http://journal.unoeste.br/index.php/ce/index
DOI: 10.5747/ce.2021.v13.n4.e377
ISSN on-line 2178-8332

Colloquium Exactarum

Submetido: 21/09/2021 Revisado: 20/12/2021 Aceito:24/02/2022

UTILIZAÇÃO DO COEFIECIENTE LINEAR DE PEARSON PARA AVALIAR A INFLUÊNCIA DOS INDICADORES PIB E IDH NO CONSUMO PER CAPITA DE ÁGUA NO ESTADO DO CEARÁ

Use of pearson's linear coefficient to assess the influence of GDP and HDI indicators on per capita water consumption in the state of ceará

Maria Irene Teodoro Lopes, Maria do Socorro Ribeiro Hortegal Filha

Intituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE
E-mail: mariairenetlopes@gmail.com

RESUMO – Neste trabalho foi utilizado o método de correlação linear de Pearson para avaliar a influência de indicadores socioeconômicos no consumo Per capita de água no estado do Ceará. Para isso foram utilizados dados do Censo de 2010 para o Índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM), bem como dados do Produto Interno Bruto (PIB) per capita e o do consumo per capita de água dos anos de 2013 a 2018 para os 184 municípios do estado do Ceará. Para facilitar as análises os municípios foram categorizados de acordo com as 7 mesorregiões do estado. Os resultados obtidos demonstram uma fraca correlação entre o IDHM e o consumo Per capita de água, que pode ser justificada pelos diversos fatores influenciadores no resultado do IDHM. E em relação a correlação entre PIB per capita e o consumo de água também foram encontradas fracas correlações de acordo com a divisão em mesorregiões, porém com uma grande amplitude para os municípios de uma mesma mesorregião. Ao observar a individualidade dos municípios obteve-se uma correlação forte ou moderada em 47,7% dos municípios cearenses. A metodologia utilizada é de fácil análise e entendimento e mostra-se bastante útil para planejamento de sistemas de abastecimento de água.
Palavras-chave: Sistemas de abastecimento de água; Indicadores socioeconômicos; Correlação.

ABSTRACT – In this work, Pearson's linear correlation method was used to assess the influence of socioeconomic indicators on Per capita water consumption in the state of Ceará. For this, data from the 2010 Census were used for the municipal human development index (HDI), as well as data on the Gross Domestic Product (GDP) per capita and the per capita consumption of water from 2013 to 2018 for the 184 municipalities in the state of Ceará. To facilitate the analysis, the municipalities were analyzed according to the state's mesoregions, which are 7. The results obtained demonstrate a weak correlation between the HDI the Per capita water consumption, which can be explained by the various influencing factors in the HDI result. And in relation to the correlation between GDP per capita and water consumption, weak correlations were also found according to the division into mesoregions, but with a large amplitude for the municipalities in the same mesoregion. Observing the individuality of the municipalities, a strong or moderate correlation was obtained in 47.7% of the municipalities in Ceará. The

methodology used is easy to analyze and understand and proves to be very useful for planning water supply systems.
Keywords: Water supply systems; Socioeconomic indicators; Correlation.

1. INTRODUÇÃO

Dalmônica (2014) afirma que a água é considerada um bem fundamental para a existência humana e para o desenvolvimento econômico. Ela é vista como um recurso estratégico e estruturante, sendo importante garantir a eficiência da sua utilização. Para isso se faz necessário identificar os principais influenciadores no consumo hídrico para que seja possível conhecer o perfil de consumo da população e aplicar medidas de manutenção ou de melhorias, a fim de aprimorar seu uso sem comprometer a quantidade e qualidade do recurso.

O consumo médio per capita de água (QPC) é o volume médio diário de água consumida dividido pela população abastecida e é geralmente expresso L-1 hab-1 dia-1 (VON SPERLING, 2014). No ano de 2019, o QPC médio do Brasil foi de 153,9 L-1 hab-1 dia-1.

De acordo com Dias, Martinez e Libânio (2010), torna-se crucial para elevar o panorama da população abastecida com água uma estimativa acurada do consumo residencial per capita e uma estimativa da vazão de demanda para implantação ou, mais usualmente, ampliação dos sistemas de abastecimento de água. Dentre os principais fatores intervenientes no consumo domiciliar comumente elencados na literatura técnica – clima, percentual de hidrometração, valor da tarifa, pressões dinâmicas e estáticas na rede de distribuição, qualidade da água, entre outros.

Além desses fatores, diversos índices socioeconômicos têm sido utilizados na obtenção de modelagens matemáticas que sejam capazes de fazer predição de fatores quantitativos correlatos a planejamento e expansão dos serviços públicos de abastecimento de água (CALDEIRA, AQUINO, 2020).

Entre os fatores socioeconômicos que têm sido utilizados para correlacionar com os serviços de abastecimento de água pode-se citar o Produto Interno Bruto (PIB), que é a soma de todos os bens de serviço de um lugar em um determinado período de tempo, e o IDH (Índice de Desenvolvimento Humano), que é uma medida comparativa usada para classificar os países pelo seu grau de desenvolvimento humano, levando em consideração os fatores econômicos, a expectativa de vida da área em estudo e os índices educacionais.

Para avaliar a correlação entre duas variáveis o método da correlação linear é comumente utilizado. O coeficiente da correlação linear de Pearson mensura de forma adimensional o sentido e o grau de relacionamento linear entre duas variáveis aleatórias quantitativas, e variam entre -1 e +1.

De acordo com as pesquisas realizadas, não foram encontrados estudos sobre a influência dos indicadores PIB e IDH no consumo de água para o estado do Ceará até o presente momento. Portanto, a pesquisa tem como objetivo aplicar a análise da correlação linear de Pearson para mensurar a influência dos indicadores socioeconômicos municipais PIB e IDH no consumo per capita de água para os 184 municípios do estado do Ceará, a partir dos dados referentes aos anos de 2003 a 2018.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Saneamento básico e abastecimento de água

O saneamento básico é resultado do conjunto de serviços que promovem saúde pública, sustentabilidade ambiental, preservação de recursos hídricos, qualidade de vida, desenvolvimento social e econômico sustentável. No Brasil, ele se materializa na universalização do acesso aos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas estabelecida pela Lei Federal do Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007, atualizada pela Lei nº 14.026/2020.)

Para Aquino *et al.* (2017), a universalização dos serviços públicos de abastecimento de água é um dos desafios às municipalidades brasileiras, tendo em vista que o acesso da população aos adequados serviços de saneamento proporciona a melhoria na saúde, mas, em contrapartida, demanda adequados planejamento urbano e aplicação de recursos

para construção, ampliação e manutenção de obras e serviços hidráulico-sanitários.

A nível internacional, a ONU estabeleceu como meta entre os Objetivos do Desenvolvimento sustentável (ODS) da Agenda 2030 o acesso universal e equitativo à água potável, segura e acessível. Já no Brasil, de acordo com o Plano Nacional de Saneamento Básico (PlanSab), o alcance da universalização previsto para 2033 está posto para os serviços de abastecimento de água nas áreas urbanas de todas as macrorregiões, assim como nas áreas rurais do Sudeste, Sul e Centro-Oeste. Já as metas para as regiões Nordeste e Norte no mesmo ano são de 97% e 94% respectivamente.

De acordo com os dados do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), no ano de 2019, 83,7% da população do Brasil era abastecida com água o que correspondia a 170,8 milhões de habitantes, com um consumo médio de 153,9 l/Hab.dia. O Diagnóstico SNIS dos Serviços de Água e Esgotos identifica 680,4 mil quilômetros de redes públicas de abastecimento de água nos 5.191 municípios participantes da amostra com uma expansão de 17,7 mil quilômetros em relação a 2018 e um investimento anual de R$ 5,76 bilhões para obras, extensões e manutenções.

Ainda segundo a coleta de dados do SNIS 2019, no Brasil, dos 1194 prestadores de serviço responsáveis pelo abastecimento público de água, 52,3% pertencem à administração pública direta, 37,6% são autarquias, 8,7% são empresas privadas, 2,6% são de sociedades de economias mistas, e o restante de empresas públicas e organizações sociais. Desses prestadores de serviço 97% atuam a nível local, ou seja, atendem em um único município, ou outros são de nível microrregional e regional.

2.2. O consumo e o abastecimento de água no Ceará

No Nordeste o consumo per capita de água foi de 120,6 L-1 hab-1 dia-1 . No Ceará a média foi superior a regional com 134,4 L-1 hab-1 dia-1.

De acordo com dados levantados em 2015 pela Agência Nacional de Águas (ANA) apenas 27% dos municípios do estado do Ceará são atendidos com um abastecimento de água satisfatório, o que equivale a 108 municípios, enquanto 59% necessitam da ampliação do sistema e 14% requerem novo manancial. O principal tipo de manancial utilizado para esse abastecimento é o superficial com 108 municípios beneficiados, em seguida o manancial subterrâneo com 64 municípios e apenas 12 cidades possuem o sistema misto.

A Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (Cagece) é a principal fornecedora de água no estado, está presente em 152 municípios do estado, e beneficia cerca de 5,55 milhões de cearenses. A cobertura do abastecimento de água alcança 98% dos lares e instituições públicas e privadas cearenses.

2.3. As variáveis estudadas

Diversos autores têm utilizado indicadores socioeconômicos para estimar ou verificar a influência no consumo de água a nível nacional e internacional. Entre os trabalhos mais recentes pode-se citar o desenvolvido por Caldeira e Aquino (2020) em que eles analisaram através da correlação linear de Pearson a influência de indicadores socioeconômicos municipais IDH e PIB no consumo per capita de água para os 417 municípios do estado da Bahia, e obtiveram dados relevantes para a posterior utilização no planejamento e à melhoria dos sistemas de abastecimento de água no estado da Bahia.

Por sua vez, Aquino et al. (2017) analisaram a influência causada no consumo per capita de água pelo produto interno bruto (PIB) e índice de desenvolvimento humano (IDH) municipais em 26 municípios localizados no sudoeste do estado de Goiás, através da correlação linear de Pearson e os resultados demostraram haver correlação positiva classificada como moderada e forte entre PIB e consumo de água para a maioria dos municípios. Em contrapartida, a influência do IDH no referido consumo foi classificada como fraca. A análise mostrou-se como uma ferramenta de simplicidade operacional e de relevante utilidade aos órgãos responsáveis pela elaboração de estudos de planejamento urbano e saneamento básico.

Já no município de Belo Horizonte Dias et al. (2010) avaliaram o impacto que a alteração da renda das famílias exerce sobre o consumo de água tratada e os resultados mostraram relação intrínseca entre o consumo per capita e a renda mensal, balizados pelos gráficos de dispersão e pelos significativos coeficientes de determinação obtidos que foram superiores a 0,8.

No âmbito internacional, Fernández-Durán e Lloret (2016, *apud* CALDEIRA; AQUINO,

2020) analisaram a relação entre PIB per capita e consumo de água para os 131 municípios pertencentes à bacia hidrográfica Lerma-Chapada, localizada na região central oeste do México e obtiveram como resultado um modelo estatisticamente significativo, pelo método da curva em U invertida de Kuznets ao relacionar as referidas variáveis.

2.3.1. O Produto Interno Bruto- PIB

Conforme o IBGE, o PIB é a soma de todos os bens e serviços finais produzidos por um país, estado ou cidade, geralmente em um ano. Os países calculam esse valor em suas respectivas moedas.

No Brasil, em 2020 o PIB foi de 7,4 trilhões de reais. Diferentemente do IDHM, o PIB limita-se apenas a renda e não leva em consideração outros fatores inerentes a qualidade de vida da população.

2.3.2. O Índice de Desenvolvimento Humano – IDH

De acordo com o PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento), o IDH é uma medida que tem como três dimensões básicas para o desenvolvimento humano: educação, saúde e renda. A medida foi criada como alternativa ao PIB, que levava em consideração somente a renda da população. O valor desse indicador pode variar de 0 a 1, quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento da localidade.

Segundo o PNUD em 2010, 70% dos municípios brasileiros estavam com o índice de IDHM (índice de desenvolvimento humano municipal) maior que a média obtida em no ano 2000. Os valores de IDHM no Brasil são coletados a partir do censo demográfico e, portanto, os últimos valores são correspondentes ao ano de 2010.

2.4. O coeficiente linear de Pearson

A correlação é o grau de relação entre variáveis, que procura determinar quão bem uma equação linear, ou de outra espécie, descreve ou explica a relação entre as variáveis. Se todos os valores das variáveis satisfazem exatamente uma equação, diz-se que elas estão perfeitamente correlacionadas ou que há correlação perfeita entre elas. Quando são avaliadas somente duas variáveis trata-se de correlação simples, já no caso de mais de duas variáveis fala-se em correlação múltipla (SANTOS, 2010).

O coeficiente de Pearson mede o grau da correlação (e a direção dessa correlação - se positiva ou negativa) entre duas variáveis de escala métrica que pode variar entre - 1 e 1, e quanto mais próximo o coeficiente estiver de zero mais fraca é a relação. Pode-se encontrar o valor de R através de programas computacionais como o Excel, que utiliza o cálculo algébrico da Equação 1 por meio da função Pearson ().

$$r \frac{\sum(xi-\bar{x})(yi-\bar{y})}{\sqrt{\sum(xi-\bar{x})^2(yi-\bar{y})^2}} \quad (1)$$

Na qual:

r: Coeficiente de Pearson;

x: Variável quantitativa independente;

$\bar{x}$: Média dos valores analisados da variável x;

y: Variável quantitativa dependente;

$\bar{y}$: Média dos valores analisados da variável y.

3. METODOLOGIA

3.1. Área de estudo e regionalização adotada

A pesquisa teve como área de estudo os municípios do Estado do Ceará. De acordo com os dados do Censo Demográfico de 2010 fornecidos pelo IBGE, o Ceará é o oitavo estado mais populoso do Brasil, com uma população de 8.452.381 pessoas , dos quais 6.346.557 residem na área urbana.

O estado apresenta uma área territorial de 148894,4 KM², o que equivale a 9,57% da área pertencente à região Nordeste e 1,74% da área do Brasil. Composto por 184 municípios divididos em 7 Mesorregiões e 33 Microrregiões geográficas de acordo com a regionalização do IBGE. Para facilitar as análises do trabalho escolheu-se a divisão em Mesorregiões que são: Noroeste Cearense, Norte Cearense, Região Metropolitana de Fortaleza, Sertões Cearenses, Jaguaribe, Centros-Sul Cearense, Sul cearense.

O Quadro 1 apresenta a divisão dos municípios do estado do Ceará de acordo com a Mesorregião, bem como a bacia hidrográfica a qual eles fazem parte.

Quadro 1. Classificação dos municípios do Ceará de acordo com as mesorregiões e suas respectivas bacias hidrográficas.

Mesorregião	Município	Bacia hidrográfica
Centro-Sul Cearense	Antonina do Norte, Cariús, Iguatu, Jucás, Orós, Quixelô, Tarrafas	Alto Jaguaribe
	Icó	Alto Jaguaribe e Salgado
	Baixio, Cedro, Ipaumirim, Lavras da Mangabeira, Umari, Várzea Alegre	Salgado
Jaguaribe	Aracati, Fortim , Icapuí , Itaiçaba , Jaguaruana, Limoeiro do Norte, Palhano, Quixeré e Russas	Baixo Jaguaribe
	Ibicuitinga e Morada Nova	Banabiú
	Alto Santo, Ererê, Iracema, Jaguaretama. Jaguaribara. Jaguaribe, Pereiro , Potiretama, São, João do Jaguaribe e Tabuleiro do Norte	Médio Jaguaribe
Metropolitana de Fortaleza	Itaitinga	Banabiú e Metropolitanas
	Aquiraz, Caucaia, Eusébio, Fortaleza, Guaiúba, Horizonte, Maracanaú, Maranguape, Pacajus e Pacatuba	Metropolitanas
Noroeste Cearense	Cariré, Catunda, Forquilha, Graça, Groaíras, Ipu, Pacujá, Pires Ferreira, Reriutaba, Santa Quitéria e Varjota	Acaraú
	Alcântaras, Bela Cruz, Cruz, Massapê, Meruoca, Mucambo	Acaraú e Coreaú
	Hidrolândia, Morrinhos, Santana do Acaraú	Acaraú e Litoral
	Marco, Acaraú e Sobral	Acaraú, Coreaú e Litoral
	Ibiapina	Acaraú, Coreaú e Serra da Ibiapaba
	Ipueiras	Acaraú, Sertões de Crateús, e Serra da Ipiapaba
	Barroquinha, Camocim, Chaval, Coreaú, Frecheirinha, Granja, Jijoca de Jericoacoara, Martinópole, Moraújo, Senador Sá e Uruoca	Coreaú
	Ubajara, Viçosa do Ceará e Tianguá	Coreaú e Serra da Ibiapaba
	Irauçuba	Curu e Litoral
	Itarema e Miraíma	Litoral
	Carnaubal, Croatá, Guaraciaba do Norte e São Benedito	Serra da Ibiapaba
	Poranga	Sertões de Crateús e Serra da Ibiapaba
Norte Cearense	Apuiarés, Canindé, Caridade, General Sampaio, Itapajé, Paracuru, Paramoti, Pentecoste, São Luís do Curu e Tejuçuoca	Curu
	Itatira	Curu e Banabuiú
	Paraipaba e Umirim	Curu e Litoral
	Guaramiranga	Curu e Metropolitanas
	Amontada, Itapipoca, Trairi, Tururu, Uruburetama	Litoral
	Capistrano, Cascavel, Chorozinho, Itapiúna, Mulungu, Ocara, Pacoti, Palmácia, Pindoretama, Redenção e São Gonçalo do Amarante	Metropolitanas
Sertões Cearenses	Nova Russas	Acaraú
	Tamboril	Acaraú e Sertões de Crateús
	Acopiara, Aiuaba, Arneiroz,Catarina, Parambu, Saboeiro, e Tauá	Alto Jaguaribe
	Banabuiú, Boa Viagem, Madalena, Mombaça, Pedra Branca, Piquet Carneiro, Quixadá, Quixeramobim e Senador Pompeu	Banabiú
	Monsenhor Tabosa	Banabiú e Acaraú
	Deputado Irapuan Pinheiro, Milhã e Solonópole	Médio Jaguaribe
	Choró e Ibaretama	Metropolitanas
	Ararendá, Crateús, Independência, Ipaporanga, Novo Oriente e Quiterianópolis	Sertões de Crateús
Sul cearense	Altaneira, Araripe, Assaré, Campos Sales, Farias Brito, Nova Olinda, Potengi, Salitre e Santana do Cariri	Alto Jaguaribe
	Abaiara, Aurora, Barbalha, Barro, Brejo Santo, Caririaçu, Crato, Granjeiro, Jardim, Jati, Juazeiro do Norte, Mauriti, Milagres, Missão Velha, Penaforte e Porteiras	Salgado

Fonte: As autoras, dados do IBGE e Secretaria de Recuros Hibridos.

3.2. Dados utilizados e correlação de Pearson

Neste estudo foram realizadas duas análises de correlações com os indicadores IDHM e PIB.

A primeira correlação foi entre o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), onde os dados foram extraídos do censo de 2010 disponível no site do IBGE, e o consumo per capita de água, para o mesmo ano, com os dados disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS).

O total de municípios cearenses analisados foi 172, pois no Ceará existem 184 municípios, mas 12 não integraram a análise devido à ausência de dados de consumo per capita de água para aquele ano no site do SNIS.

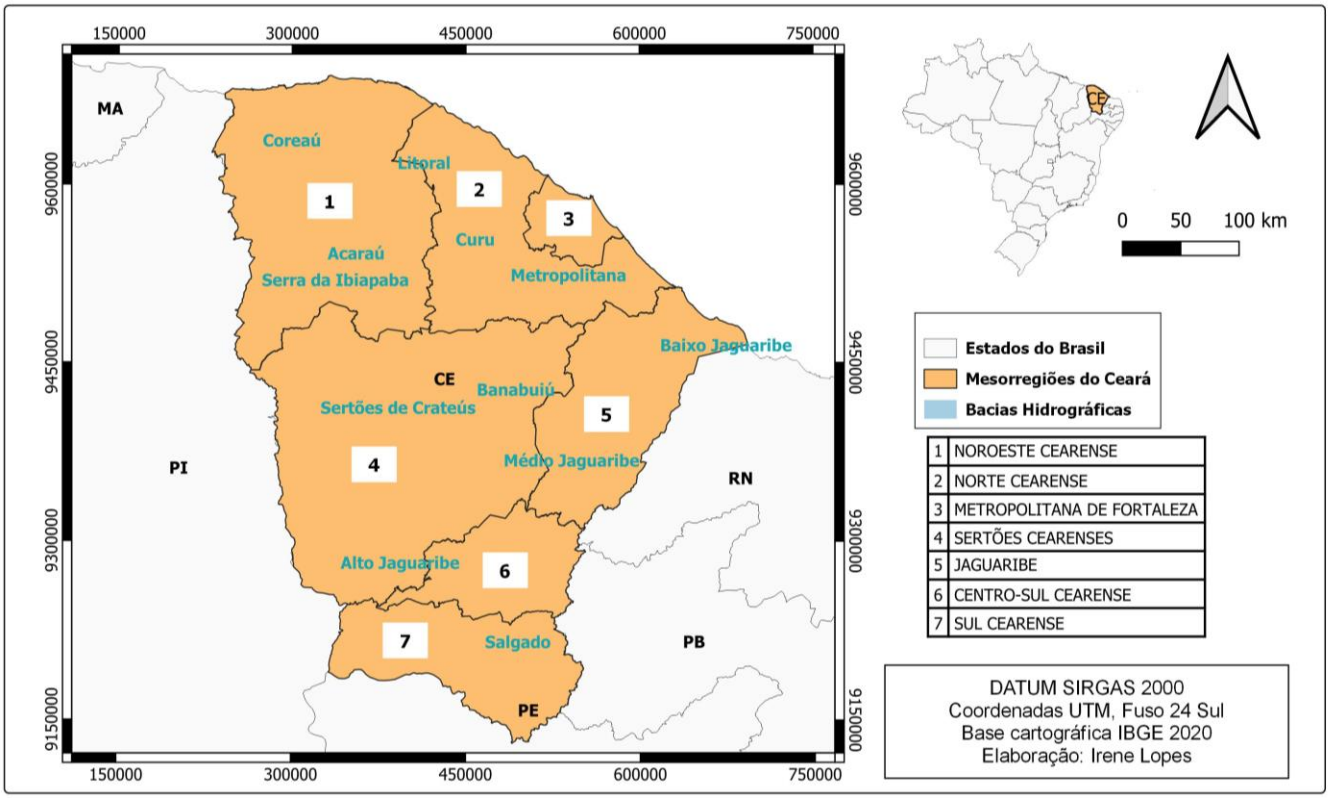
Para a segunda análise a correlação foi feita entre o consumo per capita de água, com os dados do SNIS, e o PIB per capita com os dados obtidos no site do IBGE no período de 2003 a 2018 para 178 municípios. Nesta análise 6 municípios não entraram por insuficiência de dados (menos que 5 pares de dados).

Para melhor entendimento dos municípios Cearenses que não foram analisados para a correlação entre IDHM e consumo per capita de água são 12: Icapuí, São João do Jaguaribe, Granja, Ipu, Itapajé, Ararendá, Deputado Irapuan Pinheiro, Pacatuba, Ibaretama, Sonolópole, Brejo Santo e Salitre . E para a correlação entre PIB per capita e o consumo per capita foram 5: Ibaretama, Ipaporonga, Milhã, Nova Russas, Brejo Santo e Salitre.

Para tabular os dados foi utilizado o programa Microsoft Excel e para facilitar a discussão os municípios do estado do Ceará foram divididos em mesorregiões como pode ser visto na figura 1.

Os dados obtidos foram classificados conforme a metodologia adotada por Santos (2007), que compara os valores obtidos com a Tabela 1. Esta é uma metodologia que apresenta bons resultados, utilizada por Caldeira e Aquino (2020).

Figura 1. Mesorregiões do estado do Ceará e suas bacias hidrográficas.



Fonte: As autoras, bases cartográficas extraídas do IBGE .

Tabela 1. Classificação da correlação linear do coeficiente de Pearson.

Coeficiente de correlação Correlação	Correlação
r= 1	Perfeita positiva
0,8 ≤ r < 1	Foe positiva
0,5 ≤ r < 0,8	Moderada positiva
0,1 ≤ r < 0,5	Fraca positiva
0 ≤ r < 0,1	Ínfima positiva
0	Nula
-0,1 < r < 0	Ínfima negativa
-0,8 < r ≤ -0,5	Fraca negativa
-0,8 < r ≤ -0,5	Moderada negativa
-1 < r ≤ -0,8	Forte negativa
r = -1	Perfeita negativa

Fonte: Autora, adaptado de Santos (2007)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Influência do IDHM 2010 no consumo per capita de água

Os resultados obtidos pela correlação entre o IDHM x Consumo Per capita através da correlação linear de Pearson (r) estão dispostos na tabela 2. Nesta, apresenta-se um panorama geral dos municípios cearenses categorizados por mesorregiões, revelando que exceto as regiões: Noroeste cearense (r = 0,063) e Sul Cearense (r= 0,074) que se mostram ínfimas positivas, todas as outras mesorregiões: Norte Cearense, Metropolitana de Fortaleza, Sertões Cearenses, Jaguaribe e Centro-Sul cearense apresentaram correlações negativas r=-0,080, r= -0,043, r=-0,331, r=-0,080, e r =-0,003 respectivamente.

Quanto mais o coeficiente de Pearson se aproxima de +1, maior será o grau de influência entre as variáveis, sendo diretamente proporcionais, o que significa que quanto maior o IDH, maior também será o consumo de água. E quanto mais se aproxima de -1 maior também será a correlação, porém inversamente proporcional, ou seja, quanto maior o IDH menor será o consumo per capita de água.

Sendo assim, os resultados mostram que os Sertões Cearenses, embora classificados como uma correlação fraca, foram a região que mais se aproximou de -1, ou seja, quanto maior o IDH menor será o consumo de água.

Tabela 2. Correlação de Pearson entre o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal 2010 e consumo per capita de água para o estado do Ceará e suas mesorregiões.

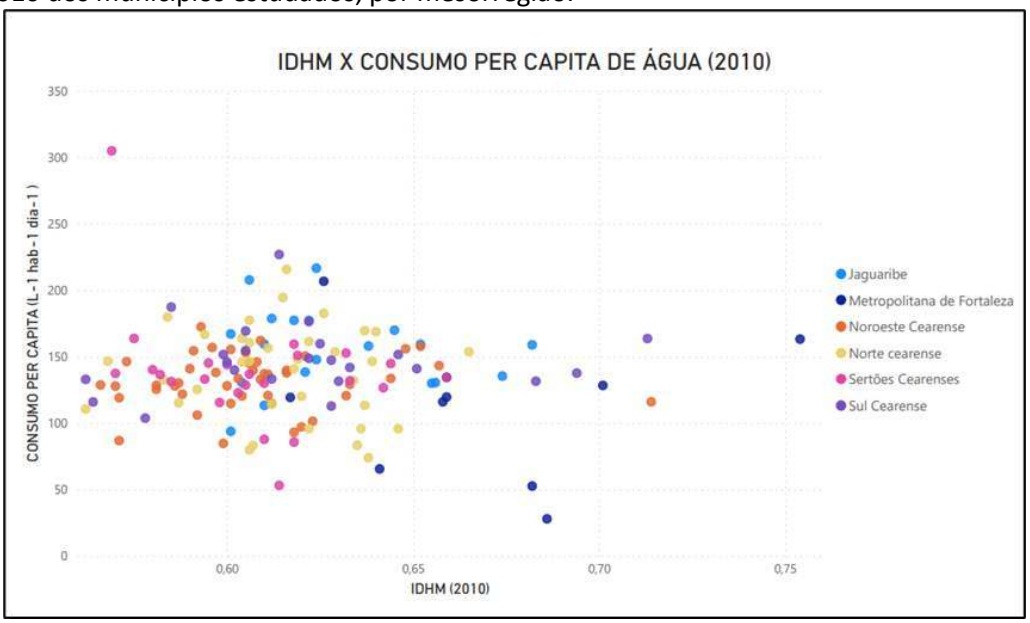
Mesorregiões	Quantidade de Municípios		r	Classificação
	Existentes	Analisados		
Noroeste Cearense	47	45	0,063	Ínfima Positiva
Norte Cearense	36	35	-0,080	Infima positiva
Metropolitana de Fortaleza	11	10	-0,043	Infima positiva
Sertões Cearenses	30	25	-0,331	Fraca Negativa
Jaguaribe	21	19	-0,080	Ínfima Negativa
Centro-Sul Cearense	14	14	-0,003	Ínfima Negativa
Sul Cearense	25	23	0,074	Ínfima Positiva

Fonte: Autora.

Libânio, Chemicharo e Nascimento (2005), encontraram em seu estudo uma baixa correlação entre o Índice de Desenvolvimento Humano da população e a disponibilidade hídrica per capita no Brasil. Para os autores, o IDH se correlaciona mais fortemente com a abrangência dos serviços de saneamento básico, e isso se deve ao fato do cálculo do IDH levar em consideração outros fatores como a expectativa de vida ao nascer.

Para obter uma visão geral dos dados de correlação dos municípios foi criado um gráfico de dispersão linear entre o IDHM e o consumo per capita de água de acordo com a mesorregião, e os resultados podem ser observados na Figura 2.

Figura 2. Dispersão dos dados de índice de desenvolvimento humano (IDHM) e de consumo per capita de água em 2010 dos municípios estudados, por mesorregião.



Fonte: As autoras, adaptado de Atlas Brasil (2021) e SNIS (2021).

A partir da Figura 2 observa-se a baixa correlação entre o IDHM e o consumo per capita de água nas mesorregiões do estado do Ceará. Um exemplo disso, é o máximo consumo per capita encontrado no Sertão Cearense, porém com um baixo IDHM. E os maiores valores de consumo de per capita de água de Jaguaribe, da Região metropolitana e do Norte Cearense estarem relacionados com um valor mediano do IDHM, entre 0,6 e 0,65.

4.2. Influência do PIB per capita no consumo per capita de água

Pela tabela 3 estão os resultados das correlações entre o PIB x Consumo per capita de água para os 178 municípios cearenses. Os valores mostram uma correlação Fraca positiva para 3 mesorregiões: Noroeste Cearense, Região metropolitana de Fortaleza, e Sul Cearense; 3 relações Ínfimas positivas: Norte Cearense, Jaguaribe, e Centro Sul Cearense; e apenas uma relação fraca negativa na região dos Sertões Cearenses.

Além disso, pode-se ver um resumo das análises realizadas, e o valor médio do Coeficiente de Pearson (r méd) para cada mesorregião, bem como sua respectiva classificação. Outro dado apresentado na tabela é a quantidade de municípios que foram levados em consideração para a análise.

Tabela 3. Valores e classificação do coeficiente de Pearson (r) entre o PIB per capita e o consumo per capita de água para o estado do Ceará e suas mesorregiões entre os anos de 2003 e 2018.

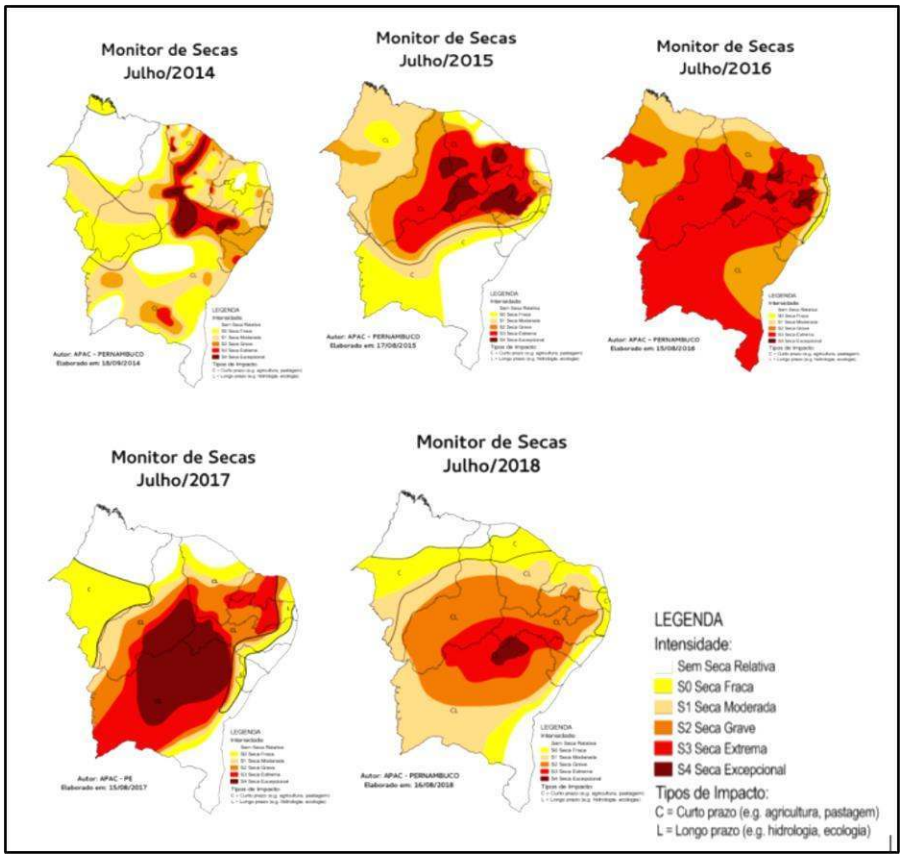
Mesorregião	Quantidade de municípios		R méd	Classificação
	Existentes	Analisados		
Noroeste Cearense	47	47	0,165	Fraca positiva
Norte Cearense	36	36	0,073	Ínfima positiva
Metropolitana de Fortaleza	11	11	0,208	Fraca positiva
Sertões Cearenses	30	26	-0,3	Fraca negativa
Jaguaribe	21	21	0,015	Ínfima positiva
Centro-Sul Cearense	14	14	0,079	Ínfima positiva
Sul Cearense	25	23	0,241	Fraca Positiva

Fonte: As autoras.

De um modo geral os resultados mostraram que o PIB exerce Influência no consumo per capita de água para todas as mesorregiões, quer seja fraca negativa, fraca positiva e ínfima positiva.

Um outro fator que se pode associar aos resultados obtidos são as condições climáticas (precipitação, tempo, etc) das mesorregiões do estudo e a localização geográfica do Ceará, inserida na região nordeste do Brasil, com um clima tropical seminário e tropical úmido com baixa incidência de chuvas, que concentram-se em praticamente 3 meses do ano. Todos esses fatores associam o estado com baixa disponibilidade hídrica, como mostrado na figura 3 para o período entre 2014 e 2018 em que as precipitações foram baixas e ocasionaram secas que variaram entre fraca, moderada, grave, extrema e excepcional.

Figura 3. Monitoramento de secas para o estado do Ceará entre os anos de 2014 e 2018.



Fonte: Monitor de secas, dados da FUNCEME.

Como visto na figura 3 um dos anos de maiores secas para o estado do Ceará foi o de 2015, apenas a região do litoral apresentou condições de normalidades, enquanto nas outras regiões o grau de severidade variou entre moderada a seca excepcional. As regiões mais atingidas pela seca são as do Sul do Ceará e a dos Sertões Cearenses.

Segundo Fernandez-Durán (2016, *apud* CALDEIRA; AQUINO, 2020), uma correlação negativa também foi encontrada em um estudo no México e eles concluíram que um incremento de 10% no PIB implicaria uma redução de 6,48% no consumo per capita de água.

Já na Tabela 4 foram trazidos os municípios com as relações mais fortes, negativamente e positivamente de acordo com a mesorregião.

As maiores correlações positivas encontradas em cada mesorregião foram nos municípios de Jijoca do Ceará (r=0,881), Amontada (r=0,915), Caucaia (0,899), Madalena (r=0,904), Limoeiro do Norte (r=0,940), Icó (r= 0,694) e Caririaçu (r=0,612). Enquanto as maiores correlações negativas em cada mesorregião foram encontradas nos municípios de Croatá (r= -0,820), General Sampaio (r= -0,815), Horizonte (r=- 0,506), Banabuiú (r= - 0,906), Iracema (r=-0,896), Tarrafas(r=-0,683), e Jardim (r=-0,949).

Tabela 4. Valores e classificação do coeficiente de Pearson (r) entre o PIB per capita e o consumo per capita de água para o estado do das correlações mais fortes entre os anos de 2003 e 2018.

Mesorregião	R mín	Munícipio	R máx	Munícipio
Noroeste Cearense	-0,8203	Croatá	0,881318	Jijoca de Jericoacoara
Norte Cearense	-0,81501	General Sampaio	0,91455	Amontada
Metropolitana de Fortaleza	-0,50643	Horizonte	0,898942	Caucaia
Sertões Cearenses	-0,90587	Banabuiú	0,90405	Madalena
Jaguaribe	-0,89589	Iracema	0,939946	Limoeiro do Norte
Centro-Sul Cearense	-0,68319	Tarrafas	0,694249	Icó
Sul Cearense	-0,94915	Jardim	0,612011	Caririaçu

Fonte: As autoras.

De acordo com a Tabela 4 pode-se notar que embora a média da correlação das mesorregiões tenham sido classificadas como fracas ou ínfimas, a amplitude dos valores encontrados nos municípios de uma mesma região é bastante elevada.

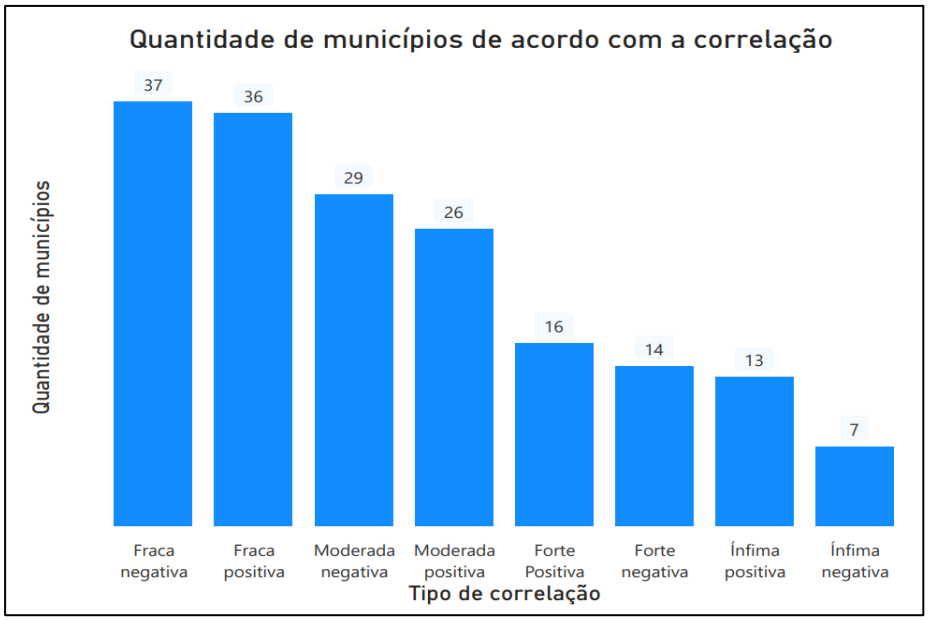
A correlação mais forte positiva encontrada foi no município do Limoeiro do Norte com o r= 0,94, localizado na mesorregião do Jaguaribe, isso quer dizer que quanto maior o PIB da população local, maior será o consumo de água. Conforme o Quadro 1, esse município encontra-se na bacia hidrográfica do baixo Jaguaribe. Nessa região, segundo a Secretária de Recursos Hídricos do Ceará (SRH), o Rio Jaguaribe é perenizado pelos açudes Médio e Alto Vele, bem como das bacias dos rios Salgado e Banabuiú. Mesmo diante das peculiaridades das bacias de drenagens inseridas no contexto semiárido nordestino, destaca-se a importância do Rio Jaguaribe em relação ao suprimento de água para a população cearense, dado que as três bacias que tem como tronco o citado rio, respondem por aproximadamente 54% da capacidade de armazenagem de água no Estado do Ceará, algo em torno de 9,6 bilhões m³. (IPECE, 2011)

A disponibilidade hídrica atrelada ao crescimento econômico pode justificar a forte correlação positiva entre o PIB e o consumo per capita de água no município do Limoeiro do Norte.

Enquanto a correlação mais forte negativa encontrada foi no município de Jardim, com o r= -0,949, na região dos Sertões Cearenses. O município encontra-se na Bacia hidrográfica do Salgado e de acordo com figura 3 teve os últimos anos de secas severas, por isso pode-se inferir que embora o PIB possa ter aumentado o consumo per capita de água diminuiu, e isso se deve ao fato da disponibilidade hídrica da região.

Na figura 4 foi realizada uma distribuição entre as classificações do coeficiente de Pearson da correlação entre o PIB e o consumo per capita de água para os municípios estudados para avaliar o panorama geral das correlações.

Figura 4.Distribuição entre as classificações do coeficiente de Pearson entre PIB e consumo per capita de água dos municípios estudados.



Fonte: As autoras.

Dos dados do gráfico infere-se que 29 municípios estudados possuem uma correlação moderada negativa, e 26 municípios uma correlação moderada positiva. Enquanto 16 possuem uma correlação forte positiva, e 14 uma correlação forte negativa. Em resumo pode-se dizer que 47,7% possuem correlações fortes ou moderadas.

Além disso, 91 dos 178 municípios cearenses analisados possuem uma correlação positiva. Ou seja, quanto maior o Produto Interno Bruto desses municípios, maior será também o consumo de água.

5.CONCLUSÃO

Com os estudos realizados neste trabalho foi constatado uma fraca ou ínfima correlação entre o Índice de Desenvolvimento Municipal (IDHM) e o consumo Per Capita de água no estado do Ceará. Embora a água seja um fator essencial para a qualidade de vida da população, a baixa correlação pode estar relacionada ao fato de que o IDHM é uma variável influenciada por diversos fatores como educação, longevidade, e economia, dificultando a correlação com apenas o consumo de água.

Em relação a correlação entre o Produto Interno Bruto per capita e o Consumo Per Capita de água obteve-se uma fraca ou ínfima correlação de acordo com a divisão em mesorregiões do estado. Isso pode estar atrelado a disponibilidade hídrica do estado, o qual vem sofrendo secas severas ou moderadas de acordo com a mesorregião nos últimos anos.

Portanto, a aplicação da correlação de Pearson para avaliação da influência dos indicadores PIB e IDH no consumo Per capita de água mostrou-se de grande utilidade, visto que os resultados das análises são de fácil entendimento e mostram-se como informações valiosas para tomada de decisões sobre investimentos em serviços para o abastecimento de água para a população do estado do Ceará.

REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Abastecimento Urbano de Água: resultados por município.** Disponível em: http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/analise/Geral.aspx?est=13. Acesso: 20 ago. 2021.

AQUINO, D. S.; DIAS, L. K. A.; SOUZA, I. D.; CUNHA, A. P. A.; CORDEIRO, L. L. Influência de variáveis socioeconômicas municipais no consumo per capita de água. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales,** v. 10, n. 1, p. 104-112, 2017. Disponível em: http://www.revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/55224/52215. Acesso em: 14 ago. 2021.

ATLAS BRASIL. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil.** Disponível em:

http://www.atlasbrasil.org.br/consulta/planilha. Acesso em: 15 ago. 2021.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2007.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB** - Subsídios para a definição do Projeto Estratégico de elaboração do PLANSAB. Dezembro de 2013. Disponível em: https://urbanismo.mppr.mp.br/arquivos/File/plansab_texto_aprovado.pdf. Acesso: 15 set. 2021.

CALDEIRA, J. F.; AQUINO, Davi Santiago. Influência de indicadores socioeconômicos no consumo per capita de água para os municípios do estado da Bahia. **Colloquium Exactarum**, Presidente Prudente, v. 12, n. 1, p. 111-124, 15 set. 2020.https://doi.org/10.5747/ce.2020.v12.n1.e313

CAGECE- COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ. **Produtos e serviços.** Disponível em: https://www.cagece.com.br/produtos-e-servicos/agua. Acesso: 15 ago. 2021.

DALMÔNICA, A. H. **Analysis of influencing factors of water consumption in Uberlandia: The case of South Sector.** 2014**.** 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.14393/ufu.di.2014.218. Acesso: 15 ago. 2021. https://doi.org/10.14393/ufu.di.2014.218

DIAS, D. M.; MARTINEZ, C. B.; LIBÂNIO, M. Avaliação do impacto da variação da renda no consumo domiciliar de água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 15, n. 2, p. 155-166, 2010. https://doi.org/10.1590/S1413-41522010000200008

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama Ceará**. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/panorama. Acesso: 15 ago. 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Séries Históricas do PIB munincipal**. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?=&t=resultados. Acesso: 15 ago. 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Shapes Estado**. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html. Acesso: 15 ago. 2021.

IPECE- INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Desenvolvimento da Infra-Estrutura**. Disponível em: http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/ceara_em_numeros/2011/infra/index.htm. Acesso em: 15 set. 2021.

LIBÂNIO, P.; CHERNICHARO, C.; NASCIMENTO, N. A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública**. Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES),** Rio de Janeiro, v. 10, n. 3, p. 219-228, 2005. https://doi.org/10.1590/S1413-41522005000300006

MONITOR DE SECAS. Disponível em: http://monitordesecas.ana.gov.br/o-monitor-de-secas. Acesso em: 15 set. 2021.

PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM**. Disponível em: https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/conceitos/o-que-e-o-idhm.html. Acesso: 14 ago. 2021.

SANTOS, C. **Estatística descritiva:** manual de auto-aprendizagem**.** Lisboa: Edições Sílabo, 2007.

SANTOS, F. N. B. **Estudo da correlação do PIB e do IDH com o consumo per capita de água nas regiões brasileiras**. 2010. 94 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Engenharia Sanitária e Tec. Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2010.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Abastecimento de água** . Disponível em: http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-abastecimento-agua. Acessoem : 16 ago. 2021.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Do SNIS ao SNISA:** Informações para planejar o Abastecimento de Água. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/cadernos/2019/DO_SNIS_AO_SINISA_AGUA_SNIS_2019.pdfAcesso em : 14 ago. 2021.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Série histórica**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2018. Disponível em: http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#. Acesso: 16 ago. 2021.

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS DO CEARÁ. Disponível em: https://www.srh.ce.gov.br/comites-de-bacias-hidrograficas/. Acesso em: 15 setembro 2021.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 4. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2014.