

IV-604 - ANÁLISE COMPARATIVA DOS ÍNDICES DE SEGURANÇA HÍDRICA EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE DO ESTADO DA PARAÍBA

Roberta Lima de Lucena⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental (UFCG). Doutoranda em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais (PPGEGRN/UFCG).

Sahara Guimarães da Cruz⁽²⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECA/UFCG).

Gabriele Farias de Oliveira⁽³⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Dayse Luna Barbosa⁽⁴⁾

Professora Doutora da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

Andréa Carla Lima Rodrigues⁽⁵⁾

Professora Doutora da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

Endereço⁽¹⁾: BR 104, km 117 – Condomínio Atmosphaera Green, lote 80 – Lagoa Seca/PB – CEP: 58.117-000 - Brasil - Tel: (81) 9.9247-1328 - e-mail: robertalimacg@yahoo.com.br

RESUMO

O acesso à água é fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade, sobrevivência humana e manutenção ecossistêmica, sendo um dos objetivos do novo marco legal do Saneamento Básico. A Lei Federal nº14.026/2020 incentiva a regionalização dos serviços, através do agrupamento de municípios para o fornecimento em conjunto dos serviços de saneamento. Em atendimento à Lei, o Estado da Paraíba fez um estudo que resultou na divisão do Estado em quatro Microrregiões de Saneamento Básico. Com o intuito de analisar a segurança hídrica nessas microrregiões, este artigo tem como objetivo analisar o Índice de Segurança Hídrica (ISH) em 30 municípios do Estado da Paraíba localizados em microrregiões distintas. A metodologia utilizada na obtenção do ISH foi desenvolvida pela Agência Nacional de Águas – ANA, com quatro dimensões, Humana, Econômica, Ecossistêmica e Resiliência. Os resultados apontaram que os municípios da regional Alto Piranhas, apresentaram ISH médio, porém a sua regional não oferece boas condições socioeconômicas, demográficas, operacionais e de disponibilidade hídrica, ou seja, ela não conseguirá dar suporte aos municípios. Referente aos municípios das regionais Borborema e Espinharas, apresentaram ISH variando entre baixo e médio, e ambas as regionais possuem condições favoráveis com relação a disponibilidade hídrica, entretanto a regional do Espinharas não oferece um suporte positivo do ponto de vista socioeconômico e demográfico, diferentemente da microrregião Borborema que é bem atrativa, considerando o mesmo ponto de vista. Por fim, os municípios da regional do Litoral apresentaram ISH baixo, entretanto, as condições são bem favoráveis quanto à disponibilidade hídrica da regional e aos aspectos socioeconômicos, o que possibilitará aos municípios receber um maior suporte em relação à Segurança Hídrica.

PALAVRAS-CHAVE: Segurança Hídrica; Regionais de Saneamento; Dimensões do ISH.

INTRODUÇÃO

O acesso a água potável e limpa e ao saneamento é um direito essencial para o pleno gozo da vida e de todos os direitos humanos (ONU, 2010). Segundo Mota (2012), o saneamento tem caráter preventivo, pois visa proporcionar às pessoas um ambiente no qual sejam garantidas as condições necessárias à promoção da saúde e da qualidade de vida.

No Brasil o saneamento básico é um direito reconhecido pela Constituição Federal e é determinado pela Lei nº 11.445/2007, conhecida como Lei do Saneamento Básico, que estabelece diretrizes nacionais na prestação desses serviços e determina a universalização do acesso como um dos seus princípios fundamentais. Em julho de 2020, a Lei nº 14.026 atualizou a Lei nº 11.445/2007 e uma das principais mudanças trazidas nessa nova lei é a prestação regionalizada de serviços de água e esgoto (BRASIL, 2020).

A Paraíba em conformidade com o prescrito na Lei nº 14.026/2020 instituiu, através da Lei Complementar nº 168 de 2021, as 4 Microrregiões de Saneamento Básico (MSB) para a prestação de serviços de água e esgoto: Alto Piranhas, Espinharas, Borborema e Litoral. Essa regionalização se deu através de um estudo técnico desenvolvido pela Fundação para Pesquisa e Desenvolvimento da Administração, Contabilidade e Economia – Fundace (FUNDACE, 2021).

Entretanto, surge um questionamento acerca da segurança hídrica desse sistema de regionalizações no estado. Um estudo da regionalização do saneamento, considerando os cenários hídricos e a sustentabilidade econômico-financeira das microrregiões de água e esgoto da Paraíba, apontou uma insustentabilidade das três microrregiões: Alto Piranhas, Borborema e Espinharas; e um favorecimento da microrregião do Litoral, tanto em relação as condições climáticas, quanto questões econômicas (BARRETO et. al, 2021).

De acordo com a ONU (2013), a segurança hídrica está relacionada a disponibilidade de água em quantidade e qualidade suficientes ao atendimento às necessidades humanas, como também ao desenvolvimento de atividades econômicas, além de assegurar a proteção contra poluição e desastres relacionados à água, e preservação de ecossistemas em um clima de paz e estabilidade política.

O Plano de Segurança Hídrica Nacional (PNSH) criou o Índice de Segurança Hídrica (ISH) com o intuito de apresentar de forma clara e objetiva as dimensões de segurança hídrica acrescentando o conceito de riscos aos usos de água. O ISH foi composto levando com as 4 dimensões: humana, econômica, ecossistêmica e resiliência (ANA, 2019).

O ISH resulta em um número que vai gerar uma classificação, variando de um grau mínimo de segurança hídrica até um grau máximo. Ao analisar esse índice será possível avaliar se o município está incluído na regional que oferece melhores condições de segurança hídrica.

OBJETIVOS

Analisar a situação hídrica de 30 municípios paraibanos através do cálculo do Índice de Segurança Hídrica (ISH), comparando a vulnerabilidade com a disponibilidade hídrica em cada regional de saneamento na qual estão inseridos.

METODOLOGIA

Nesse artigo foi utilizada a metodologia desenvolvida pelo Manual Metodológico da Agência Nacional de Águas – ANA. Nesse manual está demonstrado todo o procedimento utilizado na determinação do Índice de Segurança Hídrica, considerando dimensões, indicadores e variáveis para possibilitar a classificação do índice em graus de segurança hídrica (ANA, 2019).

O Índice de Segurança Hídrica - ISH contempla quatro dimensões, Humana, Econômica, Ecossistêmica e Resiliência, como apresenta o manual metodológico (ANA, 2019). Essas dimensões são compostas por indicadores capazes de metrificar aspectos pertinentes. Esses indicadores são classificados e graduados com uma escala de números naturais que variam de 1 a 5, sendo a ordem crescente proporcional a segurança hídrica (Tabela 1).

Tabela 1: Classificação segundo o ISH

Símbolo	Intervalo	Grau
	1,00 - 1,5	Mínimo - 1
	1,51 - 2,5	Baixo - 2
	2,51 - 3,5	Médio - 3
	3,51 - 4,5	Alto - 4
	4,51 - 5,0	Máximo - 5

A dimensão Humana aborda dois indicadores, são eles: o abastecimento da população urbana e a cobertura da rede de abastecimento, o índice de segurança dessa dimensão é obtido a partir da média ponderada entre o grau de segurança em função dos indicadores, sendo considerados os pesos sete e três, respectivamente. O

indicador que trata do abastecimento da população urbana é calculado multiplicando a população urbana e o fator de risco total, obtido através do balanço hídrico, e então determina-se o grau em função desse indicador (Tabela 2).

O Fator de Risco é uma forma de estudar a vulnerabilidade e a exposição a determinados eventos que comprometem a segurança hídrica. Nesse estudo, foi calculado, através das equações 1 e 2, o risco pós-déficit que ocorre quando parte da demanda por água não é atendida e o risco iminente ocorre no limite do déficit, ou seja, quando parte da população se encontra em risco iminente de não ter suas demandas por água atendidas.

$$FR_{(Pós-déficit)} = 1 - \frac{\text{disponibilidade}}{\text{demanda}} \quad (1)$$

$$FR_{(Iminente)} = \frac{1}{3} \times \left(\frac{\text{disponibilidade}}{\text{demanda}} \right) \quad (2)$$

Nos casos em que não houve déficit no atendimento, ou seja, quando a relação disponibilidade/demanda ≥ 1 , o Fator de Risco pós déficit é adotado como sendo zero, e, nesse caso é calculado o fator de risco Iminente conforme a Equação 3.

$$FR_{(Iminente)} = \frac{1}{3} \times \left(\frac{\text{disponibilidade}}{\text{demanda}} \right)^{-2} \quad (3)$$

Tabela 2: Grau de segurança hídrica em função do abastecimento da população urbana

População Urbana em Risco (absoluta)	População em Risco (%)				
	0 - 20%	20 - 40%	40 - 60%	60 - 80%	80 - 100%
< 2.000	5	5	4	4	3
2.000 - 5.000	5	4	3	3	2
5.000 - 10.000	4	3	3	2	2
10.000 - 50.000	4	3	2	2	1
> 50.000	3	2	2	1	1

Fonte: ANA (2017).

O outro indicador da dimensão Humana é o da cobertura da rede de abastecimento, que é avaliado com os dados do percentual de atendimento com rede geral obtidos do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Logo, é determinado o grau de segurança hídrica (Tabela 3).

Tabela 3: Grau de segurança hídrica em função da cobertura da rede de abastecimento.

Grau de Segurança Adotada	Cobertura de Rede de Abastecimento (%)	
	Limite Inferior	Limite Superior (\leq)
1	0	80
2	80	90
3	90	95
4	95	98
5	98	100

Fonte: ANA (2017).

De acordo com o manual da ANA, a dimensão econômica é calculada pela média entre a garantia de água para a indústria e atividades agropecuárias, sendo média ponderada entre a garantia de água da agricultura, peso 7, e pecuária, peso 3. Em todos os indicadores levou-se em conta o Fator de Risco no cálculo do risco hídrico atrelado a economia. Nessa dimensão não estão presentes as atividades ligadas ao comércio e a prestação de serviços pelo fato desses consumos estarem na dimensão humana.

A Pesquisa de Agrícola Municipal - PAM e o Atlas da Irrigação, foram fontes no cálculo da produção irrigada, e através da Pesquisa Pecuária Municipal do IBGE e dos valores de mercado foi possível encontrar o valor da produção pecuária. Multiplicando esses valores pelo fator de risco encontra-se o valor em risco para agricultura e pecuária e realiza-se a classificação do grau de segurança pelas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4: Grau de segurança em função do valor de produção pecuária em risco

Valor em risco (mi R\$)	Valor em Risco (%)				
	0 - 10%	10 - 20%	20 - 30%	30 - 40%	> 40%
< 1,0	5	5	4	3	3
1,0 - 5,0	5	4	3	3	2
5,0 - 15,0	4	3	3	2	2
15,0 - 35,0	3	3	2	2	1
> 35,0	3	2	2	1	1

Fonte: ANA (2017).

Tabela 5: Grau de segurança em função do valor de produção agrícola irrigada em risco

Valor em risco (mi R\$)	Valor em Risco (%)				
	0 - 10%	10 - 20%	20 - 30%	30 - 40%	> 40%
< 1,0	5	5	4	3	3
1,0 - 5,0	5	4	3	3	2
5,0 - 10,0	4	3	3	2	2
10,0 - 50,0	3	3	2	2	1
> 50,0	3	2	2	1	1

Fonte: ANA (2017).

O grau de segurança em função da produção industrial é definido através da utilização de dados do Valor Agregado Bruto Industrial e a partir do Produto Interno Bruto dos municípios fornecidos pelo IBGE, obtendo valor em risco da produção industrial (Tabela 6).

Tabela 6: Grau de segurança em função do valor de produção industrial em risco

Valor em risco (mi R\$)	Valor em Risco (%)				
	0- 10%	10 - 20%	20 - 30%	30 - 40%	>40%
< 1,0	5	5	4	3	3
1,0 - 10,0	5	4	3	3	2
10,0 - 25,0	4	3	3	2	2
25,0 - 150,0	3	3	2	2	1
> 150,0	3	2	2	1	1

Fonte: ANA (2017).

Para determinar o grau de segurança hídrica da dimensão de Resiliência são avaliados indicadores de condições naturais ou artificiais, se a condição artificial apresentar um grau maior que a média dos indicadores de condições naturais, realiza-se a média entre as condições citadas, caso contrário é adotado o grau obtido da condição natural.

O indicador da condição artificial é definido pelo volume potencial de reservação, que é calculado com dados dos reservatórios que estão situados até 50 Km de distância. Então toma-se o volume máximo e a distância do reservatório até o município e calcula-se esse volume potencial, sendo ele diretamente proporcional ao volume reservado e inversamente proporcional ao quadrado da distância.

Os dados referentes aos volumes e as distâncias dos reservatórios até o município foram obtidos do programa Google Earth e as informações disponibilizadas no site da AESA, identificando a localização dos açudes e

volumes máximos. Definido o volume potencial utilizou-se a Tabela 7 na definição do grau de segurança hídrica para condição artificial.

Tabela 7 - Grau de segurança hídrica em função do volume potencial de reservação artificial

Grau de Segurança Adotada	Cobertura de Rede de Abastecimento (%)	
	<i>Limite Inferior</i>	<i>Limite Superior (<=)</i>
1	0,000	1,000
2	1,000	1,9022
3	1,9022	4,0671
4	4,0671	16,2072
5	16,2072	-

Fonte: ANA (2017).

A condição natural tem-se 3 indicadores: o potencial de armazenamento subterrâneo, a reservação natural e a variabilidade da chuva. O primeiro é avaliado pelo Coeficiente de Infiltração – CI, obtido no Mapa de Áreas Aflorantes do Aquíferos e Sistemas de Aquíferos e classificado de acordo com a Tabela 8.

Tabela 8: Grau de segurança hídrica em função do coeficiente de infiltração

Grau de Segurança	<i>Critério de CI</i>
1	CI < 1% e unidades pouco produtivas
2	10% < CI < 15%
3	5% < CI < 10%
4	1% < CI < 5%
5	CI ≥ 15% e Porosos ou Cársticos sem CI

Fonte: ANA (2017).

O indicador da reservação natural reflete a garantia de vazão de base a partir da recarga de água subterrânea da região. O cálculo se faz a razão entre a vazão mínima natural $Q_{95\%}$ e a vazão média de longo termo Q_{MLT} , disponibilizados pela ANA, e então realiza-se a classificação seguindo a Tabela 9.

Tabela 9: Grau de segurança hídrica em função do volume potencial de reservação artificial

Grau de Segurança Adotada	Razão $Q_{95\%}$ e Q_{MLT}	
	<i>Limite Inferior</i>	<i>Limite Superior</i>
1	0,000	0,085
2	0,085	0,161
3	0,161	0,253
4	0,253	0,373
5	0,373	-

Fonte: ANA (2017).

Na condição natural têm-se a variabilidade pluviométrica que é representada pelo Coeficiente de Variação – CV, obtido na AESA. Calculado o CV, realiza-se a classificação conforme a Tabela 10.

Tabela 10: Grau de segurança hídrica em função da variabilidade pluviométrica

Grau de Segurança Adotada	Coeficiente de variabilidade pluviométrica (CV)	
	Limite Inferior	Limite Superior (<=)
1	0,25	-
2	0,21	0,25
3	0,19	0,21
4	0,17	0,19
5	0,00	0,17

Fonte: ANA (2017).

Fazem parte da dimensão ecossistêmica três indicadores: quantidade e qualidade de água adequada para usos naturais; e segurança das barragens de rejeitos de mineração. O grau de segurança dessa dimensão é definido como a média simples dos indicadores citados anteriormente e avaliados seguindo a Tabela 11.

A quantidade de água adequada está representada como a quantidade mínima de vazão necessária para usos naturais. Dessa forma, no cálculo desse indicador foi adotado o percentual de vazão remanescente da Equação 4.

$$\%Vazão\ remanescente = 100\% - \frac{Demanda}{Disponibilidade} * 100\% \quad (4)$$

Tabela 11: Grau de segurança hídrica em função da quantidade de água adequada para os usos naturais

Grau de Segurança	Vazão remanescente
1	0 - 5%
2	5% - 10%
3	10% - 30%
4	30% - 50%
5	≥ 50%

Fonte: ANA (2017).

O cálculo do indicador de qualidade de água para usos naturais é feito com a concentração de DBO, entretanto, nos mananciais em estudo não foram encontrados os dados referentes a concentração de DBO. Sendo assim, foi inserido o Índice de Qualidade de Água (IQA), que consiste em qualificar a situação das águas dos reservatórios com relação a sua contaminação devido ao lançamento de esgotos domésticos e industriais (AESAs, 2009).

A classificação do grau de segurança relacionado a qualidade da água foi feita uma relação entre o DBO e o IQA, onde quanto maior a concentração de DBO em mg/L, menor o IQA e, por consequência, o grau de segurança será menor, como mostra a Tabela 12.

Tabela 12: Classificação de segurança em relação a qualidade da água

Grau de segurança adotado	IQA	Concentração de DBO em (mg/L)
1	0 - 29	≥ 20
2	29 - 36	10 - 20
3	37 - 51	5 - 10
4	52 - 79	3 - 5
5	80 - 100	< 3

Fonte: Adaptado de ANA (2019); PMSB/UFCG (2021).

No indicador de segurança de barragens, o Manual Metodológico da ANA propõe que sejam consideradas as barragens de rejeito de mineração. Todavia, no Estado da Paraíba existe apenas uma barragem de contenção

de rejeitos de mineração e não está localizada em nenhum dos municípios em estudo, dessa forma, para o cálculo desse indicador foram adotadas apenas as barragens que têm como uso principal o abastecimento humano e foram classificadas conforme a Tabela 13 a seguir.

Tabela 13: Grau de segurança hídrica conforme riscos das barragens

		Dano Potencial (Impacto)		
		Baixo	Médio	Alto ou sem informação
Risco estrutural	Baixo	3	3	2
	Médio	3	2	1
	Alto ou sem informação	2	1	1

Fonte: Adaptado de ANA (2019).

Na dimensão econômica foram calculados os indicadores ligados a Garantia de água da Agricultura, Pecuária e atividade industrial. Primeiramente, é definido o índice de segurança para garantia do abastecimento da agricultura e pecuária, com dados coletados da Pesquisa Agrícola Municipal e do Atlas da Irrigação, e também dados da Pesquisa da Pecuária Municipal, com esses valores é feita uma média ponderada em que a agricultura se atribuiu peso 7 e pecuária, peso 3. Já o setor da indústria o índice de segurança é obtido pelo Produto Interno Bruto dos municípios.

A partir dos índices de segurança para o indicador de Garantia de água da Agricultura e Pecuária e o indicador de Garantia de água da atividade industrial, adota-se como grau de segurança hídrica na dimensão econômica o menor valor e classifica seguindo a Tabela 1.

Entretanto, não foi possível realizar tal procedimento devido aos dados do Atlas da Irrigação estarem indisponíveis. Dessa forma, nesse estudo, foram utilizados os valores dos índices de segurança hídrica das atividades econômicas obtidos nos catálogos de Metadados da ANA, com os mesmos pesos propostos no Manual Metodológico.

RESULTADOS

Caracterização das Regionais

De acordo com a Figura 1, observa-se que as microrregiões do Alto Piranhas e Espinharas estão compreendidas com a mesma bacia hidrográfica, a bacia do Piranhas. A microrregião da Borborema está contida principalmente na bacia Paraíba e ainda nas bacias Piranhas, Trairi, Jacu e Curimataú e uma parte da bacia Mamanguape. Referente a microrregião do Litoral pertencem predominantemente as bacias Abiaí, Gramame, Miriri, Mamanguape, Camaratuba e Guáju, e uma porção das bacias Paraíba e Curimataú.

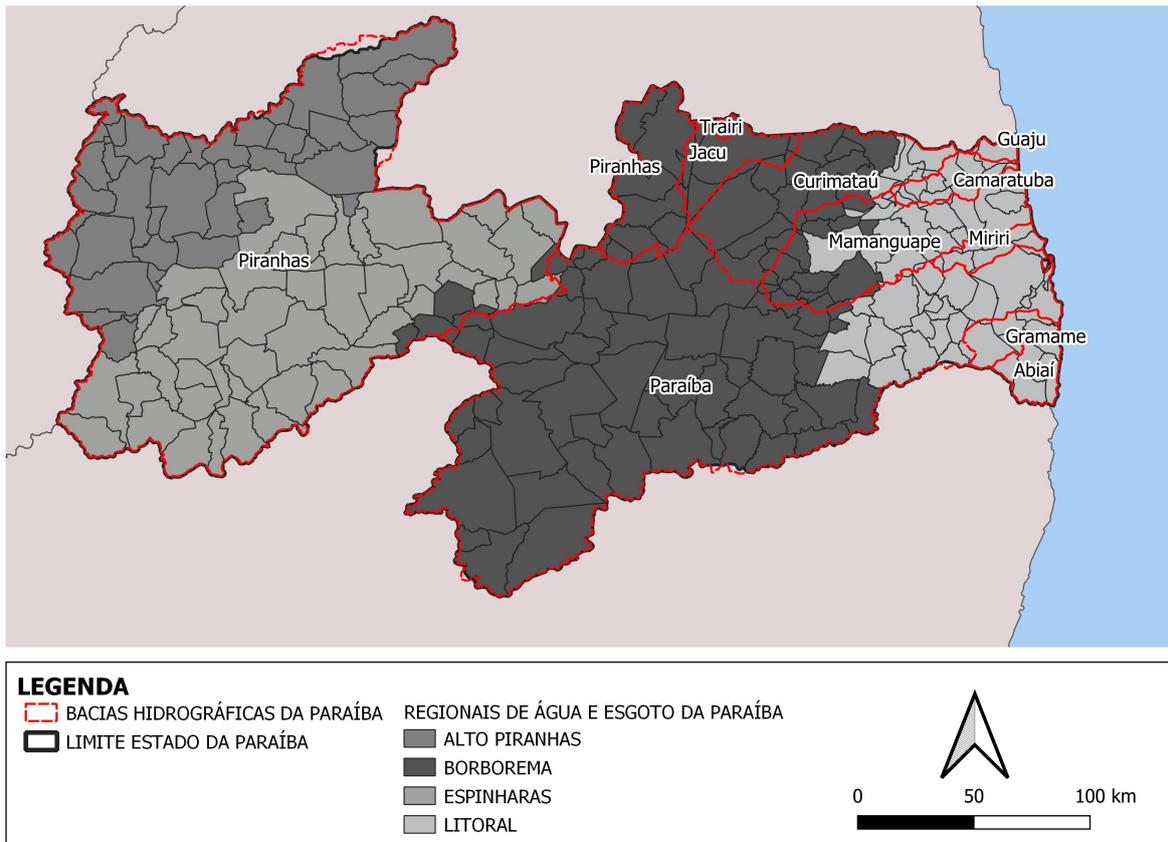


Figura 1: Mapa com as microrregiões de água e esgoto e as bacias hidrográficas da Paraíba

A capacidade hídrica de cada regional foi analisada a partir dos principais reservatórios superficiais pertencentes as quatro microrregiões de água e esgoto. Na Tabela 14 pode-se observar a discrepância entre a disponibilidade hídrica das regionais do Alto Piranhas, Espinharas e Borborema quando comparados aos reservatórios do Litoral. Apesar de possuir uma capacidade de armazenamento menor que os demais, seus volumes ao longo dos anos se aproximam dos 90% na maioria dos casos e períodos, o que não acontece nos reservatórios das outras regionais, em que o mínimo do volume médio chega em torno de 0% e o máximo dificilmente ultrapassa os 45%.

Tabela 14 – Características dos reservatórios

Microrregião de Água	Açude	Capacidade Máxima (m ³)	Volume Médio (%)								
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Alto Piranhas	Eng. Ávidos	293.617.376	15,28	11,89	8,80	6,58	4,65	18,45	18,77	41,98	34,74
	Lagoa do Arroz	80.388.537	17,50	13,69	8,37	15,48	11,04	14,85	13,36	48,65	41,02
	São Gonçalo	40.582.277	27,79	18,87	7,24	34,02	23,25	34,99	42,64	80,04	49,25
Espinharas	Mãe D'Água	545.017.499	34,54	26,56	19,14	11,43	4,63	7,21	7,96	45,21	48,09
	Coremas	744.144.694	38,62	30,39	16,73	6,18	6,14	13,19	12,30	45,21	48,01
	Cachoeira dos Cegos	71.887.047	20,43	31,05	26,61	14,57	17,58	20,66	40,33	65,74	75,18
	Jenipapeiro (Buiú)	70.757.250	8,06	7,80	1,45	0,02	0,32	15,51	30,70	72,10	65,01
	Saco	97.488.089	14,51	23,58	24,14	21,25	19,39	28,17	28,86	51,27	51,99
	Capoeira	53.450.000	17,67	26,26	24,92	17,68	12,58	6,85	22,21	61,47	50,21
	Jatobá I	17.516.000	3,88	26,90	17,05	8,11	2,39	5,68	25,30	77,86	58,74
	Farinha	25.738.500	4,52	12,97	2,00	23,01	6,84	36,70	67,58	81,26	45,64
Borborema	Camalaú	48.107.240	32,34	31,18	19,55	13,28	12,72	11,20	11,48	73,35	65,19
	Sumé	44.864.100	29,38	30,51	16,28	8,29	8,59	7,67	4,35	27,79	19,46
	Epitácio Pessoa	466.525.964	47,54	29,58	17,42	8,33	6,65	25,38	20,37	55,58	40,84
	Taperoá II	14.797.430	6,52	0,10	0,16	0,05	62,45	72,47	64,49	80,02	77,40
	Acauã	253.000.000	37,90	26,37	16,66	11,33	5,32	8,13	8,24	15,07	13,10
	Poções	29.861.562	16,36	15,85	2,61	5,14	5,92	5,52	7,40	76,93	64,24
Litoral	Araçagi	63.289.037	91,45	98,45	96,72	94,79	86,57	93,64	92,93	91,44	67,05
	Tauá	8.573.500	-	29,48	27,29	49,68	46,04	55,83	68,51	74,80	60,46
	São Salvador	12.657.520	88,78	92,48	87,01	88,53	84,07	92,63	95,11	87,56	62,21
	Marés	2.136.637	82,51	83,66	89,51	75,79	88,53	72,33	87,69	91,24	90,09
	Gramame (Mumuaba)	56.937.000	90,91	96,01	86,97	87,93	88,21	91,08	83,91	86,31	71,43

Fonte: OLIVEIRA (2022).

Índice de Segurança Hídrica

O Índice de Segurança Hídrica (ISH) foi obtido através da análise das dimensões humana, econômica, ecossistêmica e de resiliência em alguns municípios do Estado da Paraíba. A seguir, será mostrado o resultado para cada dimensão.

Dimensão Humana

A dimensão humana foi calculada por dois indicadores: o de garantia de água do abastecimento e o de cobertura da rede de abastecimento. Através do cálculo dessa dimensão é possível verificar os déficits de atendimento às demandas efetivas e os riscos associados em cada município.

No cálculo desse indicador é necessário fazer um balanço hídrico superficial com a relação entre demandas e disponibilidades hídricas existentes e verificar se existe um déficit de atendimento. Através dos Planos Municipais de Saneamento Básico, foram obtidos os dados de vazão demandada e capacidade produtiva instalada em cada município analisado. Sendo assim, a partir da relação disponibilidade/demanda identificou-se a existência de déficit no abastecimento.

Analisando os resultados dos trinta municípios estudados, vinte e um apresentam déficit de atendimento, isso significa que a demanda para o atendimento de forma satisfatória da população é maior que a disponibilidade de água existente no município. O mapa com os resultados obtidos está apresentado na Figura 2.

O fator de risco total é obtido através da soma do fator de risco pós déficit e do fator de risco eminente. Analisando os resultados, na regional do Alto Piranhas, os municípios de Poço de José de Moura e Bom Sucesso apresentaram porcentagens de 79% e 61%, respectivamente, para o risco de desabastecimento de água na população. Na regional da Borborema, o município de Santo André apresentou 82% de risco, na regional de Espinharas o município de Água Branca apresentou 65% e na regional do Litoral o município de Caiçara apresentou 63%.

Com base na Tabela 2 foi definido o grau de segurança hídrica em função do risco de abastecimento urbano em cada município. De acordo com os resultados obtidos, os valores do grau de segurança em função da população urbana em risco, variou entre 4 (alto) e 5 (máximo) nos municípios de todas as regionais de saneamento. Apenas o município de Santo André apresentou grau 3, médio.

Com relação ao grau de segurança da cobertura da rede de abastecimento, os municípios analisados que estão localizados na regional do Alto Piranhas apresentaram grau alto e máximo, com exceção do município de Bom Sucesso que possui grau médio. Na regional Borborema, os municípios apresentaram grau médio, alto e máximo e apenas o município de Santo André possui grau mínimo. Na regional Espinharas os municípios possuem grau alto e máximo, isso significa que a cobertura da rede de abastecimento de água abrange cerca de 95 a 100% da população. Na regional do Litoral, o município de Alhandra possui grau médio, Caiçara tem grau alto e São José dos Ramos possui grau mínimo.

Com os valores do grau de segurança em função da população urbana em risco e do grau de segurança em função da cobertura da rede de abastecimento foi obtido o Índice de Segurança Hídrica (ISH) para a dimensão humana. Os resultados da dimensão humana apresentaram grau de segurança hídrica alto e máximo para a maioria dos municípios analisados. Apenas os municípios de Maturéia, Pocinhos e São José dos Ramos possui grau médio e o município de Santo André apresentou grau baixo, conforme pode ser observado na Figura 2.

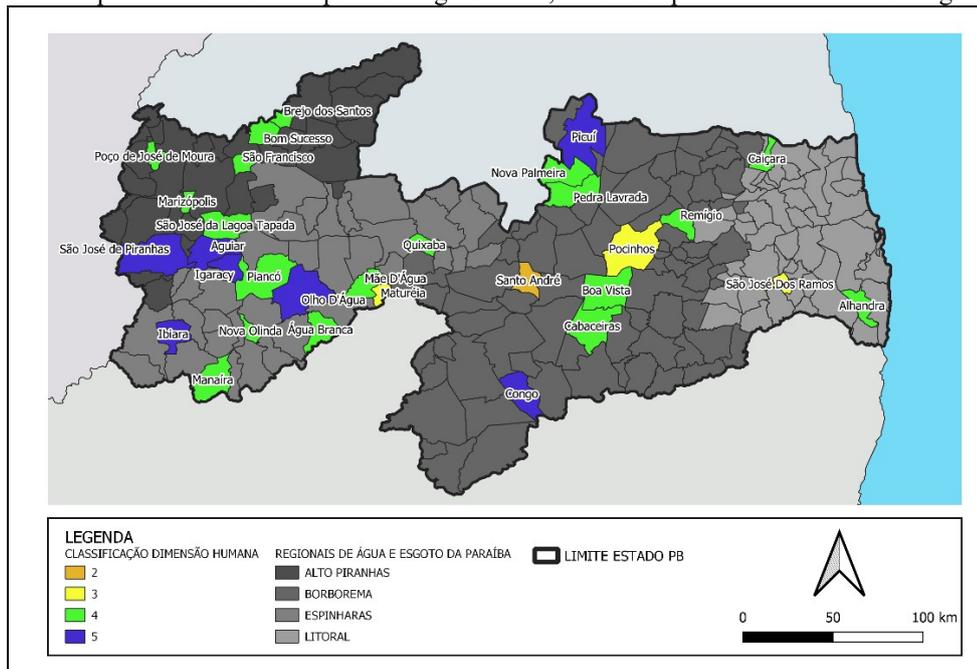


Figura 2: Índice de Segurança Hídrica para a dimensão humana

Dimensão de Resiliência

A dimensão de resiliência retrata os níveis de segurança hídrica relacionados à ocorrências de eventos críticos de secas, quanto menos suscetível com relação a esses eventos, maior é sua segurança hídrica. O resultado do Índice de Segurança Hídrica referente a dimensão de resiliência está apresentado na Figura 3. Os valores obtidos para esse índice foram mínimos e baixos com relação a maioria dos municípios.

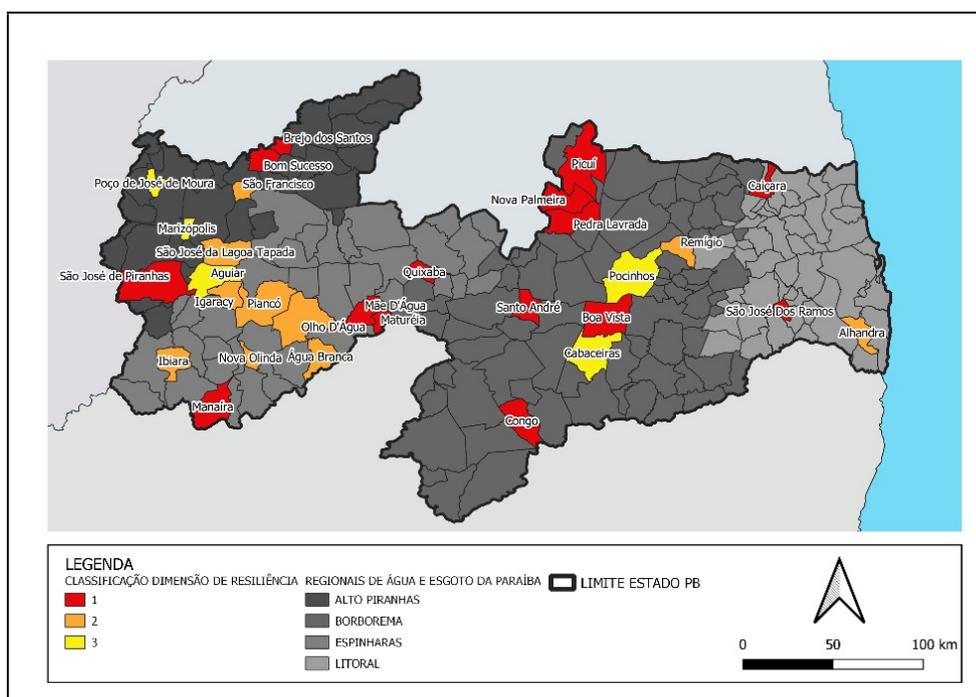


Figura 3: Índice de Segurança Hídrica para a dimensão resiliência

Dimensão Ecológica

Na Dimensão Ecológica os municípios de Alhandra, Congo, Ibiara, Nova Palmeira, Olho d'Água e Picuí, apresentaram ISH de grau baixo de segurança hídrica, como pode ser observado na Figura 4. Os demais municípios apresentaram um grau de segurança médio. Ademais, nenhum município apresentou grau de segurança alto ou máximo, esse resultado pode ser justificado devido ao fato de que a maioria dos municípios estudados terem um baixo grau de segurança quanto a quantidade de água adequada para usos naturais, como também ao grau de segurança das barragens dos municípios.

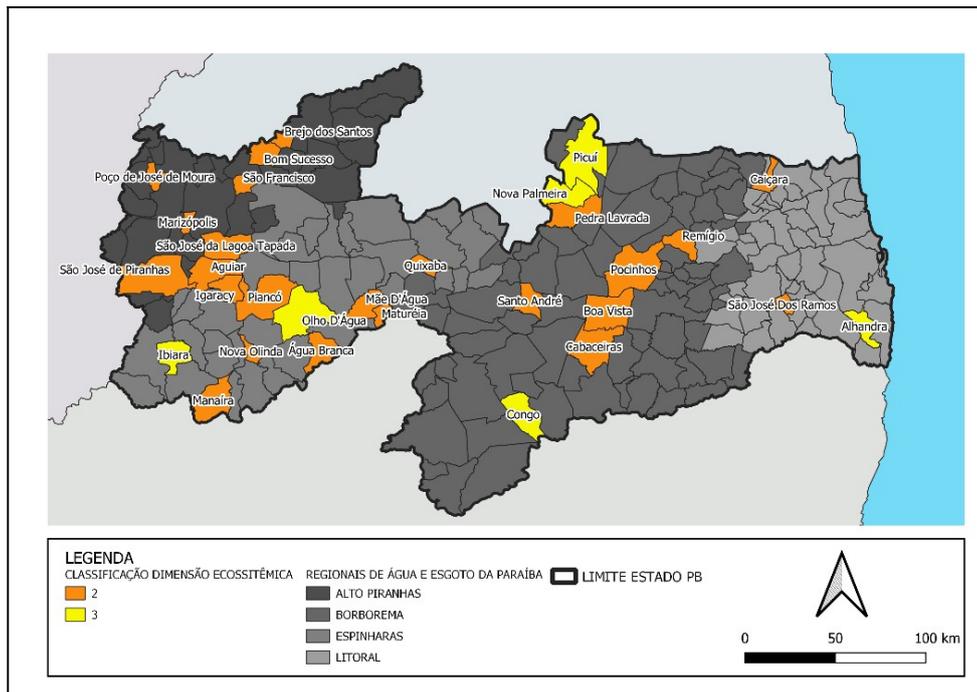


Figura 4: Índice de Segurança Hídrica para a dimensão ecossistêmica

Dimensão Econômica

Na Figura 5 estão os resultados referente ao ISH da dimensão econômica. Pode-se observar que apenas os municípios de Alhandra e Boa Vista apresentaram um ISH com grau mínimo. Os municípios de Mãe d'Água, Manairá, Maturéia, Poço de José de Moura, Santo André, São Francisco e São José dos Ramos, apresentaram ISH médio, ambos de diferentes regionais. O ISH baixo está representado pelos demais municípios. Isso se deve ao fato de que grande parte dos municípios apresentaram um baixo grau de segurança referente à garantia de água para usos industriais, ou seja, a maioria dos municípios estudados apresentam um risco de não atendimento às demandas industriais por água.

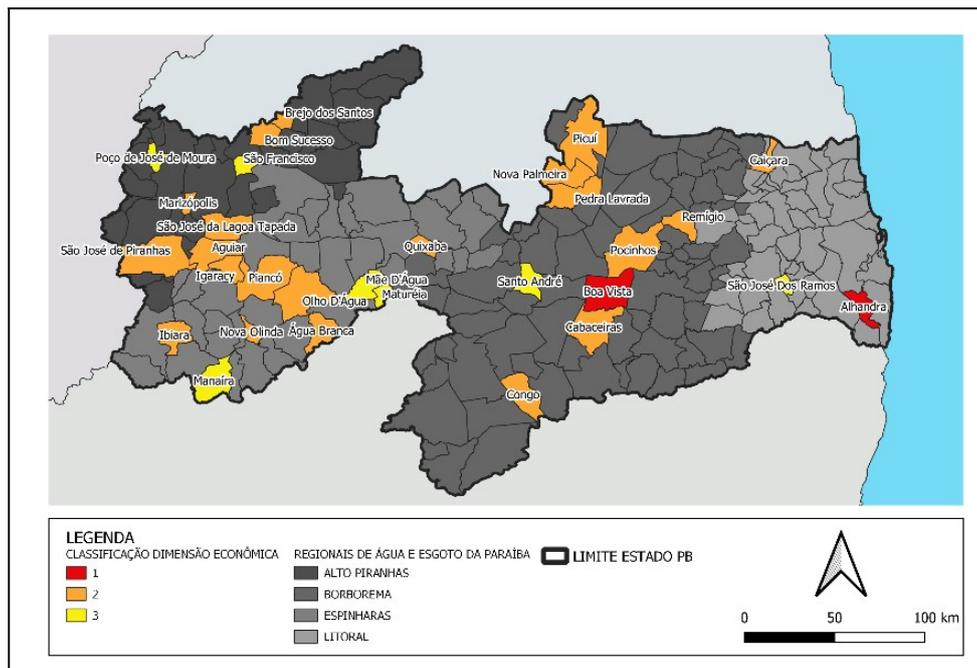


Figura 5: Índice de Segurança Hídrica para a dimensão econômica

ISH final

O resultado do Índice de Segurança Hídrica final nas quatro dimensões está apresentado na Figura 6. Os valores do ISH variaram de baixo a médio em todos os municípios analisados demonstrando que existe uma restrição quanto há disponibilidade de água em quantidade e qualidade suficientes para o atendimento às demandas existentes.

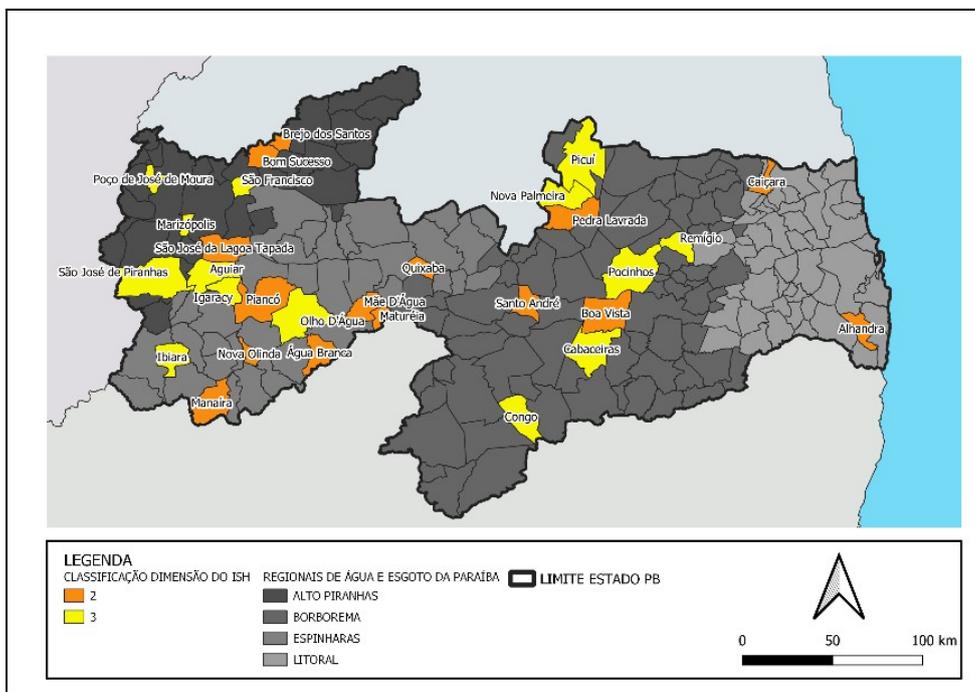


Figura 6: Índice de Segurança Hídrica Final

CONCLUSÕES

Dentre as dimensões analisadas, a dimensão humana apresentou os melhores resultados, destacando os municípios de Aguiar, Congo, Ibiara, Igaracy, Olho d'Água, Picuí e São José de Piranhas, que apresentaram um ISH alto. A dimensão de resiliência apresentou os piores resultados, com um ISH mínimo para 47% dos municípios em estudo. Isso se deve a localização geográfica, uma vez que a Paraíba está localizada no semiárido.

Na dimensão econômica observou-se que os municípios de Alhandra e Boa Vista obtiveram o pior resultado, com um ISH mínimo. Já os melhores resultados foram nos municípios de Mãe d'Água, Manaíra, Maturéia, Poço de José de Moura, Santo André e São Francisco.

A dimensão ecossistêmica possui uma maior similaridade entre os resultados, e 80% dos municípios apresentam ISH baixo, indicando que há uma deficiência na quantidade de água disponível para usos naturais nos municípios. Os melhores índices apresentados nesta dimensão estão localizados na região do Litoral e Borborema, devido tais regionais estarem localizadas em regiões onde há uma maior disponibilidade hídrica do que as demais microrregiões.

O Índice de Segurança Hídrica final manteve-se entre baixo e médio, devido aos resultados poucos satisfatórios encontrados nas referidas dimensões. No contexto das regionais, observou-se que os municípios inseridos na regional Alto Piranhas apresentaram em sua maioria valores de ISH médio, devido aos bons resultados da dimensão humana. Porém, a regional apresenta as piores condições no que se refere as condições socioeconômicas, demográficas, operacionais e de disponibilidade hídrica, ou seja, a regional não irá promover a segurança hídrica dos municípios.

As regionais da Borborema e do Espinharas apresentaram ISH baixo e médio, pois, a maioria dos municípios obtiveram os piores resultados da dimensão de resiliência. Contudo, elas possuem uma disponibilidade hídrica alta, que pode contribuir na melhoria das condições de Segurança Hídrica.

Os municípios da microrregião do Litoral apresentaram ISH baixo, mesmo com os bons resultados da dimensão humana, as demais dimensões não tiveram resultados tão satisfatórios. Entretanto, as condições de disponibilidade hídrica da regional são altas e as condições socioeconômicas e demográficas são atrativas.

Portanto, através desse estudo observa-se que as regionais apresentaram condições similares, no tocante ao ISH final. Todavia, em alguns casos não conseguirão promover as condições de segurança hídrica adequadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AESA- AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. **Relatório anual sobre a situação dos recursos Hídricos no Estado da Paraíba. Ano Hidrológico: 2008-2009.** Paraíba: SEMARH/AESA, 2009
2. ANA – Agência Nacional de Águas. **Manual Metodológico da Agência Nacional de Águas.** Brasília: ANA, 2019.
3. BARRETO, Jhersyka, FEITOSA, Patricia, ANJOS, Kainara e VELEZ, Wilton. **Análise da regionalização do saneamento: Cenários hídricos e (in)sustentabilidade econômico-financeira das microrregiões de água e esgoto da Paraíba.** Disponível: <https://ondasbrasil.org/analise-da-regionalizacao-do-saneamento-paraiba/>. Acesso em: 15 nov. 2022.
4. BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 jan. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm>. Acesso em: 09 nov. 2022.
5. BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. **Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000 [...]** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 jul. 2020. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm>. Acesso em: 09 nov. 2022.
6. FUNDACE. **Estudo Técnico – Regionalização do Saneamento Básico: Paraíba.** Ribeirão Preto – SP, maio de 2021.
7. MACHADO, A., SANTOS, J. **Acesso Ao Abastecimento De Água Em Comunidades Rurais: Os Desafios De Garantir Os Direitos Humanos À Água. Congresso Nacional De Exelência Em Gestão & Inovarse – Responsabilidade Social Aplicada,** 2016.
8. MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental.** 5. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2012.
9. OLIVEIRA, Gabriele Farias. **Análise comparativa da situação hídrica de 4 municípios localizados em diferentes regionais de água e esgoto da paraíba.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, p 73, 2022.
10. ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, Disponível em: < https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_por.pdf>. Acesso em 15 nov. 2022.