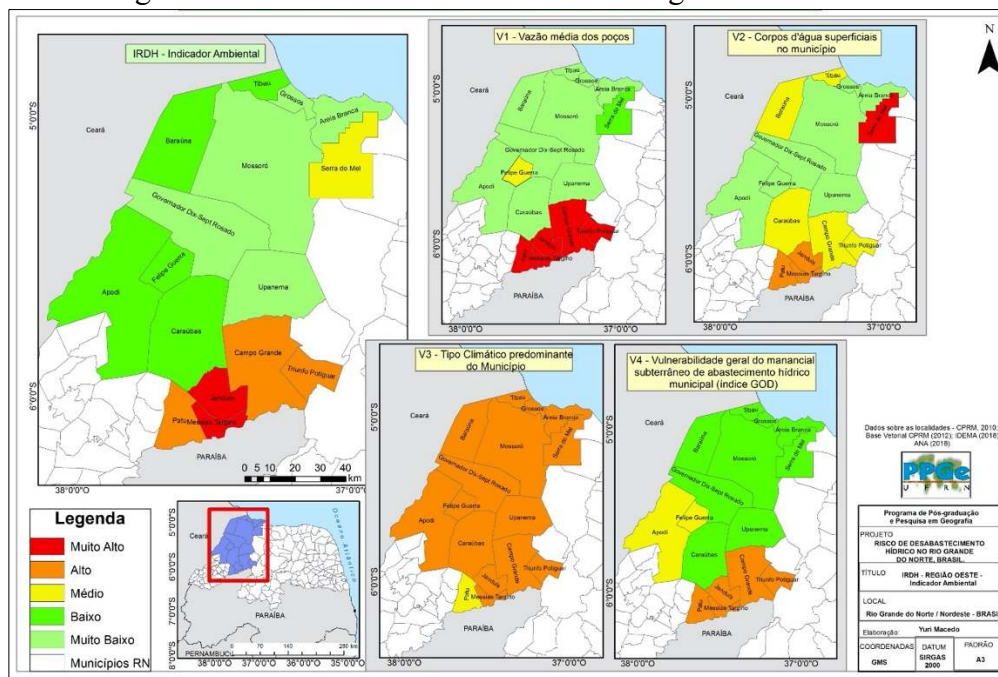
A região oeste do estado, seguindo a regionalização de abastecimento hídrico, é composta por 16 municípios, sendo Mossoró o centro regional, com maior quantidade de habitantes urbanos (237.241), maior infraestrutura hídrica (redes de abastecimento, reservatórios, estações de tratamento e poços) e densidade do setor de serviços diversos (bancos, comércio, transportes, estabelecimentos de ensino e saúde), funcionando como polo regional. Destaca-se também o município de Apodi (36.323 habitantes), onde se localiza a barragem Santa Cruz do Apodi, com capacidade de armazenamento de 599.712.000 m³. A população urbana total da região é de 358.352 habitantes.

a) Indicador Ambiental

Quanto ao indicador ambiental, a região oeste se localiza, em sua maior parte, sobre a bacia potiguar, porém reside em parte centro-sul sobre a região do cristalino potiguar com menor disponibilidade hídrica subterrânea e superficial, conforme citado anteriormente. O abastecimento hídrico urbano da região tem sua origem, principalmente, na barragem Armando Ribeiro Gonçalves, maior do estado, localizada na mesorregião sertão central. O clima de toda

região é o mesmo: tropical semiárido mediano, com apenas o clima de Patu sendo classificado como semiárido brando. A figura 1 mostra a configuração espacial do IRDH referente ao indicador ambiental na região oeste do estado.

Figura 1 – IRDH – Indicador Ambiental/Região Oeste do RN.



Fonte: elaboração própria (2019).

A configuração ambiental da região oeste tem seus municípios com nível de risco baixo e muito baixo para este indicador (10 municípios). Porém, dois municípios apresentaram risco muito alto: Janduís e Messias Targino, e três municípios apresentaram alto risco: Patu, Triunfo Potiguar e Campo Grande. Todos eles têm características semelhantes quanto ao indicador ambiental, estando localizados sobre geologia do cristalino potiguar e clima semiárido. A Tabela 1 mostra o quantitativo populacional a partir dos níveis de risco resultantes da análise do IRDH para o indicador ambiental nessa região.

Tabela 1 - Quantitativo Populacional Municipal do indicador ambiental por nível de risco - Região Oeste de abastecimento hídrico, Rio Grande do Norte.

Nível de Risco	Municípios	População Urbana (Hab.)	População Urbana Total (Hab.)
Muito Alto	Janduís	3.992	7.630
	Messias Targino	3.638	
Alto	Campo Grande	5.002	17.358
	Triunfo Potiguar	2.197	
	Patu	10.159	
Médio	Serra Do Mel	2.698	2.698
Baixo	Apodi	17.531	52.965
	Baraúna	15.210	
	Caraúbas	13.514	
	Tibau	2.835	
	Felipe Guerra	3.875	
Muito Baixo	Areia Branca	20.317	277.701
	Governador Dix-Sept Rosado	6.806	
	Grossos	7.039	
	Mossoró	237.241	
	Upanema	6.298	

Fonte: elaboração própria (2019).

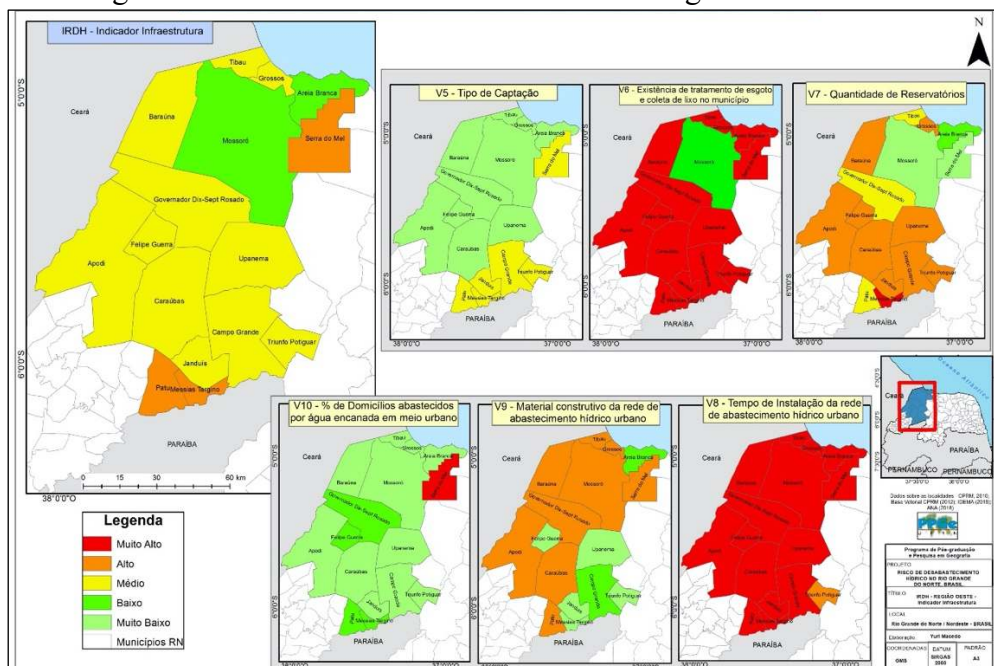
O resultado dessa classificação aconteceu, pela maioria dos municípios se localizarem na região de clima semiárido mediano (V3), com vazão média dos poços baixa (V1) e poucos corpos d'água superficiais (V2), características típicas da região do cristalino potiguar associada ao clima semiárido. Apenas Patu apresenta características climáticas diferentes na região oeste potiguar, com clima classificado como “tropical semiárido brando”, sendo essa característica importante para a classificação do município, especificamente, colocando-o na categoria de ‘alto risco’, em vez de ‘muito alto’. A variável referente à vulnerabilidade geral do aquífero (V4) também apresenta o mesmo comportamento geral, com os 5 municípios citados com alta vulnerabilidade, notadamente pelo tipo de aquífero fissural; e nível freático médio dos poços.

Contudo, os municípios com menor vulnerabilidade residem sobre a bacia potiguar, com vazão alta dos poços (V1) e quantidade significativa de corpos d'água, apesar do clima ser semiárido mediano (V3). A profundidade freática dos poços e tipo de aquífero também caracteriza baixa vulnerabilidade do manancial subterrâneo (V4), colocando-os, de maneira geral, na categoria de ‘muito baixo’ risco para o indicador ambiental (Grossos, Areia Branca, Mossoró, Governador Dix-sept Rosado e Upanema); e ‘baixo’ risco para este indicador (Tibau, Baraúna, Apodi, Felipe Guerra e Caraúbas).

b) Indicador infraestrutural

O indicador infraestrutural tem o maior peso (1,75) entre os indicadores do IRDH. Isso se dá pela complexidade do abastecimento hídrico do estado, com uma densa rede de adutoras de mais de 1000 km, levando água tratada por grandes extensões, transpondo limites climáticos e de bacias hidrográficas e equilibrando regionalmente a relação entre disponibilidade e escassez hídrica no Rio Grande do Norte. A figura 2 mostra a configuração deste indicador na região oeste do estado.

Figura 2 – IRDH – Indicador Infraestrutura/Região Oeste do RN.



Fonte: elaboração própria (2019).

A complexidade da infraestrutura de abastecimento hídrico do estado ocorre a partir das seguintes variáveis: Tipo de Captação (V5); Quantidade de Reservatórios (V7); Tempo de

Instalação da rede de abastecimento hídrico urbano (V8); e Material construtivo da rede de abastecimento hídrico urbano (V9), conforme visto na figura 3.

No concernente ao indicador infraestrutura do IRDH na região oeste do RN, apenas 2 municípios têm ‘baixo’ risco (Mossoró e Areia Branca) e nenhum tem ‘muito baixo risco’, porém 11 municípios têm médio risco para infraestrutura (Tibau, Grossos, Baraúna, Governador Dix-sept Rosado, Felipe Guerra, Apodi, Caraúbas, Upanema, Campo Grande, Janduí e Triunfo Potiguar) e três classificados como ‘alto’ risco (Serra do Mel, Patu e Messias Targino). A tabela 2 mostra o quantitativo dos municípios e sua população a partir da análise do risco de desabastecimento hídrico da região oeste.

Tabela 2 - Quantitativo Populacional Municipal do indicador infraestrutura por nível de risco - Região Oeste de abastecimento hídrico, Rio Grande do Norte.

Nível de Risco	Municípios	População Urbana (Hab.)	População Urbana Total (Hab.)
Muito Alto	---	---	---
Alto	Patu	10.159	16.495
	Serra Do Mel	2.698	
	Messias Targino	3.638	
Médio	Janduí	3.992	84.299
	Campo Grande	5.002	
	Triunfo Potiguar	2.197	
	Apodi	17.531	
	Baraúna	15.210	
	Caraúbas	13.514	
	Tibau	2.835	
	Felipe Guerra	3.875	
	Governador Dix-Sept Rosado	6.806	
	Grossos	7.039	
	Upanema	6.298	
	Areia Branca	20.317	
	Mossoró	237.241	
Baixo			257.558
Muito Baixo	----		---

Fonte: elaboração própria (2019).

A partir desta análise dos resultados, foi possível concluir que os municípios com alto risco têm um tipo de captação hídrica (V5) que os coloca no nível médio de risco, sendo esta variável a de maior peso (1,5) para este indicador. Além disso, não dispõem de tratamento de esgoto no município (V6 – peso 0,75), a rede de abastecimento hídrico urbano tem mais de 30 anos (V8 – peso 1) e o material construtivo (V9 – peso 1) é de tubo PVC, ferro fundido ou cimento amianto (em Patu e Serra do Mel). Tais características, quando agrupadas e ponderadas, contribuíram para o resultado geral do indicador infraestrutural.

Diferente desse contexto de infraestrutura dos municípios com alto risco, as cidades com vulnerabilidade baixa e média (13) tem características opostas, principalmente para a variável tipo de captação hídrica (V5), sendo abastecidos por poços na bacia potiguar ou de forma mista (Mossoró), com abastecimento associado à adutora. Esta variável, por ter maior peso neste indicador, explica o resultado médio e baixo, dado que as demais variáveis não têm níveis tão diferentes dos demais da região oeste.

Em âmbito geral, é preciso pontuar que a variável V6 - existência de tratamento de esgoto e coleta de lixo nos municípios – existe apenas em Mossoró, maior cidade da região, com os demais municípios utilizando formas inadequadas de destinação de lixo, como os

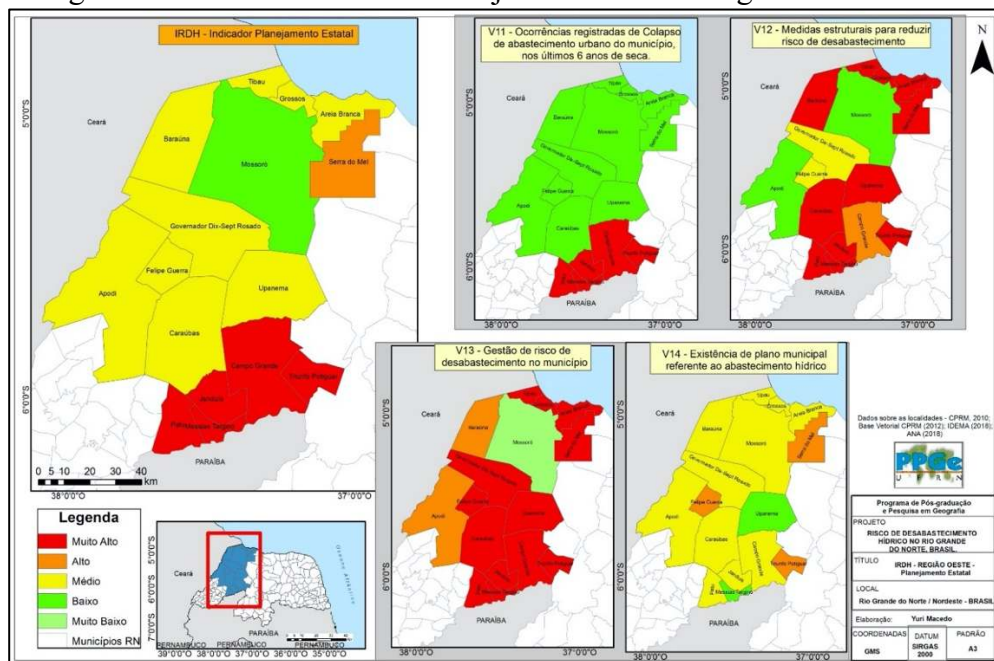
‘lixões’ a céu-aberto. Esta característica denota a precariedade dos serviços de saneamento básico nos demais municípios, o que pode contribuir para poluição dos mananciais, sobretudo os superficiais, os quais poderiam servir de alternativa de abastecimento hídrico, construindo assim o conflito entre uso hídrico e poluição.

Também a variável V8 - tempo de instalação da rede de abastecimento hídrico urbano (vida útil) - tem classificação de ‘muito alto’ risco para quase todos os municípios da região oeste, com mais de 30 anos de instalação. Apenas o município de Triunfo Potiguar tem classificação de ‘alto’ para o risco desta variável específica, com rede instalada entre 20 a 30 anos. Portanto, o fato de o tempo de instalação da rede geral da região ser elevado pode prejudicar o abastecimento hídrico, devido a problemas de manutenção, podendo chegar ao colapso temporário devido a rupturas na rede de abastecimento, ou mesmo ter o abastecimento comprometido em certos bairros, havendo necessidade de se analisar cada caso específico dentro dos municípios.

c) Indicador Planejamento Estatal

Este indicador versa sobre ações e planos inerentes ao abastecimento hídrico urbano municipal do Rio Grande do Norte realizadas pelo governo ou instituições ligadas à administração direta ou indireta do estado. Para isso, foram escolhidas quatro (4) variáveis que compõem o índice de risco para este indicador, são elas: V11 – Ocorrências registradas de Colapso de abastecimento urbano do município, nos últimos 7 anos de seca; V12 - Medidas estruturais para reduzir risco de desabastecimento; V13 - Gestão de risco de desabastecimento no município (Defesa Civil; secretaria responsável, etc); e V14 - Existência de plano municipal referente ao abastecimento hídrico (plano de saneamento, etc). A figura 3 mostra a configuração espacial do indicador planejamento estatal na região oeste do RN, de maneira geral e com a individualização das variáveis.

Figura 3 – IRDH – Indicador Planejamento Estatal/Região Oeste do RN



Fonte: elaboração própria (2019).

A partir da figura 3, é possível perceber que a maioria dos municípios têm risco classificado como ‘médio’ (Tibau, Grossos, Areia Branca, Baraúna, Governador Dix-sept Rosado, Apodi, Felipe Guerra, Upanema e Caraúbas) e apenas Mossoró foi classificado como ‘baixo’ risco para o indicador. Já com ‘muito alto’ risco foram classificados cinco municípios

(Patu, Messias Targino, Janduís, Campo Grande e Triunfo Potiguar) e Serra do Mel com ‘alto’ risco, conforme mostra a tabela 4 com o quantitativo dos municípios em função do nível de risco e sua população.

Tabela 3 - Quantitativo Populacional Municipal do indicador planejamento estatal por nível de risco - Região Oeste de abastecimento hídrico, Rio Grande do Norte.

Nível de Risco	Municípios	População Urbana (Hab.)	População Urbana Total (Hab.)
Muito Alto	Janduís	3.992	3.992
	Messias Targino	3.638	20.996
	Campo Grande	5.002	
	Triunfo Potiguar	2.197	
	Patu	10.159	
Alto	Serra Do Mel	2.698	2.698
Médio	Apodi	17.531	93.425
	Baraúna	15.210	
	Caraúbas	13.514	
	Tibau	2.835	
	Felipe Guerra	3.875	
	Areia Branca	20.317	
	Governador Dix-Sept Rosado	6.806	
	Grossos	7.039	
	Upanema	6.298	
Baixo	Mossoró	237.241	237.241
Muito Baixo	---	---	---

Fonte: elaboração própria (2019).

Analisando o resultado para o indicador planejamento estatal, percebe-se que o tamanho do município e sua estrutura institucional, assim como gestão de recursos financeiros, é determinante para o aumento ou diminuição do nível de risco para este indicador. Na variável V11 - Ocorrências de colapso de abastecimento hídrico, apenas os cinco municípios localizados no cristalino potiguar com captação da adutora Arnóbio Abreu no chamado sistema adutor Médio Oeste registraram ocorrências no último período de seca (2012-2018). Essa variável é a que tem maior peso na classificação, sendo indicativo o resultado destes municípios como ‘muito alto’ risco.

A análise das variáveis V12 - Medidas estruturais para reduzir risco de desabastecimento e V13 - Gestão de risco de desabastecimento no município (Defesa Civil, secretaria responsável, etc) - apresentam a maioria dos municípios da região tendo ‘muito alto’ ou ‘alto’ risco, o que denota a falta de obras para estruturar ou melhorar o abastecimento hídrico nos municípios, além de ausência ou precariedade de órgãos da administração municipal responsáveis pelas gestão do risco de desabastecimento hídrico, como defesa civil estruturada, por exemplo.

A variável 14 - Existência de plano municipal referente ao abastecimento hídrico (plano de saneamento, etc) – tem a maior parte dos municípios com classificação ‘média’ e ‘alta’. Isso se dá por estes municípios estarem, no momento, elaborando seu plano de saneamento, com as medidas de abastecimento hídrico a serem implementadas a curto, médio e longo prazo, que consta neste tipo de documento. Essa medida implementada, sendo executada empiricamente, diminuirá os níveis de risco de desabastecimento da região.

Sobre os planos municipais de saneamento, é necessário citar o convênio entre a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) e UFRN (Universidade Federal do Rio Grande do

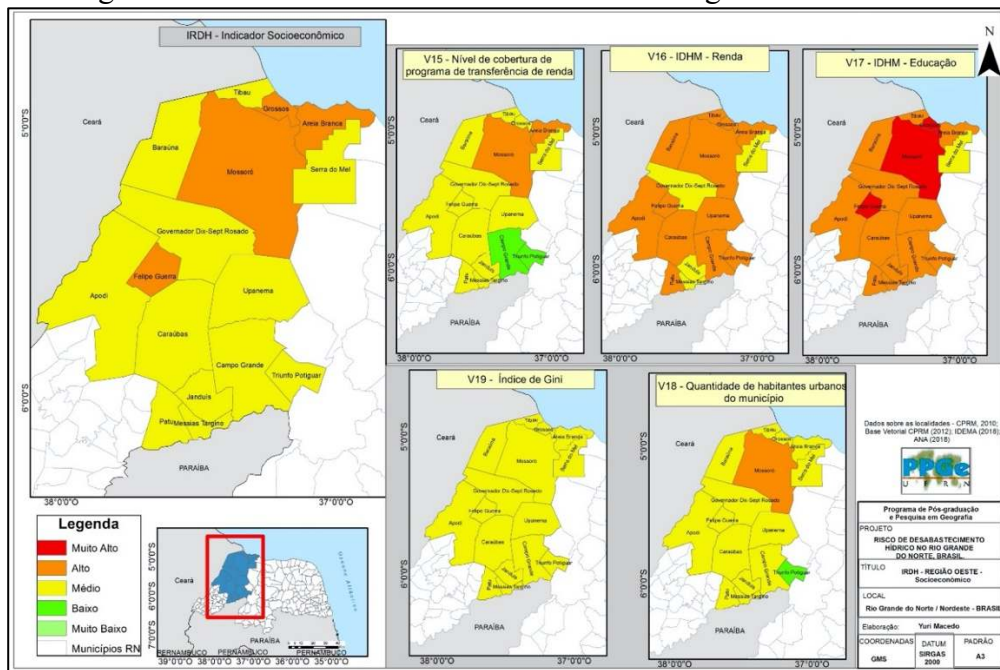
Norte), o qual tem por objetivo capacitar as prefeituras na elaboração de planos municipais de saneamento. Até 2018, o projeto, coordenado na UFRN pelo professor Aldo Dantas e com participação de equipes dos Departamentos de Geografia, Engenharia Civil e Engenharia Ambiental, já capacitou equipes em 86 municípios potiguares, o que irá diminuir a vulnerabilidade destes municípios a partir da existência de seu plano de saneamento e sua efetivação.

d) Indicador Socioeconômico

Este indicador completa o sistema de indicadores de risco de desabastecimento do Rio Grande do Norte, com as esferas social e econômica indissociavelmente. Desse modo, o risco é uma função entre características sociais, econômicas e ambientais (naturais), portanto, contemplada em sua essência. Assim, as variáveis que compõem o indicador socioeconômico incidem diretamente na esfera de vulnerabilidade, em que pessoas ou grupos estão susceptíveis a desastres de maneira diferente em função do seu potencial de ‘lidar com’ e resistir a potenciais desastres.

Para atender aos requisitos da pesquisa, foram escolhidas cinco (5) variáveis para compor o indicador socioeconômico do IRDH, são elas: V15 - Nível de cobertura de programa de transferência de renda (Bolsa Família, 2012); V16 – IDHM-Renda; V17 – IDHM-Educação; V18 - Quantidade de habitantes urbanos do município; e V19 - Índice Gini. A figura 4 mostra a configuração espacial deste indicador, tanto de maneira geral, quanto suas variáveis individualizadas.

Figura 4 – IRDH – Indicador socioeconômico/Região Oeste do RN.



Fonte: elaboração própria (2019).

A partir da figura 4, pode-se concluir que a maioria dos municípios da região oeste potiguar tem nível ‘médio’ de risco para o indicador socioeconômico. Doze (12) municípios possuem nível ‘médio’ de risco socioeconômico: Messias Targino, Janduí, Triunfo Potiguar, Campo Grande, Governador Dix-sept Rosado e Serra do Mel, Tibau, Baraúna, Apodi, Caraúbas, Upanema e Patu; e quatro (4) municípios tem risco ‘médio’ para este indicador: Felipe Guerra, Grossos, Areia Branca, Mossoró, conforme apresenta a tabela 4, também com o quantitativo populacional por nível de risco.

Tabela 4 – Quantitativo Populacional Municipal do indicador socioeconômico por nível de risco - Região Oeste de abastecimento hídrico, Rio Grande do Norte.

Nível de Risco	Municípios	População Urbana (Hab.)	População Urbana Total (Hab.)
Muito Alto	---	---	---
Alto	Grossos	7.039	268.472
	Mossoró	237.241	
	Felipe Guerra	3.875	
	Areia Branca	20.317	
Médio	Janduís	3.992	89.880
	Messias Targino	3.638	
	Campo Grande	5.002	
	Patu	10.159	
	Upanema	6.298	
	Apodi	17.531	
	Baraúna	15.210	
	Caraúbas	13.514	
	Tibau	2.835	
	Triunfo Potiguar	2.197	
	Serra Do Mel	2.698	
	Governador Dix-Sept Rosado	6.806	
Baixo	---	---	---
Muito Baixo	---	---	---

Fonte: elaboração própria (2019).

Este resultado é direcionado principalmente pela variável V18 - Quantidade de habitantes - que tem maior peso no índice (1,5). A quantidade de pessoas do município teve como base de classificação a população das diferentes localidades do estado. A região oeste do estado tem população 'média' na maioria dos municípios e 'alta' em Mossoró, porém a renda per capita tem 'alto' risco na maior parte dos municípios (V16 – IDHM Renda, peso 1,0), o que preocupa mais em caso de desabastecimento hídrico ou qualquer outro desastre, inclusive, pois afeta diretamente a capacidade de lidar, reagir e resistir a esses eventos.

A região oeste apresenta desigualdade social 'média' em todos os municípios, confirmado a partir da espacialização do índice de Gini (V19), assim como renda (V16) e educação (V17) com 'muito alto' e 'alto' risco na maioria dos municípios, conforme é possível identificar na figura 5. Em relação à variável V15 – sobre o nível de cobertura do programa bolsa família, que é o principal programa de assistência social do país, o programa é fundamental para compor a renda da população e auxiliar em caso de lidar com o desastre do desabastecimento hídrico. Em relação a esta variável, a região tem a maior parte dos municípios com 'médio' risco, quando 25 a 50% da população são assistidos pelo programa. Quanto maior o nível de cobertura, menor o risco para esta variável no indicador socioeconômico.

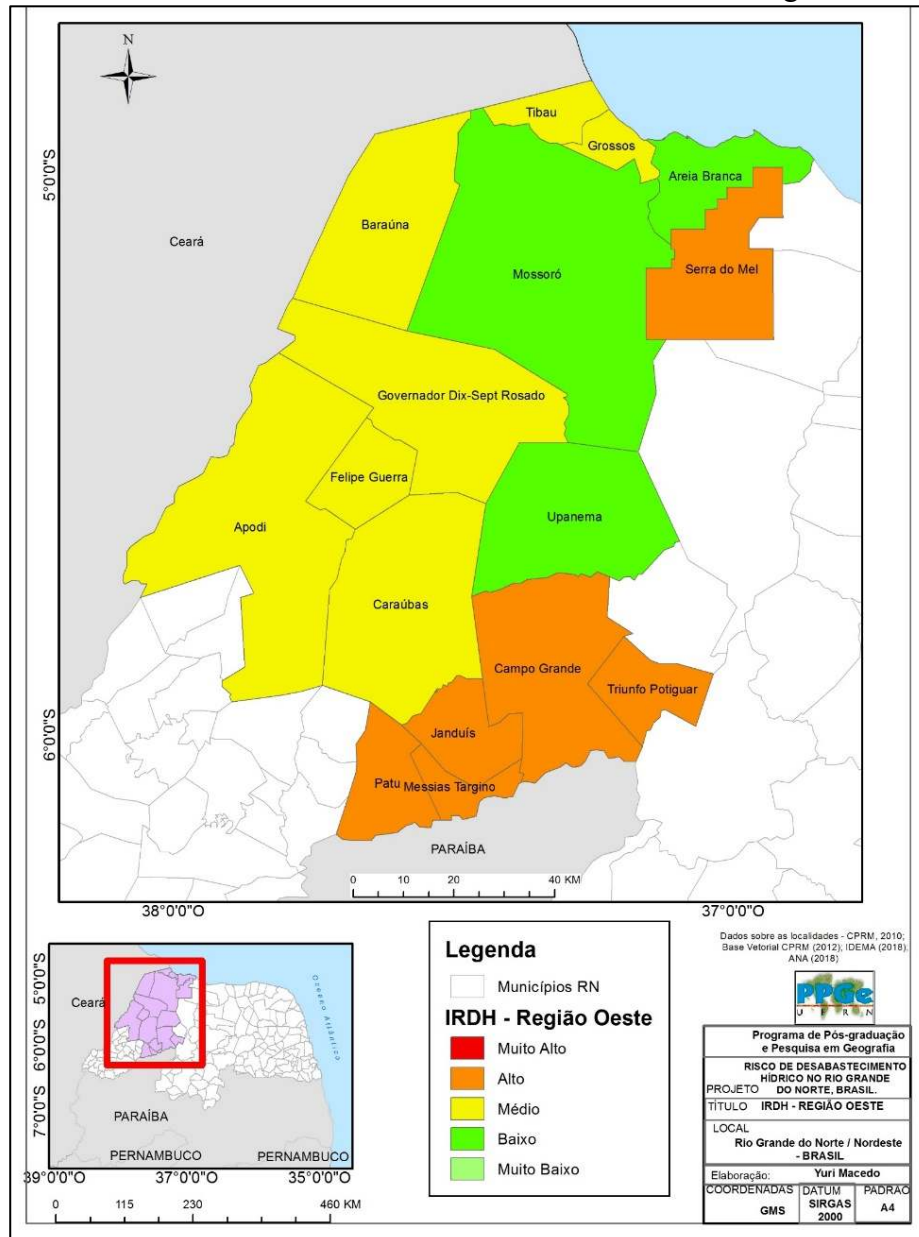
e) Índice de Risco de Desabastecimento Hídrico (IRDH) para Região Oeste.

Conforme exposta na sessão sobre os procedimentos metodológicos da pesquisa, cada indicador foi agrupado na composição do índice geral, o IRDH - Índice de Risco de Desabastecimento Hídrico do Rio Grande do Norte. Esse índice é consonante com a hipótese da pesquisa pois agrupa as esferas ambiental, infraestrutural, planejamento estatal e socioeconômica na caracterização do risco de desabastecimento hídrico do estado.

Após a descrição do resultado de cada indicador - e suas variáveis - que compõe o IRDH, sendo observado os mapas-resultados da análise, resta o resultado do índice geral para a região

oeste, também especializado. A figura 5 mostra a configuração do resultado do IRDH para a região oeste de abastecimento hídrico do Rio Grande do Norte. Nele, percebe-se a sobreposição dos indicadores a partir da fórmula geral inerente ao IRDH, sendo o indicador infraestrutura o de maior peso (1,75), seguido pelo indicador ambiental (1,0), conforme citado anteriormente. Os indicadores de planejamento estatal (0,75) e socioeconômico (0,5) são os que têm menor peso no cálculo do índice.

Figura 5 - IRDH: Índice de Risco de Desabastecimento Hídrico/Região Oeste do RN



Fonte: elaboração própria (2019).

A partir da figura 5, conclui-se que a região oeste não apresentou nenhum município com ‘muito baixo’ risco de desabastecimento e três (3) classificados como de ‘baixo’ risco (Upanema, Mossoró e Areia Branca). Tratam-se de municípios com boa infraestrutura hídrica, de maneira geral, sendo abastecidos por poços tubulares e/ou de forma mista, também por adutora (Mossoró), além desses poços serem de boa vazão e qualidade, captados no Arenito Açu, o melhor aquífero do estado quanto a resistência de utilização em períodos de seca, além das condições de potabilidade e potencial de exploração. Sobre estes municípios, também é

preciso pontuar que tem corpos d'água superficiais que poderiam (mediante estudo de qualidade) ser utilizados como alternativa de abastecimento, no caso de Mossoró e Upanema.

O resultado da análise espacial do IRDH para a região oeste classificou sete (7) municípios com 'médio' risco: Tibau, Grossos, Baraúna, Apodi, Felipe Guerra, Caraúbas e Gov. Dix-sept Rosado, os quais têm, de maneira geral, apresentou resultados ruins no indicador de planejamento, assim como o indicador socioeconômico, os quais, quando associados, os caracteriza como intermediários na classificação do IRDH, colocando-os na categoria 'médio' risco de desabastecimento hídrico.

Seis (6) municípios da região oeste foram classificados como 'alto' risco (Patu, Messias Targino, Janduís, Campo Grande, Triunfo Potiguar e Serra do Mel) e nenhum como 'muito alto' risco. Isso se dá, principalmente, pela infraestrutura hídrica deficiente e características ambientais destes municípios, corroborando com os pesos dos indicadores. No concernente às características ambientais, tratam-se de municípios localizados no cristalino potiguar, áreas com baixa disponibilidade/vazão de captação hídrica subterrânea e que dependem das adutoras captando água a quilômetros de distância na barragem Armando Ribeiro Gonçalves e/ou Rio Piranhas-Açu. Além disso, a vulnerabilidade de contaminação do manancial subterrâneo destes municípios (menos Serra do Mel) aumenta bastante, devido ao tipo de aquífero ser fissural (cristalino potiguar). Essas características, associadas, aumentam o nível de risco geral, a partir do indicador ambiental. A tabela 5 apresenta os resultados do IRDH na região oeste do RN, assim como a população atingida por cada categoria de risco.

Tabela 5 - Quantitativo Populacional Municipal do IRDH por nível de risco - Região Oeste de abastecimento hídrico, Rio Grande do Norte.

Nível de Risco	Municípios	População Urbana (Hab.)	População Urbana Total (Hab.)
Muito Alto	---	---	---
Alto	Patu	10.159	27.686
	Serra Do Mel	2.698	
	Messias Targino	3.638	
	Janduís	3.992	
	Campo Grande	5.002	
	Triunfo Potiguar	2.197	
Médio	Apodi	17.531	66.810
	Baraúna	15.210	
	Caraúbas	13.514	
	Tibau	2.835	
	Felipe Guerra	3.875	
	Governador Dix-Sept Rosado	6.806	
	Grossos	7.039	
	Upanema	6.298	263.856
Baixo	Mossoró	237.241	
	Areia Branca	20.317	
Muito Baixo	---	---	---

Fonte: elaboração própria (2019).

A partir da análise do resultado exposto na tabela 6, pode-se concluir que o resultado no IRDH para a região oeste de abastecimento hídrico do estado, o indicador de planejamento estatal, para os municípios identificados com alto risco de desabastecimento hídrico, teve influência significativa aparece elevado para estes municípios, pois eles tiveram ocorrências de colapso hídrico no último período de seca (menos Serra do Mel) entre 2012-2018 (V11), além

de não ter estrutura de órgãos municipais para gestão do risco no município, como defesa civil estruturada, e não terem obras ou medidas estruturais a serem realizadas ou em andamento, para redução do risco de desabastecimento hídrico.

Quanto ao indicador infraestrutura, os municípios com ‘alto’ risco de desabastecimento na região oeste, além de terem uma rede de distribuição urbana geral antiga, elas foram construídas ou ainda tem, em partes da rede, material construtivo mais vulnerável a danos (cimento amianto, por exemplo). Outra variável que aumentou o índice para infraestrutura destes municípios foi a quantidade e capacidade dos reservatórios. Armazenar água em tempos de escassez é fundamental para resistência ao desabastecimento hídrico em municípios como Messias Targino, por exemplo, onde há apenas um (1) reservatório elevado com capacidade para 40 m³.

No caso de Serra do Mel, trata-se de uma cidade composta por várias vilas, com condições urbanas nestes locais, porém com abastecimento hídrico urbano caracterizado como tal apenas na sua vila central (Brasília). Desse modo, o nível de atendimento considerado como abastecimento hídrico urbano cai bastante no município. Lá também não há tratamento de esgoto, fazendo com que sua vulnerabilidade para o indicador infraestrutura seja aumentada.

CONCLUSÃO

Assim como outras regiões do estado, a integração de sistemas de abastecimento hídrico pode ser uma solução para diminuição dos problemas encontrados na região oeste de abastecimento do estado. Uma ação proposta para minimizar a vulnerabilidade seria o investimento em pesquisa por mananciais subterrâneos, visto que a região tem grande parte de seus limites sobre a bacia potiguar, que é uma formação sedimentar com o aquífero açu e jandaíra que têm alto potencial de exploração, tanto em qualidade (principalmente o arenito Açú), quanto em quantidade de água disponível. Além disto, nos municípios localizados na região do cristalino potiguar, pode-se investir em captações auxiliares em pequenos açudes municipais e/ou integração de sistemas de abastecimento, a partir das adutoras existentes.

Outra ação refere-se a adutora Arnóbio Abreu (municípios de Campo Grande, Paraú, Janduí, Messias Targino, Triunfo Potiguar e Patu) que pode ser integrada com a adutora do Alto Oeste, ou adutora de Caraúbas que tem captação através de poços com alta vazão e potabilidade. Esta integração aumentaria o potencial de vazão hídrica da adutora que abastece estes municípios da região oeste localizados sobre rochas do cristalino potiguar. Estas ações demandam de investimentos, tanto em pesquisa, quanto em materiais e mão-de-obra, a expansão de qualquer rede de adutoras é um serviço terceirizado pelo estado de alto valor, porém é um investimento de alto retorno agregado, pois a segurança hídrica é uma condição fundamental para o desenvolvimento local e regional, geração de emprego, captação de impostos, fortalecimento da agricultura e comércio local.

Neste contexto, a pesquisa e proposição de um sistema de indicadores de risco de desabastecimento hídrico do estado se mostra produtiva na análise da vulnerabilidade dos municípios ao desabastecimento hídrico, sendo um importante parâmetro para o planejamento do estado, política de recursos hídricos e mitigação dos problemas de abastecimento hídrico a partir da redução do risco. Neste sentido, diminuir a vulnerabilidade municipal ao desabastecimento hídrico é fundamental para reduzir custos com a efetivação do colapso hídrico, gastos elevados para a sociedade e governo, como ocorreu no último período de estiagem prolongado, entre 2012 e 2017.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. Q. de. **Vulnerabilidades Socioambientais de Rios Urbanos: Bacia Hidrográfica do Rio Maranguapinho, Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará.** Tese (Doutorado) - Departamento de Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. São Paulo, 2010.
- ALMEIDA, L. Q. de; WELLE, Torsten; BIRKMANN, Jörn. Disaster risk indicators in Brazil: A proposal based on the world risk index. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, [s.l.], v. 17, p. 251-272, 2016.
- BARBETTA, Pedro Alberto. **Estatística Aplicada às Ciências Sociais.** 1ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 1994.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Manual de Planejamento em Defesa Civil.** Brasília, DF, 1999.
- BLAIKIE, Piers et al. **At Risk: Natural Hazards, people's vulnerability, and disasters.** 1 ed. Londres: Routledge, 1994.
- CREPANI, E. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Org.). São José dos Campos. 124p. 2001. Disponível em: <<<http://www.dsr.inpe.br/dsr/simeao/Publicacoes/SERGISZEE3.pdf>>>. Acesso em 01 jul. 2011.
- GUERRA, A. J. T. et al. **Criação de um sistema de previsão e alerta de riscos a deslizamentos e enchentes, visando minimizar os impactos socioambientais no bairro Quitandinha, Bacia do Rio Piabanha (Afluente Do Paraíba Do Sul), Município de Petrópolis-RJ.** In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL, 2, 2009. Anais...São Paulo: IPABHi.
- MACEDO, Y. M. **Vulnerabilidade socioambiental no Bairro Mãe Luiza, Natal-RN/Brasil.** Dissertação (Mestrado em Geografia) -UFRN, Natal, 2015. 175 f.
- MARANDOLA J. E.; HOGAN, D. J. **As dimensões da Vulnerabilidade. São Paulo em Perspectiva**, v. 20, n. 1, p. 33-43, 2004.
- MEDEIROS, M. D. **Vulnerabilidade Social E Exposição a Riscos Naturais no Município de Natal, RN.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – UFRN, Natal, 2014.
- SMITH, K. **Environmental Hazards: assessing risk and reducing disaster.** 3th ed. London: Routledge. 2001.
- VEYRET, Y. **Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente.** 1 ed. São Paulo: Contexto, 2007.
- WELLE, T. BIRKMANN, J. **The World Risk Index – An Approach to Assess Risk and Vulnerability on a Global Scale,** Institute of Spatial and Regional Planning University of Stuttgart, Alemanha, 25 de setembro de 2015.

WHITE, G. F.; KATES, R. W.; BURTON, I. Knowing better and losing even more: the use of knowledge in hazards management. **Environmental hazards**. V. 3, n. 3-4, set./dez., p. 81-92, 2001.

AGRADECIMENTOS

Faz-se necessário agradecer ao PPGE/UFRN – Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, na figura do professor Dr. Adriano Lima Troleis, por todo apoio e orientações sempre pertinentes ao longo desta pesquisa. Também à Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação (PROPI) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), pela vinculação desta pesquisa em nível de doutoramento no quadro de projetos de pesquisa da instituição, através do Edital nº 09/2018 (3ª chamada) - PROPI/RE/IFRN.