

BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO E CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICO DO MUNICÍPIO DE PENTECOSTE, CEARÁ

Nágila Fernanda Furtado Teixeira

fernandaft92@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2413-5543>

Edson Vicente da Silva

cacauceara@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5688-750X>

Pedro Edson Face Moura

pedroedson18@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3693-1280>

Universidade Federal do Ceará

RESUMO

O presente trabalho visou analisar o balanço hídrico climatológico e as características dos recursos hídricos superficiais do município de Pentecoste, Ceará. A pesquisa se dividiu em três etapas: organização e inventário, estudos de campo e pesquisa de gabinete. Para o balanço hídrico investigou-se a série histórica de 30 anos, 1991 a 2020, aplicados ao programa Balanço Hídrico Normal com os dados referentes às coordenadas do posto pluviométrico e dados médios mensais de precipitação e temperatura. Obteve-se como resultado a descrição e detalhamento dos principais cursos de água presentes no município. Ao analisar o volume dos reservatórios para a série histórica de 2004-2021 identifica-se que a oferta hídrica diminuiu com o período de seca iniciado em 2011, sendo a situação mais crítica durante o ano de 2017, em que o açude Sítios Novos registrou um volume de 0,12%, seguido pelo açude Pentecoste e Caxitoré com 0,14% e 3,61%, respectivamente. Quanto ao balanço hídrico, destaca-se que as maiores precipitações se concentram nos meses de fevereiro, março e abril, com respectivamente 122,35mm, 188,57mm e 181,46mm. A evapotranspiração potencial atinge o seu ápice no mês de dezembro com 180,05mm, a maior temperatura da série, 28,3°C, ocorreu nos meses de novembro e dezembro e a menor foi de 26,7°C no mês de abril. A Evapotranspiração real atingiu o maior nível no mês de março com 145mm. Destaca-se ainda que 10 meses do ano são de deficiência hídrica, com exceção apenas de março e abril, marcados como de reposição, pois são os meses mais chuvosos. **Palavras-chave:** Balanço Hídrico; Semiárido; Recursos Hídricos.

CLIMATOLOGICAL WATER BALANCE AND CHARACTERIZATION OF WATER RESOURCES IN THE MUNICIPALITY OF PENTECOSTE, CEARÁ

ABSTRACT

The present work aimed to analyze the climatological water balance and the characteristics of surface water resources in the municipality of Pentecoste, Ceará. The research was divided into three stages: organization and inventory, field studies, and desk research. For the water balance the historical series of 30 years, 1991 to 2020, was investigated and applied to the Normal Water Balance program with the data referring to the coordinates of the rainfall station and average monthly data of precipitation and temperature. It was obtained as a result the description and detailing of the main water courses present in the municipality. In analyzing the volume of reservoirs for the historical series 2004-2021 it is identified that the water supply decreased with the dry period that began in 2011, being the most critical situation during the year 2017, in which the Sítios Novos weir recorded a volume of 0.12%, followed by the Pentecoste and Caxitoré weir with 0.14% and 3.61%, respectively. In regards to the water balance, it is highlighted that the

largest precipitation is concentrated in February, March, and April, with respectively 122.35mm, 188.57mm, and 181.46mm. The potential evapotranspiration reaches its apex in December with 180.05mm, the highest temperature of the series, 28.3°C, occurred in November and December and the lowest was 26.7°C in April. The actual evapotranspiration reached the highest level in March with 145mm. It is also noteworthy that 10 months of the year are of water deficiency, except March and April, marked as a replacement, because they are the rainiest months.

Keywords: Water balance; Semi-arid; Water resources.

INTRODUÇÃO

O clima é determinado predominantemente pela circulação geral da atmosfera, resultante do aquecimento diferencial do globo pela radiação solar, da distribuição assimétrica de oceanos e continentes, bem como das características topográficas sobre os continentes (FERREIRA; MELLO, 2005). O clima do Nordeste do Brasil (NEB) é resultado da atuação de diversos mecanismos físicos e dos sistemas atmosféricos atuantes nessa região que interagem e são responsáveis pela distribuição das chuvas (KAYANO; ANDREOLI, 2009).

Os principais sistemas atmosféricos e mecanismos que governam o regime das chuvas no NEB são: i) Zona Convergência Intertropical (ZCIT); ii) El Niño-Oscilação Sul (ENOS); iii) Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Atlântico Tropical, Ventos Alísios, Pressão ao Nível do Mar (PNM); iv) Frentes Frias; v) Linhas de Instabilidade (LIs); vi) Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) ; vii) Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) e viii) brisas marítima e terrestre (FERREIRA; MELLO, 2005; KAYANO; ANDREOLI, 2009).

Para Lima (2004), além desses sistemas de circulação de grande escala, deve-se considerar a orientação do litoral e das serras em relação aos ventos alísios, gerando corredores de vento, zonas de barlavento (chuvas orográficas) nas áreas mais úmidas, sotavento (áreas de sombra, com menor índice pluviométrico e menos úmidas) e as baixas altitudes predominantes do relevo com cotas inferiores a 400m, com exceção dos planaltos cristalinos e sedimentares, e que formam condicionantes climáticos espaciais de influência local e regional.

A localização do Ceará, próximo à linha do Equador, permite uma intensa insolação no Estado durante o ano todo, o que caracteriza uma área típica de climas quentes, sendo que a atuação dos sistemas atmosféricos influenciam na sazonalidade e variabilidade da precipitação, além de outros fatores como a altitude, a disposição do relevo e a proximidade ou distância dos oceanos, proporcionam as diferenciações locais dos climas no Estado (LOURENÇO, 2013; ZANELLA, 2007).

O Ceará apresenta cerca de 92% de seu território, ou seja, aproximadamente 136.328 km² sob influência do clima semiárido. Dos 184 municípios que compõem o Ceará, 117 estão totalmente inseridos no domínio de semiaridez, marcado pela irregularidade climática, com período chuvoso curto de cerca de 3 a 5 meses e um período seco prolongado, 7 a 9 meses. Caracterizado também, por altas temperaturas, médias superiores a 26°C, com elevada evaporação hídrica e amplitude térmica diuturna (CEARÁ, 2010; SOUZA, 2000; ZANELLA, 2007).

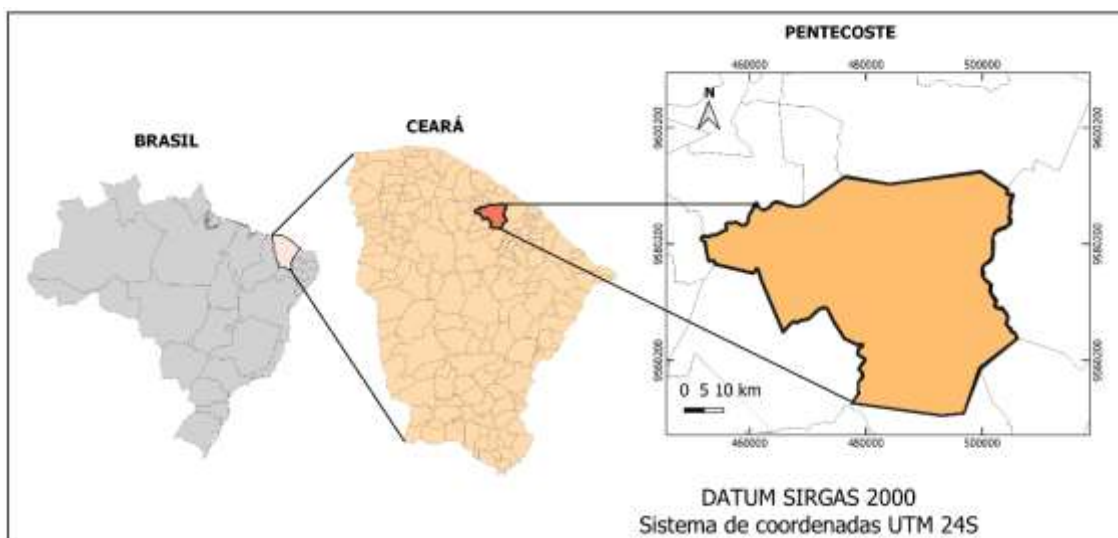
Conhecer as características climáticas e os recursos hídricos dos estados e municípios permite planejar estratégias de racionalização e otimização dos usos dos recursos

hídricos, principalmente em áreas semiáridas. De acordo com Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002), a disponibilidade hídrica de uma área pode ser quantificada pelo balanço hídrico que evidencia as variações sazonais dos excedentes e deficiência hídrica por meio das relações entre as entradas e saídas de água, mediadas através de dados de precipitação e temperatura.

Nessa perspectiva, o balanço hídrico climatológico corresponde ao total de ganhos e perdas de água de uma determinada superfície, sendo imprescindível para o estudo dos recursos hídricos de um território. Para Ribeiro, Simeão e Santos (2015) o balanço hídrico objetiva analisar as condições hídrica de uma determinada área, permitindo o estudo da deficiência hídrica com reflexos diretos no planejamento da produção agrícola.

O presente trabalho visou analisar o balanço hídrico climatológico do município de Pentecoste (Figura 1), localizado no setor norte do estado do Ceará, disposto entre as coordenadas $3^{\circ} 47' 34''$ S e $39^{\circ} 36' 13''$ W, distante 88 km da cidade de Fortaleza, compreende uma área de 1.378,3 km² que está dividida em quatro distritos municipais administrativos: Pentecoste, Matias, Porfírio Sampaio e Sebastião de Abreu (IPECE, 2016).

Figura 1: Localização do município de Pentecoste.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A área de estudo situa-se na área de entorno do Núcleo de Desertificação de Irauçuba/Centro Norte, sendo um município susceptível à desertificação e apresenta, na porção sul, áreas fortemente degradadas em processo de desertificação. O artigo também discute as características climáticas e dos recursos hídricos superficiais presentes na área de estudo. A pesquisa se dividiu em três etapas: organização e inventário, estudos de campo e pesquisa de gabinete.

MATERIAL E MÉTODO

Realizou-se a pesquisa em três etapas: organização e inventário, estudos de campo e pesquisa de gabinete. Na fase de organização e inventário efetivou-se o levantamento dos dados secundários, bibliográficos e cartográficos da área de estudo. Foram realizadas

também visitas de campo no município a fim de coletar dados primários da área e registro fotográfico. Na etapa de gabinete ocorreu a interpretação dos dados, primários e secundários, obtidos em campo relacionando-os com as informações compiladas na revisão bibliográfica, bem como a realização do balanço hídrico climatológico do município.

Os dados de precipitação foram coletados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos-FUNCEME a partir do posto pluviométrico instalado em Pentecoste, nas coordenadas latitude 3° 45' 4" S e longitude 39° 15' 39" W, instalada na Fazenda Experimental Vale do Curu. Analisou-se uma série histórica de 30 anos, período de 1991 a 2020, para analisar o balanço hídrico climatológico do município, a partir do programa denominado Balanço Hídrico Normal por Thornthwaite e Mather (1955), elaborado por Glauco e Sentelhas (1999) onde são colocados os dados referentes às coordenadas do posto pluviométrico, latitude, dados de temperatura e precipitação.

Para a determinação da evapotranspiração potencial (ETP) foi utilizada as considerações de Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002):

$$ETP = 16 \left(10 \frac{T_n}{i} \right)^a \quad \text{Quando: } 0 < T_n < 26,5^\circ\text{C} \quad (1)$$

$$ETP = -415,85 + 32,24T_n - 0,42T_n^2 \quad \text{Quando: } T_n \geq 26,5^\circ\text{C} \quad (2)$$

$$I = 12(0,2Ta)^{1,514} \quad (3)$$

Em que T_a é a temperatura média anual normal. O expoente "a" sendo uma função de I, também é um índice térmico regional e é acclulado pela expressão:

$$a = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10 I^2 + 1,72 \times 10^2 I + 0,49 \quad (4)$$

Para a determinação das temperaturas de Pentecoste, utilizou-se o Programa Celina 1.0 - Estimativa de Temperaturas para o Estado do Ceará, desenvolvido por Costa (2007) através das coordenadas e atitude do posto pluviométrico. Os dados sobre volume dos reservatórios foram retirados do Portal Hidrológico do Ceará da Secretaria de Recursos Hídricos do estado, que divulga as informações sobre os açudes monitorados pela Companhia e Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará-COGERH. Sobre o tema foi analisado o volume de armazenamento de água dos açudes: Pereira de Miranda, Sítios Novos e Caxitoré para a série (2004-2021).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Balanço hídrico climatológico e características climáticas de Pentecoste

Segundo Moro et al (2015), o estado do Ceará encontra-se sob a influência de um macroclima semiárido, no entanto, os gradientes de chuva, temperatura e umidade variam consideravelmente do litoral para o interior, condicionando a diversidade de paisagens do estado. Esse clima é caracterizado pelas altas temperaturas médias anuais e oposição entre o período seco e úmido com prolongados período de estiagem no inverno e chuvas irregulares e concentradas no verão (AB'SABER, 2003)

Segundo Oliveira (2009) o sertão das regiões semiáridas cearenses apresenta as seguintes características climáticas: índices de nebulosidade baixos, forte insolação, elevadas temperaturas e taxas de evaporação e escassez de chuvas, marcadas anualmente pela

irregularidade no tempo e espaço; o que caracteriza fortes interrupções nos cursos hídricos e deficitário balanço hídrico.

A partir da proposta de classificação climática de Köppen, discutidas por Lima (2004) e Maia Júnior e Caracristi (2012) estabelece-se que os tipos climáticos do Ceará são: A (climas quentes) e B (climas áridos), estando estes subdivididos em: Aw' (clima tropical chuvoso, com estação seca se atrasando para o outono - Região Litorânea); Amw' (clima tropical chuvoso de monção, com estação chuvosa se atrasando para o outono - Região das Serras Úmidas); BSw'h' (clima quente e semiárido, com estação chuvosa se atrasando para o outono e temperatura superior a 18 °C no mês mais frio - Região do Sertão).

Nessa perspectiva, o clima de Pentecoste é BSw'h' - quente e semiárido caracterizado por chuvas irregulares, com 7 a 8 meses secos, temperaturas médias altas oscilando entre 26° a 28°C e elevadas taxas de evapotranspiração. Os dados da série histórica (1991-2020) de precipitação do posto pluviométrico do município, demonstram que a média de chuvas para esse período foi de 747mm (Figura 1A). O ano de 2009 se destacou como o mais chuvoso, foram 1460,5 mm com maiores precipitações nos meses de março, abril e maio com 375,6mm, 345,6mm e 224,4mm, respectivamente. O ano de 2012, apresentou menor precipitação com um total de 176mm.

Sobre os anos de precipitações abaixo da média para a série histórica (1991-2020), sobressaem os anos de 1992 com 642mm, 1193 com 212,5mm, 1997 com 421,9mm, 1998 com 417mm, 1999 com 593,9mm, 2001 com 630,4mm, 2005 com 536,5mm, 2007 com 654,5mm, 2010 com 418,2mm, 2012 com 176mm, 2013 com 558,5mm, 2014 com 483,5mm, 2015 com 579mm, 2016 com 508,8mm e 2017 com 728,8mm. Percebe-se que dos 30 anos da série histórica, 15 anos foram com precipitações abaixo da média e 15 com chuvas acima da média (Figura 1A).

Nos últimos três anos da série histórica, a precipitação foi acima da média, 2018 com 1135,9mm, 2019 com 890,7mm e 2020 com 1005,4mm, demonstrando o fim do período de seca e a diminuição da estiagem que atingiu o estado do Ceará de 2010 a 2017. Essa elevação nos valores da precipitação melhora a oferta hídrica e a qualidade de vida dos agricultores que habitam e retiram seu sustento dos recursos naturais do semiárido.

A par dessas questões, realizou-se o balanço hídrico climatológico de Pentecoste, a fim de avaliar mais detalhadamente as condições climáticas do município, pois a partir desta análise pode-se entender o comportamento do regime hídrico da área de estudo. A partir dos dados de precipitação e temperatura foi possível definir a evapotranspiração real (ETR), a evapotranspiração potencial (ETP), o armazenamento de água no solo (ARM), a deficiência hídrica (DEF) e o excedente hídrico (EXC). A tabela 1 mostra os resultados do balanço hídrico climatológico do município com série histórica de 1991 a 2020 com a capacidade de armazenamento do solo (CAD) de 100 mm.

Tabela 1- Balanço hídrico do município de Pentecoste (1991-2020), considerando a capacidade de armazenamento do solo (CAD) de 100 mm.

Meses	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)
Jan	28,1	85,71	169,39	-83,7	0,0	0,0	85,7	0,0	83,7
Fev	27,6	122,35	146,38	-24,0	0,0	0,0	122,4	0,0	24,0
Mar	26,9	188,57	145,04	43,5	43,5	43,5	145,0	0,0	0,0
Abr	26,7	181,46	135,15	46,3	89,8	46,3	135,2	0,0	0,0
Mai	26,9	94,35	143,05	-48,7	55,2	-34,6	129,0	0,0	14,1
Jun	26,9	35,25	137,76	-102,5	19,8	-35,4	70,6	0,0	67,1
Jul	26,8	20,47	140,05	-119,6	6,0	-13,8	34,3	0,0	105,8
Ago	27,7	3,87	160,91	-157,0	1,2	-4,7	8,6	0,0	152,3
Set	27,9	0,72	161,38	-160,7	0,2	-1,0	1,7	0,0	159,7
Out	28,1	1,46	172,93	-171,5	0,0	-0,2	1,7	0,0	171,3
Nov	28,3	0,63	173,46	-172,8	0,0	0,0	0,7	0,0	172,8
Dez	28,3	12,12	180,05	-167,9	0,0	0,0	12,1	0,0	167,9
Total	330,2	747,0	1865,5	-	-----	0,0	747,0	0,0	1118,6
				1118,6					
Média	28	62	155	-----	-----	±90	62	0,0	93

Fonte: THORNTHWAITE; MATHER, 1955; FUNCEME, 2020.

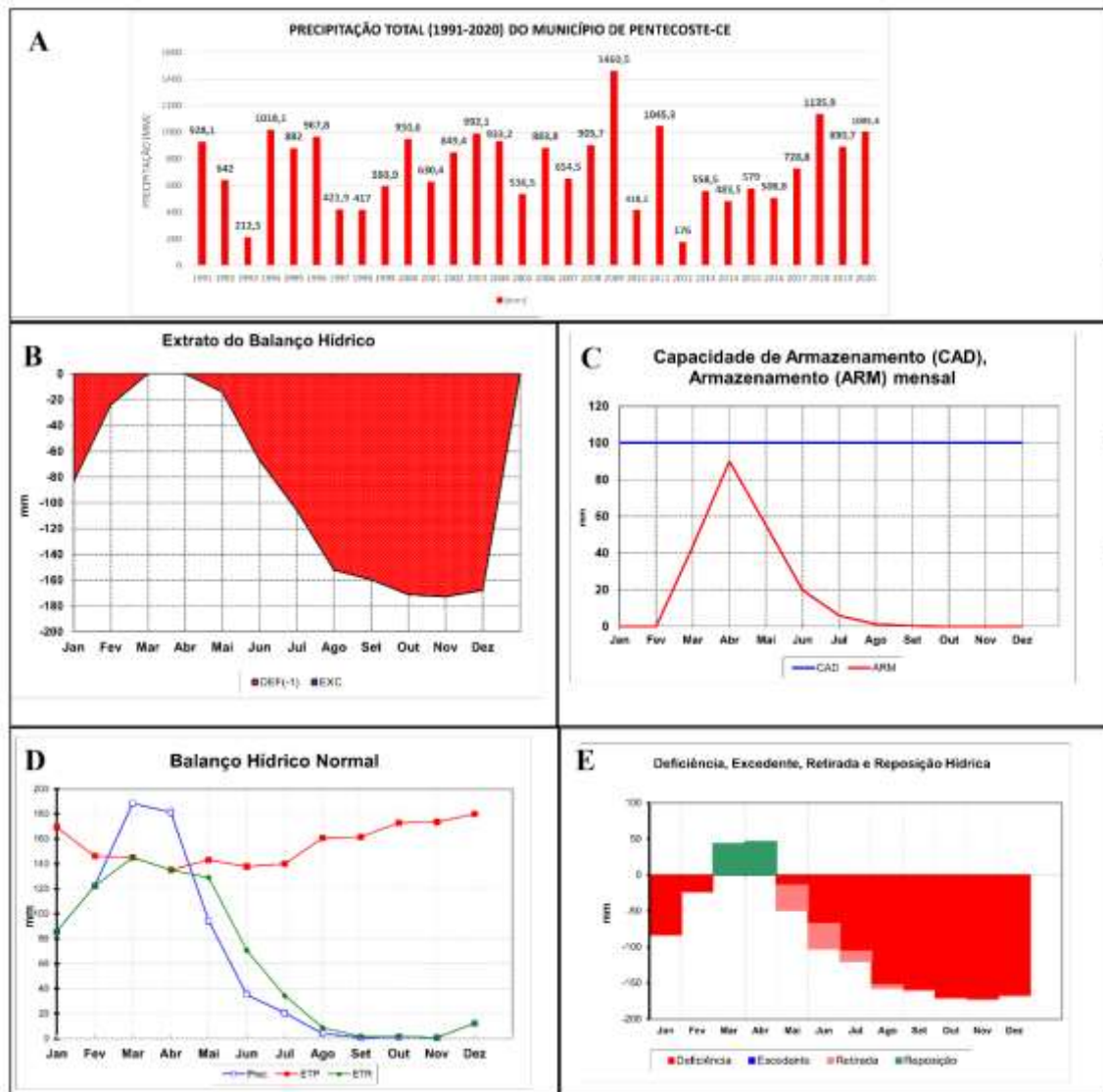
Legenda: (T)-Temperatura; (P)-Precipitação; (ETP)-Evapotranspiração potencial; (ARM)-Armazenamento de água no solo; (ALT)-Variação do armazenamento; (ETR)- Evapotranspiração real; (EXC)- Excedente hídrico; (DEF)-Deficiência hídrica.

De acordo com a tabela 1 percebe-se que as maiores precipitações da série histórica se concentram nos meses de fevereiro, março e abril, com respectivamente 122,35mm, 188,57mm e 181,46mm. A evapotranspiração potencial (Tabela 1 e Figura 2D) anual foi de 1865 mm com média mensal de 155 mm e atingiu o seu ápice no mês de dezembro com 180,05mm. A maior temperatura do ano, 28,3°C, ocorreu nos meses de novembro e dezembro e a menor foi de 26,7°C no mês de abril. A Evapotranspiração real (Tabela 1 e Figura 2D) atingiu o maior nível no mês de março com 145mm.

Com relação à deficiência hídrica do município de Pentecoste (Tabela 1 e Figura 2B), destaca-se que 10 meses do ano são de deficiência hídrica, com exceção apenas de março e abril, marcados como de reposição, sendo estes também os meses mais chuvosos. Essa deficiência hídrica severa requer dos agricultores o planejamento para a produção agrícola

com a necessidade de irrigação e técnicas de convivência com o semiárido. O período de retirada concentra-se nos meses de maio a agosto (Tabela 1 e Figura 2E).

Figura 2: Precipitação total e balanço hídrico climatológico de Pentecoste.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Características dos recursos hídricos superficiais de Pentecoste

Nos sertões do semiárido com predominância de substrato cristalino, há grande ocorrência de rios e riachos com escoamento intermitente sazonal com drenagem exorréica. Zanella (2007) salienta que a irregularidade pluviométrica, o caráter intermitente dos rios e as características litológicas repercutem na disponibilidade dos recursos hídricos no semiárido.

Os rios do NEB, em determinadas épocas do ano, chegam ao mar, característica original dos sistemas hidrográficos e hidrológicos regionais, diferente de outras regiões semiáridas do mundo, em que as drenagens convergem para depressões fechadas, os rios dessa região vão para o oceano Atlântico (NASCIMENTO, 2011).

Os principais cursos hídricos superficiais do município de Pentecoste são os riachos Croatá, Mocó, Cedro, Cachoeira, Volta, Salgado, Mel e Capitão Mór, bem como os rios Curu e Canindé, este último é importante afluente da margem direita da bacia hidrográfica do rio Curu. Esta bacia compõe o conjunto de 12 bacias do Ceará, juntamente com a do rio Jaguaribe, dividida em Alto, Médio e Baixo, do rio Banabuiú, do rio Acaraú, do rio Coreaú, do rio Salgado, Metropolitana, do Litoral, da Serra de Ibiapaba e do Sertão de Crateús (CEARÁ, 2016).

A bacia do Curu possui área de 8.750,75 Km², equivalente a 6% do território cearense e drena além de Pentecoste mais 14 municípios: Itatira, Canindé, Caridade, Paramoti (no alto Curu); General Sampaio, Apuiarés, Tejuçuoca, Itapajé, Irauçuba, Umirim, São Luís do Curu (no médio Curu); e São Gonçalo do Amarante, Paraipaba e Paracuru (no baixo Curu) (CEARÁ, 2009).

O rio Curu apresenta uma área total estimada em 8.600 km², com suas nascentes nas serras do Céu, da Imburana e do Lucas, no município de Canindé. Sua foz localiza-se na divisa dos municípios de Paracuru e Paraipaba (BRANDÃO; FREITAS, 2014). O rio Canindé tem suas nascentes no Maciço de Baturité e assume papel relevante no contexto da bacia hidrográfica do Curu, pois é o principal afluente da sua margem direita.

Segundo Soares (2006), a paisagem da bacia hidrográfica do Curu foi transformada a partir da intervenção antrópica por meio da retirada da vegetação natural e substituição pela agricultura de subsistência e perenização de trechos dos rios, através da construção de reservatórios de água superficial.

Os reservatórios de água desempenham importante papel no controle de inundações e na crescente demanda de água potável para seres humanos, para animais de criação, aquacultura e agricultura (GUNKEL, 2019). A bacia hidrográfica do rio Curu caracteriza-se pelo alto nível de açudagem, possuindo 818 reservatórios. Os açudes Pentecoste e General Sampaio são responsáveis por aproximadamente 70% do volume de acumulação dessa bacia (CEARÁ, 2009).

Assim como na maioria dos municípios do Ceará, a limitação da disponibilidade hídrica é um problema recorrente em Pentecoste, agravada pela seca iniciada em 2011. Como medida de mitigação da seca está à construção de açudes e perfuração de poços. Segundo Dantas e Rodrigues (2015) o processo de açudagem tem a intensão de proporcionar o desenvolvimento da região nordeste através da disponibilidade hídrica para as atividades agrícolas, industriais e serviços, além do abastecimento humano.

Os açudes do Ceará são divididos em pequeno, médio, grande e macro, sendo construídos pelo governo, por particulares e em regimes de cooperação. A Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos-COGERH (2008) estabelece uma classificação para os açudes de acordo com a capacidade volumétrica em: macro porte (> que 750.000.000m³), grande porte (de 75.000.000 a 750.000.000m³), médio porte (de 7.5000.000 a 75.000.000m³) e pequeno porte (de 0,5 a 7.5000.000m³). Os açudes de pequeno porte são geralmente construídos para abastecer a população rural dos municípios cearenses, principalmente para o uso consumo humano e dessedentação animal.

Em Pentecoste, ressalta-se três açudes de grande porte, Pereira de Miranda, Caxitoré e Sítios Novos. O açude Pereira de Miranda, denominado por alguns órgãos de Pentecoste, é o único totalmente inserido no município, foi construído pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas-DNOCS em 1957, apresenta 2.840 km² de área de drenagem e a bacia hidráulica possui 5.700 ha com capacidade de armazenamento de 360.000.000 m³ (COGERH, 2021).

O açude Caxitoré encontra-se parcialmente inseridos em Pentecoste, apresenta uma área de drenagem de 1.430 km² e a bacia hidráulica possui 4.574 ha com capacidade de armazenamento de 202.000.000 m³. O açude Sítios Novos também se encontra parcialmente inseridos em Pentecoste, apresenta uma área de drenagem de 446 km² e a bacia hidráulica possui 2.010 ha com capacidade de armazenamento de 126.000.000 m³ (COGERH, 2021). O quadro 1 especifica as características técnicas dos três açudes de grande porte do município de Pentecoste.

Quadro 1: Características técnicas dos principais açudes de Pentecoste, CE.

AÇUDE	MUNICÍPIO	CAPACIDADE	SISTEMA	RIO BARRADO
Pentecoste	Pentecoste	360.000.000 m ³	Curu	Rio Canindé
Caxitoré	Umirim-Pentecoste	202.000.000 m ³	Curu	Rio Caxitoré
Sítios Novos	Caucaia-Pentecoste	126.000.000 m ³	Metropolitana	Rio São Gonçalo

Fonte: COGERH (2021).

O açude Pentecoste é o principal reservatório de grande porte do município por ser o único totalmente inserido em Pentecoste, e tratar-se da principal fonte de oferta hídrica para as diversas atividades econômicas e consumo humano e dessedentação animal. Segundo Oliveira (2009) o açude Pentecoste é responsável pelo controle das cheias do rio Canindé e riacho Capitão-Mor, auxiliando na perenização do rio Curu pela irrigação das terras à jusante, bem como propicia o desenvolvimento da piscicultura e o aproveitamento das culturas à montante.

Em função da grande variação do escoamento fluvial e do longo período de ausência de lâmina d'água, a construção de açudes surge como uma alternativa para acumular água e garantir o suprimento hídrico nos longos períodos de estiagens (FARIAS, 2015).

Na última década, a escassez hídrica tem afetado significativamente as atividades desenvolvidas nos mais diferentes setores econômicos da região semiárida brasileira. O baixo índice pluviométrico registrado e, conseqüentemente, a baixa recarga dos reservatórios, causaram, por exemplo, suspensão do fornecimento de água para irrigação, redução da disponibilidade hídrica para abastecimento humano e dessedentação animal (LOPES, 2016, p. 69).

A oferta hídrica dos reservatórios do Ceará tem diminuído bastante com o período de seca iniciado em 2011. No período de 2004 a 2021 (Figura 3), o açude Pentecoste diminuiu consideravelmente seu volume, em 2010 obteve o maior armazenamento, 75,79%. No

período de 2014 a 2019 apresentou os menores valores, com destaque para o ano de 2017 que obteve o menor volume, 0,14%.

O açude Caxitoré em 2010 obteve o maior volume de armazenamento, 80,89% e, de 2015 a 2018, diminuiu drasticamente com valores de 5,53%, 5,48%, 3,61% e 6,68%, respectivamente. O açude Sítios Novos, em 2014, apresentou 89,11% do volume armazenado, maior valor para a série analisada. De 2015 a 2019 obteve os menores valores, com destaque para o ano de 2017 com 0,12% da capacidade de armazenamento. A redução dos volumes dos açudes do município de Pentecoste tem agravado a situação da qualidade da água desses corpos hídricos.

Figura 3: Volume dos açudes do município de Pentecoste.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A água utilizada para o abastecimento de Pentecoste advém principalmente do açude Pereira de Miranda, numa demanda de 65 L/s, sendo distribuída na zona urbana do município pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará-CAGECE. Na zona rural do município prevalece, para o consumo humano, a água de cisternas, poços e caminhões-pipa que são distribuídos para a população local.

Tendo em vista, os usos múltiplos da água e a importância desse recurso para a segurança hídrica e vida das populações, a COGERH realiza o monitoramento da qualidade da água dos reservatórios do Ceará e lançou um estudo com o resultado desse acompanhamento nos últimos 12 anos (2008 a 2020), através de análises de amostras de água coletadas nos açudes Pentecoste, Caxitoré e Sítios Novos. Os dados disponibilizados pela COGERH demonstram um processo de eutrofização dos açudes que compromete a qualidade da água e demanda estratégias de melhoria e recuperação desses recursos.

A eutrofização é ocasionada pela carga de nutrientes destinada aos açudes do NEB, especialmente de nitrogênio (N) e fósforo (P). As principais fontes de poluidoras que causam a eutrofização dos reservatórios do Ceará são: a) as descargas de esgotos domésticos e industriais; b) afluência de partículas de solos contendo nutrientes, em

decorrência de erosão hídrica; c) presença de gado, principalmente no entorno do reservatório; e d) exploração de piscicultura intensiva no espelho d'água do açude (PAULINO; OLIVEIRA; AVELINO, 2013; COGERH, 2021).

Os efluentes domésticos contêm altas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, favorecendo o processo de eutrofização quando lançados “in natura” nos ecossistemas aquáticos (JARVIE; WHITTON; NEAL, 1998). A eutrofização é um processo dinâmico que ocorre geralmente em ambientes lênticos, ou seja, que apresentam águas paradas ou com movimento lento ou estagnado. Esse processo altera a qualidade da água e provoca uma série de prejuízos a biodiversidade aquática e aos seus usos múltiplos (LIMA; MONTEIRO, 2015).

Quanto à salinidade dos açudes do município de Pentecoste, Ceará (2009) destaca que os reservatórios pertencentes a bacia hidrográfica do rio Curu apresentam concentrações de cloretos inferiores a 250 mg/l, valor dentro do tolerado pelo Ministério da Saúde para consumo humano, com exceção dos açudes Caracas e Salão. Levando-se em consideração as características de salinidade para irrigação, as águas dos reservatórios se classificam de salinidade alta.

Outra importante forma de abastecimento de água nos sertões do NEB é o uso das cisternas de placas construídas através do Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: 1 Milhão de Cisternas Rurais-P1MC coordenado pela Articulação no Semiárido-ASA. Em Pentecoste as cisternas fazem parte da paisagem na zona rural, atualmente totalizam-se 1.350 cisternas de placa com capacidade de armazenar 16 mil litros de água, cada uma, que permite o abastecimento doméstico da população (ASA, 2021). A construção de cisternas de placa no NEB para o armazenamento de água da chuva para consumo humano é uma ferramenta de políticas de convivência com a seca através de uma tecnologia simples e barata que melhoram a qualidade de vida dos sertanejos.

CONCLUSÃO

Através do estudo do balanço hídrico climatológico é possível realizar um planejamento dos recursos hídricos do território. Nessa perspectiva, destaca-se que o município de Pentecoste, condicionado pelas características climáticas e regime de precipitações, apresenta deficiência hídrica durante 10 meses do ano o que demonstra a necessidade de mitigação dos efeitos da seca e deficiência através de projetos de irrigação e construção de reservatórios e cisternas para garantir a oferta hídrica para o abastecimento humano e atividades agropecuárias.

Portanto, conclui-se que a análise do balanço hídrico de Pentecoste é relevante, pois permite conhecer o regime hídrico que apoiado as características climáticas, potencializa o planejamento de estratégias de racionalização e otimização dos usos dos recursos hídricos do município. Salienta-se ainda que os principais cursos hídricos superficiais do município, rio Curu e o Canindé, são importantes afluentes da margem esquerda da Bacia Hidrográfica do Rio Curu e juntamente diversos reservatórios, de pequeno, médios e grande porte, são intensamente utilizados pela população do município para o abastecimento humano, dessedentação de animais, lazer, irrigação da agricultura de subsistência.

Os usos múltiplos nem sempre são acompanhados de um planejamento, sendo perceptíveis os impactos nesse ambiente, principalmente, a eutrofização, a poluição, as ocupações irregulares e o assoreamento de cursos hídricos do município. A partir do exposto, a ampliação dos estudos sobre os recursos hídricos superficiais, dentre eles as bacias hidrográficas e os reservatórios do semiárido cearense é urgente, para garantir o uso racional, conservação e manejo adequado dos recursos naturais e consequentemente, a melhoria da qualidade de vida dos habitantes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ASA. **Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: 1 Milhão de Cisternas Rurais (P1MC)**. 2021. Acesso em 03 maio 2021. Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br/>.

BRANDÃO, R de; FREITAS, L. C. B. (orgs). **Geodiversidade do estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2014.

CEARÁ. **Bacias Hidrográficas do Ceará**. Fortaleza: COGERH, 2016. Acesso em 03 maio 2021. Disponível em: <http://www.cogerh.com.br>.

CEARÁ. **Caderno regional da bacia do Curu**. Fortaleza: INESP, 2009.

CEARA. Secretária dos Recursos Hídricos. **Programa de ação decombate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca, PAE-CE**. Fortaleza: Ministério do Meio Ambiente/Secretaria dos Recursos Hidricos, 2010.

COGERH, Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Estado do Ceará. **Qualidade das águas dos açudes monitorados pela COGERH, campanha novembro/2020: relatório final**. Fortaleza: COGERH, 2021.

DANTAS, S. P; RODRIGUES, I. B. Alguns apontamentos sobre a política de açudagem no nordeste brasileiro. In: ZANELLA, M. E; SALES, C. L. **Clima e recursos hídricos no Ceará na perspectiva geográfica**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2015.

FARIAS, J. F. **Aplicabilidade da Geoecologia das Paisagens no planejamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Palmeiras-Ceará, Brasil**. 2015, 222f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**. V. 1. N°. 1, 2005

GUNKEL, G. Manejo das bacias hidrográficas: serviços de ecossistemas e tecnologias avançadas. In: PHILIPPI JR., A.; SOBRAL, M do C. (eds). **Gestão de bacias hidrográficas e sustentabilidade**. 1 ed. Barueri (SP): Manole, 2019.

IPECE. **Perfil Básico municipal de Pentecoste**, 2016. Disponível em:

http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm-2016/Pentecoste.pdf/

Acesso em: 23 jul. 2020.

JARVIE, H; WHITTON, B; NEAL, C. Nitrogen and phosphorus in east coast British rivers: Speciation, sources and biological significance. **Science Of The Total Environment**, v. 210, p.79-109, 1998.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Cima da região Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. de A. et al. (orgs). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2009.

KÖPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde**: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter, 1931.

LIMA, A. G. de; MONTEIRO, J. de S. Qualidade da água em reservatórios voltados para o abastecimento público em áreas rurais. In: ZANELLA, M. E; SALES, M. C. L. **Clima e recursos hídricos no Ceará na perspectiva geográfica**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2015.

LIMA, E. C. **Análise e manejo geoambiental das nascentes do alto rio Acaraú**: Serra das Matas-Ceará. 2004. 178 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza.

LOPES, J. W. B. **Disponibilidade hídrica em reservatórios no semiárido brasileiro: interações entre assoreamento e escassez**. 107f. 2016. Tese (Doutor em Engenharia Agrícola). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

LOURENÇO, R. M. **Diagnóstico Físico-Conservacionista como aporte para a análise da degradação no médio curso da bacia hidrográfica do rio Aracatiaçu (CE)-Brasil**. Fortaleza, 2013, 192f. Dissertação (mestrado em Geografia) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

MAIA JÚNIOR, L. P.; CARACRISTI, I. O sistema climático semiárido do Nordeste Brasileiro: gênese e dinâmica atmosférica regional. In: FALCÃO SOBRINHO, J.; FIGUEIREDO, M. F.; FALCÃO, C. L. da C. **Meio Ambiente e sustentabilidade no semiárido**. Sobral: Edições Universitárias, 2012.

MORO, M. F. et al. Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. **Rodriguésia**, v. 66, n. 3, p. 717-743, 2015.

NASCIMENTO, F. R. do. Caracterização de usos múltiplos dos recursos hídricos e problemas ambientais: cenários e desafios. In: MEDEIROS, C. M. de. et al. (orgs). **Os recursos hídricos do Ceará: integração, gestão e potencialidades**. Fortaleza: IPECE, 2011.

OLIVEIRA, R. R. A. **Estudo da qualidade ambiental do reservatório Pentecoste por meio do Índice de Estado Trófico Modificado**. 141f, 2009. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal do Ceará, 2009.

PAULINO, W. D.; OLIVEIRA, R. R. A.; AVELINO, F. F. Classificação do estado trófico para o gerenciamento de reservatórios no semiárido: a experiência da COGERH no estado

do Ceará. In: XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. Bento Gonçalves, 2013. **Anais**. Bento Gonçalves-RS: ABRH. p. 1-8, 2013.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002.

RIBEIRO, A. A.; SIMEÃO, M; SANTOS, A. R. B. Balanço hídrico climatológico para os municípios de Piripiri e São João do Piauí, Piauí, Brasil. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 9, n. 3, p. 228-235, 2015.

SOUZA, M. J. N. de; Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará. In: LIMA, L. C; SOUZA, M. J. N. de; MORAIS, J. O de. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000.

THORNTHWAITE, C. W., MATHER, J.R. **The water balance**. Publications in Climatology. Centerton, New Jersey, v. VIII, p.1, 1955.

ZANELLA, M. E. As características climáticas e os recursos hídricos do Ceará. In: SILVA, J. B. da. *et al* (orgs.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. 2 ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007.