



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Diagnóstico da oferta hídrica do município de Russas – CE: Uma análise descritiva como subsídio à gestão sustentável dos recursos hídricos

Luzia Suerlange Araújo dos Santos Mendes¹, Tomaz Alexandre da Silva Neto², Joyce Shantala Fernandes de Oliveira Sousa³, Cláudio Ângelo da Silva Neto⁴, Mickaelon Belchior Vasconcelos⁵, Ana Rita Gonçalves Neves Lopes Salgueiro⁶, Erika de Almeida Sampaio Braga⁷, Fátima Andréa Lima Girão⁸

¹ Geóloga, Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará (NUTEC), Rua Prof. Rômulo Proença, s/n, Campus do Pici, CEP: 60.440-550, Fortaleza, Ceará. (85) 3101-2434. luzia.santos@nutec.ce.gov.br (autor correspondente). ² Mestrando do Curso de Geologia, Departamento de Geologia, Bloco 912-913, Campus do Pici, CEP: 60.060-320, Fortaleza, Ceará. (85) 3366-9867. tomaz.neto@alu.ufc.br. ³ Mestranda do Curso de Geologia, Departamento de Geologia, Bloco 912-913, Campus do Pici, CEP: 60.060-320, Fortaleza, Ceará. (85) 3366-9867. joyceshantala@gmail.com. ⁴ Mestrando do Curso de Geologia, Departamento de Geologia, Bloco 912-913, Campus do Pici, CEP: 60.060-320, Fortaleza, Ceará. (85) 3366-9867. claudioasm@gmail.com. ⁵ Geólogo, Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Av. Antônio Sales, 1418, Joaquim Távora, CEP 60135-101, Fortaleza, Ceará. (85) 3878-0200. mickaelon.vasconcelos@cpm.gov.br. ⁶ Professora Dra. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará, Bloco 912-913, Campus do Pici, CEP: 60.060-320, Fortaleza, Ceará. (85) 3366-9867. ritasalgueiro@ufc.br. ⁷ Química Industrial, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, CEP: 60.440-550, Fortaleza, Ceará. (85) 98847-1662. andreierika@yahoo.com.br. ⁸ Química Industrial, Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará (NUTEC), Rua Prof. Rômulo Proença, s/n, Campus do Pici, CEP: 60.440-550, Fortaleza, Ceará. (85) 3101-2434. fatima.girao@nutec.ce.gov.br.

Artigo recebido em 17/02/2021 e aceito em 22/05/2021

RESUMO

A oferta de água nas regiões semiáridas brasileiras está intrinsecamente ligada aos fatores e características naturais da área: Instabilidades climáticas e as características litológicas. O Estado do Ceará é marcado por intensos períodos de escassez hídrica, na qual a população fica vulnerável a uma má qualidade de vida e saúde. O município de Russas situa-se porção nordeste do estado, onde o déficit hídrico está associado aos longos períodos de estiagem. A água subterrânea aparece como uma das principais fontes para suprir a carência hídrica. O objetivo deste trabalho foi realizar um diagnóstico hídrico da quantidade de água disponível do município no ano de 2019, usando banco de dados governamentais, disponíveis na internet, e informações de Órgãos do estado que gerenciam esses recursos. Foram analisados a quantidade de poços cadastrados e suas vazões, foi realizada a classificação dos reservatórios de superfície, com possível vazões; e a série histórica da pluviometria do município de Russas, no período de 1980 a 2018. O município apresenta um quadro hídrico quantitativo bastante delicado, com longos períodos de estiagem. Os reservatórios superficiais foram classificados de pequenos a muitos pequenos, onde o maior açude do município, apresenta vazão de 12 m³/h. Russas possui um total de 358 poços cadastrados, dos quais apenas 35% estão bombeando com uma vazão de total de 668,95m³/h. O município necessita de uma gestão mais sustentável na questão da oferta hídrica.

Palavras-chave: Demanda hídrica, Semiárido, Infraestrutura hídrica.

Diagnosis of the water supply of the municipality of Russas – CE: A descriptive analysis as a subsidy to the sustainable management of water resources

ABSTRACT

The water supply in the Brazilian semi-arid regions is intrinsically linked to the natural characteristics of the area, like climate and lithological settings. The State of Ceará is marked by intense periods of water scarcity, in which the population is vulnerable to a poor quality of life and health. The municipality of Russas is located in the northeastern part of the state, where the hydric deficit is associated with long periods of drought. Groundwater appears as one of the main sources to supply water shortages. The objective of this work was to carry out a hydric diagnosis of the amount of water available in Russas in 2019, using government databases and information from state agencies that manage these resources. The number of registered wells and their flows were analyzed, the classification of surface reservoirs was carried out, with possible flows; and the historical series of rainfall in the municipality of Russas, from 1980 to 2018. The municipality has a very delicate quantitative hydric situation, with long periods of drought. The superficial reservoirs were classified from small to many small, where the largest reservoir in the municipality, has a flow of 12 m³/h. Russas has a total of 358 registered wells, of which only 35% are pumping with a total flow of 668.95 m³/h. The municipality needs more sustainable management in terms of hydric supply.

Keywords: Hydric demand, Semiarid, Hydric infrastructure.

Introdução

No Brasil, em virtude da abundância dos recursos hídricos, existe o descaso à qualidade da água perante as mudanças climáticas e intervenções antrópicas. A situação atual e os problemas a serem enfrentados é o uso insustentável da água, demanda maior dos recursos hídricos e redução da oferta, gerando conflito, degradação da qualidade, enchentes e secas, vulnerabilidade das populações humanas. O acesso a água é extremamente relevante, pois a disponibilidade hídrica não é suficiente quando o município não dispõe de infraestrutura para tomar o recurso acessível à população. A região Nordeste, por exemplo, tem menos disponibilidade hídrica para atender uma grande demanda populacional e acaba enfrentando pressão pelo consumo. No domínio das águas superficiais, rios e reservatórios, a responsabilidade desses corpos tanto é dos Estados, quanto da União, o que demonstra a importância e melhoria do planejamento e gestão integrada entre os órgãos gestores de recursos hídricos com atuação na bacia preservação da qualidade e quantidade de água (Freitas, 2019; Senna et al., 2019; Pasqualetto et al., 2020).

A variabilidade climática deve ser considerada no planejamento das políticas públicas. Países desenvolvidos têm planos de adaptação integrados em suas agendas de desenvolvimento, os países subdesenvolvidos e/ou em desenvolvimento estão iniciando o processo de adaptação de suas políticas, o que explicita a dependência da capacidade adaptativa ao poder econômico (Sarkodi et al., 2019; Mesquita et al., 2020). A preocupação com os impactos climáticos é recorrente, uma agenda climática de estratégias integradas e planos estratégicos de ação em diferentes escalas possibilitam implementar políticas públicas e gerar benefícios para as comunidades de maneira mais eficaz do que estratégias compartimentadas (Newell et al., 2018).

Os incidentes relacionados ao clima têm atingido as cidades brasileiras de forma crescente e variadas, sendo apontado pelas autoridades como fatalidades, catástrofes e tragédias, resultado de fenômenos climáticos incomuns (Ferraço et al., 2020). Os impactos e a degradação ambiental são notáveis nas cidades: erosão, no deslizamento de encostas, comprometimento da qualidade da água, assoreamento dos corpos hídricos que podem predispor a enchentes, acarretando prejuízos sociais e danos materiais, (Almeida et al., 2020). A má utilização da recursos naturais, associado a

crise hídrica e a ausência de políticas públicas faz do Nordeste uma região menos desenvolvida em comparação às demais regiões Brasileiras (Alves et al., 2020).

O Nordeste Brasileiro apresenta regime pluviométrico com irregularidade de chuvas mal distribuídas e com intensos períodos de escassez hídrica, que compromete todos os ecossistemas existentes. O déficit hídrico nos municípios ocasiona a pobreza de muitas famílias. Dessa forma, as políticas públicas destinadas à região são centradas na convivência com a seca (Brito et al., 2020; Fonseca et al., 2020). A região tem duas estações bem marcantes, a quadra chuvosa geralmente nos meses de janeiro a junho, e a quadra seca, de julho a dezembro, caracterizada por altas temperaturas e pouca chuva. Essa característica é definida por Moraes et al. (2020) como região-problema por diversas abordagens com base num determinismo geográfico ou climático. Essa sazonalidade compromete não só a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos, como o solo e sua capacidade de suporte para o desenvolvimento agrícola e a capacidade de recarga de águas subterrâneas.

A falta de precipitação promove o colapso no abastecimento de água, tendo em vista que áreas com pequenos mananciais superficiais geralmente secam e os grandes chegam a atingir níveis críticos. Outra alternativa para suprir a carência hídrica é a captação de águas subterrâneas para o abastecimento humano, dessedentação de animais, irrigação e indústria. A água doce representa apenas 0,6% do total de água do planeta, desta reserva, a água subterrânea corresponde a 98%, excluindo a água congelada dos polos (CETESB, 2020). Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA, 2005), em 39% dos municípios brasileiros, a água subterrânea é a única fonte de abastecimento, enquanto 47% são abastecidos unicamente por águas superficiais e 14% por ambos. Na região Nordeste, 7,92% dos domicílios são abastecidos unicamente por água subterrânea proveniente de poços ou nascentes (BRASIL, 2011a). No estado do Ceará, 35% dos municípios são abastecidos exclusivamente por água de origem subterrânea (ANA, 2010b).

As águas subterrâneas apresentam-se menos favoráveis a contaminação, porém a falta de estrutura adequada de saneamento pode contaminá-las. Uma carga poluente considerável a ser incorporada nas águas subterrâneas pode comprometer a qualidade e inviabilidade do uso

desse recurso (Peixoto, 2020). Uma análise entre segurança hídrica domiciliar e os serviços ecossistêmicos revela conflitos ecológicos distributivos no acesso às fontes subterrâneas, bem como, demarca a falta de políticas públicas de regulação e distribuição da água para as comunidades mais afetadas pela pobreza, aquelas mais distantes do centro e as comunidades rurais, (Silva et al., 2019).

A quantidade e qualidade da oferta hídrica para população estão ligados diretamente a saúde humana. A precariedade e a ausência de infraestrutura básica de saneamento podem causar surtos e agravos de doenças de veiculação hídrica. Muitas epidemias tiveram sua origem na distribuição e abastecimento de águas, e por este motivo, deve-se ter uma maior atenção quando o assunto é qualidade de água (Simão et al., 2020). As alterações de ecossistemas e de ciclos de biológicos, provocados pelas mudanças climáticas, podem contribuir para o aumento da incidência de doenças infecciosas, causadas por vetores e doenças não-transmissíveis com desnutrição. Dentre as doenças comumente associadas como as arboviroses e as doenças respiratórias, destacando ainda doenças com grande incidência mundial, como as doenças cardiovasculares, onde a presença frequente das doenças transmitidas por vetores nos estudos selecionados reflete a forte dependência desses vetores das condições climáticas (Ogden, 2017; Souza et al., 2018).

No estado do Ceará, em 2015, ainda em período de seca, 5.868 pessoas foram internadas com diarreia, em 131 dos 184 municípios que compõe o estado, o maior número de internações foi apresentado pelo município de Russas, com 634 casos, seguido das cidades de Fortaleza (359) e Sobral (332) (DATASUS, 2019). O município de Russas foi o que apresentou maior gasto, por internações relacionadas à diarreia, seguido pela capital, Fortaleza. No período de 2015 e 2016, a seca prejudicou a qualidade da água dos reservatórios, no açude do Castanhão - CE, em que a falta de oxigênio provocou a mortalidade de grande quantidade de peixe. A piscicultura familiar, importante atividade econômica e social em regiões com grandes açudes, como o Castanhão, é fortemente condicionada às variações climáticas, podendo sofrer grandes impactos ou até mesmo desaparecer após anos seguidos de escassez hídrica (Oliveira et al., 2015; Takahashi et al 2020). Nesse

contexto surge uma preocupação com a qualidade da água e os danos que essa pode causar a saúde, tendo em vista que a água subterrânea vem sendo a principal fonte de abastecimento humano e os demais fins.

O conhecimento dos déficits e excessos de água por meio da aplicação metodológica do balanço hídrico é de grande interesse para as áreas agrícolas, pois a exploração das terras aráveis é realizada na maioria dele sem conhecer as características potenciais do clima, dos solos e das necessidades da cultura, o que não permite maximizar a produtividade, além da conservação e gestão sustentável dos recursos (Olivares et al., 2018). A necessidade de se acompanhar e mapear a superfície hídrica é primordial. A caracterização e monitoramento dos recursos hídricos são essenciais para a identificação de oportunidades e para a definição de políticas públicas, (Normandin et al., 2018; Takahashi et al 2020).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi realizar um diagnóstico da oferta hídrica do município de Russas, com intuito de subsidiar as informações da necessidade hídrica do município e auxiliar no melhor planejamento e gestão de recursos hídricos com o uso das informações desse trabalho.

Materiais e métodos

Localização da Área de Estudo

O município de Russas situa-se na região doo Baixo Jaguaribe. Abrange uma área de aproximadamente 1.500 km². (Figura 1). O município apresenta quadro socioeconômico empobrecido, castigado pela irregularidade das chuvas. A principal atividade econômica reside na agricultura. O município da unidade federativa Ceará. Seu território é composto 100% pelo bioma Caatinga. O município apresenta Índice de Desenvolvimento Humano- IDHM de 0.674, ocupando a 43^a posição dos 184 municípios cearense. Não possui Política Municipal de Saneamento Básico e não possui Plano Municipal de Saneamento Básico, somente 28.4% de domicílios apresenta esgotamento sanitário adequado. O município dispõe 16.491 ligações de água e 9.680 ligações de esgoto, o que corresponde a somente 21% e 12%, respectivamente (IBGE, 2018).

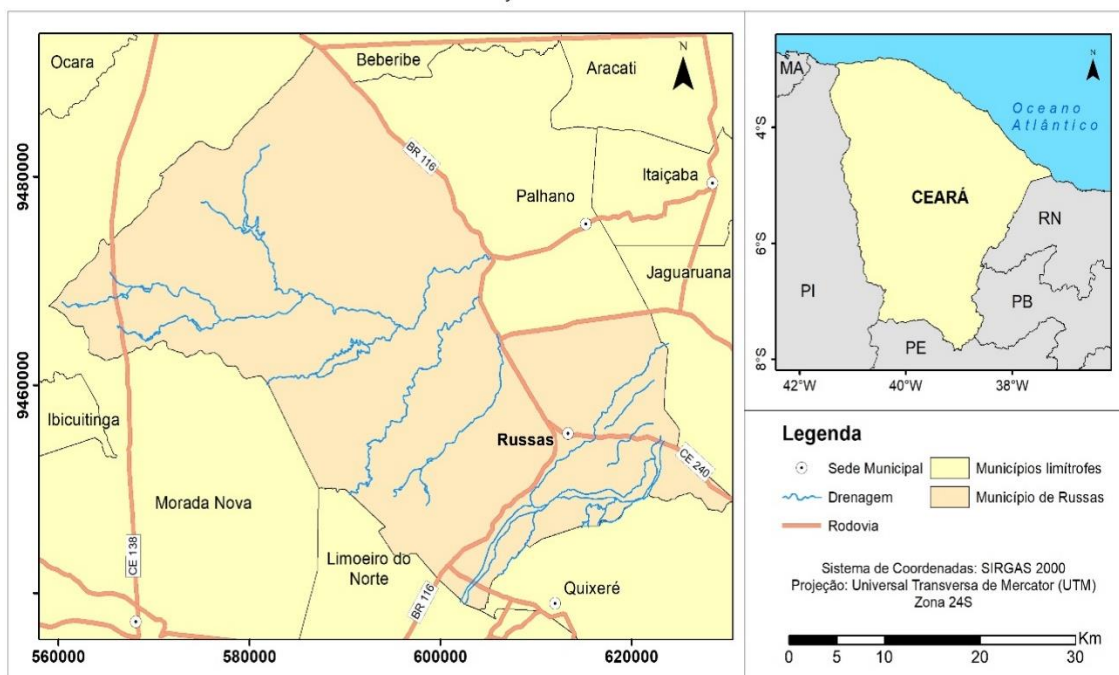


Figura 1. Mapa de Localização do município de Russas.

Procedimento Metodológicos

Foi realizada pesquisa bibliográfica acerca do tema, visando um melhor entendimento da pesquisa e da problemática da região. Os dados para realização dos estudos das séries históricas de pluviosidade e temperatura foram coletados no “site” da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME. Para realização de aquisição de dados acerca da oferta hídrica subterrânea foram realizadas pesquisas de dados de cadastros poços junto ao Sistema de informações de águas subterrâneas – SIAGAS, a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH, a Superintendência de Obras Hidráulicas – SOHIDRA e a Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará – CAGECE. As informações obtidas informaram dados como: natureza, diâmetro, nível de água, vazão, profundidade, nível estático, vazão específica, e litologia dos poços presentes no município. Para coleta dos dados dos reservatórios superficiais e vetorização dos espelhos d’água, georreferenciamento (latitude e longitude) da área da pesquisa e das águas subterrâneas e topografia foram usadas imagens da ferramenta Google® Earth Pro3. Após as coletas de dados, para a análise e interpretação, utilizou-se o método de Sturges (1926), a partir da definição da quantidade de classes (K), da amplitude e dos tamanhos de intervalos. A classificação climática para o município de Russas, foram utilizados os resultados obtidos no balanço hídrico,

fundamentados no sistema de classificação de Balanço Hídrico de Thornthwaite e Mather (1955). Para estabelecer a classificação dos espelhos d’água foi usada a distribuição de frequências em intervalos de classe na qual estabeleceu-se uma razão entre área e volume.

O estudo acerca da estatística dos resultados das análises foi utilizado o aplicativo Microsoft Excel. Para realização e confecção dos mapas foram usadas bases do IPECE e IBGE, para elaboração deles foi usado o programa ArcMap versão 10.6.1.

Características geoambientais

Os componentes ambientais apresentam interação com os diversos elementos naturais: Clima, precipitação, solo, geologia, dentre outras categorias observadas na área de estudo.

Condições Climáticas

O clima do município de Russas é classificado como tropical quente semiárido, com temperaturas médias de 26°C a 28°C e pluviosidade média de 857,7 mm, prevalecendo um período chuvoso de janeiro a abril, FUNCEME (2019). Esse cenário de escassez, bem marcado no segundo semestre, com rios intermitentes e açudes secos, a alternativa é água subterrânea como único meio para o abastecimento humano.

Recursos Hídricos

Os recursos hídricos superficiais e subterrâneos são diretamente influenciados pelas condições climáticas, resultando, portanto, em rios com regime de escoamento intermitente sazonal e baixa capacidade de recarga dos aquíferos. O domínio cristalino constitui cerca de 75% do território cearense (PLANERH, 2005), portanto, é ele, principalmente, que condiciona a ocorrência das águas subterrâneas no Estado. O município de Russas está inserido na bacia Jaguaribe, das cinco sub-bacias que compõem a Bacia do Jaguaribe, a bacia do baixo Jaguaribe é a que apresenta menor área, capacidade de acumulação de águas superficiais de 24.000.000 m³, tendo um único

açude gerenciado pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), o açude Santo Antônio de Russas. No que se refere à oferta de água subterrânea, a sub-bacia apresenta dois tipos de sistemas: o de rochas sedimentares e o de rochas cristalinas. Os sedimentares, por sua característica de porosidade primária, apresentam uma permeabilidade elevada, em termos arenosos, permitindo serem excelentes “armazéns” de água. Já os cristalinos apresentam “baixo potencial” de acumulação, pois estão em áreas de embasamento cristalino, sendo as zonas de fissuras os únicos condicionantes para o escoamento das águas nesse tipo de rocha. As informações acerca dos vazões dos poços, fornecidas pelas instituições governamentais encontram-se na tabela 1.

Tabela 1. Informações da quantidade de poços

INSTUIÇÃO	Nº POÇOS	VAZÃO (m ³ /h)
CPRM (SIAGAS)	230	61,85
SODHIDRA	80	247,1
CAGECE	48	360
TOTAL	358	668,95

Tabela 1. Informações da quantidade de poços.

Unidades de ocupação do solo

Usando imagens orbitais do satélite Sentinel-2/MSI disponível na USGS, seguindo do processamento digital de imagens multiespectrais e geração de composições coloridas RGB no software ENVI 5.3 por meio da classificação

supervisionada MaxLike, acessada nos anos de 2019, foi confeccionado o mapa de zoneamento da área de estudo, foi possível convencionar o uso do parcelamento e da ocupação do solo. As áreas identificadas foram: Área agrícola, com pouca intensidade (11%), vegetação (5%), espelhos d’água (6%), área urbanizada (10%) e área descoberta (68%), (Figura 2)

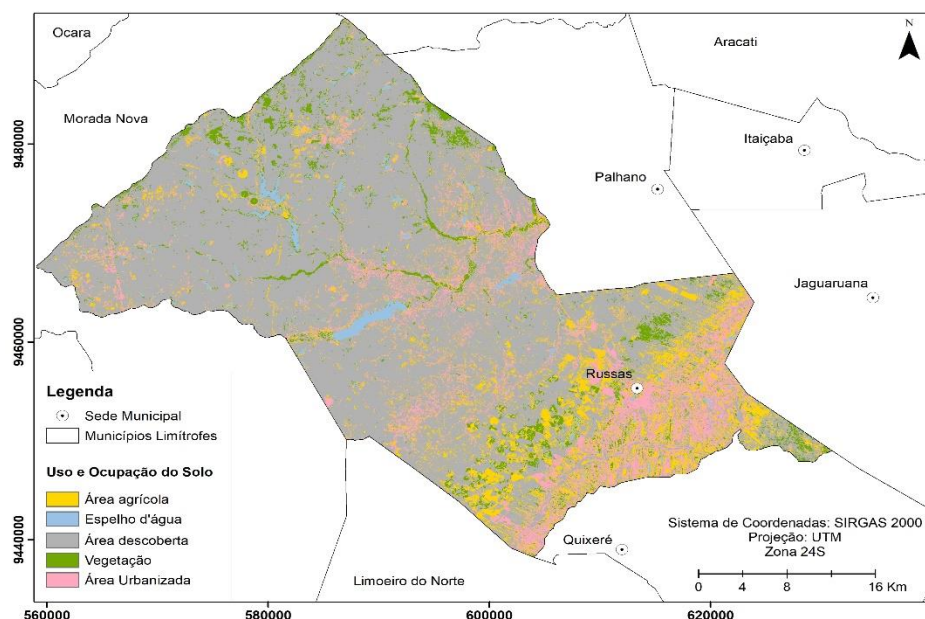


Figura 2. Mapa de uso e ocupação do solo do município de Russas – CE.

Resultados e discussão

Águas meteóricas

Com base em dados fornecidos no portal da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, foi realizada a série histórica da pluviometria do município, em um período de 28 anos, 1980 a 2018. O monitoramento desses dados é feito por pontos pluviométricos e referem-se à quantidade de chuva por metro quadrado em determinado local e período e a partir desses dados é possível calcular o total da precipitação de um município, estado ou pontos específicos (Sousa, 2018). O período de estiagem mais delicado foi no ano de 1993, com uma

precipitação de 173,4 mm e o período como maior precipitação foi no ano de 1985 com 1.989,1 mm (Figura 3). A ação das anomalias climáticas El Niño e La Nina intervêm nas chuvas do Estado do Ceará, gerando chuvas intensas em alguns anos (1985 e 2004) e seca severa em outros (1983 e 1993) (Barboza et al., 2019). O município sofreu com anos sucessivos de chuvas abaixo da média entre 2010 e 2015, com exceção de 2011. Essa tendência foi observada em todo o Estado do Ceará que teve chuvas até 66% abaixo da média nesse período (Silveira et al., 2018). Esses anos de menor pluviometria corresponderam aos registros de seca que afetaram o semiárido cearense (Silva e Oliveira, 2018).

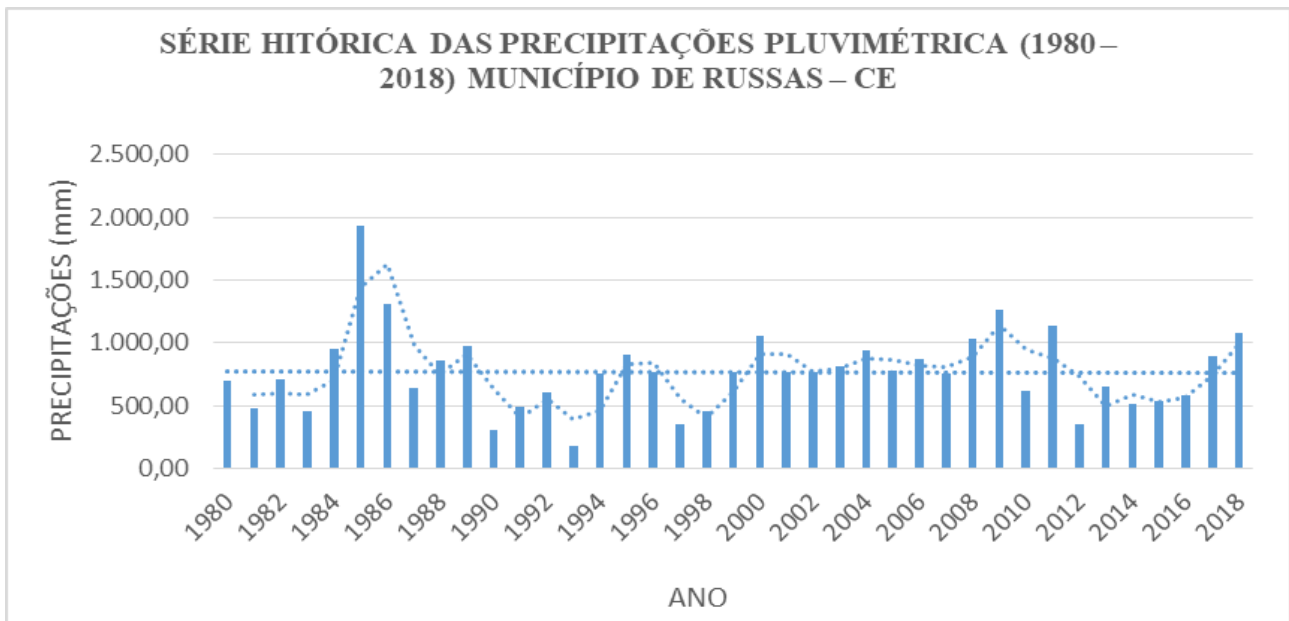


Figura 3. Série Histórica das Precipitação pluviométrica (mm) do município de Russas–CE, (1980 –2018).

A divisão de classes das precipitações para um período de 28 anos (Figura 4), ao longo da série histórica indicam que o município de Russas apresentou 4 anos de seca severa, 6 anos de normal

seco, 19 períodos classificado como normal chuvoso, 7 chuvoso moderado, 2 chuvoso severo e 1 período chuvoso, classificados pelas cores do Quadro 1.

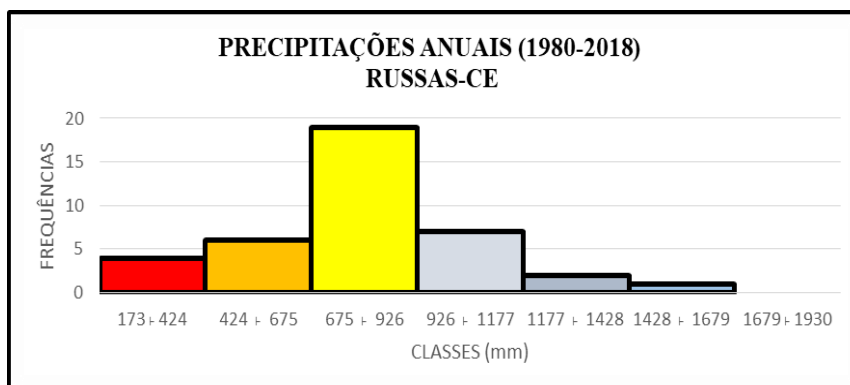


Figura 4. Precipitação pluviométrica anuais (mm) do município de Russas divididas em classes – CE (1980 –2018).

DIVISÃO DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS EM CLASSES			
CLASSES (mm)	FREQÜÊNCIA	CLASSIFICAÇÃO	REPRESENTAÇÃO
173 † 424	4	SECA SEVERA	
424 † 675	6	NORMALSECO	
675 † 926	19	NORMALCHUVOSO	
926 † 1177	7	CHUVOSO MODERADO	
1177 † 1428	2	CHUVOSO SEVERO	
1428 † 1679	1	CHUVOSO	
1679 † 1930	0	CHUVA EXTREMA	

Quadro 1. Divisão das precipitações anuais em classes de acordo com quantidade de chuva em mm.

De acordo com o balanço hídrico realizado para o município de Russas, observa-se que o município não dispõe de uma oferta hídrica favorável. Essa região é fomentada pelo agronegócio, portanto possui uma grande demanda hídrica (Silva e Peixoto, 2018). A deficiência hídrica acentuada se deve a uma alta evapotranspiração, em virtude das temperaturas elevadas ao longo do ano, do baixo índice pluviométrico e das características do solo. Nessa região, assim como em todo semiárido, os solos são muito rasos, o que dificulta a presença de aquíferos (Albuquerque, 2019). A capacidade de armazenamento de água no solo é baixa, o que leva o município a passar por problemas relacionados ao abastecimento de água. Essa deficiência hídrica que ocorre no solo está diretamente ligada pela relação entre a evapotranspiração potencial e a evapotranspiração real (Medeiros et al., 2018). O município apresenta uma reserva entre os meses de fevereiro a maio, se mantendo com déficit o restante do ano, agravando-se a partir

do segundo semestre, no qual as temperaturas tendem a aumentar e as precipitações diminuírem consideravelmente conforme mostra a figura 5, onde: P: Precipitação, EPT: Evapotranspiração Potencial e ETR: Evapotranspiração Real. Essa configuração na qual o balanço hídrico apresenta deficiência hídrica entre os meses de maio a dezembro ocorre em quase todo o Estado do Ceará como demonstrado por diversos autores em diferentes regiões do Estado (Medeiros e Holanda, 2019; Barboza et al., 2020; Matos et al., 2020). As situações de excedente, déficit e reposição apresentados pelo balanço hídrico são características do local e tem origem na combinação do armazenamento de água no perfil do solo, na distribuição de precipitação e na evapotranspiração real e potencial (Cassetari e Queiroz, 2020). No bioma caatinga a situação de déficit hídrico se torna cada vez mais preocupante com o aumento da temperatura, pois provocam o aumento das taxas de evapotranspiração (Schmidt, Lima e Jesus, 2018).

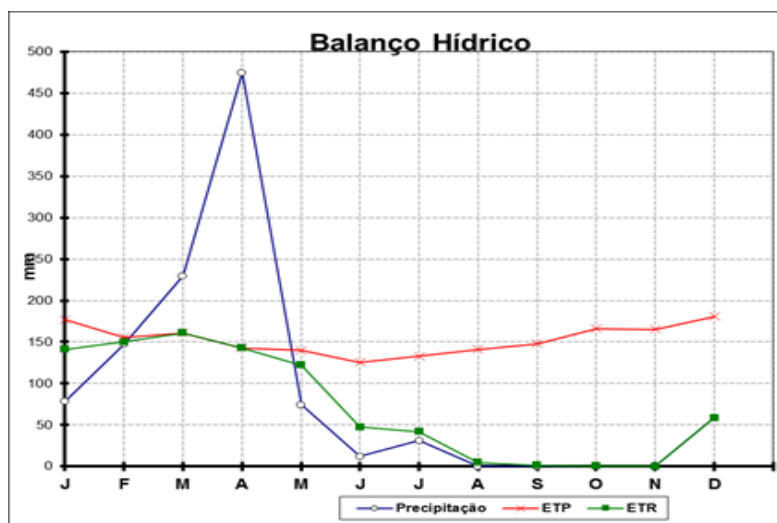


Figura 5. Balanço Hídrico, valores de P, ETP e ETR – Fonte: Thornthwaite e Mather (1955).

Mendes, L. S. A. S.; Silva Neto, T. A.; Sousa, J. S. F. O.; Silva Neto, C. A.; Vasconcelos, M. B.; Salgueiro, A. R. G. N. L.; Braga, E. A. S.; Girão, F. A. L.

Águas Superficiais

As águas superficiais do município de Russas apresentam reservatórios superficiais variam de pequenos a muitos pequenos, no qual o maior açude do município, Santo Antônio de Russas, apresenta vazão de 12 m³/h, dentro da bacia é o único açude monitorado pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH). Foram identificados no município de Russas 129 espelhos d'águas, onde o menor apresenta uma área de 235m² e o maior com 6.105.126m². A identificação e delimitação desses espelhos d'águas foi realizada através da vetorização dos mesmos através da plataforma Google Earth. A

função histórica do Google Earth permite identificar espelhos d'água em épocas de seca e monitorar os açudes que foram construídos, além de reduzir tempo (Oliveira Júnior et al., 2020). Através desse procedimento foi possível quantificar e classificar esses corpos d'águas conforme sua área.

As divisões das áreas desses espelhos identificam um município carente de recursos hídricos superficiais. O município apresenta uma classificação dos seus recursos superficiais sendo: Um total de 126 espelhos muito pequenos, e 2 pequenos, (Tabela 2), o que mostra a carência hídrica superficial do município de Russas.

DIVISÃO DAS ÁREAS DOS ESPELHOS DE ÁGUAS		
ÁREA(m ²)	FREQÜÊNCIA	CLASSIFICAÇÃO
235 + 66.235	117	Muito pequeno
66.235 + 132.235	3	Muito pequeno
132.235 + 198.235	4	Muito pequeno
198.235 + 264.235	2	Muito pequeno
264.235 + 330.235	2	Pequeno

Tabela 2. Divisão dos Espelhos d'água.

Águas Subterrâneas

O levantamento da disponibilidade hídrica subterrânea foi realizado a partir de informações de Órgãos gestores do município de Russas: CAGECE, COGERH, Órgão executor SOHIDRA e informações disponíveis no portal do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, na plataforma do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas

– SIAGAS. O SIAGAS é composto por uma base de dados de poços com atualização constante sendo desenvolvido e mantido através de pesquisas e mapeamento hidrogeológico em todo o país (Carvalho et al., 2020). Conforme levantamento, o refinamento e adição dos poços cadastrados que estão inseridos na área de estudo totalizaram 358 poços no município de Russas. A situação desses, até 2019, estão distribuídos na figura 7.

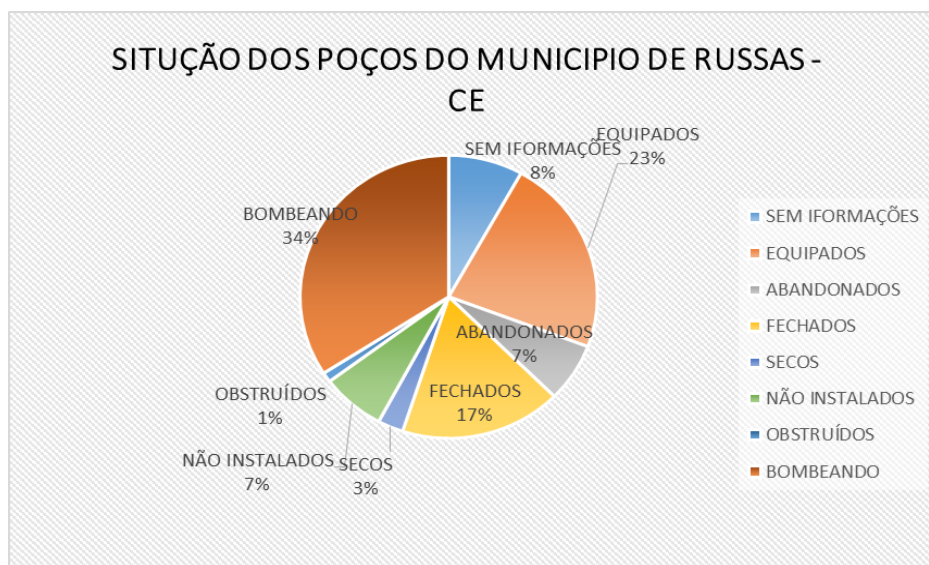


Figura 6. Situação dos poços cadastrados conforme situação informada.

Dos 358 poços do município apenas 34% estão bombeando, o que corresponde a 122 poços ativos, com uma vazão de aproximadamente 227,44 m³/h. Com uma população de 78.194 habitantes, tem-se um total de 218 habitantes para cada poço construído e 646 habitantes para cada poço em operação.

A litologia da área é de fundamental importância para construção desses poços, 64%

deles encontram-se em terrenos cristalinos. Nos terrenos cristalinos a ocorrência de água subterrânea está condicionada por uma porosidade secundária representada por fratura e fendas, apresentando reservatórios aleatórios, com quantidades e qualidade de água bem inferior as demais litologias (Braga et al., 2018).

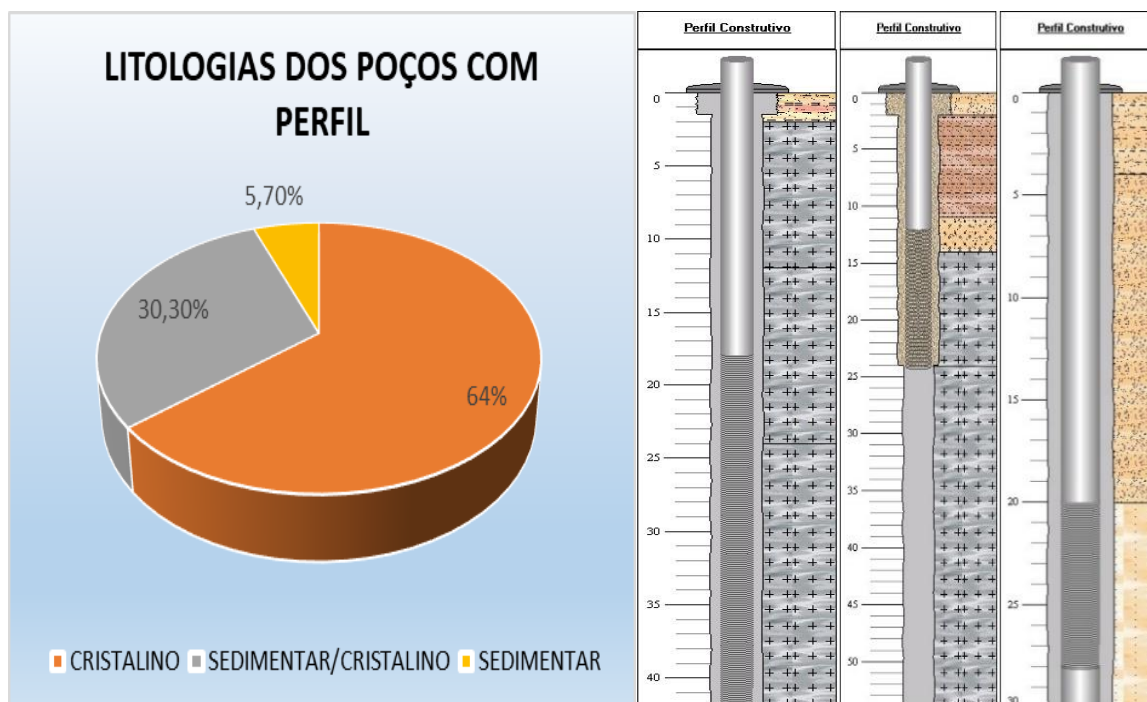


Figura 7. Distribuição das litologias dos poços, e perfis Litológicos: cristalino, sedimentar/cristalino e sedimentar.

Estudo Estatístico

Foi realizado estudo estatístico das profundidades e vazões de dados de 49 poços da Superintendência de Obras Hidráulicas, SOHIDRA. Os demais Órgãos não apresentavam informações suficientes para gerar os dados necessários.

Utilizando o PAST (Peleontological Statistics versão 2.17c) calcularam-se todos os dados estatísticos univariadamente, no conjunto amostral, onde o Coeficiente de Variação e Desvio Padrão é amplamente usado para expressar a precisão e a repetitividade de um ensaio. Os dados são apresentados na Tabela 3.

Estatística Descritiva dos parâmetros analisados	Profundidade (m)	Vazão (m ³ /h)
N	49	49
Mínimo	20	0
Máximo	108	935
Soma	3331	8037,883
Média	67,97959	164,0384

Erro padrão	3,320659	41,08646
Variância	540,3121	82716,76
Desvio padrão	23,24461	287,60524,5
Mediana	60	4,5
Percentil 25	57	1,25
Percentil 75	84,5	244
Curtose	-0,65113	1,228807
Média Geométrica	63,57658	0
Coeficiente de variação	34,19352	175,328

Tabela 3. Estatística Descritiva dos parâmetros analisados.

A figura 8 mostra o gráfico tipo caixa de profundidade (m) e vazão (m³/h). As linhas horizontais da caixa expressam os valores de 25,50 e 75%. A barra de erro inclui os valores entre 5 e 95%; (x) os valores correspondentes a 1 e 99% e o sinal (-) os valores mínimo e máximo do conjunto de dados. A média aritmética corresponde ao dentro da caixa.

Na figura 9 a análise mais comum se ajusta a modelos logísticos lineares sucessivamente mais

ricos e mede a variação residual do modelo por menos duas vezes a máxima verossimilhança. Medidas gerais de variação residual são consideradas aqui, incluindo erro quadrático ordinário e erro de previsão, bem como a verossimilhança logarítmica. O resultado do Teste de One-way ANOVA e teste de Tukey dos parâmetros profundidade (m) e vazão (m³/h) mostrou que as amostras mostram diferenças significativas em relação a vazão.

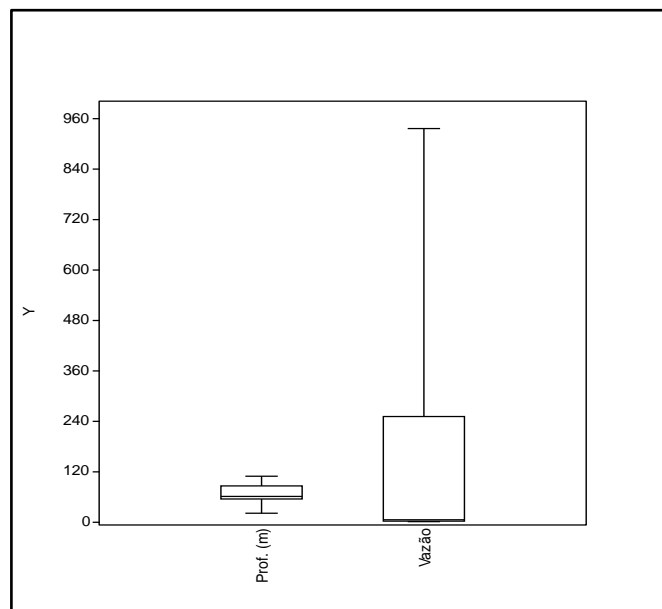


Figura 8. Gráfico tipo caixa dos valores de profundidade (m) e vazão (m³/h).

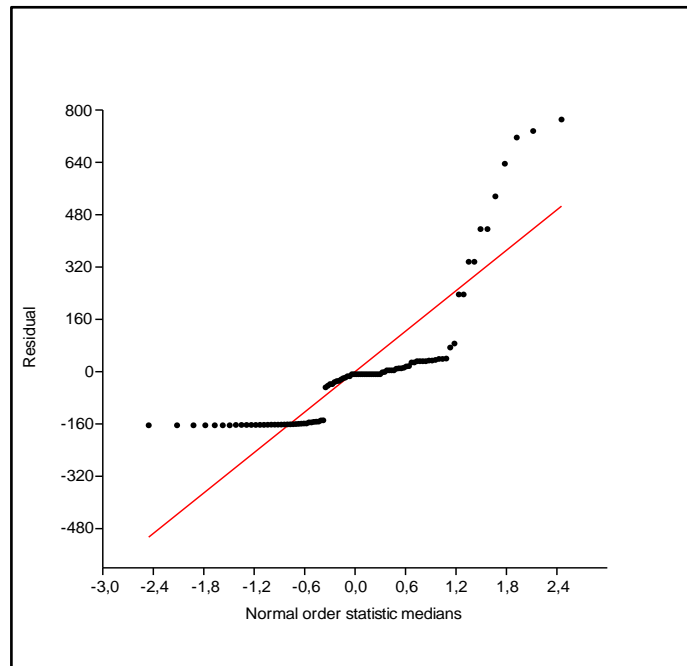


Figura 9. Teste de ANOVA residual de variação das médias dos parâmetros.

Conclusões

O município apresenta uma baixa disponibilidade hídrica, devido à combinação de fatores, como: Baixos índices de precipitação (inferiores a 900 mm); altas taxas de evaporação (superiores a 2.000mm); Irregularidade do regime de precipitação (secas frequentes e por vezes plurianuais); e Contexto hidrogeológico desfavorável (80% do território sobre rocha cristalina, com camada de solo raso e poucos recursos hídricos subterrâneos

Dentro do contexto climatológico a maior parte dos rios são naturalmente intermitentes, os eventos de estiagem comprometem os reservatórios superficiais e subterrâneos. No ano de 2018, o município apresentou um excedente de fevereiro a maio, no entanto não foi muito representativo em relação ao déficit no restante do ano. Por se tratar de uma região com problemas sérios de oferta hídrica. Percebe-se a necessidade de uma a gestão adequada dos recursos hídricos para assegurar a população o mínimo necessário para suprir suas necessidades em relação a esse recurso. O município apresenta um quadro hídrico quali-quantitativo bastante delicado, tanto nos recursos hídricos superficiais como subterrâneos, em virtude das formações geológicas predominantes na área, as rochas cristalinas, no qual a água captada apresenta baixa vazão e qualidade comprometida pela concentração de sais.

As formações geológicas das Coberturas sedimentares e Depósitos aluvionares, são as litologias com maior possibilidade de quantidade e qualidade de água no município.

Mendes, L. S. A. S.; Silva Neto, T. A.; Sousa, J. S. F. O.; Silva Neto, C. A.; Vasconcelos, M. B.; Salgueiro, A. R. G. N. L.; Braga, E. A. S.; Girão, F. A. L.

A oferta hídrica superficial é de 12m³/h, do ponto de vista para abastecimento, esse açude não possui capacidade para suprir as necessidades da demanda de água nos períodos secos. A vazão subterrânea ofertada é de 668,9m³/h, para uma população de 78.194 habitantes; esse quadro se deve as condições climáticas; (0,0085 m³/h/habitante). A distribuição de poços no município é de 0,0045 poços/pessoa.

Considerando como se essa vazão fosse efetiva por um período de 4h/ dia, daria 0,0034m³/h/habitante ou 3,4L de água dia por pessoa, o que estaria baixo da recomendação da Organização Mundial da Saúde, que recomenda 110L/dia por pessoa.

Recomendações

Pôde-se observar que a situação de escassez hídrica é uma constante na região e dificilmente apresenta excedente hídrico. Os espelhos d'água vetorizados juntos com as informações dos Órgãos governamentais, deixa claro que as águas superficiais não apresentam garantia de abastecimento, as temperaturas são muito elevadas. Diante de todo esse quadro natural, é extremamente importante a gestão adequada dos recursos hídricos para região. Na pesquisa não foi encontrado nenhum plano de gestão municipal para os recursos hídricos. Essa situação não é um desafio somente para o município de Russas-CE, mas para muitos municípios do Brasil, principalmente os do Nordeste, onde o maior empecilho é a falta de empenho político e com isso uma infraestrutura deficiente.

O município de Russas, em função da geologia da área, apresenta águas salobras ou salinas, o que se faz necessário a implantação de dessalinizadores nos poços, principalmente os que abastecem comunidades inteiras. É importante ainda que o poder público fique responsável pela manutenção desse equipamento, tendo em vista que as comunidades, quando contempladas, são as menos favorecidas economicamente, o que inviabiliza a troca de membranas, gerando, ainda mais, a concentração de sais nas águas para o consumo humano. Os locais litológicos para construção de poços são as aluviões, cuja vazão e qualidade da água são consideravelmente melhores. Essa oferta poderia ser realizada via carros-pipas. O poder público poderia, ainda, captar águas do canal de irrigação de Tabuleiro de Russas para serem distribuídas nas comunidades;

Dada a precariedade de saneamento básico adequado, o que cria situações muito favoráveis à transmissão de diversas doenças, principalmente a diarreia, é interessante que essa estrutura básica seja oferecida a população.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará (NUTEC), pela realização das análises, ao Departamento de Geologia, o Laboratório de Geoprocessamento do Ceará (GEOCE), e ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará pela estrutura fornecida para a realização deste trabalho, além da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Referências

- Albuquerque, A.M., Ferreira, Y.B., Silva, S. B., Sales, M. C. L., 2019. Balanço hídrico como ferramenta de gerenciamento de recursos hídricos: aplicação na área de influência direta do açude Castanhão – CE. *Revista da Casa de Geografia de Sobral* 21, 454-466.
- Almeida, L.S., Cota, A.L.S., Rodrigues, D.F., 2020. Saneamento, Arboviroses e Determinantes Ambientais: impactos na saúde urbana. *Revista Ciência & Saúde Coletiva* 25(10). 3857-3868.
- Alves, D.A.S., Barbosa, W.de O., Dantas, J.R.A.F., 2020. Políticas Públicas de

- Convivência no Semiárido: Cisternas de Placas e o direito à água. *Rev.Bras.de Direito e Gestão Pública* 8(02). 629-644.
- ANA. Agência Nacional de Águas, 2005. Disponibilidade de demanda de Recursos Hídricos no Brasil: estudo técnico. *Caderno de Recursos Hídricos*. Brasília.
- _____. Agência Nacional de Águas, 2010b. *Atlas Brasil: abastecimento urbano de água*. Brasília.
- Barboza, E.N., Bezerra Neto, F.C., Caiana, C.R.A., Crisóstomo, N.C., Sampaio, M.R.L., Beserra, M.N.S., Lacerda, A.W.J.R., 2019. Análise de precipitações pluviométricas entre 1974-2009 no município de Juazeiro do Norte, Ceará. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental* 13, 20-26.
- Barboza, E.N., Lima, B.M.R., Alencar, F. H.H., Alencar, G.S.S., 2020. Análise temporal do regime pluviométrico na cidade de Iguatu – Ceará. *Research, Society and Development* 9, 1-19.
- Braga, E.S., Freitas, C.B.F.B., Mendes, L.S.A.S, Aquino, M.D., 2018. Avaliação da qualidade de águas subterrâneas localizadas no litoral, serra e sertão do Estado do Ceará destinadas ao consumo humano. *Águas Subterrâneas* 32, 17-24.
- Brasil. Ministério da Saúde, 2020. DATASUS - Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde. Brasília.
- Brito, H.C.de., Brito, Y.M.A.de., Assis, W.D. de., Ferreira, Y.C.B., Vasconcelos, R.S., Rufino, I.A., 2020. Análise temporal da disponibilidade hídrica nos estados beneficiados pela transposição do Rio São Francisco. *Revista Caminhos de Geografia* 21.102-116.
- Carvalho, A.C.L., Vinagre, M.V.A., Mendes, R.L.R., Lopes, D.F., Lopes, M.S.B., 2020. Estudo da vulnerabilidade da água subterrânea no distrito industrial de Icoaraci (Belém-PA) (Estudo de caso). *Brazilian Journal of Development* 6, 5649-5661.
- Cassetari, G.A., Queiroz, T.M., 2020. Balanço hídrico e classificação climática na bacia do rio Jauquara, região de transição entre o cerrado e Amazônia brasileira. *Revista Brasileira de Climatologia* 26, 70-88.

- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2011. Águas subterrâneas. Brasília.
- CPRM. Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais, 2020. Sistema de informações de águas subterrâneas - SIAGAS. Brasília.
- Ferraço, A.A.G., Piaulino, B.B.C., Figuerôa, M.R.C.e C., Bastian, M.V.S.S., 2020. A atuação da sociedade diante da falha de governança do estado no caso da crise hídrica de São Paulo (2013-2015). Dom Helder Revista de Direito 3. 49-74.
- Fonseca, G.S., Santos, M.R., 2020. Impactos da seca em municípios de minas gerais. Humboldt - Revista de Geografia Física e Meio Ambiente 1, 1-18.
- Freitas, M.A. de S., 2019. Gestão e modelagem hídrica em bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. Brazilian Journal of Development. DOI:10.34117/bjdv5n7-053. ISSN 2525-8761. 8344-8351
- FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2019. Postos Pluviométricos. Fortaleza.
- IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, 2018. Perfil Básico Municipal Russas 2017. Fortaleza.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2020. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Brasília.
- Matos, R.M., Silva, P.F., Medeiros, R.M., Santos, B.D.B., Barros, A.S., Dantas Neto, J., Saboya, L.M.F., 2020. Balanço hídrico climatológico normal e sequencial para o município de Barbalha – CE. Revista Brasileira de Geografia Física 13, 973-982.
- Medeiros, R.M., Nunes J.C., Holanda, R.M., França, M.V., 2018. Aptidões climáticas: caju, palma forrageira e milho no município de São Bento do Una – PE, Brasil. Journal of Environmental Analysis and Progress 3, 310-318.
- Medeiros, R.M., Holanda, R.M., 2019. Classificação climática e balanço hídrico pelo método de Köppen e Thornthwaite do município de Barbalha, Ceará, Brasil. Revista Equador 8, 19-43.
- Mesquita, P.dos.S., Cavalcante, L., Milhorange, C., Nogueira, D., Andrieu., 2020. Importância dos programas voltados aos agricultores familiares nos períodos de seca frente à necessidade de adaptação às mudanças climáticas no Semiárido brasileiro. Revista Edição especial - Sociedade e ambiente no Semiárido: controvérsias e abordagens 55. 599-618.
- Morais, H.B de., Ribeiro, A.M.M., 2020. O “novo caminho das águas” da paraíba e os cantos de acauã: expropriação e violência em grandes obras hídricas. Revista Trabalho Necessário 18. 69 – 93.
- Newell, R.; Dale, A.; Roseland, M., 2018. Climate action co-benefits and integrated community planning: uncovering the synergies and trade-offs. International Journal of Climate Change: Impacts & Responses 10. 1-23.
- Normandin, C., Frappart, F., Lubac, B., Bélanger, S., Marieu, V., Blarel, F., 2018. Quantification of surface water volume changes in the Mackenzie delta using satellite multi-mission data. Hydrology and Earth System Sciences 22. 1543–1561.
- Ogden N.H., 2017. Climate change and vector-borne diseases of public health significance. FEMS microbiology letters 364(19). 1-8.
- Olivares, B.O., Hernández, R., Coelho, R., Molina, J.C., Perira, Y., 2018. Analysis of climate types: main strategies for sustainable decisions in agricultural areas of carabobo, Venezuela. Scientia Agropecuaria 9(3). 359-369.
- Oliveira, E.G., Santos, F.J.S., 2015. Piscicultura e os desafios de produzir em regiões com escassez de água. Ciência Animal, 25(1), 133-154.
- Oliveira Júnior, M.E., Arlindo, V.J.C., LUNES, A.R.S., Bezerra, J.M., 2020. Morfometria e zoneamento ambiental da microbacia hidrográfica do açude 25 de março – RN. Brazilian Journal Development 6, 75428-75444.
- Pasqualetto, T.L.L., Pasqualetto, A., Pasqualetto, A.G.N, 2020. Análise da Disponibilidade e Demanda de Recursos Hídricos no Brasil. Trabalho Inscrito na Categoria de Artigo Completo ISBN - 978-65-86753-02-8. XVI Fórum Ambiental. 2088–2113.
- Peixoto, F.da.S., 2020. Risco de contaminação da água subterrânea em uma sub-bacia urbana. Mercator [online] 19. Disponível: <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19013>. Acesso: 06 dez. 2020.
- Ribeiro, R. M., & Kampel, S. A., 2020. Como as mudanças climáticas afetam a vida das pessoas? Uma análise sistemática da relação entre clima e bem-estar.
- Sarkodie, S. A.; strezov, V., 2019. Economic, social and governance adaptation readiness for mitigation of climate change vulnerability: evidence from 192 countries. Science of the total Environment. 150-164.
- Schmidt, D.M., Lima, K.C., Jesus, E.S., 2018. Variabilidade climática da disponibilidade hídrica na região semiárida do Estado do Rio Grande do Norte. Anuário do Instituto de Geociências 41, 483-491.

- Senna, L. D., Maia, A. G., & Medeiros, J. D. F., 2019. O uso da análise de componentes principais para a construção do Índice de Pobreza da Água. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 24. 1-18.
- SEPLAN. Secretaria do Planejamento e Coordenação do Estado do Ceará, 2005. Relatório Síntese. Fortaleza.
- Silva, E.O., Peixoto, F.S., 2018. Implantação da política de recursos hídricos no Estado do Ceará: do “Governo das Mudanças” à atual crise hídrica. *Revista GeoNordeste* 2, 61-74.
- Silva, E.G.B., Oliveira, V.P.V., 2018. Análise das precipitações pluviométricas como indicativo de áreas susceptíveis à desertificação nos sertões de Santa Quitéria e Independência, Ceará. *Revista Eletrônica do PRODEMA* 12, 07-17.
- Silva, H.P., Santos, J.de.O., 2019. A Segurança Hídrica Domiciliar e os Serviços Ecossistêmicos na Serra de Martins – RN. *Revista Geografia (Londrina)* 28. 61–79.
- Silveira, R.N.C.M, Peixoto, F.S., Costa, R.N.T., Cavalcante, I.N., 2018. Efeitos da seca em perímetros irrigados no semiárido brasileiro. *Anuário do Instituto de Geociências* 41, 268-275.
- Simão, G., Damiani, A.P.M., Alexandre, N.Z., Silva, B.G.da., 2020. Qualidade da água utilizada para consumo humano em áreas rurais, estudo de caso no município de Santa Rosa do Sul - Santa Catarina. *Holos Environment* 20 (1). 100-116.
- Sousa, S.G. de., 2019. Análise temporal do comportamento da precipitação pluviométrica na Região Metropolitana do Cariri (CE), Brasil. *Revista Geográfica de América Central* 63, 273-294.
- Souza A.K.R., Morassuti, C.Y., Deus, W.B.de., 2018. Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores. *Acta Biomédica Brasiliensia* 9(3). 95-106.
- Sturges, H.A., 1926. The choice of a class interval. *Journal of the American Statistical Association* 21, 65-66.
- Takahashi, L.D.S., Silveira, C.da.S., Vanconcelos Júnior, F.das.C., 2020. Escassez de água e seus impactos socioeconômicos na piscicultura familiar em tanques-redes no açude Castanhão no município de Jaguaribara no Ceará. *Revista Brasileira de Geografia Física* 13. 2476-2490.
- Thorntwaite, C.W.; Mather, J.R. 1955. The water balance. *Publications in Climatology*. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p.
- Trottier, J., 2008. Water crises: political construction or physical reality. *Contemporary Politics* 14. 197-214.