



PKS

PUBLIC
KNOWLEDGE
PROJECT

REVISTA DE
GEOGRAFIA

Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE

OJS

OPEN
JOURNAL
SYSTEMS

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia>

POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA EM ÁREAS URBANAS DO SEMIÁRIDO

Leonardo Vinicius Queiroz de Paiva¹, Bartolomeu Israel de Souza²

¹Universidade Federal da Paraíba. E-mail: leovinius_@hotmail.com, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7919-3145>

²Universidade Federal da Paraíba. E-mail: bartolomeuisrael@gmail.com, Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2173-8314>

Artigo recebido em 17/05/2021 e aceito em 04/10/2021

RESUMO

O semiárido brasileiro é acometido por condições climáticas extremas, em que o baixo índice e a irregularidade das chuvas são fatores que intervêm negativamente no seu desenvolvimento. Logo, encontra-se na captação de água das chuvas uma alternativa importante para a região, sendo possível aumentar o volume de água disponível mediante o aproveitamento do regime pluvial. O objetivo principal desse trabalho foi estimar os Volumes Potenciais de Captação de Água da Chuva (VPC) para a área urbana do município de São João do Cariri. Estes volumes foram aferidos com base na proposta de utilização das superfícies impermeáveis da cidade como áreas de captação de água das chuvas, para fins não potáveis. A estimativa é de suma importância para o dimensionamento adequado de cisternas, de modo a garantir o suprimento das demandas não potáveis de água da cidade, durante o período de estiagem.

Palavras-chave: Volume de água; Regime pluvial; Cisternas.

RAINWATER COLLECTION SYSTEMS POTENCIAL IN URBAN AREAS OF THE SEMI-ARID

ABSTRACT

The Brazilian semi-arid is affected by extreme climatic conditions, in which the low index and the irregularity of the rains are factors that interfere negatively in the development of the region. We found in rainwater collection systems, an important alternative for the region, in which the volume of available water can be increased, through the use of the rain regime. The main objective of this work will be to estimate the Potential Volumes of Rainwater Capture (VPC) for the urban area of the municipality of São João do Cariri. These volumes will be estimated based on the proposed use of the city's impermeable surfaces as rainwater catchment areas for non-potable purposes. Such an estimation is important for the adequate dimensioning of cisterns, in order to guarantee the supply of the non-potable water demands of the population during the dry season.

Keywords: Volume of water; Rainfall regime; Cisterns.

INTRODUÇÃO

A escassez de água é um problema socioambiental enfrentado em diversas partes do planeta, podendo chegar a instaurar situações verdadeiramente alarmantes em determinados locais. A água é um recurso essencial à vida, e a sua falta ou má distribuição espacial e temporal em regiões como o semiárido brasileiro, acaba por acarretar adversidades extremas, em especial, a insegurança alimentar. Mesmo que essa questão seja enfrentada desde as civilizações mais antigas, além de largamente discutida na atualidade, ainda é um problema que faz parte da realidade de milhões de pessoas, muitas vezes agravado por políticas públicas inadequadas, interesses da elite regional, além do próprio momento climático que se vivencia.

Dentre os elementos do clima, a chuva é o que apresenta maior variabilidade espaço-temporal, característica que é marcante no semiárido brasileiro, onde a precipitação é notoriamente irregular tanto em relação à quantidade quanto à distribuição. Um regime pluvial marcado por essa condição limitante acaba por gerar insegurança hídrica e por consequência impedir a expansão da agropecuária familiar, elevar os índices de desigualdades sociais e dificultar a sobrevivência da população de uma maneira geral (FARIAS, 2015).

Apesar do quadro de baixos índices pluviométricos, associado à irregularidade espacial e temporal do regime de chuvas, é visível o potencial de aproveitamento de água de chuvas no semiárido brasileiro. Esse aproveitamento pode ser alcançado de forma satisfatória através de tecnologias sociais simples, com destaque para o armazenamento e captação de água da chuva. Gnadlinger (2001) considera a adoção dessas técnicas a expressão de um novo paradigma, em que o desenvolvimento da região tem como foco a população local, além de estar em concordância com o princípio do desenvolvimento sustentável.

A coleta de água das chuvas é comumente realizada há séculos, tanto em áreas urbanas quanto rurais, onde essa prática antiga tinha como principal finalidade o uso doméstico e em menor escala, o uso agrícola. Nas cidades modernas a utilização dessas águas tem crescido gradativamente, sendo considerado de grande auxílio na solução dos desafios relativos ao fornecimento de água para a população. Além disso, é crescente a preocupação com a necessidade de uma gestão do sistema hidrológico, já que é sabido da interferência negativa que a maioria dos ambientes urbanos gera no ciclo hidrológico (BUHAUG e URDAL, 2013).

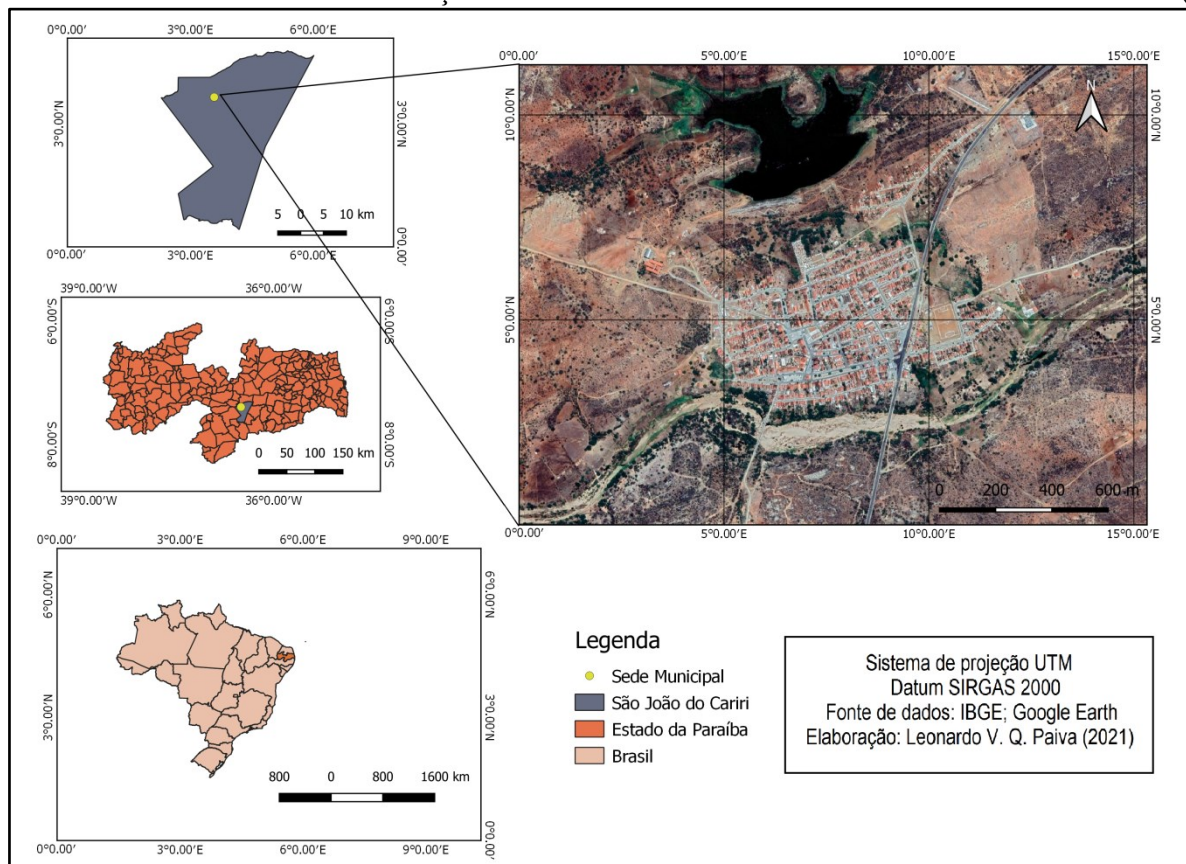
Mediante esta realidade, a intenção deste trabalho foi propor a utilização das superfícies impermeáveis da área urbana do município de São João do Cariri (PB) - Brasil, como um meio de captação das águas das chuvas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição da área estudada

O trabalho foi desenvolvido na área urbana de São João do Cariri (PB), com sede na latitude $07^{\circ}23'27''$ S, longitude $36^{\circ}31'58''$ W e altitude de 458m, a 213km de João Pessoa, capital do estado. A cidade em destaque dispõe de uma extensão territorial de aproximadamente 523.200m². Segundo o censo demográfico de 2010, a população do município era de 4.344 habitantes, estando 2.347 deles concentrados na área urbana. A estimativa do IBGE para 2020 foi de uma população de 4.184 habitantes (IBGE, 2011).

FIGURA 1- MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA URBANA DE SÃO JOÃO DO CARIRI (PB)



Fonte: Elaborado pelo autor.

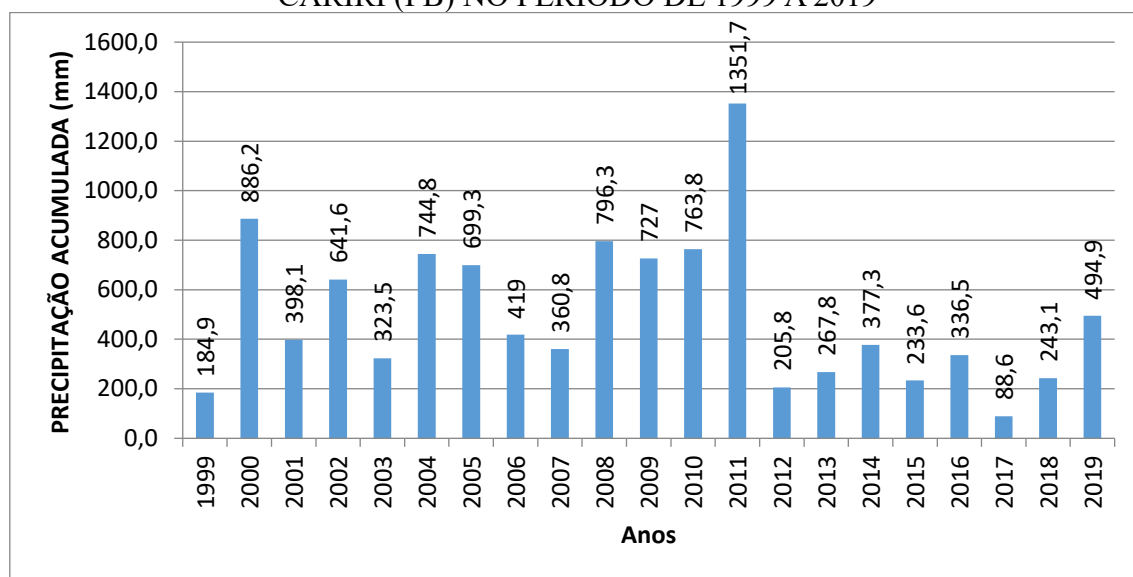
A área urbana do município está localizada na sub-bacia hidrográfica do rio Taperoá, pertencente a bacia hidrográfica do rio Paraíba. Esta última possui cerca de 20.000km², o que corresponde a 32% da área do estado, sendo assim, a maior e mais importante bacia hidrográfica da Paraíba. O rio Taperoá, por sua vez, é considerado o mais importante afluente dela, com uma área de cerca de 5.700m² e uma posição estratégica para a gestão dos recursos hídricos do estado. No encontro do rio Taperoá com o rio Paraíba foi construída a barragem que forma o açude Presidente Epitácio Pessoa, também conhecido por açude Boqueirão, sendo esse responsável por abastecer a maior região metropolitana do interior do Nordeste, Campina Grande (XAVIER et al., 2012).

A cidade de São João do Cariri é margeada diretamente pelo rio Taperoá, que é de regime intermitente e está localizado numa área de relevo suavemente ondulado, altitude variando entre 400 e 600 metros, não ultrapassando os 450 metros nas áreas próximas a cidade. Além disso, é abastecida principalmente pelo Açude dos Namorados, que de acordo com a AESA (2020), tem capacidade de 2.118.980,00 m³.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima na sub-bacia hidrográfica do rio Taperoá é considerado do tipo BSh - semiárido quente, com precipitação pluvial média anual variando de 400 a 600mm e dispõe de uma estação seca que varia entre 8 e 10 meses (podendo ir de maio de um ano a fevereiro do outro). A vegetação predominante é do tipo Caatinga Hiperxerófila, constituída por árvores de baixo e médio porte, estabelecidas em solos rasos, de forma espaçada e com a característica de perder as folhas na época de estiagem (caducifólias).

Observando especificamente as chuvas do município, nos últimos 20 anos, temos uma precipitação acumulada anual média de 502,1mm. Percebe-se também alguns anos com um volume de chuva mais expressivo, como é o caso de 2011 (Gráfico 1).

GRÁFICO 1 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA ANUAL DO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DO CARIRI (PB) NO PERÍODO DE 1999 A 2019



Fonte: Elaborado pelo autor; baseado em AESA (2019).

Estimativa dos volumes potenciais de captação

O passo inicial para a estimativa dos volumes potenciais de captação foi a observação do regime pluvial por meio da análise estatística descritiva. Para realizar a mesma, foram necessários os dados de precipitação pluvial, os quais são disponibilizados pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA). A série pluviométrica foi ordenada obedecendo a sequência cronológica mensal (soma dos valores diários) e anual (soma dos totais mensais).

Em seguida, com base em critérios estatísticos, foram estabelecidas as medidas de tendência central (média e mediana) e de dispersão (amplitude e desvio padrão). De posse dos valores anuais de chuva e adotando valores para áreas de captação (AC), foram estimados os volumes potenciais de captação de água de chuva (VPC, em m³), conforme a equação 1, abaixo. Para cada área foram estabelecidos os VPC's, de acordo com quatro cenários de chuva: média, mediana, ano mais chuvoso e ano mais seco.

$$VPC = \text{chuva (mm)} \times AC \text{ (m}^2\text{)} \times Ce \quad (1)$$

Onde: Ce= coeficiente de escoamento (adimensional)

O coeficiente de escoamento superficial (Ce) foi adotado de acordo com a média do coeficiente de *runoff*, para diversos tipos de superfície e áreas ocupadas de maneiras distintas, como pode ser visto nas Tabelas 1 e 2 a seguir.

TABELA 1- VALORES MÉDIOS DOS COEFICIENTES DE *RUNNOF*

Tipo de superfície	Coefficiente de runoff C	Tipo de superfície	Coefficiente de runoff C
Pavimento asfáltico	0,95	Gramado plano entre 0 a 1% de decl.	0,25
Pavimento concreto	0,95	Gramado médio entre 1% a 3% de decl.	0,35
Pavimento de tijolos	0,85	Gramado alto entre 3% a 10% de decl.	0,40
Pavimento de pedras	0,75	Gramado muito alto >10% de decl.	0,45
Telhado linha de base	0,95	Vegetação plana (0 a 1% de decl.	0,10
Telhado verde < 10cm	0,50	Vegetação média (0 a 1% de decl.	0,20
Telhado verde entre 10cm e 20cm	0,30	Vegetação alta (0 a 1% de decl.	0,25
Telhado verde entre 20cm e 50cm	0,20	Vegetação muito alta (0 a 1% de decl.	0,30
Telhado verde > 50cm	0,10		

Fonte: Extraído de LEED existing buildings (APOLINARIO, 2017).

TABELA 2 – VALORES DE COEFICIENTE DE *RUNNOF* PARA DIFERENTES ÁREAS

Característica da superfície	C
Área Comercial	
-Central	0,70 a 0,95
-Bairros	0,50 a 0,70
Área Residencial	
-Residências Isoladas	0,30 a 0,50
-Unidades Múltiplas (Separadas)	0,40 a 0,60
-Unidades Múltiplas (Conjugadas)	0,60 a 0,75
-Subúrbio	0,25 a 0,40
-Área com prédios de apartamentos	0,50 a 0,70
Área Industrial	
-Indústrias leves	0,50 a 0,80
-Indústrias pesadas	0,60 a 0,90
Parques, Cemitérios	0,10 a 0,25
“Playground”	0,20 a 0,35
Pátios de estradas de ferro	0,20 a 0,40
Áreas sem melhoramentos	0,10 a 0,30

Fonte: Extraído de ASCE/WEF (CHOW, 1962).

Foram calculados por meio das Equações 2 e 3, respectivamente, o volume de água necessária (VNEC, em L) e a consequente área de captação necessária (ACN, em m²) para acúmulo de tal volume. As fórmulas utilizadas foram baseadas nas empregadas por Almeida (2009; 2011; 2015) e são conhecidas por método analítico.

$$VNEC (L) = n \times Cc \times p \quad (2)$$

Sendo: n = número total de pessoas a serem atendidas (unid.); Cc = consumo *per capita* diário (em L); p = período sem chuva (dias).

$$ACN = \frac{VNEC}{Ce \times P} \quad (3)$$

Sendo: P = Precipitação pluvial anual para cada cenário de chuva (mm); Ce = coeficiente de escoamento (adimensional).

Com relação ao consumo diário referente a prédios ligados ao serviço público, industrial e doméstico, tem-se a estimativa de consumo diário estabelecida pela NBR-5626, a qual está disposta na Tabela 3.

TABELA 3 – ESTIMATIVA DE CONSUMO DIÁRIO DE ÁGUA

Tipo de prédio	Unidade	Consumo L/dia
<i>1. Serviço doméstico</i>		
Apartamentos	Per capita	200
Apartamentos de luxo	Por dormitório	300 a 400
	Por quarto de empregada	200
Residência de luxo	Per capita	300 a 400
Residência de médio valor	Per capita	150
Residências populares	Per capita	120 a 150
Apartamento de zelador		600 a 1000
<i>2. Serviço público</i>		
Edifícios de escritórios	Por ocupante efetivo	50 a 80
Escolas, internatos	Per capita	150
Escolas, externatos	Por aluno	50
Escolas, semi-internato	Por aluno	100
Hospitais e casas de saúde	Por leito	250
Hotéis com cozinha e lavanderia	Por hóspede	250 a 350
Hotéis sem cozinha e lavanderia	Por hóspede	120
Lavanderias	Por kg de roupa seca	30
Quartéis	Por soldado	150
Cavaliarias	Por cavalo	100
Restaurantes	Por refeição	25
Mercados	Por m² de área	5
Garagens e postos de serviços para automóveis	Por automóvel	100
	Por caminhão	150
Rega de jardins	Por m² de área	1,5
Cinemas, teatros	Por lugar	2
Igrejas	Por lugar	2
Ambulatórios	Per capita	25
Creches	Per capita	50
<i>3. Serviço industrial</i>		
Fábricas (uso pessoal)	Por operário	70 a 80
Fábricas com restaurante	Por operário	100
Usinas de leite	Por litro de leite	5
Matadouros	Por animal abatido (de grande porte)	300
	Por animal abatido (de pequeno porte)	150

Fonte: Tomaz, Plínio (2000).

Baseado nesses valores, os volumes de água e as áreas de captação necessárias para o núcleo urbano de São João do Cariri, foram calculados para diversos possíveis usos que poderão ser dados ao recurso, assim como para mais de um valor de consumo.

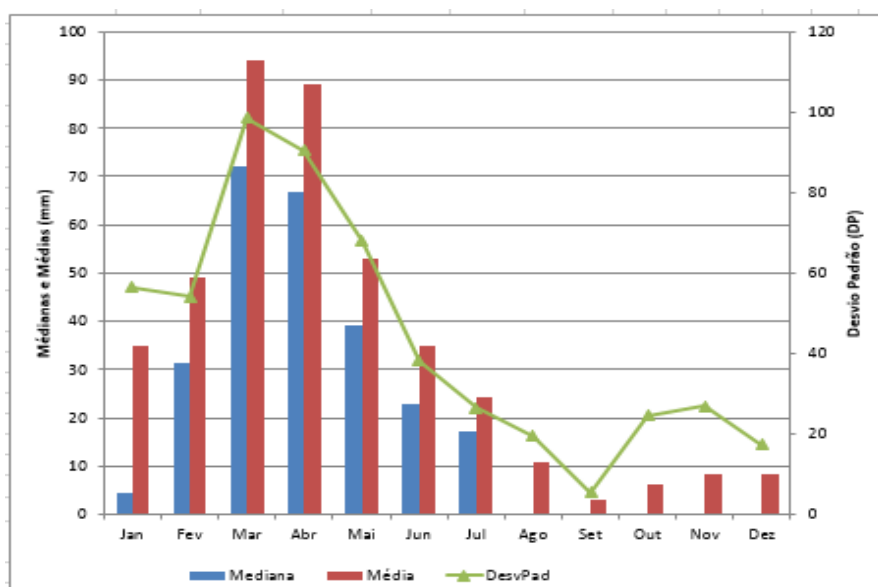
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Regime Pluvial de São João do Cariri

No Gráfico 2 estão apresentadas a média, mediana e desvio padrão das precipitações mensais do município. Nota-se uma elevada dispersão, sendo o desvio padrão maior que as médias em pelo

menos cinco meses, e as medianas em sete meses. Contudo, isso nos mostra a irregularidade das precipitações mensais para a localidade.

GRÁFICO 2- MÉDIA, MEDIANA E DESVIO PADRÃO DAS SÉRIES PLUVIOMÉTRICAS MENSAS DO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DO CARIRI NO PERÍODO DE 1943 A 2019



Fonte: AESA; elaborado pelo autor.

Ainda com relação à irregularidade das chuvas, verifica-se que além da má distribuição durante os meses do ano, a variabilidade anual atinge uma amplitude significativa (1.227mm), resultante de um ano mais chuvoso com 1.352mm e um ano menos chuvoso com 125mm. Além disso, os valores de média aritmética são maiores que as respectivas medianas. Indicando assim, que o coeficiente de assimetria é positivo. Diante disso, apesar de a média ser a medida de tendência central usualmente utilizada, nesse caso, a mediana é o valor mais provável de ocorrer, o que está em concordância com estudos realizados por Almeida e Oliveira (2009), Silva e Almeida (2009) e Almeida e Gomes (2011), para outras localidades da região geográfica imediata de Campina Grande.

Pode-se ainda observar que apesar da grande variabilidade da distribuição das chuvas entre os anos, há um certo padrão no que diz respeito aos meses mais secos, estando eles entre junho de um ano e janeiro do outro. Enquanto isso, a estação chuvosa se inicia entre os meses de fevereiro-março e termina entre abril-maio, concentrando em torno de 59% do total de chuvas anual (209mm), sendo

março e abril os meses mais chuvosos com 39% (139mm). As características observadas concordam com o cenário evidenciado por Köppen.

Volume Potencial de Captação de Água de Chuva para São João do Cariri

Para se trabalhar com a estimativa do volume potencial de captação de água da chuva (VPC), é indispensável a priori estabelecer um regime pluvial mensal e anual, a partir das séries históricas de chuva da localidade em estudo. Os VPC's foram estabelecidos a partir do regime pluvial, do coeficiente de escoamento superficial e da área de captação, que neste caso, corresponde às áreas das ruas, vias de escoamento pluvial e praças da cidade. Tais áreas de captação foram definidas com a ajuda do Google Earth Pro e do Global Mapper 20, como pode ser visto na imagem de satélite a seguir (Figura 3).

A água da chuva que esco naturalmente pelas ruas e canaletas, e em determinados pontos poderia ser direcionado e armazenado de forma estratégica pela cidade, levando em consideração a topografia da mesma e a disponibilidade de espaço para o armazenamento adequado da água. Sendo assim, foi realizada a análise do regime pluviométrico do local, como também, a estimativa dos volumes potenciais de captação de água da chuva e dos volumes de água necessárias para demandas não potáveis da cidade. Com isso, pode-se garantir que as estruturas escolhidas para armazenamento do recurso, sejam dimensionadas de modo a garantir o suprimento da necessidade de água durante o período de estiagem.

Portanto, foi proposta a subdivisão da área urbana da cidade em seis áreas de captação, com base na análise do escoamento do recurso pelas ruas da cidade. Para isto, foram levadas em consideração as curvas de nível da cidade, com a ajuda da ferramenta *Street View*, do Google Earth Pro.

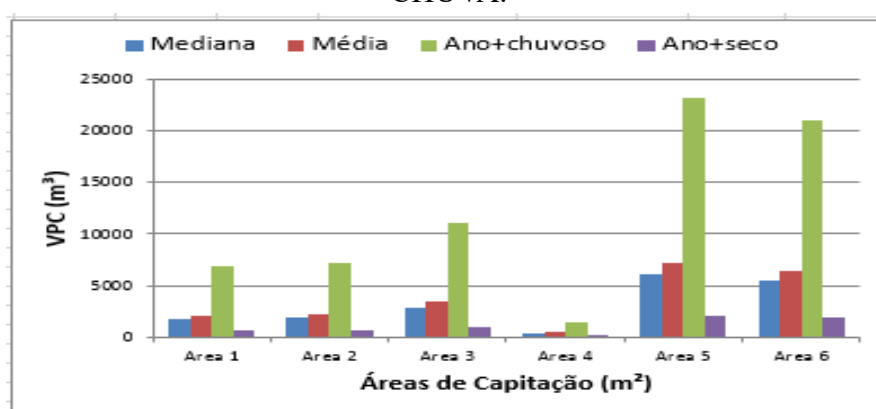
O volume potencial de captação foi estabelecido para cada uma das seis áreas, de acordo com sete cenários de chuva distintos, como pode ser observado nos Gráficos 3 e 4. No entanto, como mencionado anteriormente, a mediana representa o cenário mais próximo da realidade da região em que está inserida a cidade com um grau maior de confiabilidade.

FIGURA 3 – ÁREAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA EM SÃO JOÃO DO CARIRI



Fonte: Google Earth Pro; elaborada pelo autor.

GRÁFICO 3 - VOLUME POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA (VPC) PARA AS DIFERENTES ÁREAS DE CAPTAÇÃO E QUATRO CENÁRIOS DE OCORRÊNCIA DE CHUVA.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao observar a mediana de cada área, verifica-se que foram encontrados valores anuais animadores para os volumes potenciais de captação de água das chuvas, sendo que, a Área 5 dispõe do maior deles ($6.098 \text{ m}^3/\text{ano}$) e a Área 4 do menor ($394 \text{ m}^3/\text{ano}$). Isso acontece pelo fato de a Área 5 ser a que dispõe de uma maior extensão e a Área 4 o contrário. Ainda que fosse considerado o ano mais seco, como parâmetro representativo da realidade pluviométrica do município, teríamos para as maiores Áreas, 5 e 6, valores aproximados de 2.140 m^3 e 1.950 m^3 , respectivamente, e um total anual de 6.545 m^3 , se

consideradas todas as seis áreas de captação. Ou seja, um montante de água considerável, o qual poderia ser de grande valia para diversos fins.

Levando em consideração que a maioria das residências do município não dispõe de cisterna, logo, uma parte da água que precipita em seus telhados acaba sendo direcionada para as vias de escoamento pluvial (canaletas), foi feito também o cálculo dos VPC's com a adição das áreas dessas casas como área de captação. Para isso, a cidade foi dividida em quatro polígonos, de acordo com o fluxo de escoamento de água, como pode ser visto na Figura 5 a seguir.

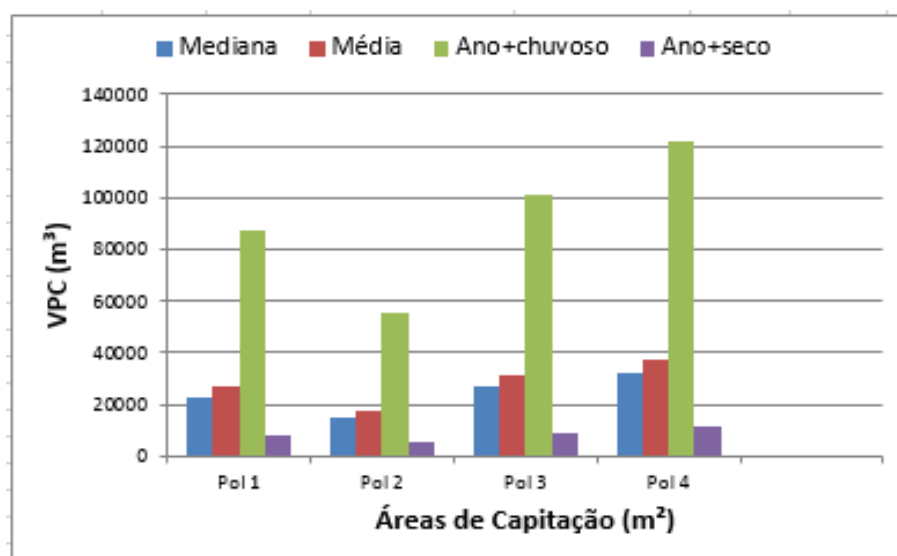
FIGURA 5 - ÁREAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA EM SÃO JOÃO DO CARIRI



Fonte: Google Earth Pro, elaborada pelo autor.

Para esse panorama, como é de se esperar, foram encontrados valores bem mais altos que para a primeira hipótese, no que diz respeito a esse potencial de captação de água das chuvas. Dessa forma, utilizando a mediana das séries de precipitação, foram observados valores anuais aproximados de 22.945m^3 , 14.670m^3 , 25.700m^3 , 32.163m^3 , para os polígonos 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Caso fossem utilizadas as médias, como sendo os valores mais próximos da realidade, como acontece em outras regiões, esses números seriam ainda maiores, como pode ser observado no Gráfico 5.

GRÁFICO 5 - VOLUME POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA (VPC) PARA DIFERENTES POLÍGONOS DE CAPTAÇÃO E QUATRO CENÁRIOS DE OCORRÊNCIA DE CHUVA.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para propor alguns pontos com potencial de armazenamento de água das chuvas (Figura 6), foram observadas as curvas de nível da cidade e feita a análise do declive de cada rua separadamente, com a ajuda da ferramenta *Street View*, do Google Earth Pro. Além disso, foi levado em consideração o uso e ocupação do solo na escolha dos locais.

FIGURA 6 – PONTOS POTENCIAIS PARA ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DAS CHUVAS



Fonte: Google Earth Pro; Elaborada pelo autor.

Áreas e Volumes Necessários de Captação de Água das chuvas para São João do Cariri

O Volume Necessário de Captação de Água das Chuvas (VNEC) está diretamente relacionado ao número de usuários, ao período de estiagem e ao consumo *per capita*, enquanto que a Área de Captação Necessária (ACN) varia com o volume necessário e o regime pluvial do local. Considera-se de extrema importância mensurar o VNEC, para que seja desenvolvida uma estratégia de utilização de todo o potencial de captação hídrica da cidade, com a função de sanar eficientemente parte da demanda desse recurso.

Com relação ao consumo *per capita*, o nordeste brasileiro detém o menor valor do país com 118,9 L/(hab/dia), estando a Paraíba com o consumo de 125,2 L/(hab/dia), o que representa uma diminuição de 8,4% do consumo médio dos três anos anteriores (2011, 2012, 2013) para o mesmo estado (SNIS, 2016). No entanto, é notório que esse valor médio não representa a realidade do semiárido paraibano, sendo indicado por Silva *et al.* (1984) o consumo de 14 L/dia, e por Silans (2002) o valor de 20 L/dia, como sendo consumos mais próximos da realidade da região, para atender as necessidades básicas.

A água captada pode ser utilizada para atividades de âmbito público, como manutenção de áreas verdes, parques e cemitérios, sistemas decorativos e recreativos (fontes, espelhos d'água,, chafarizes), limpeza da cidade e de prédios públicos (escolas, presídio, prefeitura, igrejas, teatros,

câmara municipal), reserva de incêndio, construção civil (compactação do solo, controle de poeira, lavagem de agregados, produção de concreto), limpeza de tubulações, torres de resfriamento, entre outros, além de garantir uma reserva de água para períodos de extrema escassez do recurso. Para este trabalho, foram obtidos apenas os dados de escolas e creches da cidade de São João do Cariri, como fica demonstrado na tabela 4.

TABELA 4 – RELAÇÃO DAS ESCOLAS PÚBLICAS E CRECHES DO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DO CARIRI

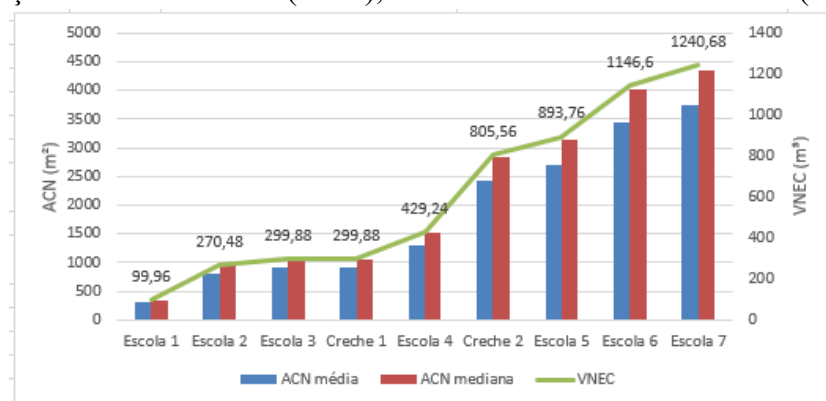
Escolas	Quantidade de alunos
E.M.E.I.E.F. Hilda Maria de Sousa Brito (Escola 1)	17
E.M.E.I.E.F. Constantino de Farias Castro (Escola 2)	46
E.M.E.I.E.F. Etelvina Maria Batista (Escola 3)	51
Creche Rosângela de Fátima Medeiros (Creche 1)	51
E.E.E.F. Severino Medeiros Ramos (Escola 4)	73
Creche Nossa Senhora dos Milagres (Creche 2)	137
E.M.E.I.E.F. Nossa Senhora dos Milagres (Escola 5)	152
Escola Dep. Tertuliano Brito (Escola 6)	195
E.M.E.I.E.F. José Leal Ramos (Escola 7)	211

E.M.E.I.E.F. = Escola Municipal de Educação Infantil e Ensino Fundamental; E.E.E.F = Escola Estadual de Ensino Fundamental

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado no Censo Escolar (2019).

Nos Gráficos 7, 8, 9 e 10 está explicitada a relação entre o volume de captação de água necessária (VNEC) e a área de captação necessária (ACN) para sete escolas e duas creches da cidade, cada uma delas com diferentes quantidades de alunos matriculados de acordo com o Censo Escolar de 2019. Além disso, cada gráfico é referente a um consumo *per capita* diferente e as áreas necessárias estão expressas para dois cenários de chuva distintos (mediana e média).

GRÁFICO 7 - RELAÇÃO ENTRE O VOLUME DE ÁGUA NECESSÁRIO (VNEC) E A ÁREA DE CAPTAÇÃO NECESSÁRIA (ACN), PARA O CONSUMO DE 25 L/(ALUNO/DIA)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Pode-se observar que as médias referentes às ACN's, são inferiores as medianas para todas as quantidades alunos por escola. Isso indica um possível subdimensionamento, caso não se desconsidere a importância de utilizar a medida de tendência central mais adequada para a região (mediana). Verifica-se para a E.E.E.F. Severino Medeiros Ramos (Escola 4), com 73 alunos matriculados, a necessidade de uma ACN aproximada de 1507m² para um regime de chuvas baseado na mediana, e de 1290m² para a média, o que resulta em um subdimensionamento de 217m².

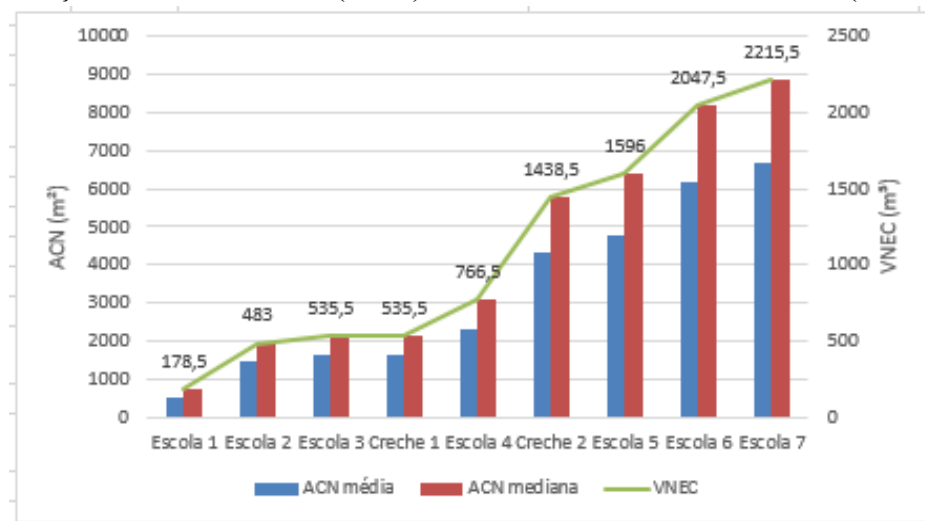
Observa-se que o VNEC e em consequência a ACN para captar esse volume, crescem à medida que aumenta a quantidade de estudantes por escola, o que é esperado, já que quanto maior a quantidade de alunos na escola, maior será o volume de água consumido. Tem-se o valor de 99,9m³ para o VNEC na escola com a menor quantidade de alunos (17 alunos) e de 1240,7m³ para a que dispõe da maior quantidade de alunos matriculados (211 alunos).

Os valores levantados apontam a importância de dimensionar as cisternas de acordo com a realidade da localidade, no que diz respeito ao regime pluvial, a quantidade de pessoas a serem atendidas, ao consumo *per capita*, entre outros possíveis fatores intervenientes. Considerando uma média de 100 alunos para as escolas da região, e o consumo de 50 L/(hab/dia), chegamos ao volume aproximado de 1050m³ de água, para atender a realidade da escola.

Os Gráficos 8, 9 e 10 têm o mesmo comportamento analisado no gráfico 7, no entanto, com valores de VNEC e ACN superiores, já que nesses gráficos estão sendo trabalhados consumos *per capita* maiores (50, 110 e 200 L/(aluno/dia)), sendo o valor de 50 L/(aluno/dia) indicado como o

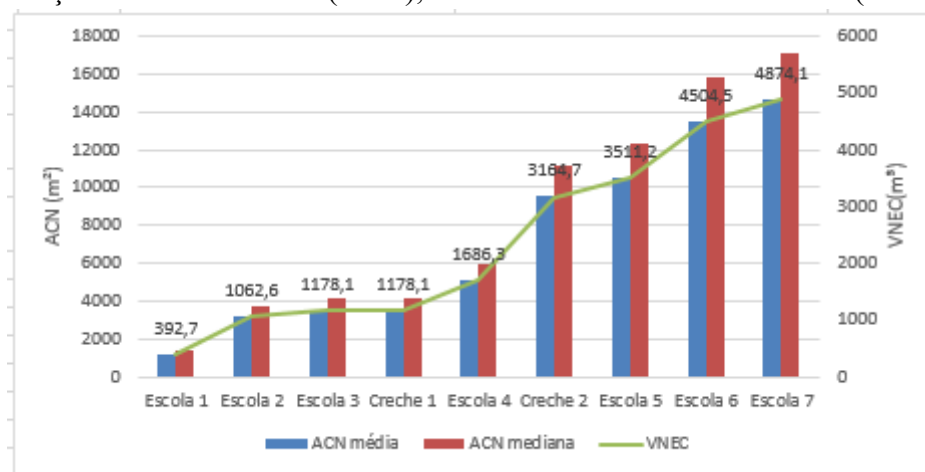
mais próximo da realidade, de acordo com mais de um estudo relacionado ao consumo de água em instalações prediais públicas.

GRÁFICO 8 - RELAÇÃO ENTRE O VOLUME DE ÁGUA NECESSÁRIO (VNEC) E A ÁREA DE CAPTAÇÃO NECESSÁRIA (ACN), PARA O CONSUMO DE 50 L/(ALUNO/DIA)



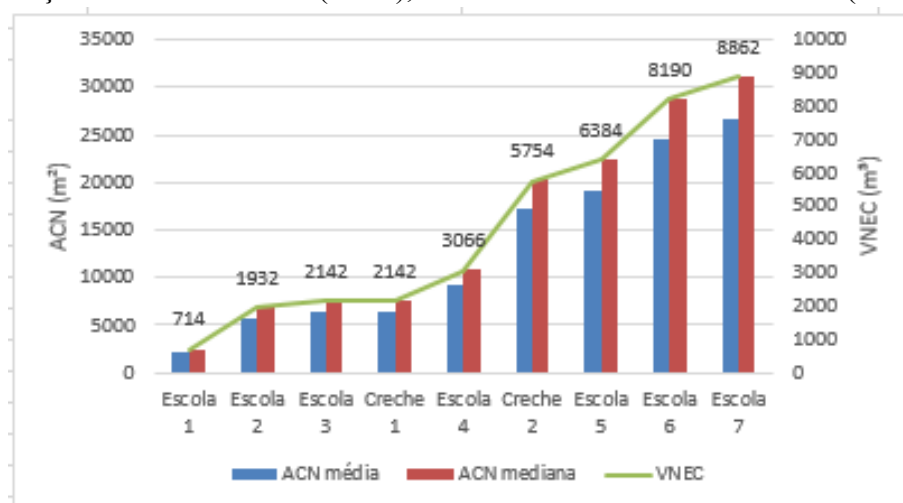
Fonte: Elaborado pelo autor.

GRÁFICO 9 - RELAÇÃO ENTRE O VOLUME DE ÁGUA NECESSÁRIO (VNEC) E A ÁREA DE CAPTAÇÃO NECESSÁRIA (ACN), PARA O CONSUMO DE 110 L/(ALUNO/DIA)



Fonte: Elaborado pelo autor.

GRÁFICO 10 - RELAÇÃO ENTRE O VOLUME DE ÁGUA NECESSÁRIO (VNEC) E A ÁREA DE CAPTAÇÃO NECESSÁRIA (ACN), PARA O CONSUMO DE 200 L/(ALUNO/DIA)



Fonte: Elaborado pelo autor.

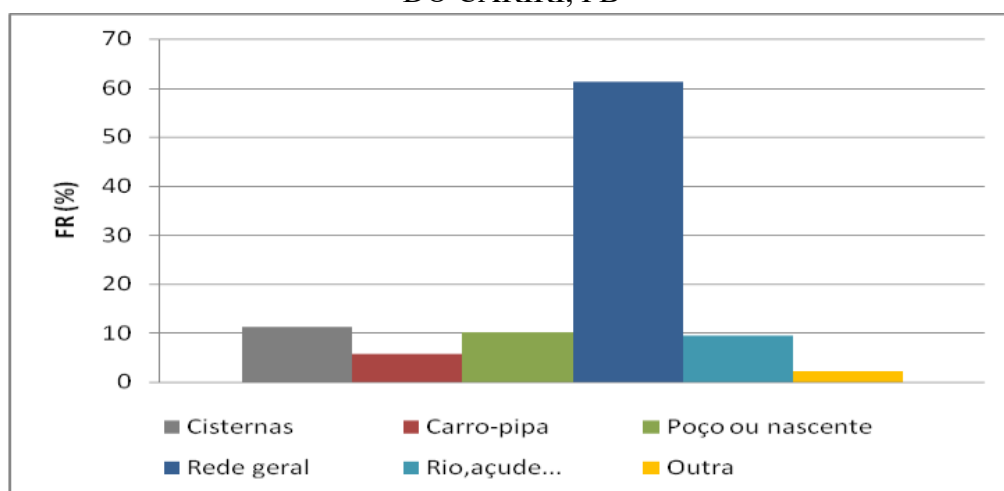
Os demais valores adotados, são extrapolações, considerando a possibilidade de maior consumo de água, como é o caso de escolas que optam, pelo cultivo de hortaliças para a produção de alimento. Para esses casos, se destaca a possibilidade de aumentar o volume disponível desse recurso, utilizando os telhados das escolas, assim como quadras poliesportivas, e áreas abertas, que sejam adequadas para captação de água das chuvas.

Nota-se, ao observar os valores encontrados para a escola 7, a qual dispõe da maior quantidade de alunos, que existem ACN's de 4.357m², 8.892m², 17.117m² e 31.121m², para os consumos de 25, 50, 110 e 200 L/(aluno/dia), respectivamente. Tais áreas são necessárias para garantir os VNEC's de 1.241m³, 2.216m³, 4.874m³ e 8.862m³. Considerando como meio de captação apenas as ruas calçadas da cidade, teríamos uma área disponível de aproximadamente 61.697m², o que supriria qualquer uma das áreas necessárias, para os quatro valores de consumo adotados.

Por outro lado, ao analisar a área de captação necessária, apenas para o consumo de 50 L/(aluno/dia), tem-se para os nove estabelecimentos de ensino, uma ACN e um volume de água necessário de 39,317m² e 9.797m³, respectivamente. Logo, verifica-se que com a área de captação atualmente disponível, é possível suprir a demanda das escolas, e ainda destinar outra parte do recurso para outros fins.

As porcentagens das principais fontes de abastecimento de água da cidade de São João do Cariri estão apresentadas no Gráfico 11. Constata-se que o recurso provém principalmente do sistema adutor da CAGEPA, com 61,2%, seguido pelas cisternas domiciliares, com 11,2%.

GRÁFICO 11- PRINCIPAIS FONTES DE ÁGUA USADAS NOS DOMICÍLIOS DE SÃO JOÃO DO CARIRI, PB



Fonte: Elaborado pelo autor, baseado nos dados extraídos do IBGE (2010).

Logo, isso demonstra que o sistema adutor abastece a grande maioria da população do município, sendo complementado pelas demais fontes de suprimento de água. Apesar das cisternas estarem como a segunda principal fonte, a sua quase totalidade está localizada na zona rural, portanto não apresenta importância para a zona urbana do município, como é a regra para todo o semiárido brasileiro.

Destaca-se, entretanto, que o regime pluviométrico do Semiárido brasileiro impossibilita que as cisternas supram toda a necessidade de uma localidade. Portanto, deve ser vista como uma alternativa de baixo custo, que em paralelo com outras fontes, pode garantir sustentabilidade hídrica para a população, também em áreas urbanas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi observado nesse trabalho que, refletindo o que ocorre no restante do semiárido brasileiro, a distribuição das chuvas em São João do Cariri é extremamente irregular, havendo diferenças

abruptas entre as taxas pluviométricas da curta estação chuvosa e do período de estiagem. A assimetria do regime pluvial também se confirma com a variabilidade das taxas pluviométricas de cada mês, de um ano para outro. Além disso, o desvio padrão supera as próprias médias em alguns meses, o que representa a elevada dispersão com relação a ela. Isto nos indica que mediana é a medida de tendência central com maior chance de acontecer.

Os meses de março e abril são os que mais chovem, com medianas superiores a 60mm, equivalendo a 39% do total anual de chuvas.

Seja tomando toda a extensão da cidade como área de captação ou apenas as ruas calçadas, foi constatado elevado potencial de captação de água das chuvas para a localidade. A captação e armazenamento desse recurso podem ser de grande valia para suprir as necessidades hídricas da cidade para fins não potáveis. Logo, esta estratégia mostra ser uma excelente auxiliadora na convivência com a seca.

Analisando isoladamente a demanda de água para as escolas e creches da região, concluímos que toda a necessidade desse recurso, para fins não potáveis, pode ser suprida através do reuso de água pluvial. Ou seja, há disponibilidade de área suficiente, para captar um volume de recurso hídrico que garanta o suprimento da demanda não potável de água das escolas e creches da cidade.

Por fim, os volumes das cisternas devem ser dimensionados de acordo com o volume de água necessário e com a área de captação que se dispõe para cada caso. O regime pluvial e o consequente potencial de captação de água da chuva (VPC) devem ser considerados no dimensionamento das cisternas, para evitar o sub ou superdimensionamento.

REFERÊNCIAS

APOLINARIO, D., BERTI W. P., VANDERLINDE J., SIQUEIRA E. R. **Drenagem urbana: análise de escoamento superficial em diferentes pavimentos.** In: **XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 7. Florianópolis, SC. 2017.

AESA. **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba.** João Pessoa, 2020. Disponível em: <http://geoserver.aesa.pb.gov.br>. Acesso: 10 de dezembro de 2020.

ALMEIDA H. A. de., OLIVEIRA G. C. de S. **Potencial para a captação de água de chuvas em Catolé de Casinhas, PE.** In: **Simpósio brasileiro de captação e manejo de água de chuva**, 7. Caruaru, PE. 2009.

ALMEIDA H. A. de., GOMES A. V. M. **Potencial para a captação de água da chuva: alternativa de abastecimento de água nas escolas públicas de Cuité, PB.** In: Congresso brasileiro de Agrometereologia, 17, Anais, Guarapari, ES, 2011.

BUHAUG, H., & URDAL, H. **An urbanization bomb? Population growth and social disorder in cities.** Global Environmental Change, 23(1), 1–10. Noruega, 2013.

CENSO DEMOGRÁFICO 2010: características da população e dos domicílios: resultados do universo. In: IBGE. Sidra: sistema IBGE de recuperação automática. Rio de Janeiro, 2011a. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/pms/brasil>>. Acesso em: mar. 2021.

CHOW, V. T. Hidrologic Determination of Waterway Areas for the Design of Drainage Structures in Small Drainage Basins. University of Illinois. **Engineering Experiment Station Bulletin**, n. 462, p. 104. Illinois, 1962.

FARIAS, M. P. **Potencial de captação de água de chuva como alternativa para o desenvolvimento das localidades mais secas da microrregião do cariri da Paraíba.** 2015. 87 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2015.

FRANCISCO, P. R. M. **Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas.** Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.

GNADLINGER, J. **A contribuição da captação de água de chuva para o desenvolvimento sustentável do semiárido brasileiro – uma abordagem focalizando o povo.** In: *Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-Árido*, 3, 2001. Campina Grande-PB. Anais eletrônicos. Campina Grande, 2001.

SILANS, A. P. **Alternativas científicas e tecnológicas para o abastecimento de água no semi-árido.** In: *Água e desenvolvimento sustentável no semi-árido*. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, Série Debates no 25, dezembro de 2002, p133-160, 2002.

SILVA, A. S., LIMA, L.T., GOMES, P. C. F. **Captação e conservação de água de chuva para consumo humano: cisternas rurais - dimensionamento, construção e manejo.** EMBRAPA-CPTASA, Circular Técnica n.12, 103p, 1984.

SILVA L., ALMEIDA H. A. de. **Estimativa do potencial para captação de água de chuva em Quixadá, CE.** In: *Simpósio brasileiro de captação e manejo de água de chuva*, 7. Caruaru, PE. 2009.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS): **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 212 p, 2016.

TOMAZ, Plínio. **Previsão de consumo de água**. Interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos. São Paulo: Comercial Editora Hermano & Bugelli Ltda, 2000.

XAVIER, R. A.; DORNELLAS, P. C.; MACIEL, J. S.; BÚ, J. C. Caracterização do regime fluvial da bacia hidrográfica do rio Paraíba – PB. **Revista Tamoios**, São Gonçalo, n. 2, p. 15-288, 2012.