

# Na contramão dos objetivos do desenvolvimento sustentável: avaliação da pobreza hídrica na região estuarina do Rio Macaé, Macaé/RJ

On the opposite way to the objectives of sustainable development goals: assessment of water poverty in the estuary region of the Macaé river, Rio de Janeiro, Brazil

Édson Guimarães<sup>a</sup>

 <https://orcid.org/0000-0001-5537-8076>

E-mail: edsonavelar@yahoo.com

Maria Inês Ferreira<sup>a</sup>

 <https://orcid.org/0000-0002-6865-0929>

E-mail: ines\_paes@yahoo.com.br

<sup>a</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Macaé, RJ, Brasil.

## Resumo

O rápido crescimento populacional impulsionado pela indústria do petróleo no município de Macaé/RJ, a fiscalização ineficiente e a especulação imobiliária motivaram ocupações ilegais de espaços territoriais especialmente protegidos, como os manguezais estuarinos do Rio Macaé. Objetiva-se comparar as condições de vulnerabilidade socioeconômica e ambiental que caracterizam essas ocupações à luz dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 1 e 6 da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas: erradicação da pobreza; e acesso à água potável e ao saneamento, respectivamente. Dada a necessidade de construção de indicadores, para acompanhar o cumprimento das metas associadas aos ODS, propõe-se a aplicação do Índice de Pobreza Hídrica, adaptado às comunidades Ilha Colônia Leocádia e Ilha da Caieira, visando comparar o estado socioambiental dessas ocupações em termos de aderência a condições promotoras de sustentabilidade para a região. Um questionário semiestruturado foi aplicado aos moradores das localidades e os resultados permitiram estimar o IPH, confirmando a situação de grave pobreza hídrica e de vulnerabilidade socioeconômica dos moradores da Ilha Colônia Leocádia em relação aos da Ilha da Caieira. Isto indica uma realidade que caminha na contramão da Agenda 2030 e necessita de políticas públicas promotoras do bem-estar dos estuarinos, focadas no acesso à água, na proteção dos recursos hídricos e nas soluções baseadas na natureza. **Palavras-chave:** Vulnerabilidade Socioeconômica; Saneamento Básico; Agenda 2030.

## Correspondência

Édson Guimarães

Rodovia Amaral Peixoto, km 164. Macaé, RJ, Brasil. CEP 27932-050  
Rodovia Washington Luís, SP 310, km 235. São Carlos, SP, Brasil.  
CEP: 13565-905.

## Abstract

The rapid population growth driven by the petroleum industry in the city of Macaé/RJ, inefficient control mechanisms and land speculation motivated illegal occupations of specially protected territorial spaces, such as Macaé river's mangroves. The objective is to compare the conditions of socio-economic and environmental vulnerability that characterize these occupations in the light of the Sustainable Development Goals (SGD) 1 and 6 of the 2030 Agenda : poverty eradication; access to drinking water and sanitation. Given the need to construct indicators, to monitor compliance with the goals associated with SGDs, the application of the Water Poverty Index (WPI) is proposed, adapted to the Communities colony Leocádia Island and Caieira's Island, aiming to compare the state Environmental impacts of these occupations in terms of adherence to sustainability-promoting conditions for this region. A semi-structured questionnaire was applied to residents of the localities and the results allowed WPI estimation, confirming the situation of severe water poverty and socio-economic vulnerability of the residents of the island of colony Leocádia compared to the island of Caieira, indicating a reality that goes against the 2030 Agenda, demanding public policies promoting estuarine population's well-being, focused on access to water, protection of hydrous resources and solutions based on nature. **Keywords:** Socioeconomic Vulnerability; Basic Sanitation; UN 2030 Agenda.

## Introdução

O conceito de desenvolvimento surgiu no início do século XX inequivocamente associado ao crescimento econômico e seus indicadores (Rigueiro, 2014), incorporando com o passar do tempo a melhoria da qualidade de vida da população e, portanto, a qualidade ambiental do planeta, envolvendo questões regidas por fenômenos complexos, de múltiplas variáveis e dimensões (Correia, 2014). A consolidação de um modo de vida pautado no equilíbrio ecológico, na justiça socioeconômica e no bem-estar da população requer duas aspirações que se apresentam de forma indissociável: o desenvolvimento e a sustentabilidade (Oliveira, 2016).

Para Jacobi (1999), o conceito de desenvolvimento sustentável representa importante avanço ao considerar a complexa relação entre o desenvolvimento e o meio ambiente, incorporando ainda o tempo como dimensão segundo duas referências: a percepção das necessidades do presente, ou seja, a imprescindível busca por soluções para a pobreza disseminada no mundo, fundamental para o desenvolvimento; e a percepção de que, persistindo no atual modelo de evolução tecnológica e de organização social, haverá limitações ambientais para a satisfação das necessidades básicas, seja do presente ou do futuro (De Marco; Mezzaroba, 2017). Isso é considerado por Sen (2000) indissociável de direitos e liberdades relacionados às dimensões sociais, políticas, econômicas, institucionais e ambientais.

No início do século XXI, as ações intergovernamentais em prol do desenvolvimento humano no planeta tiveram por diretrizes os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), cujo foco era o combate à extrema pobreza e a provisão de serviços básicos como água potável e saneamento básico, indisponíveis a boa parte da população mundial (Weststrate et al. 2018). A erradicação da pobreza e da fome era considerada o primeiro passo na busca por um mundo mais justo e igualitário (Sachs, 2012). Com esse mesmo pensamento os países, baseados nos ODM, se comprometeram a cumprir novos objetivos globais entre os anos de 2015 e 2030, aprovados em resolução da Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) que estabeleceu a Agenda 2030,

com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Isabel; Mota, 2017). Os ODS são integrados, inseparáveis e aglutinam, equilibradamente, as três dimensões do desenvolvimento sustentável: econômica, social e ambiental. A exemplo dos ODM, seu alcance requer a participação de órgãos governamentais, da iniciativa privada e da sociedade civil. Os ODS focam na participação social, nos variados arranjos socioinstitucionais, como importante instrumento de fortalecimento dos setores mais excluídos (Jacobi, 1999).

Conforme sugere a Figura 1, o ODS 6 se relaciona em alguma medida com todos os outros. Pretende-se neste trabalho focar a correlação entre os ODS 1 (erradicar a pobreza) e o ODS 6 (água potável e saneamento), uma vez que a água é essencial para que haja desenvolvimento e bem-estar das pessoas, influenciando na condição de pobreza da população (Luna, 2007). Postula-se no presente estudo que essa relação complexa pode ser investigada por meio do emprego do Índice de Pobreza Hídrica (IPH).

O ODS 1 tem como objetivo acabar com a pobreza em todas as suas formas e em todos os lugares, cumprimento de metas que garantam os meios necessários para a manutenção da vida e a redução da vulnerabilidade socioeconômica. Ele considera e evidencia o estrito relacionamento entre a disponibilidade de água e a pobreza, conforme demonstrado por Falkenmark (1989) e em eventos internacionais, como os de Joanesburgo e Quioto (Sullivan et al., 2005). Em Quioto, o foco “Água e a satisfação das necessidades básicas” gerou um debate acerca do desenvolvimento sustentável em que a água é vista não só como insumo nos meios de produção, mas também como fundamental para o bem-estar das populações. Na ocasião afirmou-se haver relação entre disponibilidade de água potável e saneamento básico (Luna, 2007), sintetizando assim a proposta posterior do ODS 6, que também contempla questões sobre a manutenção dos ecossistemas relacionados com a água, e apoio na gestão e no planejamento integrado de programas e ações relacionados aos recursos hídricos e ao saneamento (Souza, 2017).

**Figura 1 – Os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**



Fonte: Modificado de Brasil (2018)

Dessa forma, objetivando contribuir com a formulação e o aprimoramento de políticas públicas voltadas às várias dimensões (socioeconômica, física, ambiental, institucional, saúde etc.) dos recursos hídricos, têm-se desenvolvido vários índices de fácil interpretação (Mlote; Sullivan; Meigh, 2002). Nos anos 2000, o Centre for Ecology and Hydrology no Reino Unido desenvolveu o IPH para obter um valor numérico que representasse a escassez de água, unindo estimativa de disponibilidade e variáveis socioeconômicas que indicam pobreza, avaliando a relação entre os dois fatores (Sullivan; Meigh, 2003).

Embora alguns autores como Feitelson e Chenoweth (2002) sustentem que o IPH deixa a desejar por não considerar a qualidade da água e que, por agregar multidimensões, pode apresentar problemas práticos e conceituais, ainda assim ele expressa a complexa relação entre gerenciamento dos recursos hídricos e a pobreza em certos locais, associando tanto fatores físicos como socioeconômicos à escassez de água (Mlote; Sullivan; Meigh, 2002).

Erradicar a pobreza, disponibilizar água potável e saneamento para a população são objetivos de desenvolvimento sustentável que teoricamente só poderiam ser alcançados cumprindo-se as metas preconizadas na Agenda 2030 (Schleicher; Schaafsma; Vira, 2018). Para tanto, torna-se necessária utilizar indicadores que avaliem sua efetividade, os quais encontram-se em fase de debate e desenvolvimento a nível nacional (IPEA, 2018).

Com o intuito de testar a viabilidade do IPH (Sullivan et al. 2002) para analisar de forma integrada questões simultaneamente pertinentes aos ODS 1 e 6, e na indisponibilidade de dados primários suficientes e aderentes às metas dos ODS, o presente estudo se desenvolveu em localidades situadas na região estuarina da bacia hidrográfica do Rio Macaé, no estado do Rio de Janeiro, Brasil, caracterizada por duas ocupações urbanas com padrão socioeconômico e de infraestrutura distintos: a Ilha Colônia Leocádia e a Ilha da Caieira. Tendo-se em vista a carência de indicadores que atestem a relação entre a pobreza da população e a disponibilidade de água e saneamento, propõe-se adaptar IPH para as duas localidades de modo a obter valores numéricos para mensurá-las e compará-las, integrando dados relativos aos ODS 1 e ODS 6, conforme preconiza a Agenda 2030.

## Metodologia

O tamanho da amostra foi calculado com base nas informações secundárias disponíveis a respeito das condições de infraestrutura local e da sua população, sendo adotada a Equação 1 para a estimativa da proporção populacional para tamanho de população finita. Segundo Triola (1999), uma população é considerada finita sempre que o tamanho da amostra (n) for maior ou igual a 5% do tamanho da população (N), conforme a Equação 2, o que se verifica tanto para a população da Ilha Colônia Leocádia quanto para a Ilha da Caieira.

$$n = \frac{N \cdot \hat{p} \cdot \hat{q} \cdot (Z_{\alpha/2})^2}{\hat{p} \cdot \hat{q} \cdot (Z_{\alpha/2})^2 + (N - 1) \cdot e^2} \quad (1) \quad n \geq 0,05 \times N(2)$$

Onde:

n=tamanho da amostra de domicílios entrevistados a se determinar

N = 1.118 (tamanho da população da localidade em estudo)

$\hat{p}$  = proporção de domicílio sem saneamento e em condições de vulnerabilidade hídrica: 100%. (considerado 95% a fim de garantir uma amostra maior)  $\hat{p}=0,95$

$\hat{q}$  = proporção de domicílios que não se quer estudar mas que eventualmente apresenta alguma condição de saneamento básico ( $\hat{q}=1-\hat{p}$ ).

e=margem de erro (adotar e=5%)

$Z_{\alpha/2}$ =variável normal padronizada associada ao nível de confiança (considerar  $Z_{\alpha/2}=1,96$  para o nível de confiança de 95%)

$$n = \frac{1118 \cdot 0,95 \cdot 0,05 \cdot (1,96^2)}{0,95 \cdot 0,05 \cdot (1,96^2) + (1118 - 1) \cdot 0,05^2} = 68,59$$

Portanto, o tamanho mínimo da amostra adotado para a Ilha Colônia Leocádia foi de n=69 domicílios, contudo foram amostrados 73 domicílios. Para a Ilha da Caieira adotou-se o mesmo procedimento, porém desconsiderando-se a existência das condições de vulnerabilidade hídrica associadas à falta de saneamento básico, ou seja,  $\hat{p}=0,05$ , e população de 99 domicílios, o que resultou numa amostra de 43 domicílios.

Após pesquisa bibliográfica sobre o IPH em várias fontes como livros, dissertações, artigos científicos e periódicos nacionais e internacionais (Abraham; Fusari; Salomón, 2006; Damkjaer; Taylor, 2017; Lawrence; Meigh; Sullivan, 2002; Mlote; Molle; Mollinga, 2003; Pérez-Foguet; Garriga, 2011; Senna, 2015; Sullivan, 2002; Sullivan; Meigh, 2002; Sullivan et al., 2003; Van der Vyver, 2013), foram formulados questionários para determinar seus cinco componentes principais, seus subcomponentes, variáveis, valores e respectivos pesos, de forma a aplicá-los nas duas localidades estudadas.

Os dados primários foram obtidos por meio de pesquisa de percepção ambiental, contendo as perguntas relacionadas a cinco componentes principais que agregam o IPH e seus respectivos valores: componente Recurso subdividido em dois subcomponentes,  $R_1$  avaliando a qualidade da água em: ótima (5), razoável (3), ruim (1) e não sei (0); e  $R_2$  avaliando se a quantidade da água fornecida era suficiente para a família em termos das variáveis: sim (5), às vezes (3) e não (1). Componente Acesso composto de dois subcomponentes,  $A_1$  avaliando a forma como se dá o abastecimento de água nos domicílios: rede (5), ligação clandestina com mangueira (3), poço (3), caminhão pipa (3), caixas comunitárias (1), rio (0); e  $A_2$  avaliando como se dá o esgotamento sanitário das residências: rede (5), fossa séptica (5), fossa seca (3), fossa negra (0) e rio (0). Componente Uso relacionado ao uso prioritário da água em termos das variáveis: consumo humano (5), humano e agricultura (3), humano e animal (1) e humano, agricultura e animal (1). Componente Capacidade composto de três subcomponentes,  $C_1$  relacionado à renda das famílias de acordo com as variáveis: até um salário mínimo (1), entre um e dois salários (2), entre dois e três salários (3) e acima de três salários (5); subcomponente  $C_2$  relacionado à educação: sem estudo (1), ensino primário (2), ensino médio (3) e ensino superior (5); e o subcomponente  $C_3$  relacionado à participação em movimentos sociais pelos moradores: associação de morador (5), organização não governamental (ONG) (3), comitês de bacias hidrográficas (3), e nenhuma participação (0). Componente Ambiente avaliando a integridade física das localidades em termos de alagamentos e enchentes e sua frequência: não ocorre enchente e alagamento (5), enchente (3), alagamento (1), enchente e alagamento (1).

Obteve-se o peso de cada componente através da aplicação de questionário semiestruturado em que se avaliou a importância relativa dos cinco componentes do IPH, numa escala variando entre 1 (menos importante) e 5 (mais importante). Esses valores foram submetidos ao teste t no *software* R versão 3.5.1, e não apresentaram diferença significativa ao nível de 95% de confiança, portanto foram considerados iguais para o cálculo do IPH, minimizando a subjetividade sugerida por Feitelson e Chenoweth (2002).

Os componentes foram calculados conforme as equações 4 a 15, levando-se em conta o número de entrevistados. O valor do IPH foi calculado, então, de acordo com a Equação 3.

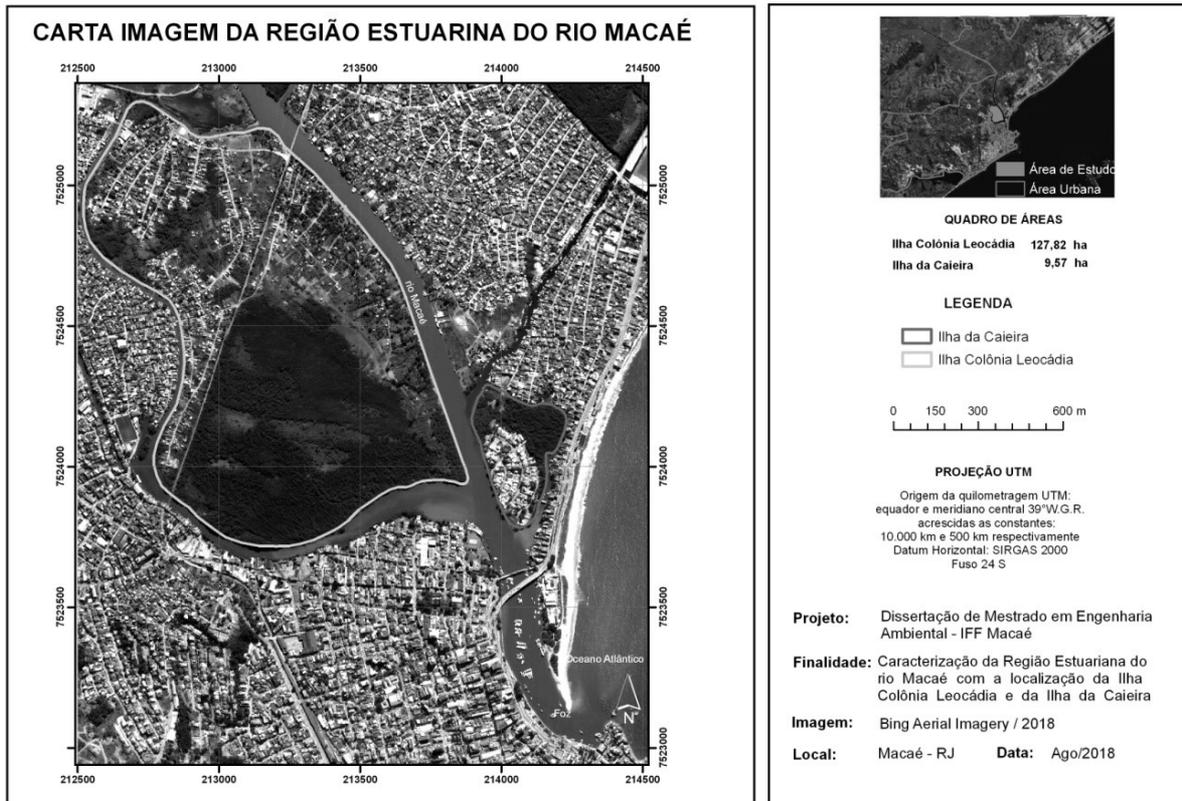
$$IPH = \frac{w_r R + w_a A + w_c C + w_u U + w_{Am} Am}{w_r + w_a + w_c + w_u + w_{Am}} \quad (3)$$

A Ilha Colônia Leocádia ocupa a porção central de uma gleba de terras situada no estuário do Rio Macaé e apresenta uma área de 127,80 ha (MACAÉ, 2010). A Secretaria Municipal Adjunta de Habitação realizou levantamento de campo na Ilha Colônia Leocádia visando atender ao Termo de Ajuste de Conduta nº 1.30.015.000119/2016-02, no qual consta o Parecer Técnico nº 06/2015 - PR-RJ/ASSPA/SEP que, dentre outras informações, constatou que a Ilha Colônia Leocádia não apresenta infraestrutura de saneamento básico ou qualquer outro equipamento e serviço público.

O loteamento Ilha da Caieira se caracteriza pelo alto padrão construtivo, contendo 99 residências atualmente e, segundo Ressiguiet (2011), dotado de infraestrutura de saneamento básico e benfeitorias que sugerem baixa ou inexistente condição de vulnerabilidade relacionada a recursos hídricos para seus habitantes (Macaé, 2010).

O produto cartográfico apresentado na Figura 2 foi obtido a partir do processo de *mosaicagem* de várias imagens aéreas, tomadas em escalas melhores que 1/500, obtidas junto à plataforma aberta Bing Aerial Imagery de 2018 e processada com o auxílio do *software* ArcGIS Desktop licenciado para o Laboratório de Geomática do Instituto Federal Fluminense-Campus Macaé. No laboratório também foram realizados o tratamento das imagens, a montagem do mosaico e seu georreferenciamento, a geração do mapa temático e a edição cartográfica final.

Figura 2 – Carta Imagem da região estuarina do Rio Macaé, Ilha Colônia Leocádia e Ilha da Caieira



Fonte: Guimarães (2019)

## Resultados e discussão

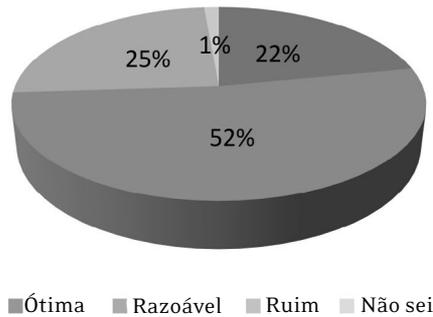
Uma definição mais abrangente do IPH é conceituada como ferramenta interdisciplinar e holística que integra dados das ciências naturais e sociais, envolvendo a disponibilidade de água, seu uso produtivo, a capacidade de acesso da população à água e os fatores ambientais sustentados por esta água, para avaliar a pobreza hídrica do local e das populações (Mlote; Sullivan; Meigh, 2002; Pérez-Foguet; Garriga, 2011; Sullivan; Meigh, 2003). Assim, o IPH é um valor adimensional que varia entre 1 (melhor) e 0 (pior) e permite realizar análises, comparações e medir a pobreza das populações relacionadas à água em variadas escalas, em zonas urbanas e rurais, abrangendo espaços de

desigualdade micro e macros através da agregação de variados indicadores que compõem o índice (Sullivan, 2002).

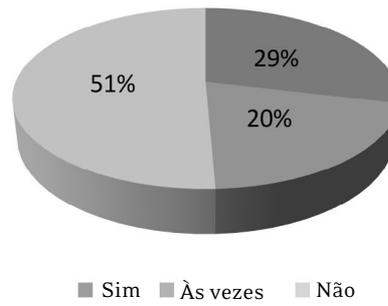
O componente Recurso está relacionado à disponibilidade física da água, levando-se em consideração a quantidade e a qualidade dentro do sistema estudado, bem como sua variação temporal (Ogata et al., 2016). Para a Ilha Colônia Leocádia o componente Recurso buscou compreender a percepção dos moradores com relação à qualidade ( $R_1$ ) e à quantidade ( $R_2$ ) de água que chega em suas residências.

Para parte da população a quantidade da água depende da capacidade de bombeamento individual e clandestino na rede do bairro vizinho, a outra parte depende do abastecimento das caixas d'água comunitárias mantidas pelo município.

**Figura 3 – Qualidade da água**



**Figura 4 – Quantidade da água**



O cálculo do componente Recurso se deu a partir da média dos valores dos subcomponentes  $R_1$  e  $R_2$ , equações 4 e 5, respectivamente:

$$R_1 = \frac{5.N_1 + 3.N_2 + 1.N_3 + 0.N_4}{5.(N_1 + N_2 + N_3 + N_4)} = 0,58 \quad (4)$$

Onde:

- $N_1$  = n° de respostas para qualidade ótima;
- $N_2$  = n° de respostas para qualidade razoável;
- $N_3$  = n° de respostas para qualidade ruim;
- $N_4$  = n° de respostas “não sei”.

Para a determinação do  $R_2$  alteram-se as variáveis e segue-se o mesmo procedimento:

$$R_2 = \frac{5.N_1 + 3.N_2 + 1.N_3}{5.(N_1 + N_2 + N_3)} = 0,51 \quad (5)$$

O valor para o componente Recurso é calculado, então, através da média entre seus subcomponentes  $R_1$  e  $R_2$ , conforme Equação 6:

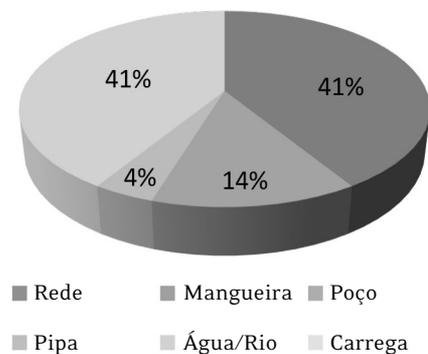
$$R = \frac{R_1 + R_2}{2} = 0,54 \quad (6)$$

A população é provida de água, o recurso está disponível apesar da forma como ele chega às residências. A qualidade é considerada razoável porque tanto a água bombeada da rede quanto aquela disponibilizada pela prefeitura tem a mesma origem, a concessionária de águas que atende o município. Quanto à quantidade, a maioria dos moradores alega problemas com a manutenção de bombas e mangueiras na parte da ilha onde ela é bombeada, e a outra parte da população, que depende do abastecimento das caixas comunitárias, alega que a falta de água está relacionada à demora da prefeitura em reabastecer as caixas d’água.

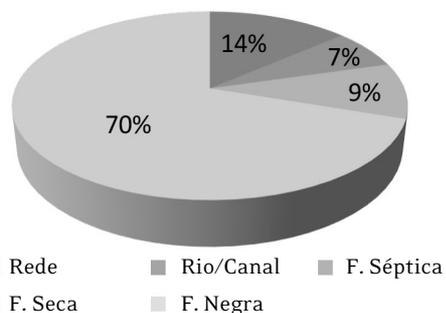
O componente Acesso relaciona-se à facilidade da população em acessar os recursos hídricos disponíveis, levando-se em conta a existência e eficiência da infraestrutura de acesso da população à água disponível (Senna, 2015).

Para este componente quantificou-se dados relacionados a dois subcomponentes: o modo como se dá o acesso ao abastecimento de água nas residências ( $A_1$ ) e o acesso ao esgotamento sanitário domiciliar na localidade ( $A_2$ ).

**Figura 5 – Abastecimento de água**



**Figura 6 – Ligação de esgoto**



O cálculo do componente Acesso se deu a partir da média dos valores dos subcomponentes  $A_1$  e  $A_2$ , equações 7 e 8, respectivamente:

$$A_1 = \frac{5.N_1 + 3.N_2 + 3.N_3 + 3.N_4 + 0.N_5}{5.(N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5)} = 0,41 \quad (7)$$

$$A_2 = \frac{5.N_1 + 0.N_2 + 5.N_3 + 3.N_4 + 0.N_5}{5.(N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5)} = 0,12 \quad (8)$$

O valor para o componente Acesso é calculado através da média do seus subcomponentes  $A_1$  e  $A_2$ :

$$A = \frac{A_1 + A_2}{2} = 0,26 \quad (9)$$

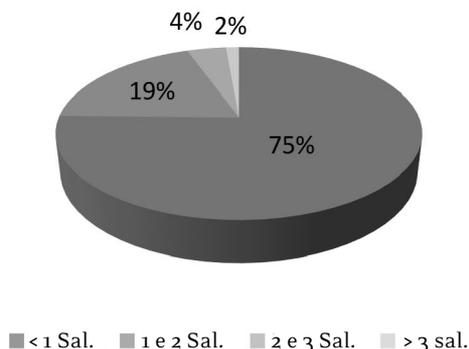
O baixo valor encontrado para o componente Acesso reflete a inexistência de infraestrutura

de redes de distribuição e abastecimento de água para as residências. Em boa parte dos casos, a água precisa ser carregada de pontos de distribuição até as casas. Com relação ao esgotamento sanitário a situação é semelhante, com o agravante de existir o descarte dos efluentes *in natura* no solo e nos corpos hídricos locais.

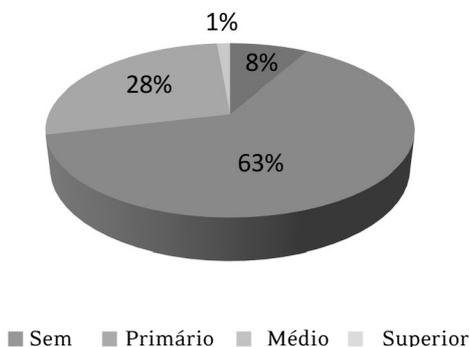
O componente Capacidade relaciona-se à maneira como a população é capaz de gerir sua água, levando-se em conta variáveis que medem renda, educação, saúde, participação social, dentre outros (Ogata et al., 2016).

Na adaptação para a Ilha Colônia Leocádia, três subcomponentes foram levantados: a renda mensal das famílias ( $C_1$ ), a educação do núcleo familiar ( $C_2$ ) e a participação dos moradores em algum movimento social ( $C_3$ ).

**Figura 7 – Renda familiar**



**Figura 8 – Educação familiar**



Em termos de participação social, verificou-se que 90% dos entrevistados declaram não participar de nada; 6% disseram participar de alguma ONG e 4% afirmaram participar da associação de moradores.

$$C_1 = \frac{1.N_1 + 2.N_2 + 3.N_3 + 5.N_4}{5.(N_1 + N_2 + N_3 + N_4)} = 0,26 \quad (10)$$

$$C_2 = \frac{1.N_1 + 2.N_2 + 3.N_3 + 5.N_4}{5.(N_1 + N_2 + N_3 + N_4)} = 0,44 \quad (11)$$

$$C_3 = \frac{3.N_1 + 3.N_2 + 5.N_3 + 0.N_4}{5.(N_1 + N_2 + N_3 + N_4)} = 0,07 \quad (12)$$

O componente Capacidade é obtido por meio da equação 13:

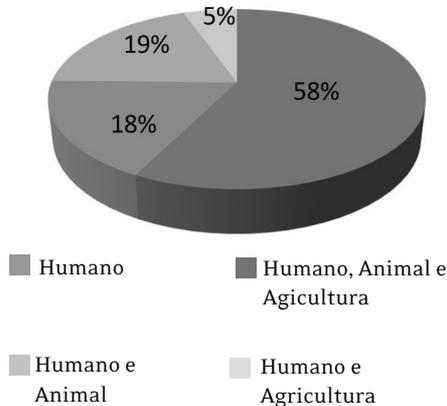
$$C = \frac{C_1 + C_2 + C_3}{3} = 0,26 \quad (13)$$

Os valores encontrados refletem o estado de vulnerabilidade socioeconômica e a situação de pobreza que passa a população daquela localidade. A maioria das famílias sobrevive com renda mensal inferior a um salário mínimo, não concluiu o ensino primário e se encontra à margem de grupos de discussão e interesse social.

O componente Uso relaciona-se aos diferentes fins da água, como doméstico, agrícola, industrial,

dentre outros (Freitas dos Santos; Ferreira, 2016). Levantaram-se dados relacionados à utilização da água pelos próprios moradores considerando o consumo humano, a dessedentação de animais e o consumo da água na agricultura familiar de subsistência.

**Figura 9 – Uso da água**



Para a determinação do componente Uso foi utilizada a Equação 10, considerando o consumo humano a variável de maior valor conforme prioridade de uso em situação de escassez hídrica - Lei Federal nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997):

$$U = \frac{5.N_1 + 1.N_2 + 1.N_3 + 3.N_4}{5.(N_1 + N_2 + N_3 + N_4)} = 0,68 \quad (14)$$

O valor acima da média para o componente Uso reflete que, predominantemente, a população que mora na ilha utiliza a água para o consumo humano.

O componente Ambiente indica a integridade ambiental, revelando se há capacidade de lidar com o estresse da água e garantir uso sustentável desse recurso (Senna, 2015). Foi avaliado se há ocorrência de enchente e/ou alagamento na rua onde reside o morador e a sua frequência. Para 40% dos entrevistados não ocorre nem alagamento e nem enchente na sua rua (equação 15).

$$A_m = \frac{5.N_1 + 3.N_2 + 3.N_3 + 1.N_4 + 1.N_5 + 1.N_6 + 1.N_7 + 1.N_8 + 0.N_9 + 1.N_{10}}{5.(N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_7 + N_8 + N_9 + N_{10})} = 0,52 \quad (15)$$

Aplicando os valores dos componentes e os seus respectivos pesos na Equação 3 obtém-se o valor do IPH para a Ilha Colônia Leocádia:

$$IPH = \frac{1.0,54 + 1.0,26 + 1.0,26 + 1.0,68 + 1.0,52}{1 + 1 + 1 + 1 + 1} = 0,45$$

$$\text{ou } IPH\% = 45$$

Na determinação do IPH para a localidade Ilha da Caieira foi utilizado o mesmo procedimento adotado para a Ilha Colônia Leocádia. Para 30% dos entrevistados a qualidade da água é ótima, enquanto 70% classificaram como razoável. Com relação à quantidade, 84% disseram ser suficiente contra 16% que afirmaram ser somente ocasional o pleno atendimento da demanda.

O cálculo do componente Recurso se deu a partir da média dos valores dos subcomponentes  $R_1$  e  $R_2$ , equações 4 e 5, respectivamente:

$$R_1 = \frac{5.N_1 + 3.N_2}{5.(N_1 + N_2)} = 0,71 \quad (4)$$

$$R_2 = \frac{5.N_1 + 3.N_2}{5.(N_1 + N_2)} = 0,93 \quad (5)$$

O valor para o componente Recurso é calculado, então, através da média entre seus subcomponentes  $R_1$  e  $R_2$ , conforme Equação 6:

$$R = \frac{R_1 + R_2}{2} = 0,82 \quad (6)$$

As residências contam com infraestrutura de rede de distribuição e abastecimento de água tratada, levando a população a considerar a qualidade dessa água razoável e sua quantidade suficiente para atendimento da demanda.

Com relação ao componente Acesso, destaca-se a existência de rede de distribuição na localidade e todas as residências são abastecidas com água tratada. O esgotamento sanitário de todas as residências se dá por fossas sépticas, embora um morador tenha afirmado possuir em sua fossa um sistema ligado diretamente ao rio para extravasamento em caso de maré alta, nesse caso foi considerada a variável  $N_2=01$ .

O cálculo do componente Acesso se deu a partir da média dos valores dos subcomponentes  $A_1$  e  $A_2$ , equações 7 e 8, respectivamente:

$$A_1 = \frac{5 \cdot N_1}{5 \cdot (N_1)} = 1,00 \quad (7)$$

$$A_2 = \frac{0 \cdot N_2 + 5 \cdot N_3}{5 \cdot (N_2 + N_3)} = 0,97 \quad (8)$$

Como todas as residências são atendidas por infraestrutura de rede de distribuição e abastecimento de água tratada, o valor máximo (melhor) para esse subcomponente era esperado.

$$A = \frac{A_1 + A_2}{2} = 0,98 \quad (9)$$

O alto valor encontrado para o componente Acesso é esperado em função de a localidade contar com serviços públicos e de infraestrutura de distribuição, abastecimento de água e destinação adequada ao esgoto doméstico.

Para o componente Capacidade, com relação à renda, 95% da população tem rendimento superior a três salários mínimos, e 5% declararam rendimentos de dois a três salários. Cerca de 91% das famílias declararam possuir ensino superior, diante de 9% que declarou possuir ensino médio e, com relação à participação em movimentos sociais, 98% das pessoas não participam de nada contra 2% que disseram participar de ONG.

$$C_1 = \frac{3 \cdot N_3 + 5 \cdot N_4}{5 \cdot (N_3 + N_4)} = 0,98 \quad (10)$$

$$C_2 = \frac{3 \cdot N_3 + 5 \cdot N_4}{5 \cdot (N_3 + N_4)} = 0,96 \quad (11)$$

$$C_3 = \frac{3 \cdot N_1 + 0 \cdot N_4}{5 \cdot (N_1 + N_4)} = 0,01 \quad (12)$$

O componente Capacidade é obtido por meio da Equação 13:

$$C = \frac{C_1 + C_2 + C_3}{3} = 0,65 \quad (13)$$

Os valores encontrados para os subcomponentes renda e educação refletem a ausência de condições de vulnerabilidade socioeconômica da população desta localidade. Tal como entre os moradores da Ilha Colônia Leocádia, a participação em movimentos sociais é inexpressiva para os moradores locais.

Para a determinação do componente Uso foi utilizada a Equação 14:

$$U = \frac{5 \cdot N_1 + 1 \cdot N_2 + 1 \cdot N_3 + 3 \cdot N_4}{5 \cdot (N_1 + N_2 + N_3 + N_4)} = 0,95 \quad (14)$$

O alto valor encontrado reflete que o uso da população que mora na ilha é voltado, prioritariamente, para o consumo humano e está alinhado aos princípios para o uso da água em situação de escassez.

Para o componente Ambiente foram analisadas variáveis relacionadas à ocorrência de alagamentos e/ou enchente nas ruas do loteamento. Para os moradores entrevistados não ocorre nem enchente e nem alagamento na ilha.

$$A_m = \frac{5 \cdot N_1}{5 \cdot N_1} = 1 \quad (15)$$

Colaborou para esse ótimo resultado a presença de infraestrutura de drenagem de águas pluviais. Aplicando os valores dos componentes e os seus

respectivos pesos na Equação 3 obtém-se o valor do IPH para a Ilha da Caieira:

$$IPH = \frac{1.0,82+1.0,98+1.0,95+1.0,65+1.1}{1+1+1+1+1} = 0,88$$

$$\text{ou } IPH\% = 88$$

Na Tabela 1 pode-se visualizar os valores dos componentes principais e do IPH por localidade.

Guppy (2014) propõe classificar a pobreza hídrica segundo cinco categorias: Grave (0-47,9); Alta (48-55,9); Média (56-61,9); Média-Baixa (62-67,9) e Baixa (68-100).

Dessa forma o valor encontrado para IPH da Ilha Colônia Leocádia (45%) reflete uma situação de grave pobreza hídrica, refletindo os baixos valores encontrados para os indicadores que compõe o índice, sobretudo aqueles relacionados ao acesso à água, ao esgotamento sanitário e aos aspectos socioeconômicos da população que habita a ilha. Uma vez que o objetivo principal da Agenda 2030 é alcançar a prosperidade para todos no planeta, evidencia-se assim que a região estuarina do município de Macaé caminha na contramão dos ODS 1 e 6, partindo-se do pressuposto que sem sustentabilidade local a sustentabilidade global não será possível.

**Tabela 1 – Resultados para os componentes e Índice de Pobreza Hídrica das localidades**

| COMPONENTE | ILHA COLÔNIA LEOCÁDIA | ILHA DA CAIEIRA |
|------------|-----------------------|-----------------|
| Recurso    | 0,54                  | 0,82            |
| Acesso     | 0,26                  | 0,98            |
| Capacidade | 0,26                  | 0,65            |
| Uso        | 0,68                  | 0,95            |
| Ambiente   | 0,52                  | 1               |
| IPH (%)    | 45                    | 88              |

Uma alternativa que se apresenta com potencial de diminuir as condições de pobreza hídrica da população da Ilha Colônia Leocádia e de mitigar as consequências danosas da ausência de saneamento básico são os sistemas *wetlands*, que exemplificam soluções baseadas na natureza (SbN) a serem empregadas em consonância com o ODS 6, como indicado pela ONU (UNESCO, 2018), que poderiam ser aplicados na localidade em estudo. O conceito de SbN foi lançado pela Comissão Europeia no relatório denominado *Nature Based Solutions and Re-Naturing Cities*, que apresenta boas práticas e medidas inovadoras destinadas a enfrentar desafios ambientais e econômicos do nosso século, conferindo à natureza um papel de centralidade na gestão e no planejamento urbano, com vistas à manutenção e/ou recuperação das funções e serviços ecossistêmicos desses territórios (Caeiro, 2016).

O emprego das SbN é considerado promissor para melhoria da qualidade ambiental dos assentamentos

humanos e da redução dos riscos de desastres relacionados à água, entre outros aspectos (UNESCO, 2018), concorrendo como opção no atendimento aos moradores da Ilha Colônia Leocádia que está situada na várzea de inundação do Rio Macaé (Sayd; Britto, 2016).

As *wetlands* construídas são exemplos de SbN e utilizam filtração física, química e biológica na transformação de poluentes presentes nos esgotos sanitários, e junto ao seu habitat selvagem, harmonizam a relação da sociedade com a natureza, se constituindo-se como exemplos bem-sucedidos para tratamento de esgoto ao redor do mundo (Ansari et al., 2016).

Foge ao escopo deste trabalho projetar e/ou dimensionar um sistema *wetland*, contudo é oportuno apresentar algumas soluções que estão em operação no Brasil e que têm potencial de serem adequadas à realidade da Ilha Colônia Leocádia.

**Tabela 2 – Exemplos de sistemas de tratamento de esgoto doméstico utilizando *wetlands* construídas**

| Sistema de tratamento de esgoto doméstico | Vazão (l/s) | População atendida (habitantes) | Wetland (m <sup>2</sup> ) |
|---|-------------|---------------------------------|---------------------------|
| Vila de Pitinga/AM                        | 10,2        | 4.000                           | 4.080                     |
| Bairro de Emaús, Ubatuba/SP               | 0,52        | 300                             | 157,54                    |
| Vila dos Cabanos, Barcarena/PA            | 67          | 13.000                          | 8.300                     |
| Cond. Vila Romana, Piracicaba/SP          | 0,5         | 120                             | 168,5                     |

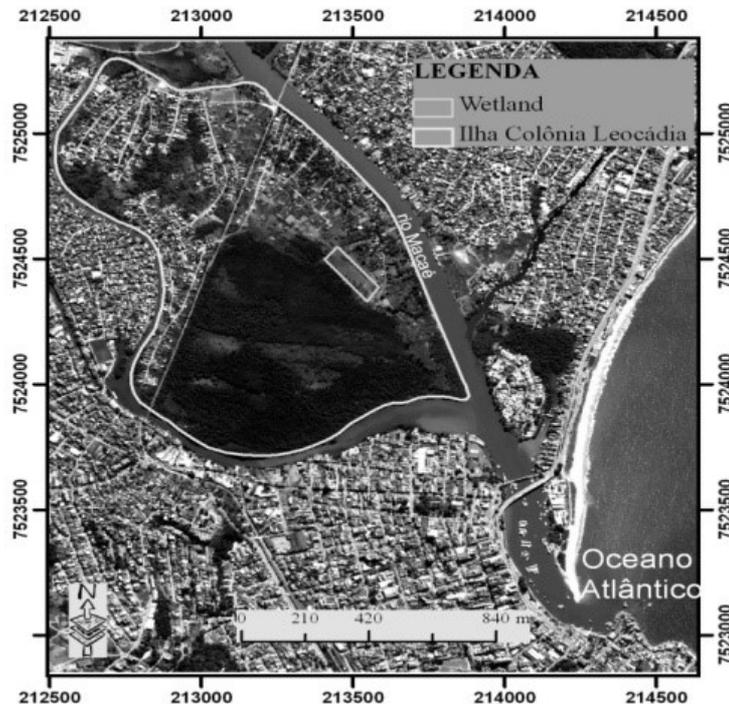
Fonte: Adaptado de Salati, Salati Filho e Salati (2009)

Pode-se inferir a possibilidade de atender a população da Ilha Colônia Leocádia, estimada em 4.472 habitantes, desde que sejam realizadas obras de infraestrutura da rede de coleta de esgoto direcionada para a área de aproximadamente 8 mil m<sup>2</sup>, destacada na Figura 10.

Este sistema de tratamento de esgoto representa uma alternativa simples, econômica, fácil de construir e de operar. Pode ser incorporado à paisagem local e é considerado promissor como alternativa para solucionar os problemas sociais e ambientais causados pela má disposição do esgoto (Araújo et al., 2006).

Para o loteamento Ilha da Caieira o valor do IPH (88) indica uma condição de baixa pobreza hídrica, o que era previsível, considerando a existência de urbanização da localidade, de toda infraestrutura de distribuição e abastecimento de água tratada, das soluções adequadas para o esgotamento sanitário e do perfil socioeconômico dos moradores da ilha, de classe média-alta, característico da parcela da população do município que se beneficia com a riqueza econômica desigualmente distribuída e impulsionada pelas atividades da economia do petróleo.

**Figura 10 – Proposta de localização do *wetland* construído**



## Considerações finais

Ao considerarmos a multidimensionalidade da pobreza *versus* a ambiciosa proposta de promoção da prosperidade para todas as populações do planeta, o alinhamento aos ODS da Agenda 2030 requer metodologias que permitam avaliar as condições socioambientais de populações de diferentes regiões do planeta, considerando simultaneamente as implicações da escassez hídrica de maneira a constituírem-se em estratégias de apoio à decisão. Nesse campo, destacam-se estudos que empregam valores numéricos, expressos sob forma de índice, de maneira a agregar parâmetros relacionados à integridade e à disponibilidade dos recursos hídricos, assim como às condições socioeconômicas das populações envolvidas. Tais índices devem possibilitar a comparação entre diversas localidades, estabelecendo regiões prioritárias para receber ações voltadas à manutenção e à proteção dos recursos hídricos, de modo a atender a demanda atual e futura da população, tendo como exemplo o IPH.

Partiu-se da hipótese de que, mesmo após as adaptações procedidas para a escala local, necessárias em função dos dados secundários disponíveis e dos dados primários de percepção ambiental obtidos no presente estudo, o IPH poderia ser estimado e permitiria evidenciar as condições vulnerabilidade da população da Ilha Colônia Leocádia quando comparada à da Ilha da Caieira. Tal hipótese foi confirmada, indicando uma condição de grave pobreza hídrica da Ilha Colônia Leocádia que, portanto, necessita de um olhar especial e integrador das políticas públicas sociais e de gestão dos recursos hídricos, que se traduza em ações eficazes de combate aos fatores que geram a pobreza hídrica associada às condições de vulnerabilidade socioeconômica e ambiental da população local. Imerso desde a década de 1970 numa aparente prosperidade econômica alavancada pela insustentável economia do petróleo, Macaé caminha na contramão dos objetivos de desenvolvimento sustentável, encontrando-se distante das metas a serem alcançadas pelos ODS 1 e 6, que reafirmam a necessidade de universalização dos saneamento. Para trabalhos futuros, sugere-se dar continuidade e detalhar o estudo de implantação de uma *wetland* associada à rede coletora de tratamento de efluentes

na Ilha Colônia Leocádia. Adicionalmente poder-se-ia aproveitar o biogás resultante para atendimento, mesmo que parcial, às demandas de energia dessa população.

## Referências

ABRAHAM, E. M.; FUSARI, M. E.; SALOMÓN, M. El índice de pobreza hídrica y su adaptación a las condiciones de América Latina. In: ABRAHAM, E. M.; BEEKMAN, G. B. *Indicadores de la desertificación para América del Sur*: Mendoza. [S.l.: s.n.], 2006. p. 85-102.

ANSARI, A. A. et al. (Eds.). *Phytoremediation: management of environmental contaminants*. Cham: Springer, 2016. v. 4.

ARAÚJO, R. B.; CABRAL, N. R. A. J.; SILVA, A. C.; CATTONY, E. B. M. *Wetlands construídas como proposta para tratamento de águas residuárias de uma pequena comunidade do estado do Ceará, comunidade Vilares da Serra no município de Maranguape*. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 1., 2006, Natal. *Anais...* Natal: Connepi, 2006.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, p. 470, 9 jan. 1997. Disponível em: <https://bit.ly/2weUvaO>. Acesso em: 25 nov. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Programa Nacional de Revitalização de Bacias Hidrográficas*. Brasília, DF, 2018.

CAEIRO, J. C. S. *Homenagem ao professor doutor Francisco Caldeira Cabral*. 2016. Dissertação (Mestrado em Arquitetura Paisagista) - Universidade de Lisboa, Lisboa, 2016.

CORREIA, M. L. A. Crescimento econômico e desenvolvimento humano na constituição brasileira. In: FEITOSA, M. L. P. A.; XAVIER, Y. M. A.; KLARK, G. *Direito econômico, energia e*

*desenvolvimento*. Florianópolis: Conpedi, 2014. p. 6-21.

DAMKJAER, S.; TAYLOR, R. The measurement of water scarcity: defining a meaningful indicator. *Ambio*, Estocolmo, v. 46, p. 513-531, 2017.

DE MARCO, C. M.; MEZZARROBA, O. O direito humano ao desenvolvimento sustentável: contornos históricos e conceituais. *Veredas do Direito*, Belo Horizonte, v. 14, p. 323-349, 2017.

FALKENMARK, M. The massive water scarcity now threatening Africa: why isn't it being addressed. *Ambio*, Estocolmo, v. 18, p. 112-118, 1989.

FEITELSON, E.; CHENOWETH, J. Water poverty: towards a meaningful indicator. *Water Policy*, Amsterdã, v. 4, n. 3, p. 263-281, 2002.

FREITAS DOS SANTOS, R. S.; FERREIRA, M. I. P. Índice de Pobreza Hídrica e sua adaptação às condições da comunidade de Gargaú, São Francisco do Itabapoana/RJ. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, Campos dos Goytacazes, v. 10, p. 191-206, 2016.

GUIMARÃES, É. A. *Objetivos de desenvolvimento sustentável e pobreza hídrica: estudo comparativo de comunidades estuarinas do município de Macaé/RJ*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Instituto Federal Fluminense, Macaé, 2019.

GUPPY, L. The Water Poverty Index in rural Cambodia and Viet Nam: a holistic snapshot to improve water management planning. *Natural Resources Forum*, Hoboken, v. 38, n. 3, p. 203-219, 2014.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *ODS - Metas Nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: proposta de adequação*. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/3dYJ9Jo>>. Acesso em: 6 nov. 2018.

ISABEL, R. S.; MOTA, D. J. M. *Agenda 2030 e desenvolvimento humano: uma análise da política migratória brasileira*. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2017.

JACOBI, P. R. Poder local, políticas sociais e sustentabilidade. *Saúde e Sociedade*, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 31-48, 1999.

LAWRENCE, P.; MEIGH, J.; SULLIVAN, C. The Water Poverty Index: an international comparison. *Keele Economics Research Papers*, Keele, v. 19, p. 1-24, 2002.

LUNA, R. M. *Desenvolvimento do Índice de Pobreza Hídrica (IPH) para o Semi-Árido brasileiro*. 2007. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

MACAÉ. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Habitação. *Plano Local de Habitação de Interesse Social*. Macaé, 2010.

MLOTE, S. D. M.; SULLIVAN, C.; MEIGH, J. *Water Poverty Index: a tool for integrated water management*. In: WATERNET/WARFSA SYMPOSIUM, 3., 2002, Dar es Salaam. *Anais...* Amsterdã: WaterNet, 2002.

MOLLE, F.; MOLLINGA, P. Water Poverty Indicators: conceptual problems and policy issues. *Water Policy*, Londres, v. 5, n. 5, p. 529-544, 2003.

OGATA, I. S. et al. *Implementação do Índice de Pobreza Hídrica na região hidrográfica do baixo curso do rio Paraíba, estado da Paraíba, Brasil*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 7., 2016, Campina Grande. *Anais...* Bauru: Ibeas, 2016.

OLIVEIRA, M. E. Desenvolvimento e sustentabilidade. *Cofecon*, Brasília, DF, 10 maio 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/3e1D4eP>>. Acesso em: 30 out. 2018.

- ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Declaração do Milênio*. Nova York, 2000.
- PÉREZ-FOGUET, A.; GARRIGA, R. G. Analyzing water poverty in Basins. *Water Resource Management*, [S.l.], v. 25, n. 14, p. 3595-3612, 2011.
- RESSIGUIER, J. H. B. *Atividade petrolífera e impactos no espaço urbano do município de Macaé/RJ - 1970/2010*. 2011. Dissertação (Mestrado em Planejamento Regional e Gestão de Cidades) - Universidade Cândido Mendes - Campos dos Goytacazes, 2011.
- RIGUEIRO, I. C. *Desenvolvimento local sustentável: uma abordagem à sustentabilidade dos projetos de empreendedorismo social*. 2014. Dissertação (Mestrado em Intervenção Social, Inovação e Empreendedorismo) - Universidade de Coimbra, Coimbra, 2014.
- SACHS, J. D. From millennium development goals to sustainable development goals. *Lancet*, Nova York, v. 379, n. 9832, p. 2206-2211, 2012.
- SALATI, E.; SALATI FILHO, E.; SALATI, E. *Utilização de sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas*. Piracicaba: Instituto Terramax, 2009.
- SAYD, J. L. C.; BRITTO, A. L. N. P. *Estuário do Rio Macaé: o papel das obras hidráulicas na configuração do espaço urbano*. *Insitu*, São Carlos, v. 2, n. 2, p. 319-332. 2016.
- SCHLEICHER, J.; SCHAAFSMA, M.; VIRA, B. Will the Sustainable Development Goals address the links between poverty and the natural environment? *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Amsterdã, v. 34, p. 43-47, 2018.
- SEN, A. *Desenvolvimento como liberdade*. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.
- SENNA, L. D. *Uso do Índice de Pobreza Hídrica (WPI) através da análise de componentes principais*. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.
- SOUZA, C. M. N. Gestão da água e saneamento básico: reflexões sobre a participação social. *Saúde e Sociedade*, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 1058-1070, 2017.
- SULLIVAN, C. Calculating a Water Poverty Index. *Word Development*, Amsterdã, v. 30, n. 7, p. 1195-2002, 2002.
- SULLIVAN, C.; MEIGH, J. Considering the Water Poverty Index in the context of poverty alleviation. *Water Policy*, Londres, v. 5, n. 5-6, p. 513-528, 2003.
- SULLIVAN, C. et al. The Water Poverty Index: development and application at the community scale. *Natural Resources Forum*, Albuquerque, v. 27, p. 189-199, 2005.
- TRIOLA, M. F. *Introdução à Estatística*. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.
- UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. *Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2018: soluções baseadas na natureza para a gestão da água*. Paris, 2018.
- VAN DER VYVER, C. A comparison of the traditional and simplified methods for Water Poverty Index Calculation. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, Roma, v. 4, n. 6, 2013.
- WESTSTRATE, J. et al. The sustainable development goal on water and sanitation: learning from the millennium development goals. *Social Indicators Research*, [S.l.], v. 143, p. 795-810, 2018.

---

Recebido: 30/01/2019  
Aprovado: 13/02/2020