

# Análise da sustentabilidade hídrica de comunidades rurais do município de Pombal – PB

Analysis of the water sustainability of rural communities in the  
municipality of Pombal-PB

Diêgo Lima Crispim<sup>I</sup>; Érica Cristine Medeiros Machado<sup>II</sup>; Lindemberg Lima Fernandes<sup>III</sup>;  
Lucas Martins de Araújo<sup>IV</sup>; Mayke Feitosa Progênio<sup>V</sup>

## RESUMO

No semiárido brasileiro, os habitantes convivem com limitações hídricas, situação que se torna mais grave quando é analisado o contexto da área rural. Este artigo tem como objetivo analisar a situação da população rural do município de Pombal-PB no que tange a sustentabilidade hídrica. A área de estudo da pesquisa abrangeu 14 (quatorze) comunidades rurais localizadas no município citado. Foram utilizados indicadores que são aplicados em estudos regionais e locais associando à temática gestão de recursos hídricos com aspectos socioeconômicos em municípios e comunidades rurais. Os dados de entrada para o cálculo do Índice de Sustentabilidade Hídrica Rural (ISHR) foram obtidos através da realização de entrevistas com base em um roteiro de temas em um questionário estruturado fechado a 88 indivíduos residentes nas comunidades selecionadas. Para o cálculo do ISHR foi envolvido ponderações, em que as notas das variáveis dos indicadores e os pesos das dimensões e subdimensões foram definidos e analisados pela aplicação do método Delphi. Os resultados indicaram que o valor médio do ISHR para 14 comunidades foi de 5,6, com desvio padrão de 0,25 e, coeficiente de variação de 4,47%. Os resultados do ISHR mostraram que todas as comunidades são classificadas dentro de uma faixa regular com relação à sustentabilidade hídrica. O ISHR pode ser empregado como uma ferramenta para ajudar os tomadores de decisões no setor hídrico na escolha de prioridades e criação de políticas, estratégias e ações para as comunidades rurais.

**Palavras-chave:** Semiárido; Recursos Hídricos; Abastecimento de água rural; Acesso à água potável

<sup>I</sup> Universidade Federal do Pará/ Instituto de Tecnologia, Pará, Brasil - [orcid.org/0000-0003-1491-2636](http://orcid.org/0000-0003-1491-2636) - [dlimacrispim@gmail.com](mailto:dlimacrispim@gmail.com)

<sup>II</sup> Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil - [lattes.cnpq.br/3532202738738131](http://lattes.cnpq.br/3532202738738131) - [ericacristine@gmail.com](mailto:ericacristine@gmail.com)

<sup>III</sup> Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental / Instituto de Tecnologia / Belém / Pará, Brasil - [orcid.org/0000-0003-1806-4670](http://orcid.org/0000-0003-1806-4670) - [lberge@ufpa.br](mailto:lberge@ufpa.br)

<sup>IV</sup> Universidade Federal de Campina Grande / Pombal / Paraíba - [lattes.cnpq.br/3035020779702322](http://lattes.cnpq.br/3035020779702322) - [lucas261091@gmail.com](mailto:lucas261091@gmail.com)

<sup>V</sup> Universidade Federal do Pará/ Instituto de Tecnologia, Pará, Brasil - <http://orcid.org/0000-0002-1547-7018> - [maykefeitosa@gmail.com](mailto:maykefeitosa@gmail.com)



## ABSTRACT

The Brazilian semiarid region, the inhabitants they live together with water limitations, a situation that becomes more serious when the context of the rural area is analyzed. This article aims to analyze the situation of the rural population of the municipality of Pombal-PB with respect to water sustainability. The spatial cut of the research covered 14 rural communities located in the mentioned municipality. We used indicators that are applied in regional and local studies associating the thematic management of water resources with socioeconomic aspects in municipalities and rural communities. The input data for the calculation of the Rural Water Sustainability Index (RWSI) were obtained through interviews following a script of themes defined in a structured questionnaire closed to 88 individuals residing in the selected communities. For calculation of the RWSI was involved ponderations, in which the notes of the weights of dimensions and subdimensions were defined and analyzed by the application of the Delphi method. The results indicated that the mean RWSI for 14 communities was 5,6, with a standard deviation of 0,25 and a coefficient of variation of 4,47%. The RWSI results showed that all the communities are classified within a regular range with respect to water sustainability. The RWSI can be used as a tool to help decision-makers in the water sector in choosing priorities and creating policies, strategies, and actions for rural communities.

**Keywords:** Semi-arid; Water Resources; Rural water supply; Accessing safe drinking water

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre os recursos naturais a água distingue-se por ser um recurso essencial a vida (ALEIXO et al., 2016). Assim, este recurso é reconhecido como um direito básico do ser humano (ZENG; LIU; SAVENJE, 2013), porém, este elemento vem se tornando cada vez mais limitado (KUMMU et al., 2016), e sua escassez em certos locais é recorrente, por exemplo, no semiárido brasileiro (MEDEIROS, 2014).

A população do sertão nordestino convive com limitações hídricas, situação que se torna mais grave quando é analisado o contexto os habitantes inseridos na área rural (SILVA et al., 2016). Este cenário de escassez de água acarreta vários problemas, por exemplo, crescimento da pobreza e da fome, assim como redução da qualidade de vida e bem-estar das famílias residentes nestes locais, ocasionado desta forma, o êxodo rural e desestabilização da estrutura econômica local (MANCAL et al., 2016).

Esta situação acontece, em geral, porque as condições de subsistência do trabalhador do campo no semiárido nordestino está ligado à disponibilidade hídrica, assim nos períodos de seca atividades econômicas realizadas nas propriedades ficam comprometidas, assim como o acesso à água para consumo humano e dessedentação de animais (ANDRADE; NUNES, 2014).

Neste contexto, as ações para um consumo apropriado e eficaz são mais que essenciais para melhorar ao máximo o volume de água a ser usado no cotidiano, na esperança que este recurso não venha escassear (SILVA et al., 2016).

Para Alves e Araújo (2016) esta situação de escassez hídrica para o consumo humano é um drama social que ocorre periodicamente, sentido principalmente em períodos de secas severas, deixando os habitantes vulneráveis a este evento climático. Dos 3,5 milhões de residências rurais da região Nordeste do Brasil (IBGE, 2010), é provável que mais de 2/3 estejam em tal condição.

No que tange a disponibilidade hídrica no semiárido, está se agrava quando são relacionadas questões como, por exemplo, variabilidade climática e poluição dos corpos d'água, que associada à baixa cobertura de rede de abastecimento de água nas comunidades rurais compromete as condições de subsistência dos habitantes destas localidades (BRASIL, 2012).

No tocante aos problemas da baixa cobertura da provisão de água em áreas rurais se destacam, a título de exemplo, a dispersão das residências nas comunidades rurais, haja vista que são distantes umas das outras ao longo do território, tornando a implantação e operação dos sistemas de abastecimento inexecutáveis do ponto de vista econômico, não retornando ganhos às companhias que prestam o serviço de abastecimento (ALVES; ARAÚJO, 2016).

Esta situação leva a população a buscar água em fontes alternativas, de qualidade sanitária duvidosa, assim como utilizar recipientes não adequados para seu acondicionamento e a condições inapropriadas de transporte e armazenamento da água (RAZZOLINI; GÜNTER, 2008). Além disto, existe a necessidade diária de se

coletar e transportar água para as atividades domésticas, obrigando, sobretudo mulheres e crianças a percorrem longas distâncias (ALVES; ARAÚJO, 2016).

Em face ao exposto, este estudo teve como objetivo analisar a situação da população rural, no que tange a sustentabilidade hídrica. Assim, para responder esta problemática, foi adaptado um índice proposto por Crispim (2015), denominado de Índice de Sustentabilidade Hídrica, este é constituído por dimensões, subdimensões e indicadores para escala de comunidades. Deste modo, foram utilizadas como recorte espacial comunidades rurais situadas no município de Pombal-PB.

Inicialmente na introdução do artigo foi apresentado a importância da água para os seres humanos e a implicação de sua escassez. Além disso, foram abordadas questões concernentes a escassez de água no semiárido nordestino e a dificuldade que a população rural dessa região se defronta para ter acesso a esse recurso para atender suas demandas. Diante da problemática abordada, foi proposto de forma breve e clara, o objetivo do estudo, no qual se fundamentou em uma análise da situação hídrica de moradores de comunidades rurais do município de Pombal-PB. Posteriormente, para alcançar o objetivo central do estudo, foram realizadas consultas de diversas obras acadêmicas para seleção de indicadores, subcomponentes e componentes para integrar o ISHR.

Em seguida, foi aplicado o método participativo Delphi para mensuração dos pesos das componentes e subcomponentes, e as notas das variáveis de cada indicador. Ademais, foram realizadas entrevistas junto à população das comunidades selecionadas, para obtenção de uma base de dados a ser empregado no cálculo do ISHR. Os dados foram tabulados e processados, nos quais passaram por um tratamento estatístico, apresentados em tabelas, sendo realizado uma análise e interpretação dos resultados, baseado em inferências teóricas e comparação com outros estudos previamente publicados, para observar alguma divergência ou convergência com os achados dessas pesquisas. Por fim, nas considerações finais foram apresentadas as principais conclusões dos resultados da pesquisa.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Sustentabilidade Hídrica

Para Ribeiro e Pizzo (2011) a sustentabilidade hídrica consiste em modo preciso na manutenção equilibrada entre a oferta e a demanda hídrica, de forma que tanto as fontes hídricas superficiais como subterrâneas sejam utilizadas com proporções equivalentes ou menores à sua capacidade de recarga. Assim, constata-se que a sustentabilidade hídrica está vinculada a tentativa de uma ligação equilibrada de diversos fatores, dentre os quais se destacam a demanda e a oferta de água. Porém, outros elementos devem ser considerados visando a sustentabilidade hídrica como a escassez qualitativa, a escassez econômica, acessibilidade à água, a saúde pública, integridade ambiental dos ecossistemas, a satisfação e a percepção do usuário de água.

De acordo com Wang et al. (2015), para se alcançar a sustentabilidade hídrica necessita de um acesso universal à água potável, saneamento e higiene, tornar melhor a eficiência do uso da água para finalidades econômicas, fortalecer a administração equitativa, participativa e responsável da água, aperfeiçoar o gerenciamento de águas residuais e preservar a qualidade da água, diminuir os riscos de desastres naturais e influenciados pelas atividades antrópicas.

Coelho e Ludewigs (2015) associaram o conceito de sustentabilidade hídrica na bacia do Ribeirão Pípiripau (BRP) com a necessidade de elaborar uma definição de sustentabilidade que considere a percepção ambiental dos sujeitos locais e atores governamentais, e que demonstre um meio adaptativo presente nos sistemas de gerenciamento da água.

O conceito da sustentabilidade da água é baseado numa visão holística que abrangem questões ambientais, econômicas e sociais (PLUMMER et al. 2012). Assim, a temática que cerca à sustentabilidade da água requer uma abordagem que englobe vários tipos de dados, como uma descrição dos recursos hídricos existentes em um

determinado local, taxas atuais e projetadas de uso da água, estrutura legal e políticas direcionadas para o setor (LINHOSS; JEFF BALLWEBER, 2015).

Para Juwana et al. (2016) um índice de sustentabilidade hídrica consiste em um instrumento útil que pode ser empregado para conseguir informações a respeito da situação dos recursos hídricos, de maneira fácil e podendo ser simplesmente compreendido pelos especialistas e técnicos que atuam no setor hídrico como por leigos. Deste modo, esse índice por ser constituído por indicadores associados à sustentabilidade dos recursos hídricos, que são agrupados para constituir o índice final.

A temática que cerca o gerenciamento dos recursos hídricos ocorre por meio da participação de vários sujeitos, tanto nas deliberações a serem consideradas como na fomentação da conservação, sendo que a gestão da água deve ocorrer de forma participativa e integrada, com a participação de vários atores sociais, visando fortalecer a responsabilidade social, política e administrativa, tendo em vista que o conjunto de problemas que abrangem os recursos hídricos são global, todavia, a solução pode ser iniciada localmente.

Neste estudo, foi proposto um novo índice de sustentabilidade da água, denominado Índice de Sustentabilidade Hídrica Rural (ISHR), sendo elaborado recentemente para cooperar na melhoria do gerenciamento dos recursos hídricos em comunidades rurais do Semiárido. O ISHR foi desenvolvido especificamente com a participação de pesquisadores, especialistas e técnicos com atuação local na área de recursos hídricos e fundamentou-se nas peculiaridades naturais e socioeconômicas da região do Semiárido nordestino.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Seleção dos indicadores para ISHR**

A formação de uma estrutura para executar a escolha de indicadores e variáveis de sustentabilidade é essencial para mensurar a condição dos locais quanto ao

desenvolvimento sustentável e possíveis decisões a serem tomadas (FRAINER et al., 2017).

Para seleção das dimensões, subdimensões e indicadores que compõem ISHR foi utilizado um *check-list* de trabalhos internacionais, regionais e locais que relacionam à temática gestão de recursos hídricos com aspectos socioeconômicos em municípios e comunidades rurais (CARVALHO; CURI, 2015).

As dimensões-chave empregadas nesta pesquisa foram ajustadas do Índice de Pobreza Hídrica (IPH), índice usualmente utilizado em vários estudos em escala internacional (THAKUR et al., 2017; MOLLE; MOLLINGA, 2013; COHEN; SULLIVAN, 2010; GARRIGA; PEREZ-FOGUET, 2010; SULLIVAN; MEIGH, 2010).

Para escolha das subdimensões e indicadores foram consideradas suas particularidades para escala de comunidades rurais, bem como sua simplicidade e clareza. Além disto, um conjunto de pesquisadores e técnicos foram consultados quanto ao corte e a adição de subdimensões e indicadores do ISHR pelo método Delphi. No Quadro 1 são ilustradas as dimensões, subdimensões e indicadores utilizados para composição do ISHR.

Quadro 1 - Dimensões, subdimensões e indicadores do ISHR

Dimensões (5)	Subdimensões (21)	Indicadores (58)	Referências
Capacidade (14)	Educação	Grau de escolaridade	Aleixo et al. (2016) Silva et al. (2016)
		Número de filhos em idade escolar	Aleixo et al. (2016)
	Habitação e propriedade	Situação fundiária	Aleixo et al. (2016)
		Tempo de vivência na comunidade	Aleixo et al. (2016)
		Tipo de construção da residência	Oliveira et al. (2017)
	Aspectos Socioeconômicos	Renda mensal	Mancal et al. (2016)
		Origem da renda da família	Camurça et al. (2016) Silva et al. (2016)
		Assistência de Programa Governamental	Bomfim et al. (2015) Mancal et al. (2016)
		Atividade econômica desenvolvida na comunidade/propriedade	Camurça et al. (2016) Mancal et al. (2016)

	Saúde	Existência de Posto de Saúde	Shimizu et al. (2018) Bomfim et al. (2015)
		Frequência de atendimento médico na comunidade	Shimizu et al. (2018) Bomfim et al. (2015)
	Institucional	Articulação com algum órgão ou entidade	Mancal et al. (2016) Oliveira et al. (2017)
		Existência de associação ou cooperativa na comunidade	Mancal et al. (2016) Oliveira et al. (2017)
		Participação na associação ou cooperativa na comunidade	Mancal et al. (2016) Oliveira et al. (2017)
Recursos Hídricos (11)	Análise sensorial da água	Sabor e odor da água	Gomes; Heller, (2016)
		Cor da água	Gomes; Heller, (2016)
		Satisfação com a água consumida	Gomes; Heller, (2016)
		Forma de desinfecção da água	Gomes; Heller, (2016)
		Ocorrência de doenças de veiculação hídrica	Gomes; Heller, (2016)
	Fonte hídrica	Fonte hídrica utilizada no abastecimento	Aleixo et al. (2016) Silva et al. (2016)
		Disponibilidade de água no período de estiagem	Gomes; Heller, (2016) Alves; Araújo, (2016)
		Mananciais existentes na comunidade.	Gomes; Heller, (2016) Aleixo et al. (2016)
	Manejo dos recursos hídricos	Armazenamento de água	Silva et al. (2009) Gomes; Heller, (2016)
		Capacitações de manejo e conservação de água	Bomfim et al. (2015) Mancal et al. (2016)
		Encarregado (a) do gerenciamento da água	Gomes; Heller, (2016) Alves; Araújo, (2016)
Uso da água (8)	Consumo de água para uso doméstico	Consumo médio diário de água	Aleixo et al. (2016) Silva et al. (2016)
		Atividade doméstica de maior consumo de água na residência	Medeiros (2014) Silva et al. (2016)
	Usos múltiplos e conflitos	Uso da água para mais de uma finalidade	Medeiros (2014) Silva et al. (2016)
		Conflitos pelos usos múltiplos da água	Silva et al. (2015) Silva et al. (2016)
	Disponibilidade de água	Quantidade de água disponível para satisfazer as necessidades	Gomes; Heller, (2016) Razzolini; Günter, (2008)
		Disponibilidade de água para irrigar culturas agrícolas ou para uso não agrícola	Chiod et al. (2015) Silva et al. (2016)
	Percepção sobre uso e conservação da água	Racionalização do uso da água	Silva; Soares; Nóbrega, (2016) Silva et al. (2016)



		Reuso de água	Silva; Soares; Nóbrega, (2016) Silva et al. (2016)
Acesso a água (11)	Abastecimento de água	Acesso a um sistema de abastecimento de água	Gomes; Heller, (2016) Silva et al. (2016)
		Período de recebimento de água.	Silva et al. (2015)
	Esgoto	Percepção sobre o destino do esgoto sanitário	Oliveira et al. (2017)
		Acesso a saneamento básico	Oliveira et al. (2017)
		Tipo de destinação do esgoto sanitário	Gomes; Heller, (2016)
		Tipo de instalação sanitária	Gomes; Heller, (2016) Silva et al. (2016)
	Transporte da água do manancial para residência	Distância média da fonte hídrica até a residência	Gomes; Heller, (2016) Razzolini; Günter, (2008)
		Quantidade de vezes durante o dia para coletar água	Gomes; Heller, (2016) Razzolini; Günter, (2008)
		Duração da coleta, espera e transporte da água	Aleixo et al. (2016) Razzolini; Günter, (2008)
		Meio de transporte utilizado para levar a água	Gomes; Heller, (2016) Razzolini; Günter, (2008)
	Acesso à comunidade	Condição da estrada	Cohen; Sullivan, (2010)
Meio Ambiente (14)	Degradação do solo	Desmatamento ou queimada	Sarmiento et al. (2014) Chiod et al. (2015)
		Extração seletiva da madeira	Bomfim et al. (2015) Chiod et al. (2015)
		Utilização de grades de discos no preparo do solo	Sarmiento et al. (2014) Chiod et al. (2015)
		Vulnerabilidade à erosão hídrica	Sarmiento et al. (2014) Chiod et al. (2015)
		Uso do solo	Sarmiento et al. (2014)
	Manejo e conservação do solo	Plantio direto	Sarmiento et al. (2014)
		Rotação ou consorciação de cultivos	Sarmiento et al. (2014) Chiod et al. (2015)
		Pousio da terra	Sarmiento et al. (2014)
		Práticas conservacionistas do solo	Sarmiento et al. (2014) Chiod et al. (2015)
	Insumos químicos	Utilização de defensivos agrícolas e fertilizantes	Sarmiento et al. (2014) Silva et al. (2015)
	Conhecimento sobre as questões ambientais	Fonte de informação sobre as questões ambientais	Chiod et al. (2015)

	Resíduos sólidos	Separação do lixo seco e lixo úmido	Bomfim et al. (2015) Silva; Cândido (2016)
		Reaproveitamento dos resíduos	Silva; Cândido (2016)
		Destinação dos resíduos sólidos das residências	Bomfim et al. (2015) Silva; Cândido (2016)

Fonte: Autores (2018)

Posteriormente a escolha dos indicadores, estes passaram por um processo de padronização, haja vista que o índice agrega informações de indicadores com distintas unidades ou escalas de medida, logo poderia distorcer a estrutura do índice. Assim, este procedimento empregado teve como propósito normalizar as variáveis dos indicadores, que após a seleção, foram estruturados entre 0 e 10 adimensionais (JUWANA et al., 2012). Estes foram convertidos em índices, com agregações em suas respectivas dimensões para estimar o ISHR. A matriz preparatória com indicadores foi validada por um procedimento externo para analisar sua eficácia na descrição quantitativa do ISHR (Anexado em material suplementar).

### **3.2 Definição dos pesos das dimensões e subdimensões, e notas dos indicadores do ISHR**

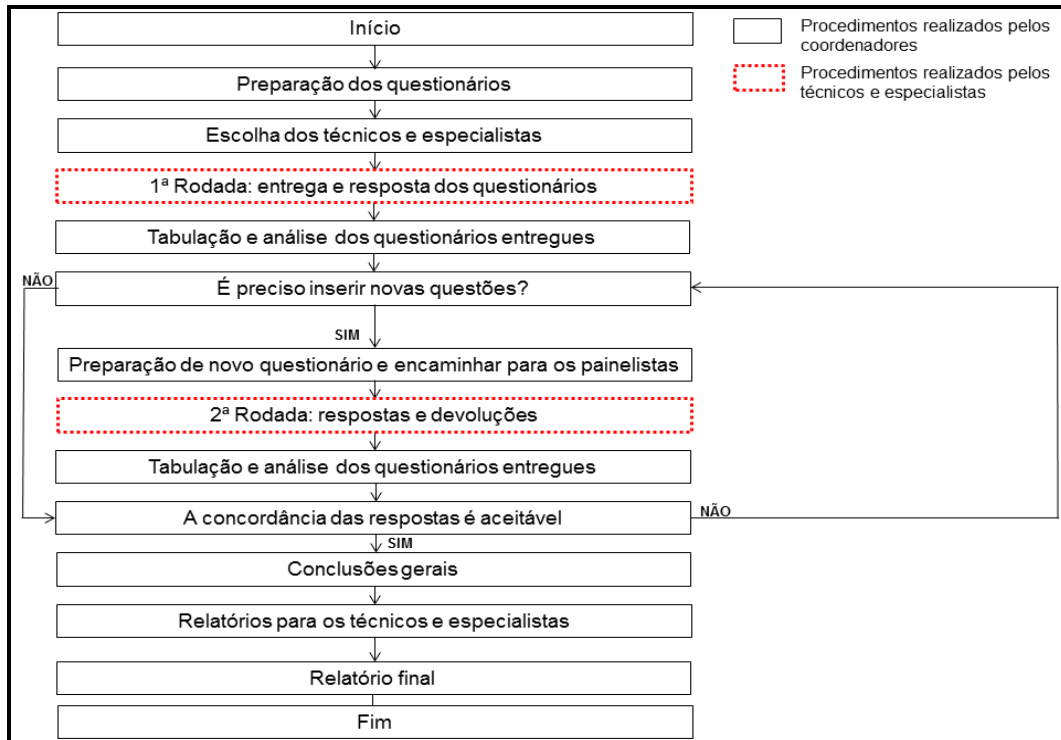
Os pesos das dimensões, subdimensões e indicadores utilizados neste estudo foram determinados por meio do método de Delphi (Figura 1), em que especialistas e técnicos foram requeridos a atribuir pesos para dimensões e subdimensões, assim como notas para as variáveis dos indicadores (Tab. 1).

Este método fundamenta-se na seleção de um conjunto de especialistas e técnicos multidisciplinares em que são solicitados a estabelecer pesos às dimensões e subdimensões, bem como notas para as variáveis dos indicadores preliminarmente selecionadas, com base em sua relevância em um dado contexto (HSUEH, 2015; PALTER et al., 2011).

A opção pela utilização do método Delphi para mensuração dos pesos e notas foi devido à particularidade do estudo como, por exemplo, a inexistência de dados de séries históricas, a necessidade de fazer uma abordagem multifacetada da gestão da

água com os condutores socioeconômicos e as perspectivas de alterações basilares na área (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000).

Figura 01. Estrutura de execução do método Delphi



Fonte: Adaptado de WRIGHT e GIOVINAZZO (2000)

Para escolha dos técnicos e especialistas foram considerados alguns critérios como, por exemplo, atuação e conhecimento a respeito da área de estudo, bem como do tema pesquisado (ASL et al., 2012; HSUEH, 2015), distribuição equivalente dos participantes (MATA; RIBEIRO, 2016), acessibilidade para entrar em contato (CARVALHO; CURI, 2015).

A técnica Delphi não necessita de uma quantidade específica de especialistas e técnicos para participar da consulta, não obstante, o número pode ser em torno de 20 a 40 (NATHENS et al., 2003). Assim, foram requisitados vinte e dois (22) especialistas e técnicos para participar da primeira rodada (Quadro 2).

Os especialistas e técnicos foram contactados por e-mails e ligações telefônicas para formalização do convite e explicar os objetivos da pesquisa, assim como para orientar na forma de preenchimento da matriz preliminar das dimensões, subdimensões,

indicadores e variáveis. Todas as etapas realizadas nesse método participativo ocorreram entre os meses de janeiro a maio de 2018

## Quadro 2 Formação e quantidade de participantes requeridos a participar do método Delphi

Formação acadêmica dos participantes	Quantidade
Biologia	2
Engenharia Agrícola	2
Engenharia Agrônoma	2
Engenharia Civil	2
Engenharia Ambiental	2
Técnico em Meio Ambiente	2
Engenharia Sanitária	2
Economia	2
Geografia	2
Hidrologia	2
Serviço Social	2

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Os temas tratados no questionário foram submetidos a uma análise sistemática e validados pelo consenso do conjunto de especialistas, pesquisadores e técnicos. Neste estudo, o critério utilizado para definir o nível de conformidade das respostas entre os participantes foram com base na recomendação de Santiago e Dias (2012) e Jander et al. (2015), em que a convergência deve ser igual ou maior que 50%, porém, em casos em que este critério não é alcançado, requer a realização de uma segunda rodada do método.

Com base nos propósitos metodológicos da técnica Delphi, foram recomendadas duas etapas de avaliação, haja vista que algumas pesquisas científicas indicam que o nível de convergência proposto é atingido na segunda rodada, logo, torna-se dispensável a realização de outra rodada (YOSHINAGA et al., 2018; VIO et al., 2016).

### 3.2.1 Rodada Delphi 1: Inclusão e retirada de dimensões, subdimensões e indicadores (ISHR)

Na rodada 1 foi realizado a inserção e exclusão de subdimensões, indicadores e variáveis do ISHR. Deste modo, os participantes foram requeridos para escolher temas expressivos associados às dimensões, por exemplo, capacidade, recursos hídricos, uso da água, acesso à água e meio ambiente. Os participantes tiveram a possibilidade de esclarecer e justificar a opção pela inserção ou exclusão de uma subdimensão, indicador ou variável.

Nesta etapa os técnicos e especialistas tiveram a possibilidade de analisar criticamente os temas em análise e de esclarecer ou amparar suas avaliações. Além disto, foram recomendados a definir pesos de (0 - 100) para as dimensões e subdimensões, assim como estabelecer notas entre (0 - 10) para os indicadores.

### 3.2.2 Rodada Delphi 2: Definição dos pesos das dimensões e subdimensões do ISHR

Com relação à segunda etapa, foi realizada de maneira imediata, em seguida a conclusão da primeira, em que a matriz foi enviada por e-mail ou entregue pessoalmente aos especialistas. Na matriz encaminhada constava somente as subdimensões, indicadores e variáveis que não atingiram a convergência sugerida. Logo, todos os que participaram da etapa anterior também colaboraram nesta rodada. Tanto na primeira quanto na segunda rodada somente 10 (45,5%) dos 22 especialistas e técnicos concordaram participar e retornaram com a matriz de dados preenchida (Quadro 3).

Não foi necessário realizar uma terceira rodada, pois, o nível de conformidade das respostas dos participantes na definição dos pesos para dimensões e subdimensões, assim como as notas das variáveis dos indicadores atenderam o critério preconizado por Santiago e Dias (2012).

Quadro 3 - Matriz de indicadores com pesos para as dimensões e subdimensões do ISHR

Dimensões	Subdimensões	Peso das subdimensões	Peso das dimensões
Capacidade	Educação	24	21
	Habitação e propriedade	15	
	Aspectos socioeconômicos	18	
	Saúde	25	
	Institucional	18	
Recursos Hídricos	Análise sensorial da água	37,5	22
	Fonte hídrica	35	
	Manejo e gestão	27,5	
Uso	Consumo de água para uso doméstico	22,5	20
	Usos múltiplos e conflitos	23	
	Disponibilidade de água	27	
	Percepção sobre uso e conservação da água	27,5	
Acesso	Abastecimento	27,5	18
	Coleta de esgoto	27,5	
	Transporte da água do manancial até a residência	23	
	Acesso à comunidade	22	
Meio Ambiente	Degradação do solo	20	19
	Manejo e conservação do solo	17	
	Utilização de insumos químicos	23	
	Conhecimento sobre as questões ambientais	15	
	Resíduos sólidos	25	

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

### 3.3 Localização e descrição da área de estudo

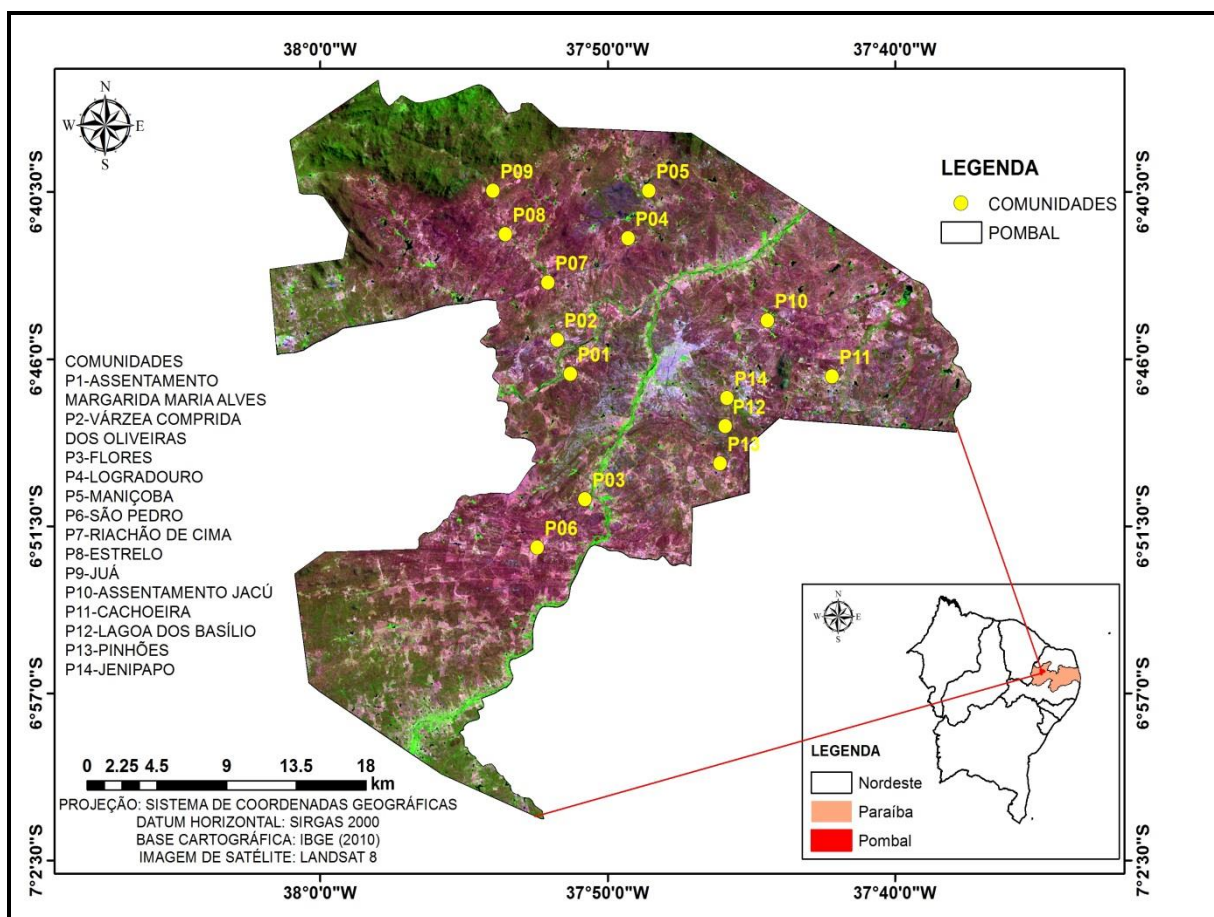
A pesquisa foi feita em comunidades rurais localizadas no município de Pombal (Figura 2) no estado Paraíba. Este município fica situado na região oeste do estado citado, mesorregião denominada Sertão Paraibano, estando cerca de 371 km da capital paraibana (CRISPIM et al., 2017).

Com base em informações obtidas no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), o número de habitantes no recenseamento demográfico em 2010 foi cerca de 32.110 habitantes, divididos da seguinte forma: 25.753 na zona urbana e 6.357 na zona rural. O município tem uma extensão territorial de 889 km<sup>2</sup>,

com uma altitude de 184m. Além disto, é o segundo maior do estado da Paraíba em área territorial (IBGE, 2010).

O município está localizado na parte geoambiental da depressão sertaneja, que retrata a paisagem típica da região semiárida, particularizado por um território aplainado em uma porção uniforme, com relevo de configuração preponderante suave-ondulado, separado por vales apertados, com vertentes dissecadas (BELTRÃO et al., 2005).

Figura 2. Localização do município de Pombal no estado da Paraíba



Fonte: Autores (2018)

A vegetação do município de Pombal é constituída principalmente por Caatinga hiperxerófila com trechos de Floresta Caducifólia (LEAL et al., 2003). A Caatinga hiperxerófila é formada por estrato arbóreo e/ou arbustivo com altura sujeita a



modificação e particularidade xerófila, com espécies bromeliáceas, cactáceas e espinhosas (ALMEIDA et al., 2015) adaptadas às condições climatológicas da área.

Segundo com Araújo et al. (2016); Almeida et al. (2015) e Araújo et al. (2010) a cobertura vegetal do município está bastante degradada devida às atividades antropogênicas, por exemplo, pecuária extensiva, cultivo de culturas de subsistência, pastagem e exploração dos recursos florestais para confecção de estacas ou fabricação de carvão vegetal.

Conforme a classificação de Köppen (1936), no município de Pombal existe dois tipos de clima, a saber, o semiárido quente e seco (Bsh) e o Tropical quente e úmido (As) (ALVARES et al., 2013). No tocante a precipitação pluvial a média anual registrada é de 800 mm (ALVES et al., 2015), com uma evaporação média anual de 2000 mm (BRITO et al., 2013) e temperaturas entre 19 °C (mínima) e 35 °C (Máxima) (ARAÚJO et al., 2010).

No que concerne os aspectos dos recursos hídricos o município de Pombal está inserido na bacia hidrográfica Piranhas-Açu (CRISPIM et al., 2015). Além disto, o município é cortado em seu território pelos rios Peixe, Piancó e Piranhas, porém, somente o último é perene (ARAÚJO et al., 2010).

Segundo a EMBRAPA Solos (2011) os tipos de solos predominantes na área territorial do município de Pombal são os Luvisolos Crômicos Órticos e Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos. Os Luvisolos Crômicos Órticos são comuns em locais com escassez de água, a título de exemplo, a região Nordeste do país, sobretudo na região semiárida (EMBRAPA, 2013). Estes solos em alguns lugares são rasos, bastante vulneráveis à salinização, fáceis de serem erodíveis (FRANCISCO et al., 2012), dificilmente transcendem 1 metro de profundidade e mostram geralmente alteração textural brusca (EMBRAPA, 2013).

### **3.4 Determinação do tamanho da amostra**

O método empregado neste estudo para definir o tamanho da amostra (n) foi baseado na estimativa da proporção populacional (MIOT et al., 2011).



Os critérios utilizados para o cálculo foi: a) Populações finitas; b) Grau de confiança de 91% e c) Nível de significância  $\alpha$  de 0,09. Amostra que serviu de base para este cálculo foi o número de habitantes da zona rural do município de Pombal, utilizando como referência o censo demográfico de 2010. Assim, a Equação (1) foi utilizada para determinação do tamanho da amostra ( $n$ ) é:

$$n = \frac{\tilde{N} \times p \times q \times \left(\frac{Z_{\alpha}}{2}\right)^2}{p \times q \times \left(\frac{Z_{\alpha}}{2}\right)^2 \times E^2} \quad (1)$$

Em que:  $n$  é o número de indivíduos que se deseja calcular;  $\tilde{N}$  é o tamanho da população;  $Z_{\alpha/2}$  é o valor crítico que corresponde o grau de confiança desejado;  $p$  é a proporção populacional de indivíduos que pertencem à categoria de interesse no estudo = 0,5;  $q$  representa o número de indivíduos que não pertencem à categoria estudada ( $q = 1 - p = 0,5$ ). Logo, quando for desconhecido faz a ligação do produto  $p \times q = 0,25$ , que é o maior valor que pode ser obtido pelo produto (MIOT et al., 2011);  $E$  é a Margem de erro ou erro máximo de estimativa (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores dos parâmetros que compõem a equação 1

Parâmetros	Valores
N	6.357
p	0,5
q	0,5
$\frac{Z_{\alpha}}{2}$	1,698
E	0,09
n	87,77 ou ( $\cong$ 88) indivíduos a serem entrevistados

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Com base no delineamento amostral da pesquisa, foram sorteadas 14 comunidades rurais do município de Pombal-PB para realização das entrevistas (Tabela 2). O número de entrevistas realizadas nas comunidades sorteadas foi

definido com base na quantidade de residência de cada lugar e o número de habitantes. Além disto, foi utilizado o princípio da aleatoriedade para os indivíduos que participaram das entrevistas (GAMA et al., 2018).

Tabela 2 - Quantidade de entrevistas realizadas por comunidade

Comunidade Rural	Quant. de entrevistas realizadas	Comunidade Rural	Quant. de entrevistas realizadas
Assentamento Jacú	10	Lagoa dos Basílio	2
Assentamento Margarida Maria Alves	10	Logradouro	2
Cachoeira	7	Maniçoba	7
Estrelo	10	Pinhões	3
Flores	10	Riachão de Cima	3
Jenipapo	3	São Pedro	8
Juá	3	Várzea Comprida dos Oliveiras	10

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

### 3.5 Cálculo do Índice de Sustentabilidade Hídrica Rural

Conforme Bertolini (2008), o método para o cálculo de um índice deve ser de fácil entendimento e proporcionar comparações entre o que está sendo estudado. Assim, inicialmente são determinadas as taxas de cada subdimensão agregada nas dimensões do índice.

As variáveis inseridas nos indicadores que integram cada subdimensão têm escores (de 0 a 10), estas taxas de referência foram estabelecidas pelos especialistas e técnicos. Deste modo, a taxa atribuída a cada variável dos indicadores pelos especialistas está associada às opções e respostas dos entrevistados no questionário empregado na entrevista. As taxas das subdimensões foram determinadas pela média aritmética dos escores obtidos em cada variável e pelo número de variáveis de cada subdimensão (Equação 2).

$$SC_i = \frac{\sum_{j=1}^n X_j}{n} \quad (2)$$

Em que:

$SC_i$  é o valor da subdimensão  $i$ ;

$n$  é o número de variáveis que integram a subdimensão;

$X_j$  é a nota determinada ao entrevistado para o indicador  $j$ .

As taxas das dimensões são determinadas pela média das taxas dos subdimensões ponderados pelo peso das dimensões (de 0 a 100), conforme (Equação 3). Destaca-se que o somatório dos pesos dos subdimensões, em cada dimensão, deve ser igual a 100.

$$C_k = \frac{\sum_{i=1}^{Nsc} (SC_i \times W_i)}{100} \quad (3)$$

Em que:

$C_k$  é o valor da dimensão  $k$ ;

$Nsc$  é o número de subdimensões que constituem a dimensão  $k$ ;

$SC_i$  é o valor da subdimensão  $i$ ;

$W_i$  é o peso da subdimensão  $i$  em relação a dimensão  $k$ .

Para definição do ISHR é empregado a (Equação 4), em que as dimensões do ISHR, são ponderadas segundo a sua importância. Assim, é indispensável que sejam estabelecidos tais pesos de cada dimensão com relação ao ISHR, salienta-se que o somatório dos pesos das dimensões deve ser igual a 100.

$$ISHR = \frac{\sum_{k=1}^{nc} (C_k \times P_k)}{100} \quad (4)$$

Em que:

**ISHR** é o Índice de Sustentabilidade Hídrica Rural;

$nc$  é o número de dimensões que constituem o ISHR;

$C_k$  é o valor da dimensão  $k$ ;

$P_k$  é o peso da dimensão  $k$  quanto ao ISHR.

### 3.6 Elaboração e classificação dos níveis de sustentabilidade

Para definição das faixas a ser utilizada no Índice de Sustentabilidade Hídrica Rural (ISHR) foram consultados valores de referências de artigos científicos regionais e locais, conforme recomenda Silva e Cândido (2016). Deste modo, as faixas do ISHR e os níveis de sustentabilidade empregado neste estudo, foram baseados em informações obtidas de obras científicas que abordam a temática de indicadores de sustentabilidade, a título de exemplo, Silva e Cândido (2016); Araújo e Cândido (2016).

A classificação do ISHR foi realizada pela divisão do valor pelo número de classes que foram adotadas (10/5). Assim, ISHR foi determinado entre 0 e 10, assim, quanto mais próximo de 10, maior a sustentabilidade hídrica, enquanto o valor próximo de 0, indica uma situação insustentável (Quadro 4):

Quadro 4. Classificação nominal dos níveis de sustentabilidade hídrica

Faixa do ISHR (0-10)	Nível de Sustentabilidade
0,0 – 2,0	Insustentável
2,1 – 4,0	Alerta
4,1 – 6,0	Regular
6,1 – 8,0	Quase Sustentável
8,1 – 10	Sustentável

Fonte: Adaptado de Silva; Cândido (2016); Araújo; Cândido (2016)

O ISHR de cada comunidade rural foi determinado pela média aritmética dos valores obtidos nas entrevistas. Deste modo, foi viável analisar, relativamente, à situação das comunidades rurais do município de Pombal-PB.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.1 Estatística descritiva do ISHR

Baseado na utilização da estatística descritiva no grupo de dados concernentes ao ISHR das comunidades rurais do município de Pombal-PB compreendidas na pesquisa, foi viável fazer inferências através de medidas de tendência central, dispersão e separatrizes. Deste modo, observa-se na Tabela 3, que a média aritmética do conjunto de dados do ISHR foi 5,6, enquanto a mediana também foi 5,6.

Tabela 1 – Estatística descritiva do ISHR

Variáveis Estatísticas	ISHR
N	14
Média Aritmética	5,6
Erro Médio	0,7
Desvio Padrão	0,25
Variância	0,06
Coeficiente de variação	4,47%
Mínimo	5,2
Q1	5,4
Mediana	5,6
Q3	5,9
Máximo	6,0
Amplitude Total	0,8

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Através da aplicação de medidas de dispersão, foi possível analisar se os valores do ISHR são superiores ou inferiores das medidas de tendência central como, por exemplo, a média aritmética. Deste modo, para constatar a dispersão dos dados foram aplicados o Desvio Padrão (DP) e Coeficiente de Variação (CV). Assim, por meio da análise e interpretação destes critérios, verificou-se que o DV foi de 0,25, demonstrando que os resultados são homogêneos, enquanto o valor alcançado pelo CV (%) para o conjunto de dados relacionados ao ISHR foi de 4,47%, indicando baixa variação conforme classificação proposta por Pimentel-Gomes (2009), visto que esse percentual é menor que 10%.

Quanto as medidas de separatrizes, constatou-se que 50% dos valores do ISHR centralizam-se entre 5,4 a 5,9. Contudo, 25% dos valores do ISHR são superiores que 5,9 e 25% são inferiores que 5,4. Ademais, pode-se depreender que a amplitude total foi de aproximadamente 0,8.

#### 4.2 Situação hídrica das comunidades rurais de Pombal-PB

Na Tabela 4 são apresentados o desempenho do ISHR e das suas dimensões referentes a cada comunidade. Assim, estes resultados são o produto do tratamento de dados e tabulação adquiridos por meio das 88 entrevistas nas 14 comunidades selecionadas. Os resultados indicam que entre as 14 (quatorze) comunidades rurais, o menor desempenho para dimensão capacidade foi observado para Lagoa dos Basílio (3,7) e o maior para Cachoeira (5,7). Pinhões obteve o maior valor (7,2) na dimensão recursos hídricos e Riachão de Cima o menor (6,1).

No tocante ao desempenho da dimensão uso da água, verificou-se que o menor valor foi para as comunidades de Cachoeira e Flores com (4,9), respectivamente, enquanto o maior desempenho nesta dimensão foi registrado na comunidade de Pinhões (6,2). Quanto à dimensão acesso à água, Logradouro obteve o menor valor (4,0) e Várzea Comprida dos Oliveiras alcançou a melhor performance (6,5). Por fim, na dimensão meio ambiente, constatou-se que a comunidade de Jenipapo obteve o maior desempenho (6,5) e o menor valor foi observado para o Assentamento Margarida Maria Alves (5,0).

Tabela 4 - Desempenho da sustentabilidade hídrica das comunidades rurais de Pombal-PB

Comunidades	Dimensão					ISHR	Nível de Sustentabilidade
	C	RH	U	A	MA		
Assentamento Jacú	4,9	7,1	5,4	5,7	6,2	5,9	Regular

Assentamento							
Margarida	4,4	6,7	5,1	5,6	5,0	5,4	Regular
Maria Alves							
Cachoeira	5,7	7,0	4,9	6,0	6,2	6,0	Regular
Estrelo	4,6	6,9	5,3	5,5	5,7	5,6	Regular
Flores	4,8	7,0	4,9	5,8	6,1	5,7	Regular
Jenipapo	4,0	6,7	6,1	4,7	6,5	5,6	Regular
Juá	4,6	6,9	5,3	5,4	6,4	5,7	Regular
Lagoa dos Basílio	3,7	6,7	5,5	4,2	5,9	5,2	Regular
Logradouro	4,9	6,4	6,0	4,0	5,5	5,4	Regular
Maniçoba	4,7	6,4	5,2	4,9	5,6	5,4	Regular
Pinhões	4,6	7,2	6,2	5,6	6,4	5,9	Regular
Riachão de Cima	4,6	6,1	5,5	4,7	5,6	5,3	Regular
São Pedro	4,8	7,0	5,0	5,3	5,7	5,6	Regular
Várzea							
Comprida dos Oliveiras	5,4	6,4	5,3	6,5	5,9	5,9	Regular
Média	4,7	6,8	5,4	5,3	5,9	5,6	Regular

Nota: C – capacidade; RH – Recursos Hídricos; U – Uso da água; A – Acesso a água; MA – Meio Ambiente.

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Com relação ao valor médio das dimensões para conjunto de comunidades, constatou-se que a dimensão, recursos hídricos obteve o melhor desempenho (6,8) quando comparado com as outras dimensões, o que pode indicar que os resultados de suas subdimensões como análise sensorial da água, fonte de água e gestão de recursos hídricos alcançaram valores mais satisfatórios quando confrontado com as demais.

Em contrapartida, a dimensão, denominada capacidade teve o menor desempenho (4,7) entre as dimensões que formam o ISHR. Pressupõe-se que esse resultado esteja associado a implicações observadas nos indicadores ligados as subdimensões educação, aspectos socioeconômicos, saúde e institucional. Assim,

pode-se inferir que estes indicadores necessitam de atenção especial por parte dos formuladores de políticas, visando garantir uma melhor capacidade dos habitantes dessas localidades de acessar suprimentos confiáveis de água para seu consumo humano, dessedentação de animais e atividades para geração de renda como, por exemplo, a agricultura ou pecuária.

Percebe-se, de imediato, que os resultados ilustrados na Tabela 4 indicam que todas as comunidades foram classificadas em uma faixa regular com relação à sustentabilidade hídrica. O desempenho regular das comunidades com relação ao ISHR, assemelha-se aos achados de outros estudos que empregaram um índice holístico denominado IPH, no qual foi aplicado para uma escala de comunidades rurais, por exemplo, Gonçalves (2013), Lenner e Ferreira (2016) e Garriga e Perez-Foguet (2010).

No estudo de Gonçalves (2013), uma parte da pesquisa foi executada em comunidades rurais difusas inseridas na bacia hidrográfica do Salgado, localizada na região sul do Ceará, nesta foi constatada que o IPH para estas localidades apresentou um desempenho razoável. Além disto, os resultados mostraram que ações para melhorar os indicadores, por exemplo, Acesso (A) e disponibilidade (D), podem contribuir para um melhor desempenho do IPH.

Lenner e Ferreira (2016) avaliaram a escassez de água em um assentamento situado em Restinga de Jurubatiba, RJ, Brasil, empregando o IPH, estes constataram que o assentamento se defronta com problema de escassez hídrica, haja vista que o resultado do índice foi de 0,425, indicando uma situação de insegurança hídrica.

Garriga e Perez-Foguet (2010) aplicaram o IPH em 10 comunidades localizadas no Vale de Tiraque (Departamento de Cochabamba), na Bolívia, os resultados alcançados neste estudo evidenciaram que dentre as 10 comunidades, duas necessitavam de atenção especial, haja vista que apresentaram IPH de 0,528 e 0,568, respectivamente, classificando-as dentro de uma faixa razoável.

Conforme o desempenho apresentado pelas comunidades rurais quanto ao ISHR, constata-se que as comunidades possivelmente só conseguem um melhor



desempenho quanto a sustentabilidade hídrica, caso ocorram intervenções através de políticas públicas em algumas dimensões, por exemplo, capacidade, uso da água e acesso à água, pois, todas tiveram um desempenho regular. Enquanto, somente na dimensão, recursos hídricos, todas as comunidades obtiveram um desempenho quase sustentável.

A elaboração do ISHR baseado em dimensões, subdimensões e indicadores, considerando a interdisciplinaridade, bem como relacionando aspectos socioeconômico das comunidades com os recursos hídricos, mostra ser uma opção para o entendimento de problemas em locais com pouca disponibilidade de dados a respeito da gestão sustentável da água. Neste contexto, o ISHR proporciona um ponto inicial para a análise da questão da sustentabilidade hídrica local e na formulação de políticas. Todavia, um cerne da questão preciso nas cinco subdimensões do índice pode auxiliar e orientar na consideração das necessidades do setor de recursos hídricos local que carecem de uma atenção política especial.

O índice proposto neste estudo difere do Índice de Pobreza Hídrica (IPH) utilizado por Garriga e Perez-Foguet (2010), bem como Guppy (2014), pois, embora ambas as pesquisas foram realizadas e validadas em áreas rurais, bem como as dimensões/componentes empregadas nos respectivos índices são as mesmas e tiveram como objetivo construir metodologias que possam ser replicáveis em outros locais, as subdimensões, indicadores e variáveis que compõem cada índice são distintas, haja vista que os indicadores selecionados para este estudo apresentam maior detalhamento. Além disto, os indicadores selecionados pelo check-list nesta pesquisa foi fundamentado no que se pretendia mensurar, mas, não na necessidade de utilizar séries de dados temporais disponíveis em plataformas digitais governamentais. Logo, para o cômputo deste índice proposto foi necessário realizar a coleta de dados no campo.

Outra distinção entre o ISHR com relação ao índice utilizado nos estudos de Garriga e Perez-Foguet (2010), e Guppy (2014), consiste na mensuração dos pesos das dimensões, haja vista que nesta pesquisa os pesos e as notas das dimensões,

subdimensões e variáveis foram definidas por um método participativo, assim como tiveram pesos e notas distintos. Todavia, nos trabalhos realizados pelos autores citados constata-se que os componentes que constituem o IPH tiveram pesos iguais, logo, segundo Anju et al. (2017) este procedimento de colocar pesos equivalentes nos componentes não é tão aceitável. Ainda segundo estes autores, existem outras opções para resolver esta questão, a título de exemplo, a utilização de técnicas multivariadas.

Ogata et al. (2016), adaptaram o IPH para bacia hidrográfica do rio Paraíba, localizado no estado da Paraíba, Brasil, neste foi empregado uma técnica de análise multivariada, a saber, análise de componente principal para definir os pesos dos componentes. Assim, os pesos dos componentes, capacidade, uso da água e meio ambiente, foram respectivamente 23, 19 e 18, enquanto nesta pesquisa foram na devida ordem, 21, 20 e 19. Embora a escala espacial do índice proposto neste estudo seja distinta do aplicado por Ogata et al. (2016), assim como os métodos aplicados para mensurar os pesos das dimensões, constata-se nesta pesquisa que os pesos determinados para ambos apresentam diferenças mínimas.

O desempenho das comunidades rurais na faixa quase sustentável na dimensão como, por exemplo, Recursos Hídricos, possivelmente pode ser associada às questões como a existência de sistema de abastecimento de água e a proximidade de manancial superficial, a título de exemplo, os casos das comunidades Flores e São Pedro, haja vista que ambas possuem sistema de abastecimento e estão localizadas próxima do rio Piancó. Além disto, nas demais comunidades constatou-se por meio do indicador fonte hídrica uma consolidação da infraestrutura de tecnologias sociais hídricas para captação e armazenamento de água advinda da chuva, assim como um desempenho satisfatório quanto ao indicador análise sensorial da água.

Neste estudo, constatou-se que o desempenho da dimensão Capacidade é afetada pelos baixos valores obtidos nas subdimensões aspectos socioeconômicos e institucional. Na subdimensão aspectos socioeconômicos observou-se um dinamismo produtivo limitado e uma economia dependente de programas governamentais de

assistência social, logo, a pobreza de renda consiste em um obstáculo para população conseguir obter água por formas convencionais ou alternativas com recursos próprios, evidenciando a imprescindibilidade da participação do Estado na ampliação de políticas públicas para amenizar e erradicar a pobreza hídrica e propicia condições para o desenvolvimento local.

No tocante a dimensão, acesso à água (A), verificou-se que algumas fontes hídricas (barreiros, pequenos açudes e poços artesianos) existentes nas comunidades se encontram em propriedades rurais privadas de famílias que apresentaram ter melhores condições econômicas. Assim, constata-se que a distribuição e o acesso à água dentro de uma comunidade está associado à capacidade financeira do usuário e a capacidade adaptativa de cada comunidade.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados do ISHR das comunidades da área de estudo variaram de 5,2 a 6,0, com o menor desempenho para a comunidade Lagoa dos Basílio e a maior para a comunidade de Cachoeira, evidenciando uma pequena amplitude. Além disto, constatou-se que todas as comunidades estão classificadas dentro de uma faixa regular.

A metodologia proposta para analisar a sustentabilidade hídrica em comunidades rurais situadas no sertão paraibano, por meio do ISHR, demonstra ser válida e eficaz, podendo ser um instrumento holístico para gestão sustentável da água e seu planejamento, em especial, locais com nenhuma ou pouca informação, contribuindo e auxiliando no processo de tomada de decisão dos gestores e autoridades públicas.

As dimensões que compõem o ISHR podem ser estudadas de forma individual, como dimensões temáticas, em contraste da forma composta. Ao apresentar os valores das cinco dimensões se tem uma percepção simplificada do contexto das comunidades quanto a sustentabilidade hídrica local, sendo viável identificar quais

dimensões necessitam de intervenções ou ações que possam colaborar para um melhor desempenho do ISHR, assim como locais prioritários para realizar estas ações.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa acadêmica do Processo de n.º 88882.460029/2019-01 para o primeiro autor. Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará pelo suporte para realização da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ALEIXO, B. *et al.* Direito humano em perspectiva: desigualdades no acesso à água em uma comunidade rural do nordeste brasileiro. **Revista Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 19, n.1, p. 63-82, 2016.

ALMEIDA, J. de S. *et al.* Modelagem da dinâmica de uso e ocupação da terra no município de Pombal – PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n.1, p. 276 - 282, jan-mar, 2015.

ALVARES, C.A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, F.G.C.; ARAÚJO, F.T. de V. Sistemas de abastecimento em comunidades rurais do semiárido: a implantação do SISAR em Cristais, Cascavel, CE. **Rev. Tecnol.**, Fortaleza, v. 37, n. 1, p. 78-86, jun. 2016.

ALVES, M. de F. A. *et al.* Análise da precipitação pluvial de Pombal-PB relacionada com sistemas atmosféricos atuantes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n.2, p. 169 – 175, abr.-jun. 2015.

ANDRADE, J.A.de; NUNES, M.A. Acesso à água no Semiárido Brasileiro: uma análise das políticas públicas implementadas na região. **Revista Espinhaço**, v.3, n.2, p.28-39, 2014.

ANJU, A.M.; VICKY, S.E.; SAJIL KUMAR, P.J. Water poverty Analysis using Water Poverty Index (WPI) - A critical Review. **International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources**, v.1, n. 4, p.1-3, 2017.

ARAÚJO, M.L.M.N. *et al.* Impactos Ambientais nas Margens do rio Piancó Causados pela Agropecuária. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Pombal, v. 4, n. 1, p. 13-33, 2010.

ARAÚJO, R.O.A.; CÂNDIDO, G.A. Indicators System for Diagnosis. Monitoring and Evaluation of Social Technologies: Proposal of a Methodology. **Revista Espacios**, v. 38, n.2, p.1-25, 2016.

ASL, M.B. *et al.* Identifying and ranking the effective factors on selecting Enterprise Resource Planning (ERP) system using the combined Delphi and Shannon Entropy approach. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v.41, p.513-520, 2012.

BELTRÃO, B.A. *et al.* **Projeto cadastro de abastecimento por águas subterrâneas: Diagnóstico do Município de Pombal**. Recife: CPRM/PRODEM, 2005. Disponível em:<http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/paraiba/re-latorios/POMB147.pdf>.. Acesso em: 29 maio 2015.

BERTOLINI, G. Service public local des déchets ménagers. A la recherche d'indicateurs de performance. **Développement durable et territoires [Enligne]**. 2008. Disponível em:<http://developpementdurable.revues.org/5743DOI:10.4000/developpementdurable.5743>. Acesso em: 31 ago. 2017.

BOMFIM, E.O. *et al.* Sustentabilidade hidroambiental de nascentes na bacia hidrográfica do rio Gramame no estado da Paraíba, Brasil. **Soc. & Nat.**, Uberlândia, v.27, n.3, p. 453-468, set./dez., 2015.

BRASIL. Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional. **Acesso à água na zona rural: o desafio da gestão**. 2012. Disponível em: <http://www4.planalto.gov.br/consea/comunicacao/artigos/2012/acesso-agua-na-zona-rural-o-desafio-da-gestao>. Acesso em:27 mar. 2018.

BRITO, M.E.B. *et al.* Crescimento. fisiologia e produção do milho doce sob estresse hídrico. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1244-1254, set./out. 2013.

CAMURÇA, C.E.S. *et al.* Implicações psicossociais da seca na vida de moradores de um município da zona rural do nordeste do Brasil. **Avances en Psicología Latinoamericana**, v. 34, n. 1, p.117-128, 2016.

COELHO, O. F.; LUDEWIGS, T. O Céu de Pípiripau: da tragédia dos comuns à sustentabilidade hídrica. **Rede de Estudos Ambientais de Países de Língua Portuguesa**, n. 13, p. 1-6, 2015.

CARVALHO, J.R.M.; CURI, W.F. Indicadores para a gestão de recursos hídricos em municípios: uma proposta metodológica de construção e análise. **E&G Economia e Gestão**, Belo Horizonte, v. 15, n. 38, p.01-28, jan./mar., 2015.

CHIOD, R.E. *et al.* Água, agricultura e políticas públicas: um estudo sobre agricultores familiares irrigantes no norte de Minas Gerais. **Revista Econômica do Nordeste**, v.46, n.4, p.79-96, 2015.

COHEN, A.; SULLIVAN, C.A. Water and poverty in rural China: developing an instrument to assess the multiple dimensions of water and poverty. **Ecological Economics**, v. 69, n. 5, p. 999-1009, 2010.

CRISPIM, D.L. *et al.* Transporte e caracterização de sedimentos de fundo no rio Piranhas em uma seção de controle próximo à sede do município de Pombal-PB. **Holos**, v.3, p.93-101, 2015.

CRISPIM, D.L. *et al.* Análise físico-química das águas de três poços amazonas no centro da cidade de Pombal-PB. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, v. 21, n.2, p. 155-163, 2017.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. EMBRAPA SOLOS. **O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 67 p.

EMPRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de Solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

FRAINER, D.M. *et al.* Uma aplicação do Índice de Desenvolvimento Sustentável aos municípios do estado de Mato Grosso do Sul. **INTERAÇÕES**, Campo Grande – MS, v. 18, n. 2, p. 145-156, abr./jun. 2017.

FRANCISCO, P.R.M.; CHAVES, I. de B.; LIMA, E.R.V. Mapeamento das terras para mecanização agrícola - estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 2, p. 233-2249, 2012.

GAMA, A.S.M. *et al.* Inquérito de saúde em comunidades ribeirinhas do Amazonas, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, v. 34, n.2, p.1-16, 2018.

GARRIGA, R.G.; PEREZ-FOGUET, A. Improved method to calculate a Water Poverty Index at local scale. **Journal of Environmental Engineering**, v. 136, n. 11, p. 1287-1298, 2010.

GOMES, U.A.F.; HELLER, L. Acesso à água proporcionado pelo Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais: combate à seca ou ruptura da vulnerabilidade? **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 623-633, 2016.

GONÇALVES, J. Y. de B. **O Índice de Pobreza Hídrica (IPH) na bacia do Salgado e o caso das comunidades rurais difusas do município de Aurora, Ceará**. 2013. 84p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável, Universidade Federal do Ceará, Juazeiro do Norte.

GUPPY, L. The Water Poverty Index in rural Cambodia and Viet Nam: A holistic snapshot to improve water management planning. **Natural Resources Forum**, v. 38, p. 203–219, 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em:<http://cod.ibge.gov.br/el8>. Acesso em: 28 jun. 2018.

HSUEH, S. L. Assessing the Effectiveness of Community-Promoted Environmental Protection Policy by Using a Delphi-fuzzy Method: A case study on solar power and plain afforestation in Taiwan. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.49, p.1286-1295, 2015.

JANDER, A. *et al.* Web-based interventions to decrease alcohol use in adolescents: a Delphi study about increasing effectiveness and reducing drop-out. **BMC Public Health**, v.15, n. 15, p.340, 2015.

JUWANA, I.; MUTIL, N.; PERERA, B. Indicator-based water sustainability assessment a review. **Science of the total environment**, v. 438, p.357-371, 2012.

JUWANA, I.; MUTIL, N.; PERERA, B. J. C. Application of west java water sustainability index to three water catchments in west java, Indonesia. **Ecological indicators**, v. 70, p. 401-408, 2016.

KUMMU, M. *et al.* The world's road to water scarcity: shortage and stress in the 20th century and pathways towards sustainability. **Scientific reports**, v. 6, p. 38495, 2016.

LERNER, F.; FERREIRA, M.I.P. Avaliação de escassez hídrica em comunidades rurais no entorno de unidades de conservação de proteção integral: índice de pobreza hídrica no assentamento João Batista Soares, Restinga de Jurubatiba, RJ, Brasil. **Boletim do**



**Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, Campos dos Goytacazes/RJ, v.10 n.2, p. 103-118, jul. /dez. 2016.

LINHOSS, A.; JEFF BALLWEBER, J. D. Incorporating uncertainty and decision analysis into a water-sustainability index. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 141, n. 12, p. A4015007, 2015.

MANCAL, A. *et al.* À espera da seca que vem: capacidade adaptativa em comunidades rurais do semiárido. **R. bras. Est. Pop.**, Rio de Janeiro, v.33, n.2, p.257-281, maio/ago., 2016.

MATA, C.R.; RIBEIRO, J.C.J. Environmental indicators for human settlements. **Building**, v.08, n.1, p.01-07, 2016.

MEDEIROS, J. A. Organização comunitária e a segurança hídrica no núcleo de desertificação do Seridó: um estudo da comunidade rural São Paulo. São José do Seridó/RN. **GEOTemas**, Pau dos Ferros, v.4, n.2, p.3-15, jul./dez., 2014.

MIOT, H. A. Tamanho da amostra em estudos clínicos e experimentais. **J. Vasc. Bras.**, v.10, n.4, p.275-278, 2011.

MOLLE, F.; MOLLINGA, P. Water poverty indicators: conceptual problems and policy issues. **Water Policy**, v. 5, p. 529-544, 2003.

NATHENS, A.B. Management of the injured patient: identification of research topics for systematic review using the Delphi technique. **The Journal of Trauma**, v.54, n.3, p.595-601, 2003.

OGATA, I.S. *et al.* Aplicação do Índice de Pobreza Hídrica na região hidrográfica do alto curso do rio Paraíba, estado da Paraíba, Brasil. Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 7., 2016, Campina Grande. **Anais[...]**. Campina Grande: ConGea, 2016.

OLIVEIRA, F.F.D. *et al.* Avaliação socioeconômica dos impactos da seca 2012-2016 no perímetro irrigado de São Gonçalo – PB. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 11, n.1, p. 168-173, 2017.

PALTER, V.A.N.; MACRAE, H.M.; GRANTCHAROV, T.P. Development of an objective evaluation tool to assess technical skill in laparoscopic colorectal surgery: a Delphi methodology. **The American Journal of Surgery**, v.201, n.2, p.251-259, 2011.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: Fealq, 2009. 451p.



PLUMMER, R.; DE LOË, R.; ARMITAGE, D. A systematic review of water vulnerability assessment tools. **Water Resour. Manage.**, v. 26, n. 15, p. 4327–4346, 2012.

RAZZOLINI, M.T.P.; GÜNTER, W.M.R. Impactos na Saúde das Deficiências de Acesso a Água. **Saúde Soc.**, São Paulo, v.17, n.1, p.21-32, 2008.

RIBEIRO, C. R.; PIZZO, H. da S. Avaliação da sustentabilidade hídrica de Juiz de Fora/MG. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, v. 10, n. 21, p. 171-188, 2011.

SANTIAGO, L.S.; DIAS, S.M.F. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.17, n. 2, p. 203- 212, 2012.

SARMENTO, E.B. *et al.* Manejo sustentável de recursos naturais: estudo de caso no município rural de São Bentinho-PB. **Informativo Técnico do Semiárido**, v. 8, n.1, p. 57-60, 2014.

SHIMIZU, H.E. *et al.* Avaliação do Índice de Responsividade da Estratégia Saúde da Família da zona rural. **Revista da Escola de Enfermagem**, v. 52, p. 1-7, 2018.

SILVA, B.C.O.; SOARES, A.M.J.; NÓBREGA, R.S. OS PARADIGMAS DA SECA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: das políticas de combate à concepção de convivência com o fenômeno. Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, 1., 2016, Campina Grande. **Anais[...]**. Campina Grande: CONIDIS. 2016.

SILVA, É.L. *et al.* Análise do consumo hídrico nos assentamentos rurais de Jacú. Santa Mônica e Paisandú no semiárido paraibano. Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 13., 2016, Sergipe. **Anais[...]**. Aracajú: ABRH. 2016.

SILVA, J.B. *et al.* Conflitos sociopolíticos, recursos hídricos e programa um milhão de cisternas na região semiárida da Paraíba. **Novos Cadernos do NAEA**, v. 18, n.2, p. 69-92, 2015.

SILVA, N.C.; CÂNDIDO, G. A. Sistema de indicadores de sustentabilidade do desenvolvimento do turismo: um estudo de caso do município de Areia – PB. **Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo**, v. 10, n. 3, p. 475-496, 2016.

SULLIVAN, C.A.; MEIGH, J. **Using the water poverty index to monitor progress in the water sector**. Centre for Ecology & Hydrology Wallingford, Oxfordshire, UK. 2010. 4p.

THAKUR, J. K.; NEUPANE, M.; MOHANAN, A.A. Water poverty in upper Bagmati River basin in Nepal. **Water Science**, v. 31, n. 1, p. 93-108, 2017.

VIO, F. *et al.* Método Delphi para buscar consenso sobre metodologías educativas en alimentación saludable para alumnos de tercero a quinto año básico, sus familias y profesores. **Nutrición Hospitalaria**, v. 33, n. 4, p. 801-807, 2016.

WANG, Z. *et al.* Cyber-physical systems for water sustainability: challenges and opportunities. **IEEE Communications Magazine**, v. 53, n. 5, p. 216-222, 2015.

WRIGHT, J.T.C.; GIOVINAZZO, R.A. DELPHI- A prospective Planning support tool. **Administration Research Journal**, v. 1, n.12, p. 1-12, 2000.

YOSHINAGA, A.C.M. *et al.* Intervenção antibullying proposta por enfermeiros: elaboração e validação pelo método Delphi. **Aletheia**, v. 51, n. 1 e 2, p. 8-20, 2018.

ZENG, Z.; LIU, J.; SAVENIJE. H. H. G. A simple approach to assess water scarcity integrating water quantity and quality. **Ecological Indicators**, v. 34, p. 441-449, 2013.