



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL**

**MAYCON BRENO MACENA DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE USO DE ÁGUA DE CHUVA COMO MEDIDA  
COMPLEMENTAR A DEMANDA DE ABASTECIMENTO NO COMPLEXO  
ALUÍZIO CAMPOS**

**CAMPINA GRANDE - PB**

**2019**

MAYCON BRENO MACENA DA SILVA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE USO DE ÁGUA DE CHUVA COMO MEDIDA  
COMPLEMENTAR A DEMANDA DE ABASTECIMENTO NO COMPLEXO  
ALUÍZIO CAMPOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, como parte dos requisitos necessários para encerramento do componente curricular no curso de Engenharia Civil.

Orientadora: Dra. Andréa Carla Lima Rodrigues.

CAMPINA GRANDE – PB

2019

**MAYCON BRENO MACENA DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE USO DE ÁGUA DE CHUVA COMO MEDIDA  
COMPLEMENTAR A DEMANDA DE ABASTECIMENTO NO COMPLEXO  
ALUÍZIO CAMPOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG,  
como parte dos requisitos necessários para  
encerramento do componente curricular no curso de  
Engenharia Civil.

Aprovado em: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Pela Banca Examinadora:

---

Profª D.Sc. (Orientadora) Andréa Carla Lima Rodrigues.

Universidade Federal de Campina Grande.

---

Prof D.Sc. (Examinador Interno) Carlos de Oliveira Galvão

Universidade Federal de Campina Grande

---

M. Sc. (Examinador Externo) Wanessa Dunga de Assis

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais, Cosme Vicente da Silva e Maria da Penha Macena, por todo alicerce construído para que eu pudesse hoje estar realizando um objetivo que sempre foi tão meu quanto deles.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, que durante todo processo se mostraram presentes e ofereceram todo apoio necessário para que eu acreditasse ser capaz de realizar qualquer coisa.

À minha orientadora, Andréa Carla, pela paciência, orientação e exemplo de profissional a ser seguido.

Aos meus amigos mais íntimos e fiéis da graduação, Jessiane, Ingridy, Ana e Alisson.

A Eros por ter me ajudado a passar por todas as angústias, lamentações e dúvidas, além de ter oferecido apoio suficiente para seguir qualquer jornada.

À Morgana e Janine, que sempre estiveram presentes e disponíveis para me ajudar a superar qualquer problema externo à academia, uma de forma passional e a outra com a racionalidade que me contagia.

## RESUMO

O crescimento populacional tem aumentado a demanda por água e pressionado, de forma negativa, os recursos hídricos que, por sua vez, apresentam reservas limitadas tanto qualitativa quanto quantitativamente. Dentro deste contexto, faz-se necessária a adoção de medidas que permitam desenvolver o uso racional e sustentável desses recursos. O aproveitamento de água de chuva é uma dessas ferramentas, inclusive para regiões com baixos índices pluviométricos, como a região semiárida brasileira. Dessa forma, busca-se conhecer qual o real potencial de uso das águas pluviais como medida complementar a demanda de água potável no Complexo Habitacional Aluizio Campos, que possui capacidade de acomodar 4100 famílias no bairro Ligeiro, em Campina Grande, PB. Para isso, foram realizadas simulações no programa Netuno, obtendo não somente o potencial de economia de água potável, como também os volumes ideais dos reservatórios para as edificações unifamiliares e multifamiliares. As residências apresentaram maior potencial de economia que os edifícios, isso está relacionado ao fator de ocupação e a área de interceptação das habitações. De forma global, a captação de água de chuva se mostra como uma tecnologia de relevante impacto no local de estudo, podendo reduzir consideravelmente a demanda por água potável oriunda do reservatório de regularização que irá abastecê-la. Constatou-se também que adicionar reservatórios de acumulação de águas pluviais ao projeto inicial não aumentaria em grandes proporções o custo total da obra. Sendo assim, o aproveitamento da água de chuva se mostra como uma medida eficaz na gestão de demanda de água em novos aglomerados residenciais, diminuindo os impactos causados nos corpos hídricos utilizados como fonte de abastecimento.

**Palavras-chave:** Captação de água de chuva; Complexo Habitacional Aluizio Campos; Semiárido; Medida complementar; Gestão de demanda de água.

## ABSTRACT

Population growth has increased the demand for water and has negatively pressured water resources, which in turn have limited reserves both qualitatively and quantitatively. Within this context, it is necessary to adopt measures to develop the rational and sustainable use of these resources. Rainwater harvesting is one of these tools, even for regions with low rainfall, such as the Brazilian semiarid region. Thus, we seek to know the real potential of rainwater use as a complementary measure to the demand for drinking water in the Aluizio Campos Housing Complex, which has the capacity to accommodate 4100 families in the Ligeiro neighborhood, in Campina Grande, PB. For this, simulations were performed in the Netuno program, obtaining not only the potential for saving drinking water, but also the ideal reservoir volumes for single and multi-family buildings. The residences presented higher potential of economy than the buildings, this is related to the occupation factor and the area of interception of the dwellings. Overall, rainwater harvesting is a technology of relevant impact at the study site and can considerably reduce the demand for drinking water from the regularization reservoir that will supply it. It was also found that adding rainwater storage reservoirs to the initial project would not greatly increase the total cost of the work. Thus, the use of rainwater proves to be an effective measure in the management of water demand in new residential clusters, reducing the impacts caused on water bodies used as a source of supply.

**Keywords:** Rainwater catchment; Aluizio Campos Housing Complex; Semiarid; Complementary measure; Water demand management.

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Demanda de água por aparelhos hidráulicos em residências.....	21
Tabela 2. Edificações a que se aplicam as legislações sobre captação de água de chuva.....	25
Tabela 3. Consumo de água potável estimado para diversos cenários.....	43

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diferença entre a vazão média em 2017 e do histórico até 2016. ....	15
Figura 2. Evolução do volume do reservatório equivalente. ....	16
Figura 3. Precipitação anual para o município de Campina Grande, PB e média para o Nordeste .....	17
Figura 4. Situação da seca no Nordeste e destaque para o município de Campina Grande. ....	18
Figura 5. Fluxograma com a sequência da metodologia seguida. ....	29
Figura 6. Localização do Complexo Habitacional Aluizio Campos. ....	30
Figura 7. (a) residência unifamiliar e (b) edifício multifamiliar. ....	30
Figura 8. Exemplo de um resultado apresentado pelo Programa Netuno. ....	31
Figura 9. Série histórica de precipitações diárias. ....	32
Figura 10. Série de valores de consumo per capita para Campina Grande. ....	33
Figura 11. (a) Potencial de economia de água potável em relação aos volumes dos reservatórios para as residências. (b) Proximidade dos valores de potencial de economia de água de chuva para residências. ....	36
Figura 12. (a) percentual da demanda atendida de água de chuva para 35% de substituição da água potável nas residências unifamiliares. (b) percentual da demanda atendida de água de chuva para 45% de substituição da água potável nas residências unifamiliares. (c) percentual da demanda atendida de água de chuva para 55% de substituição da água potável nas residências unifamiliares. ....	37
Figura 13. (a) Potencial de economia de água potável em relação aos volumes dos reservatórios para os edifícios. (b) Proximidade dos valores de potencial de economia de água de chuva para os edifícios. ....	38
Figura 14. (a) percentual da demanda atendida de água de chuva para 35% de substituição da água potável nos edifícios. (b) percentual da demanda atendida de água de chuva para 45% de substituição da água potável nos edifícios. (c) percentual da demanda atendida de água de chuva para 55% de substituição da água potável nos edifícios. ....	39
Figura 15. (a) Potencial de economia de água potável em relação aos volumes dos reservatórios para um pavimento dos edifícios. (b) Proximidade dos valores de potencial de economia de água de chuva para um pavimento dos edifícios .....	40
Figura 16. (a) atendimento da demanda de água de chuva para 35% de substituição da água potável. (b) atendimento da demanda de água de chuva para 45% de substituição da água	

potável. (c) atendimento da demanda de água de chuva para 55% de substituição da água potável. ....	40
Figura 17. Vista dos reservatórios dispostos nas residências. ....	41
Figura 18. Vista dos reservatórios dispostos nas imediações dos edifícios.....	42
Figura 19. Cisternas dispostas nas duas tipologias de habitação.....	42
Figura 20. Disposição de boilers e placas solares nas residências do Complexo Aluísio Campos. ....	46

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1. Objetivos .....</b>	<b>14</b>
1.1.1. Objetivo geral .....	14
1.1.2. Objetivos específicos .....	14
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1. Disponibilidade de água no Brasil.....</b>	<b>15</b>
2.1.1. Disponibilidade hídrica no município de Campina Grande, PB.....	17
<b>2.2. Consumo de água em residências. ....</b>	<b>18</b>
2.2.1. Usos de água potável e não potável.....	19
<b>2.3. Fontes alternativas de água.....</b>	<b>22</b>
<b>2.4. Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva (SAAC).....</b>	<b>23</b>
2.4.1. Dispositivos legais. ....	24
2.4.2. Tipologias dos SAAC.....	25
2.4.3. Componentes dos SAAC .....	26
2.4.4. Dimensionamento dos SAAC.....	27
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>29</b>
<b>3.1. A cidade de Campina Grande e o complexo Aluizio Campos .....</b>	<b>30</b>
<b>3.2. Coleta de dados para o dimensionamento dos reservatórios e potencial de economia de água potável.....</b>	<b>31</b>
<b>3.3. Economia de água potável e viabilidade financeira.....</b>	<b>34</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>36</b>
<b>4.1. Dimensionamento dos reservatórios .....</b>	<b>36</b>
<b>4.2. Economia de água potável.....</b>	<b>40</b>

4.3. Potencial de aproveitamento de água de chuva diante da problemática do sistema de abastecimento .....	44
4.4. Viabilidade financeira .....	45
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
5.1. Sugestões para pesquisas futuras .....	48
6. REFERÊNCIAS. ....	49
APÊNDICE I.....	57

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e a concentração das pessoas nos centros urbanos têm se tornado uma problemática que envolve a sobrecarga das infraestruturas, inclusive os sistemas de abastecimento urbano de água. Nesse cenário, as cidades se colocam como organismos vulneráveis à falta desse recurso devido ao desequilíbrio existente entre as áreas que apresentam recursos hídricos disponíveis e a concentração da população em pontos localizados (STAVENHAGEN; BUURMAN; TORTAJADA, 2018). Visando estabelecer uma gestão eficiente dos recursos hídricos e minimizar os conflitos gerados pelo uso da água a Lei Federal 9.433 de 08 de janeiro de 1997 traz em seu texto uma série de determinações que tem corroborado para quebra de paradigmas e criado caminhos para utilização de fontes alternativas de água.

Uma dessas fontes trata da captação, preservação e aproveitamento de águas pluviais e aparece como um dos objetivos da lei citada. Essa tecnologia social tem um papel fundamental para a população brasileira que habita regiões com longos períodos de estiagem ou com muita variabilidade de chuvas, como o semiárido, pois não somente corrobora para suprir os consumos básicos (SANTOS, 2008; ALMEIDA, 2017), como também auxilia em atividades econômicas, como a agricultura familiar (FERREIRA, 2015). Além disso, se caracteriza como uma forma de pressionar menos os mananciais que são utilizados para o abastecimento, desde que seja difundida e utilizada água de chuva como substituta de um percentual da água tratada e distribuída pelas adutoras, atuando na gestão de demanda de água.

Apesar dos benefícios advindos da utilização da captação das águas de chuva, faz-se necessário analisar os parâmetros que permitem conhecer a potencialidade de aproveitamento desse recurso e quais os volumes de reservatórios seriam necessários para que supra a demanda e cause realmente um impacto ambiental considerável e positivo, reduzindo a pressão nos corpos hídricos.

A captação de água de chuva e outras medidas alternativas se apresentam como de considerável importância para Campina Grande visto a sua vulnerabilidade diante da situação hídrica, característica de uma cidade de médio porte situada no semiárido brasileiro e sem mananciais importantes do ponto de vista hidrológico dentro dos seus limites municipais. Sendo assim, o abastecimento urbano é realizado com as águas de um reservatório de regularização de vazão localizado no município de Boqueirão, o Eptácio Pessoa. Esse reservatório já passou por duas crises hídricas, sendo a segunda, com início em 2011, a mais severa e devido a sua

magnitude ameaçou colapsar o serviço de abastecimento de municípios que incluem Campina Grande.

O Complexo Habitacional Aluizio Campos foi escolhido como área de estudo para este trabalho por ser uma construção de grandes dimensões e fazer parte de Campina Grande. Este município, por sua vez, é marcado por diferentes conflitos relacionados a escassez de recursos hídricos, seja pelos longos períodos de estiagem ou pela gestão pouco eficiente do reservatório que é utilizado para abastecê-la.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo geral**

Conhecer o potencial de uso de água de chuva no Complexo Aluizio Campos como medida complementar à demanda de água potável do abastecimento público.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

Os objetivos específicos foram:

- Definir os volumes ótimos dos reservatórios e a sua configuração levando em consideração as características do local;
- Estimar a economia de água potável caso as edificações do complexo fizessem uso da captação de água de chuva;
- Realizar uma análise econômica para compreender a viabilidade da captação de água de chuva no projeto inicial do porte do complexo habitacional em questão.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

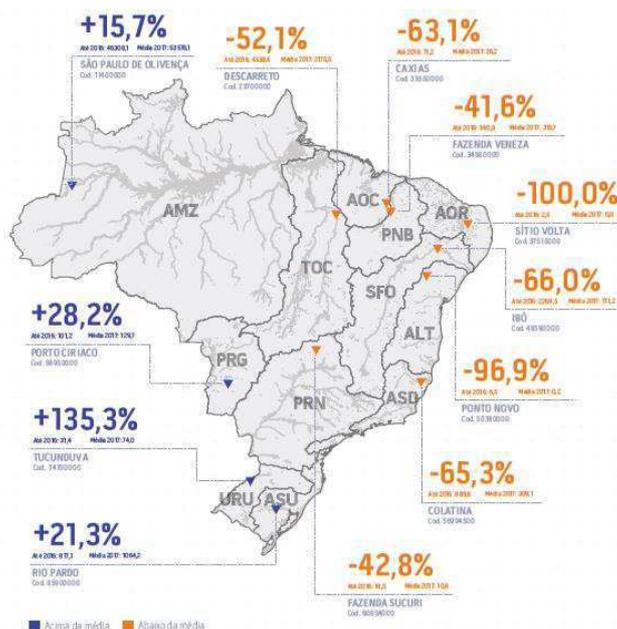
### 2.1. Disponibilidade de água no Brasil

O Brasil é o país que apresenta maior potencial hídrico na América Latina (VICTORINO, 2007). Em contrapartida, a hidrologia e hidrografia são bastante heterogêneas ao longo do território, apresentando variações de precipitações anuais que vão de 3000 mm na região amazônica a menos de 500 mm na região semiárida (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2018a).

Estima-se que a disponibilidade hídrica superficial no Brasil gira em torno de 78.600 m<sup>3</sup>/s e que 83% desse total corresponde a contribuição da bacia amazônica (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2018a). Isso demonstra que resta para as regiões com maior densidade populacional um volume de água superficial menor, eliminando a cultura da abundância de água para os mais diversos usos, visto que os recursos hídricos não se encontram bem distribuídos.

Além disso, nos últimos anos o país passou por redução das vazões médias na maioria das suas regiões hidrográficas, como mostra a Figura 1, que apresenta a diferença entre a vazão média em 2017 e do histórico até 2016. Das estações representativas analisadas, as três mais críticas se encontram no Nordeste, que tende a ser a região geográfica com períodos de escassez mais severos.

Figura 1. Diferença entre a vazão média em 2017 e do histórico até 2016.

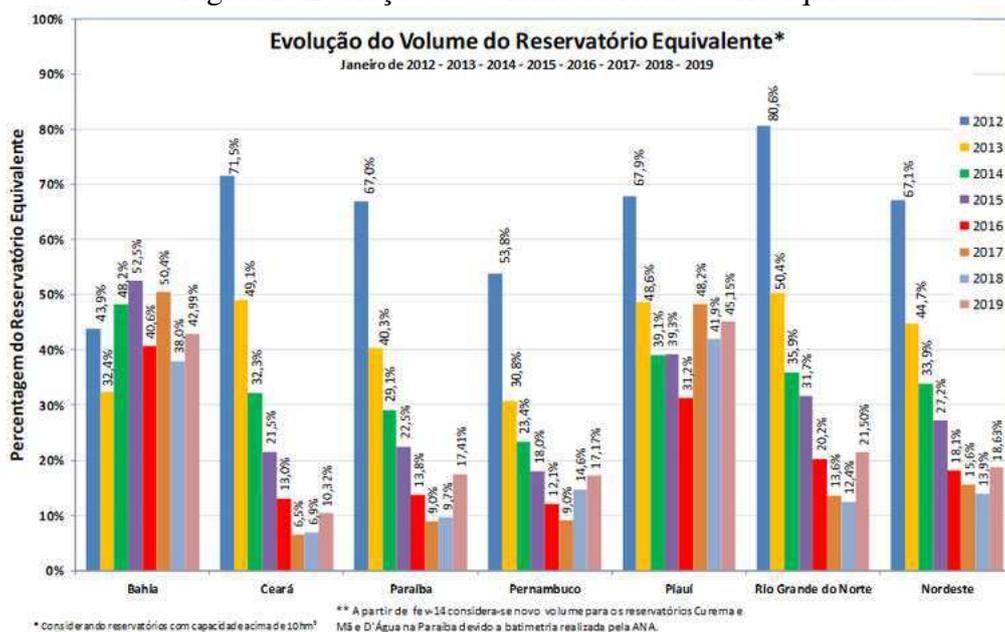


Fonte: Agência Nacional de Águas (2018a).

Uma parcela considerável da quantidade de água superficial está localizada nas massas de água, que são corpos hídricos representados espacialmente em polígonos, como lagos, lagoas e reservatórios. A ANA (2018a) expõe que 173.462 km<sup>2</sup> de área são ocupados por essas massas de água no Brasil e que 72,1% são artificiais. Isso se justifica ao analisar que algumas regiões geográficas, como o Nordeste, não apresentam grande quantidade de rios perenes, sendo necessário represar os rios intermitentes ou armazenar água das chuvas para garantir o abastecimento e outros tipos de usos.

Mesmo fazendo uso de grandes reservatórios, o semiárido brasileiro ainda não apresenta completa segurança hídrica quanto a quantidade de água destinada as suas demandas. Isso porque a condição de seca da região pode diminuir consideravelmente o volume de recursos hídricos armazenados. O reservatório equivalente corresponde ao volume armazenado nos reservatórios com potencial de acumulação acima de dez milhões de m<sup>3</sup> (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2018b) e observá-lo permite compreender a situação em que se encontra os territórios que o contém. Na Figura 2 é possível observar que somente no ano 2019 a região Nordeste passou a ter aumento no volume de água do reservatório equivalente, mas esse cenário ainda se distancia da situação que era vivenciada em 2012, primeiro ano de análise apresentado no gráfico. O Sistema de Acompanhamento de Reservatórios (SAR) (2019) confirma certa vulnerabilidade à escassez hídrica ao mostrar que em março de 2019 cerca de 46% dos 537 reservatórios da região Nordeste estão com volume abaixo de 30%.

Figura 2. Evolução do volume do reservatório equivalente.



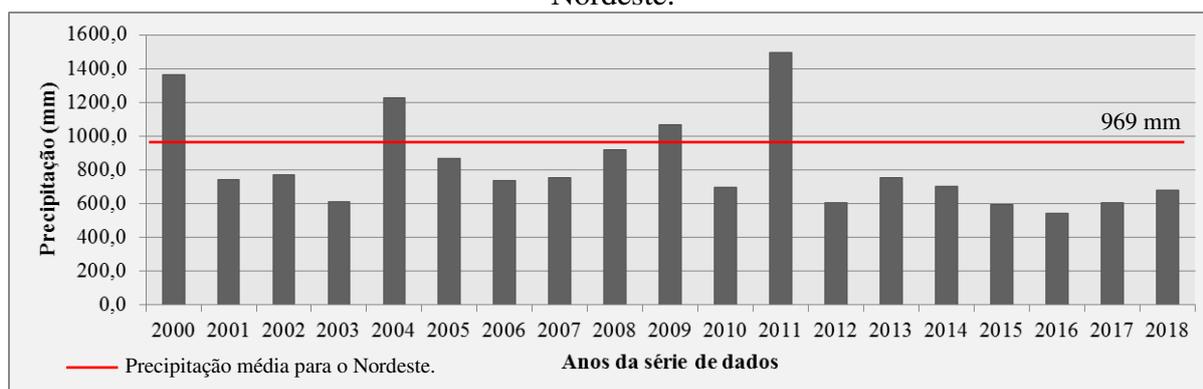
Fonte: Agência Nacional de Águas (2018b).

### 2.1.1. Disponibilidade hídrica no município de Campina Grande, PB.

O município de Campina Grande está localizado na mesorregião do Agreste Paraibano e na parte oriental do Planalto da Borborema. Contém clima tropical, classificado como Aw segundo as denominações de Köppen-Geiger, apresentando um inverno seco e verão chuvoso.

Na Figura 3 é possível observar a quantidade de precipitação anual de uma série histórica de dados disponibilizados pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), que mostra considerável variação no volume precipitado, principalmente nos anos 2000, 2004, 2009 e 2011 em relação aos demais. Em média a quantidade de precipitação para essa série é de 820 mm e que corresponde a um valor abaixo da precipitação média para o Nordeste, diante dos valores apresentados por Martins e Vasconcelos Júnior (2017) e apresentado pela linha vermelha na Figura 3.

Figura 3. Precipitação anual para o município de Campina Grande, PB e média para o Nordeste.



Fonte: Autoria própria com dados da AESA e de Martins e Vasconcelos Júnior (2017).

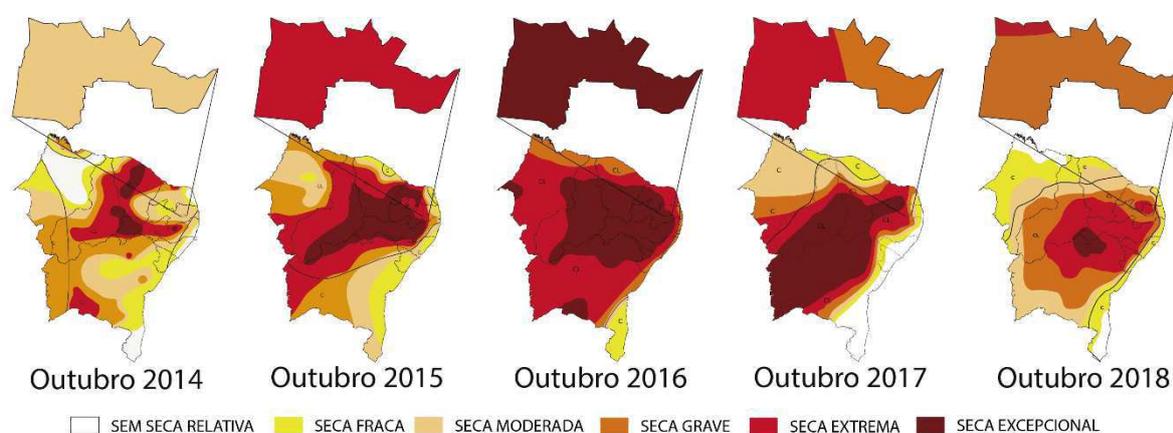
Quanto as águas subterrâneas, a geologia do município não tende a favorecer o desenvolvimento de grandes aquíferos, por se tratar basicamente de rochas cristalinas. Mesmo diante disso, ainda existe exploração da água armazenada em aquíferos fraturados formados por juntas, falhas ou planos de foliação das rochas. A AESA apresenta atualmente concessão para 15 outorgas de poços que somam uma vazão de 12,227 m<sup>3</sup>/h, sendo a maioria para uso comercial (AES A, 2019).

Todas as questões referentes a disponibilidade e demanda dos recursos hídricos no Nordeste está vinculada de alguma forma ao modo como a região passa pelos períodos de estiagem, visto que, os índices pluviométricos, a evaporação dos reservatórios e até mesmo a forma como a população consome a água são indicadores da seca. A região Nordeste inteira

passou por um quadro acentuado de seca entre 2015 e 2017 e isso refletiu no estado da Paraíba e, conseqüentemente, no município de Campina Grande.

A Figura 4 mostra como a seca foi classificada no município em outubro, mês que tende a ter o menor volume de precipitação de acordo com observações de dados pluviométricos, desde que o Monitor das Secas começou a atuar. É possível observar que no melhor dos cenários Campina Grande apresentou seca moderada, mostrando certa vulnerabilidade a esse tipo de evento crítico. O impacto na disponibilidade de água foi tamanho que o serviço de abastecimento quase entrou em colapso.

Figura 4. Situação da seca no Nordeste e destaque para o município de Campina Grande.



Fonte: Adaptado do Monitor das Secas.

## 2.2. Consumo de água em residências.

De acordo com a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, o consumo humano e a dessedentação de animais são os usos prioritários dos recursos hídricos em situação de escassez (BRASIL, 1997). O abastecimento urbano e rural juntos são responsáveis pelo segundo maior volume de águas retiradas dos corpos hídricos, visto que em 2017 extraíram 530,7 m<sup>3</sup>/s (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2018a). Além disso, é o segundo tipo de uso que mais devolve água na forma de resíduo para os mananciais, ficando atrás apenas das termelétricas, que retornam mais de 95% do recurso retirado (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2018a). Entretanto, a água de abastecimento nem sempre retorna aos mananciais com qualidade satisfatória, muitas vezes causando degradação dos corpos receptores.

É heterogênea a quantidade média de água consumida por cada residência, pois, de forma direta o volume depende do número de pessoas que moram em cada edificação, e de forma indireta está relacionada ao clima, padrão econômico, aspectos culturais, hábitos da

população, disponibilidade de fornecimento, o valor da tarifa cobrada e a eficiência dos aparelhos hidráulicos (MARINOSKI, 2010). Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (2019b), o consumo per capita de água no Brasil é de 153,6 l/hab.dia e as macrorregiões geográficas que mais se afastam desse valor para mais e para menos são o Sudeste (180,3 l/hab.dia) e o Nordeste (113,6 l/hab.dia), respectivamente.

### **2.2.1. Usos de água potável e não potável.**

Segundo a Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, água potável é toda aquela que atende aos padrões de qualidade estabelecidos na legislação vigente e que não oferece riscos à saúde, além disso, deve ser utilizada obrigatoriamente para ingestão, preparação de alimentos e higiene pessoal (BRASIL, 2017). Sabendo disso, é possível distinguir na demanda de água das residências quais aparelhos sanitários necessitam de elevado grau de potabilidade e quais não exigem características nobres do recurso para que seja possível suprir os múltiplos usos e ao mesmo tempo racionalizar o consumo. Admite-se a utilização de água não potável para descargas em bacias sanitárias, lavar roupas em máquinas de lavar ou tanques, limpeza de pisos e regas de jardins.

Peters (2006) realizou um estudo para analisar a potencialidade de uso do sistema de aproveitamento de água de chuva e reuso de água cinza para fins não potáveis em uma residência de baixo padrão em Florianópolis/SC. Num período de 11 meses ele verificou, por meio de hidrômetros, as demandas em cada ponto de consumo da residência. Constatou que as maiores demandas de água potável partiram do lavatório e do chuveiro, enquanto do recurso não potável foi a bacia sanitária.

Ghisi e Ferreira (2007) também observaram o comportamento do uso da água em unidades habitacionais de Florianópolis/SC com objetivo semelhante ao de Peters (2006). Utilizaram para análise três blocos de quatro andares, totalizando 49 apartamentos. Notaram que os responsáveis pelos maiores consumos foram a descarga de vaso sanitário e o chuveiro, juntos demandando mais de 50% do consumo total de água de cada moradia.

Analisando as demandas de duas residências em Santa Catarina, Ghisi e Oliveira (2007) também conseguiram medir o consumo de água para cada aparelho sanitário, com objetivo de realizar a avaliação do potencial de economia de água potável ao fazer uso de águas pluviais e águas cinzas. Seguindo a tendência das pesquisas citadas anteriormente o maior consumo de água potável partiu do chuveiro.

Outro levantamento do perfil de demandas, executado na Zona Oeste da cidade de São Paulo, foi realizado por Barreto (2008) em 100 residências com o mesmo padrão de consumo, de 15 a 20 m<sup>3</sup> de água por mês. O comportamento de uso diferiu das pesquisas citadas anteriormente, sendo a maior demanda de água não potável destinada para lavagem de roupas, 38% do volume mensal.

Durante nove meses Cunha (2013) buscou identificar a quantidade de água por cada aparelho sanitário em cinco residências num conjunto de habitação de interesse social em Vila Velha/ES. Observou, assim como Barreto (2008) que em média o maior consumo é direcionado para máquinas de lavar e tanques.

Marinoski, Rupp e Ghisi (2018) fizeram uma análise do uso final da água em vinte residências de baixo padrão em Palhoça/SC para observar o benefício ambiental de algumas estratégias para economia de água potável. Os resultados foram semelhantes a outras pesquisas, evidenciando como maiores consumidores o chuveiro, a pia de cozinha e as descargas em vasos sanitários.

Um estudo bastante detalhado foi realizado por Botelho (2013) em três residências em Salvador/BA para conhecer as parcelas de influência na demanda residencial por águas. O trabalho difere das outras pesquisas citadas, pois o levantamento foi feito com um único hidrômetro por residência e por meio de curvas de vazões foi possível caracterizar o consumo para cada aparelho sanitário. O monitoramento inicialmente foi dividido em três períodos: o primeiro, no qual a pesquisadora não fez qualquer interferência na rotina da família para observar o consumo real dos moradores; o segundo, em que os moradores foram incentivados a adotar medidas para diminuir o consumo; e o terceiro, quando alguns equipamentos hidráulicos foram substituídos por equipamentos poupadores. As caracterizações do consumo residencial no primeiro período analisado e nas pesquisas citadas anteriormente se encontram na Tabela 1.

É possível observar que todas as pesquisas apresentaram quantidades distintas de uso de água para os aparelhos analisados. Isso era esperado, visto que, os hábitos de consumo de cada região são diferentes. Em contrapartida, é possível perceber que todas as pesquisas apresentaram variação de demanda de água não potável entre, aproximadamente, 40 e 55%.

Tabela 1. Demanda de água por aparelhos hidráulicos em residências.

Ponto de utilização	Usos finais de água (%)						
	Peters (2006)	Ghisi e Ferreira (2007)	Ghisi e Oliveira (2007)	Barreto (2008)	Botelho (2013)	Cunha (2013)	Marinoski, Rupp e Ghisi (2018)
Chuveiro	32,92	22,6	39,7	13,9	15,5	13	30
Lavatório		16	4,9	4,2	5	7	3
Pia de cozinha	17,87	19,9	21,3	12	18,5	18	23
Máquina de lavar roupas*	-	4,7	7,3	10,9	13,5	34	11
Tanquinho de lavar*	-	-	-	9,2	-	-	-
Tanque + máquina de lavar roupas*	-	-	-	8,3	-	-	-
Descarga em vaso sanitário*	21,21	33,2	26,8	5,5	28	11	21
Tanque de lavar roupas*	28	-	-	5,4	14	9	7
Limpeza doméstica*	-	2,9	-	-	-	-	5
Filtro	-	-	-	-	0,5	-	-
Vazamento	-	-	-	-	0,5	-	-
Indeterminado	-	-	-	-	4,5	-	-
Outros usos	-	0,8	-	30,6	-	8	-
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Total de água não potável*</b>	<b>49,21</b>	<b>40,8</b>	<b>34,1</b>	<b>39,3</b>	<b>55,5</b>	<b>54</b>	<b>44</b>

### 2.3. Fontes alternativas de água

Com o aumento da urbanização foram surgindo problemas no que tange os recursos hídricos, como a poluição dos mananciais devido ao despejo inadequado de águas servidas e falta de corpos hídricos para suprir as demandas urbanas. Diante disso, se busca repensar a forma de descarte correta para os esgotos e encontrar potenciais fontes alternativas de água.

Uma dessas fontes corresponde a perfuração de poços, que é bastante aceita pela população brasileira e apresenta grande potencialidade de utilização em boa parte do território nacional. Em contrapartida, o uso indiscriminado acaba colocando em risco esse sistema de captação tanto no fator quantitativo quanto qualitativo, como acontece atualmente com aquíferos da cidade de Recife, Pernambuco (CHATTON *et al.*, 2016). Por outro lado, essas reservas não se encontram disponíveis em todos os lugares, pois dependem de fatores como a geologia e litologia, exemplo disso é o município de Campina Grande, que apresenta pouco potencial de armazenamento subterrâneo.

O reaproveitamento de águas servidas também tem sido um caminho para minimizar o impacto da urbanização nos recursos hídricos, visto que ao se utilizar desse meio se permite que os resíduos líquidos ofereçam capacidade de uso ao invés de serem descartados, demandando menos água para o consumo e, conseqüentemente, produzindo menos efluente. O Projeto Reúso, vinculado ao Programa de Desenvolvimento do Setor Água, estima que o potencial de reúso de efluente sanitário no Brasil no médio prazo seja entre 10 e 15 m<sup>3</sup>/s (BRASIL, 2018).

Outra fonte alternativa de água é a dessalinização de águas salobras e salinas. Essa opção tem apresentado bons resultados, sobretudo no semiárido brasileiro com o impulsionamento do Programa Água Doce, formulado em 2003 e que atualmente, segundo o Ministério do Meio Ambiente (2019), apresenta 540 sistemas funcionando em 10 estados brasileiros, atendendo 216 mil pessoas.

A captação de água de chuva não é uma tecnologia recente, mas somente nas últimas décadas passou-se a enxergar nesse mecanismo de abastecimento uma possibilidade de garantir a demanda de água, principalmente no nordeste brasileiro, que apresenta longos períodos de estiagem. Uma medida governamental que colaborou para a disseminação dessa prática foi a criação do Programa Um Milhão de Cisternas, que tem como foco garantir o abastecimento de comunidades rurais por meio de reservatórios construídos para uso familiar. Essa medida corrobora para uma democratização e descentralização da água, visto que permite que todos

tenham acesso a água e gerencie o volume acumulado. Além disso, a Lei nº 12.873, de 24 de outubro de 2013 e o Decreto nº 9.606, de 10 de dezembro de 2018 têm auxiliado na ampliação do Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e Outras Tecnologias Sociais – Programa Cisternas.

#### **2.4. Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva (SAAC)**

O uso de reservatórios para acumulação de água de chuva como sistemas hídricos descentralizados tem apresentado eficiência ou potencial de aplicação em diversos países, como na Região Metropolitana da Espanha (DOMÈNECH; SAURÍ, 2011), Austrália (EROKSUZ; RAHMAN, 2010; HAJANI; RAHMAN, 2014), Taiwan (LIAW; CHIANG, 2014), Polônia e Eslováquia (STEC; ZELEŇÁKOVÁ, 2019).

A utilização de SAAC apresenta benefícios para o sistema de drenagem, visto que tem capacidade de armazenar água que antes seria destinada para componentes da microdrenagem urbana, fazendo com que os reservatórios apresentem características de bacias de retenção (SÁNCHEZ, 2014). Apesar disso, a maior vantagem ainda está associada a substituição do uso de água potável por água de chuva em alguns usos menos exigentes. São múltiplos os tipos de edificações que já foram analisados diante dessa substituição.

Para espaços destinados a fins educacionais, Fasola *et al.* (2011), perceberam que aproveitando a água pluvial em conjuntos com outras medidas o consumo de água potável poderia ser reduzido de 27,8 a 72,7% para as duas escolas analisadas. Almeida (2016) investigou a potencialidade da captação em um instituto federal de Pernambuco e concluiu ser viável, inclusive economicamente, apresentando um período de retorno dos investimentos de aproximadamente oito anos. Além disso, Cardoso (2018) mostrou que SAAC são capazes de suprir as demandas de água nos dois prédios estudados que fazem parte da Universidade Federal do Pará, atentando para o fator econômico.

Ainda há estudos que demonstram a eficiência da utilização de reservatórios em unidade hospitalar (FONSECA, 2016), indústria mecânica (CALDEIRA, 2016), espaço destinado a produção de leite (SANTOS, 2015) e lavagem de aeronaves (SILVA, 2017). No entanto, o maior número de trabalhos busca analisar a aplicação dos SAAC nas residências.

Berwanger e Ghisi (2014) fizeram a análise de investimento na captação de água de chuva em residências na cidade de Itapiranga, SC, com diferentes áreas de ocupação, taxa de ocupação e consumo. Constataram que a viabilidade financeira depende diretamente da área de captação e da quantidade de água potável consumida.

Uma área mais abrangente de estudo foi adotada por Lopes, Rupp e Ghisi (2015), que analisaram habitações em 60 cidades de Santa Catarina. Ao final das análises, concluíram que regiões com maior pluviosidade tendem a necessitar de reservatórios menores, mas somado a isso as precipitações precisam ser relativamente uniformes durante o ano, caso contrário será necessário fazer uso de reservatórios maiores.

Para um condomínio vertical dividido em três blocos, Dalsenter (2016) chegou a conclusão de que o aproveitamento de água de chuva é bastante viável economicamente, visto que apresenta tempo de retorno de aproximadamente um ano.

Já Cruz e Blanco (2017) determinaram não ser viável economicamente a utilização da captação para a residência analisada de baixo padrão. O principal determinante nessa situação foi o custo pelo serviço de abastecimento que é baixo, mas somado a isso está o alto fator de ocupação e consumo de água.

#### **2.4.1. Dispositivos legais.**

Em 2017 a Lei Federal nº 13.501 alterou o art 2º da Lei nº 9.433, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, adicionando como um dos objetivos a necessidade de incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais. Mas ainda não há nenhuma resolução ou outro dispositivo legal que regule estas ações. Ainda nesse cenário, a discussão também foi proposta com o Projeto de Lei do Senado nº 324 de 2015, que busca obrigar a incluir nas novas construções a captação de água pluvial e o reuso não potável.

Também em nível nacional há a norma ABNT NBR 15527:2007, que trata do aproveitamento da água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis e traz em seu texto definições, informações sobre os componentes dos SAAC, parâmetros acerca da qualidade da água para uso não potável e métodos de dimensionamento.

Em escala estadual, a Paraíba com a Lei nº 9.130, de maio de 2010, criou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações Públicas da Paraíba e no artigo 4º deixa clara a obrigatoriedade de coletores, reservatório e distribuidores para água de chuva e águas servidas nos projetos residenciais que comporte mais que vinte e cinco famílias e nos empreendimentos comerciais com mais de cem metros quadrados de área construída. Ainda na Paraíba, entrou em vigor a Lei nº 10.033, de 2013, que institui a Política Estadual de Captação, Armazenamento e Aproveitamento de Água da Chuva.

Existem municípios que legislaram nesse aspecto. Alguns direcionaram as determinações para a finalidade de retenção da água, numa forma de não pressionar os serviços

de drenagem urbana, enquanto outros tratam do aproveitamento de água em si, como Goiânia – GO (Lei Complementar nº 155, de 2006), Ponta Grossa – PR (Lei nº 8718, de 2006), Niterói – RJ (Lei nº 2626, de 2008), Porto Alegre – RS (Lei nº 10506, de 2008), Chapecó – SC (Lei nº 324, de 2008), Foz do Iguaçu – PR (Lei nº 3461, de 2008), Araraguara – SP (Lei Complementar nº 865, de 2015) e São Carlos – SP (Lei nº 17729, de 2016) (MAEBARA, 2018).

Das cidades citadas apenas Niterói e Chapecó direcionam para a forma que os reservatórios precisam ser dimensionados, todas as outras só orientam para a necessidade do dimensionamento. Também é comum entre as leis o local de onde deve ser feita a captação, podendo ser do pavimento e/ou da cobertura, apenas o dispositivo de Foz do Iguaçu que não faz nenhuma referência quanto a isso. A obrigatoriedade da utilização dos reservatórios de água de chuva não se faz a todas as construções, na Tabela 2 é especificado em que tipo de edificação se emprega impreterivelmente o aproveitamento de água de chuva para cada município, exceto para Ponta Grossa e Porto Alegre que não trazem essa informação nas leis.

Tabela 2. Edificações a que se aplicam as legislações sobre captação de água de chuva.

<b>Município</b>	<b>Edificações onde são aplicadas</b>
Goiânia	Área construída $\geq 100 \text{ m}^2$
Niterói	Área construída $> 500 \text{ m}^2$
Chapecó	Área de coberta $\geq 150 \text{ m}^2$
Foz do Iguaçu	Postos e lava rápidos
Araraguara	Área construída $\geq 140 \text{ m}^2$
São Carlos	Área construída $\geq 140 \text{ m}^2$

Fonte: Adaptado de Maebara (2018).

#### 2.4.2. Tipologias dos SAAC.

Há formas diferentes de compor os sistemas de aproveitamento de água de chuva, principalmente ao distinguir a finalidade deles, que pode ser para armazenar recurso que venha a substituir água potável em usos específicos ou controlar o escoamento superficial.

Herrmann e Schmida (2000) avaliaram quatro composições diferentes de SAAC em dois tipos de edificações na Alemanha com o objetivo de quantificar os efeitos na drenagem urbana ao utilizar a água coletada para fins não potáveis. Os quatro tipos de sistemas são descritos abaixo.

O **sistema com fluxo total** é composto por canalizações que direcionam a água da área de captação para um reservatório, passando anteriormente por um filtro ou telas que buscam

impedir o acúmulo de sólidos nos reservatórios. Após o dispositivo de armazenamento estar cheio a água é direcionada para o sistema de drenagem.

Já o **sistema com dispositivo de descarte** permite desviar uma quantidade do volume para fora do reservatório, impedindo que sólidos presentes no início do fluxo estejam presentes na água armazenada.

O **sistema com volume de retenção** diferente dos citados anteriormente, além de ter espaço para captação com fins de uso não potável também dispõe de espaço para reter um volume adicional e prevenir inundações. Essa quantidade de água adicional é liberada por uma válvula de forma controlada de modo que não pressione o sistema de drenagem.

Por último, o **sistema com infiltração no solo** se assemelha com a primeira tipologia citada, mas não direciona o volume extravasado para o sistema de drenagem e sim para valas de infiltração.

### 2.4.3. Componentes dos SAAC

Assim como existe várias tipologias também são variados os componentes de um sistema de captação de água de chuva. O tipo de edificação ou fim para o qual se destinará a água armazenada pode definir quais são esses componentes. Para a implantação dos SAAC em residências existem alguns constituintes comuns que são apresentados abaixo.

A área de captação trata-se da região que interceptará as águas das chuvas que serão armazenadas. Pode ser composta por piso ou telhado, sendo mais comum este último. O tipo de telhado e seu tamanho tem influência na quantidade de água armazenada (KLEIN *et al.*, 2017).

Também se faz necessário o uso de calhas e condutores para que a água seja desviada para o local destinado ao armazenamento. Já o uso de filtros e dispositivos de descarte é optativo, mas a presença desses componentes permite melhoria na qualidade da água e sua necessidade está associada ao destino que se deseja dar a água captada.

O reservatório é um dos elementos essenciais dos SAAC já que é nele que a água poderá ser armazenada para posterior utilização. Esses reservatórios podem ser executados com diversos materiais, como placas de cimento, alvenaria convencional de tijolos, aço e blocos de concreto. Além disso, também podem ser de fabricação industrial, feitos com polietileno, plástico reforçado com fibra de vidro, policloreto de vinila e diversos outros materiais. Nesse sentido, Marinoski (2010) apresenta os reservatórios de plástico reforçado com fibra de vidro

como os mais viáveis no aspecto ambiental, enquanto os constituídos de concreto armado são mais viáveis economicamente.

#### 2.4.4. Dimensionamento dos SAAC

O dimensionamento correto dos reservatórios para a acumulação de água pluvial permite que as demandas de água sejam atendidas em sua totalidade. Diante disso, existem diversas formas de executar o dimensionamento. A NBR 15527:2007 apresenta seis métodos de cálculo para o dimensionamento e eles são discriminados abaixo.

O **método de Rippl** permite o uso de séries históricas mensais ou diárias e de forma direta utiliza como variáveis a demanda e o volume de chuva aproveitável num determinado tempo e o coeficiente de escoamento superficial.

O **método da simulação** utiliza das mesmas variáveis que o método de Rippl, mas aplica a equação da continuidade a um reservatório finito e coloca como condição que o volume de água em um determinado tempo esteja no intervalo entre zero e o volume definido para o reservatório. Esta forma de dimensionamento deixa o volume adotado a uma margem considerável de resultados que pode não ser eficiente na sua função.

Já o **método de Azevedo Neto** considera a precipitação média anual, o número de meses com pouca chuva e a área de captação. Por ser necessário definir a quantidade de meses com estiagem acentuada esse método já não se mostra conveniente para regiões em que há uma grande variabilidade hidrológica e que pode apresentar alterações significativas nessa variável.

O **método prático inglês** se assemelha ao método de Azevedo Neto por utilizar em seu processo de cálculo a precipitação média anual, mas considera as chuvas distribuídas uniformemente ao longo do ano, o que não geralmente não acontece, pois as regiões tendem a ter períodos do ano que chove mais.

O **método prático alemão** é um meio empírico que define o volume como sendo 6% do volume anual de consumo ou de precipitação aproveitável, sendo fixado o menor.

Por último o **método prático australiano** leva em consideração como variável a precipitação e perdas por evaporação, diferente dos outros métodos. O processo de obtenção do volume do reservatório é feito por tentativas e também apresenta uma fórmula para o cálculo da confiança que deve estar entre 90 e 99%.

Novakoski et al. (2017) constataram que o método de Rippl usando um intervalo mensal de tempo apresenta volumes muito altos e desnecessários para os reservatórios e que o método

da simulação com a modificação recomendada por Novakoski, Marques e Conterato (2015) apresenta resultados confiáveis aplicando valores diários como intervalo de tempo.

Já Cruz, Bezerra e Maia (2017) ao analisarem os métodos de dimensionamento para quatro cidades do Rio Grande do Norte perceberam que o método prático Alemão apresentou valores constantes para todos os municípios estudados, o que não é representativo, visto que apresenta características pluviométricas diferentes. Também constaram que o método de Azevedo Neto apresentou resultados mais satisfatórios em comparação aos outros aplicados.

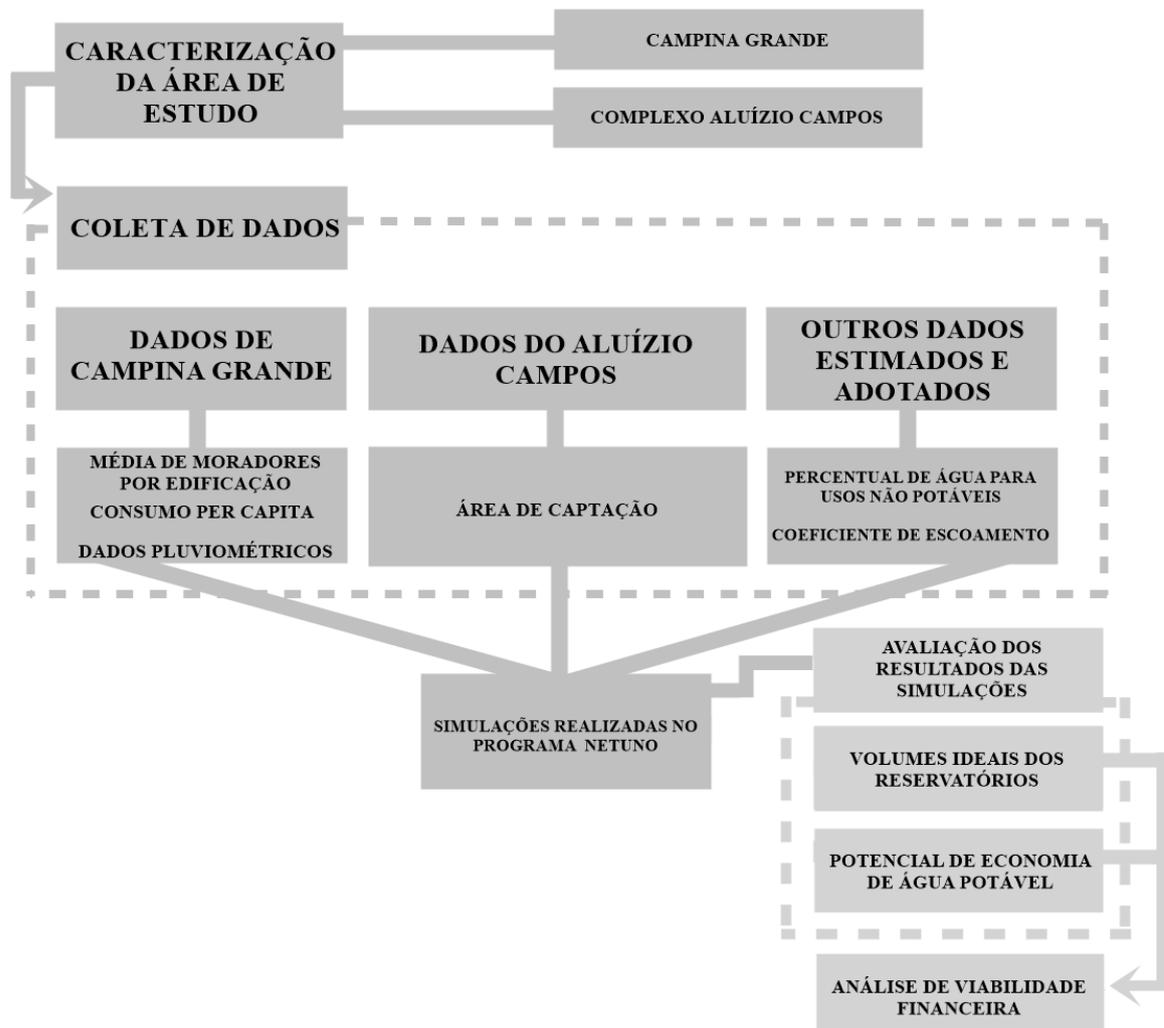
Buscando ser mais eficaz no processo de dimensionamento e suprir as lacunas deixadas pelos métodos já citados, muitas pesquisas fizeram uso do software Netuno desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (MARINOSKI, 2010; BERWANGER; GHISI, 2014; GHISI; RUPP; TRISKA, 2014; LOPES; RUPP; GHISI, 2015; DALSENTER, 2016; MARINOSKI; RUPP; GHISI, 2018). O Netuno utiliza modelos comportamentais como metodologia, sendo assim, faz uso de um conjunto de variáveis que busca representar o melhor possível a situação para a qual o reservatório está sendo dimensionado (ROCHA, 2009).

Rocha (2009) em sua pesquisa validou o algoritmo do Netuno fazendo a análise do potencial de economia de água potável e o dimensionamento de reservatórios de água pluvial em uma residência experimental em Florianópolis, SC. Em seus resultados percebeu que o percentual de economia de água potável estimado pelo Netuno foi idêntico ao observado na prática quando o reservatório apresentava água suficiente para esse fim.

### 3. METODOLOGIA

Este trabalho configura-se como de natureza quali-quantitativa e parte da avaliação dos possíveis benefícios na implantação de SAAC em um novo aglomerado de residências no espaço urbano, sendo necessário analisar a relação do potencial consumo de água potável e a possibilidade de substituição desse recurso por água proveniente de SAAC. Além disso, foi conveniente buscar o melhor posicionamento dos reservatórios nas edificações e cenários de demanda fazendo uso dos reservatórios em diferentes configurações na área como um todo. O desenvolvimento dos procedimentos metodológicos é descrito na Figura 5 e detalhados a seguir.

Figura 5. Fluxograma com a sequência da metodologia seguida.

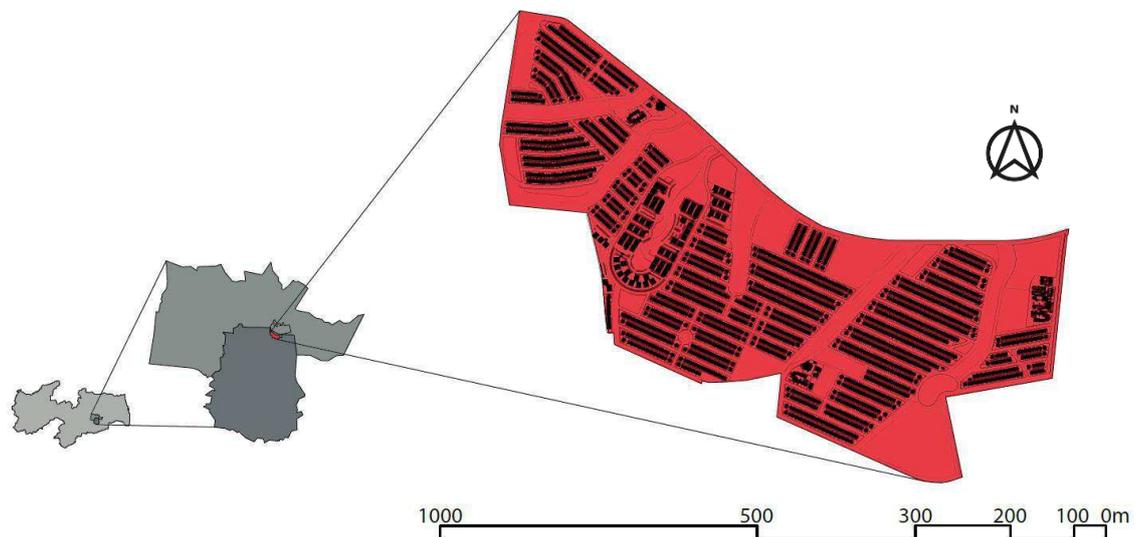


Fonte: Autoria própria.

### 3.1. A cidade de Campina Grande e o complexo Aluízio Campos

Campina Grande é o segundo maior município da Paraíba e de acordo com Marinho (2018), passou por um considerável crescimento populacional urbano entre 1991 e 2010. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) estimou para 2018 a população do município em 407.472 pessoas (IBGE, 2018). Esse aumento no número de pessoas que compõem o município veio acompanhado do aumento do espaço urbano principalmente nas margens da cidade. Um exemplo dessa tendência é a construção do Complexo Aluízio Campos (Figura 6).

Figura 6. Localização do Complexo Habitacional Aluízio Campos.



Fonte: Autoria própria.

A obra que faz parte do programa de habitação federal Minha Casa, Minha Vida tem o intuito de ocupar para vários fins, sendo os principais o residencial e o industrial, uma área de 800 ha do Bairro Ligeiro, na divisa com município de Queimadas. Somente a parte residencial cobre cerca de 15% do espaço destinado a incorporação do Complexo como um todo e contém 4100 unidades habitacionais de interesse social, divididas em 3012 casas e 1088 apartamentos alocados em edifícios de quatro pavimentos cada. As composições dos domicílios são apresentadas na Figura 7a e b.

Figura 7. (a) residência unifamiliar e (b) edifício multifamiliar.



Fonte: Autoria própria.

No espaço destinado às residências também foram fixadas três creches, dois postos de saúde, duas escolas, duas praças com academia e um Centro de Referência de Assistência Social (CRAS).

### 3.2. Coleta de dados para o dimensionamento dos reservatórios e potencial de economia de água potável.

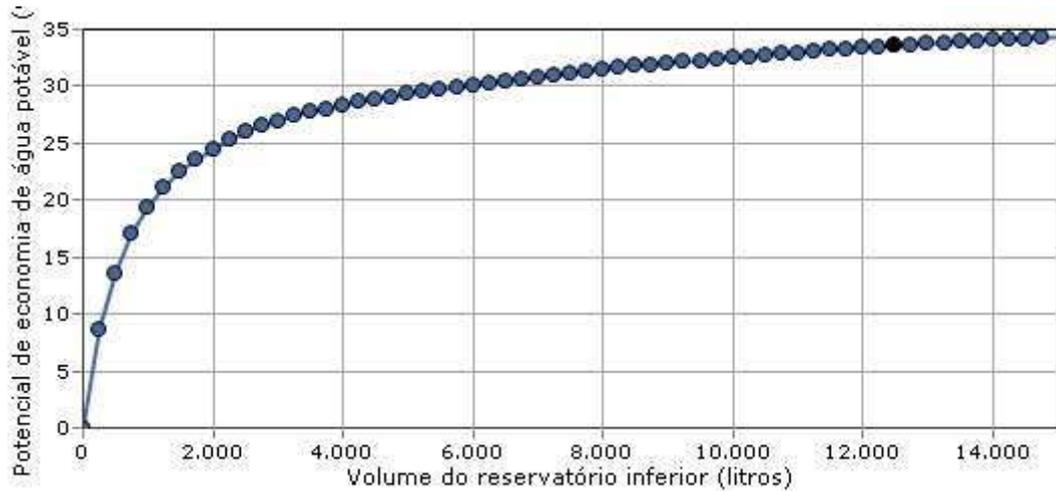
Este trabalho utilizou o Programa Netuno (GHISI; CORDOVA, 2010) para o dimensionamento dos reservatórios das unidades habitacionais unifamiliares e multifamiliares por reconhecer que o programa tem apresentado resultados satisfatórios em outras pesquisas (LOPES; RUPP; GHISI, 2015; DALSENTER, 2016; MARINOSKI; RUPP; GHISI, 2018).

Para reconhecer o volume ideal do reservatório para cada situação em questão o Programa Netuno faz uso da Equação 1 e de dois algoritmos apresentados por Rocha (2009) para cada volume simulado, assim é possível criar uma curva nos moldes da Figura 8. Ao escolher a diferença entre potenciais de economia de água potável (%/m<sup>3</sup>) o programa reconhece qual o volume mais adequado para a situação analisada.

$$P_e = 100 * \frac{\sum_{i=1}^j V_c}{D * n * j} \quad (1)$$

Sendo  $P_e$  o potencial de economia de água potável estimado,  $D$  a demanda de água potável no intervalo de tempo considerado,  $n$  o número de moradores da edificação,  $j$  o número de dias no período analisado e  $V_c$  o volume de água pluvial consumido em cada dia, obtido por um dos dois algoritmos utilizados.

Figura 8. Exemplo de um resultado apresentado pelo Programa Netuno.



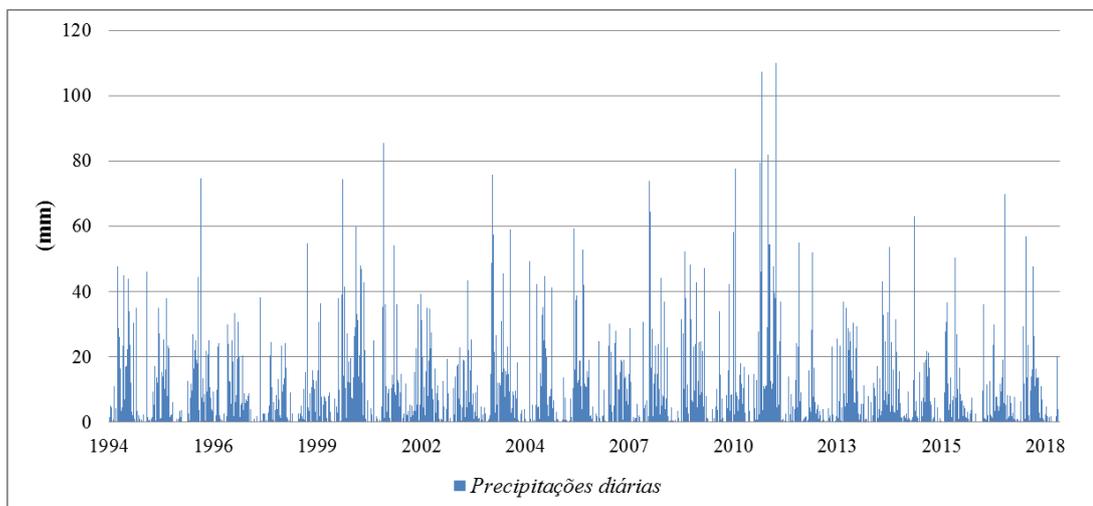
Fonte: Autoria própria com o auxílio do Netuno.

Os dados de entrada para o início das simulações são apresentados a seguir.

#### **a) Dados de Precipitação**

Os dados pluviométricos utilizados neste estudo foram fornecidos pela Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba (AESA). Os dados foram coletados do posto pluviométrico da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em Campina Grande e incluem valores diários de precipitação durante o período de 25 anos, sendo de 01/01/1994 até 31/12/2018, satisfazendo as orientações de Ghisi, Cardoso e Rupp (2012) e Geraldi e Ghisi (2017) de que para os resultados serem consistentes necessitam de séries de no mínimo dez anos. A distribuição dos dados adquiridos ao longo do tempo é exibida na Figura 9.

Figura 9. Série histórica de precipitações diárias.



Fonte: Autoria própria com dados da AESA.

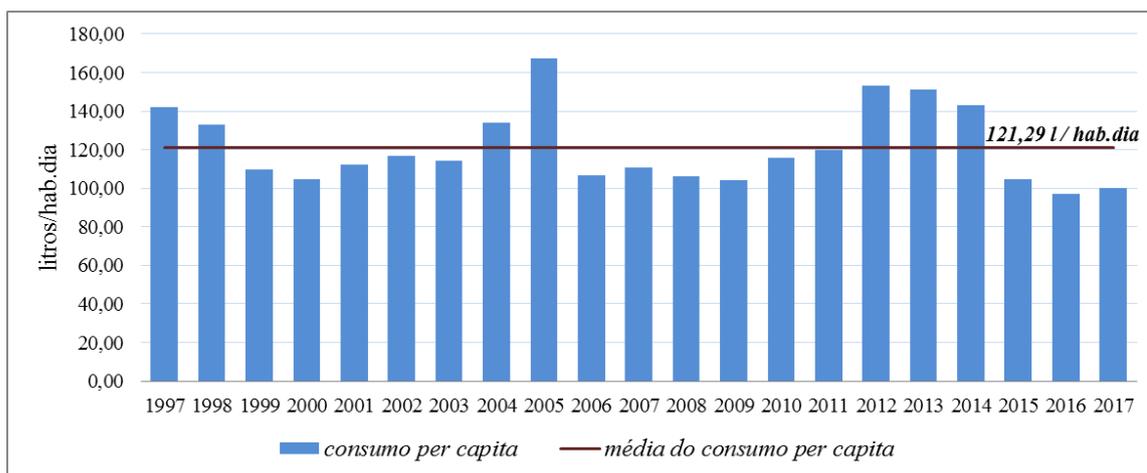
### ***b) Áreas de captação***

As áreas dos telhados como área de captação foram calculadas levando em consideração as plantas das edificações e as recomendações da NBR 10844 (ABNT, 1989), chegando aos valores de 70 m<sup>2</sup> para as casas e 192 m<sup>2</sup> para os edifícios multifamiliares.

### ***c) Demanda total de água***

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) disponibiliza uma série de dados onde é possível obter o consumo *per capita* das cidades e municípios. Para Campina Grande a caracterização do consumo pode ser feita de 1997 até 2017, chegando aos resultados apresentados na Figura 10. Nota-se que há uma oscilação no consumo que pode estar relacionada aos períodos de crises hídricas vivenciados no município no período analisado.

Figura 10. Série de valores de consumo per capita para Campina Grande.



Fonte: Autoria própria com dados do SNIS (2019a).

Sendo assim, para o Complexo Aluízio Campos foi adotado como dado de entrada para o dimensionamento o consumo médio do município de Campina Grande, de 121,29 litros/hab.dia.

### ***d) Número de moradores por unidade habitacional***

Segundo o IBGE (2010) a média de ocupantes por residência para o município de Campina Grande é de 3,43 pessoas por domicílio. Como o Netuno só aceita valores inteiros para essa variável admitiu-se usar o valor imediatamente maior, 4, como taxa de ocupação para as unidades habitacionais do Aluízio Campos. Esse valor dividido pela quantidade dormitórios em cada residência apresenta um total de duas pessoas por quarto, o que consiste em um valor comumente adotado para os dimensionamentos hidrossanitários.

*e) Percentual de demanda a ser suprida pelos SAACs*

Aqui se admite que apenas alguns equipamentos hidráulicos façam uso da água de chuva captada, por não ser necessário recurso potável para seu funcionamento. Não havendo pesquisas em Campina Grande que apresentem com clareza a quantidade de água normalmente utilizada por aparelho hidráulico foram utilizados como parâmetros os valores citados na literatura e apresentados na Tabela 1 (item 2.2.1). Visto que as pesquisas mostram percentuais bastante divergentes foi conveniente arredondar os valores limites e realizar o dimensionamento variando a faixa de usos não potáveis em intervalos de 10%. Logo, as simulações foram realizadas para os seguintes percentuais: 35%, 45% e 55%.

*f) Coeficiente de escoamento superficial*

O volume de água de chuva a ser aproveitado não corresponde ao total precipitado, isso porque parte da chuva é perdida por ações como limpeza do telhado e perdas por evaporação (TOMAZ, 2010). O coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de runoff é utilizado para estimar o real valor escoado e depende principalmente do tipo do material pelo qual a água deve escoar.

Para as casas do Complexo Aluízio Campos, que utilizam telhas cerâmicas para cobertura, foi adotado coeficiente com valor igual a 0,85, sendo este um valor intermediário dentre os orientados por Rocha (2009) e Tomaz (2010). Os mesmos autores apresentam valores para telhas metálicas, que são utilizadas nas coberturas dos edifícios, neste caso também foi adotado o valor de 0,85 como coeficiente de escoamento superficial.

### **3.3. Economia de água potável e viabilidade financeira**

Após conhecido o potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis buscou-se analisar quais as dimensões e tipo de reservatório melhor se adequa a forma como o Aluízio Campos foi concebido em projeto. A partir disso, por meio de três cenários, foi possível estimar qual seria a economia de água proveniente do sistema de abastecimento. O cenário I leva em consideração a situação original do projeto, nenhuma edificação apresenta disponível SAAC; no cenário II somente as residências fariam uso dos reservatórios para acumulação e aproveitamento de água de chuva; enquanto no cenário III todas as residências e edificações multifamiliares fariam uso dos reservatórios.

Também foi conveniente orçar os reservatórios utilizando valores de referência do estado da Paraíba, onde se situa o complexo habitacional, para que assim pudesse ter a devida dimensão do impacto da adoção dessa medida no custo total da obra. Foram feitas planilhas de custos contendo todas as etapas da construção e utilizadas informações do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices (SINAPI) do mês de agosto de 2019.

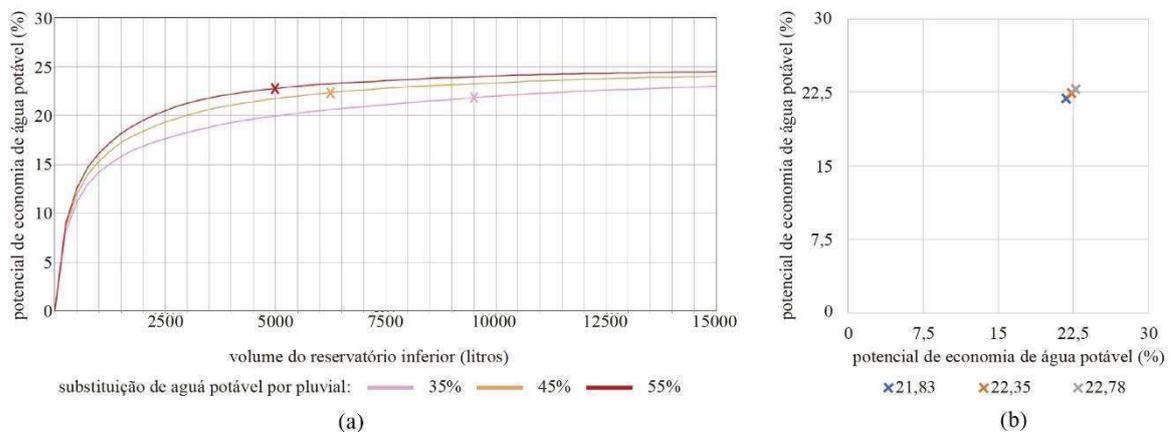
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Dimensionamento dos reservatórios

Inicialmente as simulações foram realizadas para as edificações unifamiliares do Complexo Aluizio Campos e as curvas obtidas estão apresentadas na Figura 11a. Como é possível observar, os volumes ótimos para os reservatórios variaram a medida que foi modificado o percentual da demanda total a ser suprida por água de chuva, o que já era esperado, visto que esse é um fator bastante sensível no processo de dimensionamento.

Diferente de outros trabalhos, como o de Mariniski (2010), aqui o percentual de economia de água potável apresentou valores próximos para os três percentuais de demanda de água armazenada nos SAACs (Figura 11b). Isso indica que, independente da demanda, o potencial de economia de água do sistema de abastecimento nas condições simuladas para os volumes ideais de reservatórios, é próxima a 22%.

Figura 11. (a) Potencial de economia de água potável em relação aos volumes dos reservatórios para as residências. (b) Proximidade dos valores de potencial de economia de água de chuva para residências.



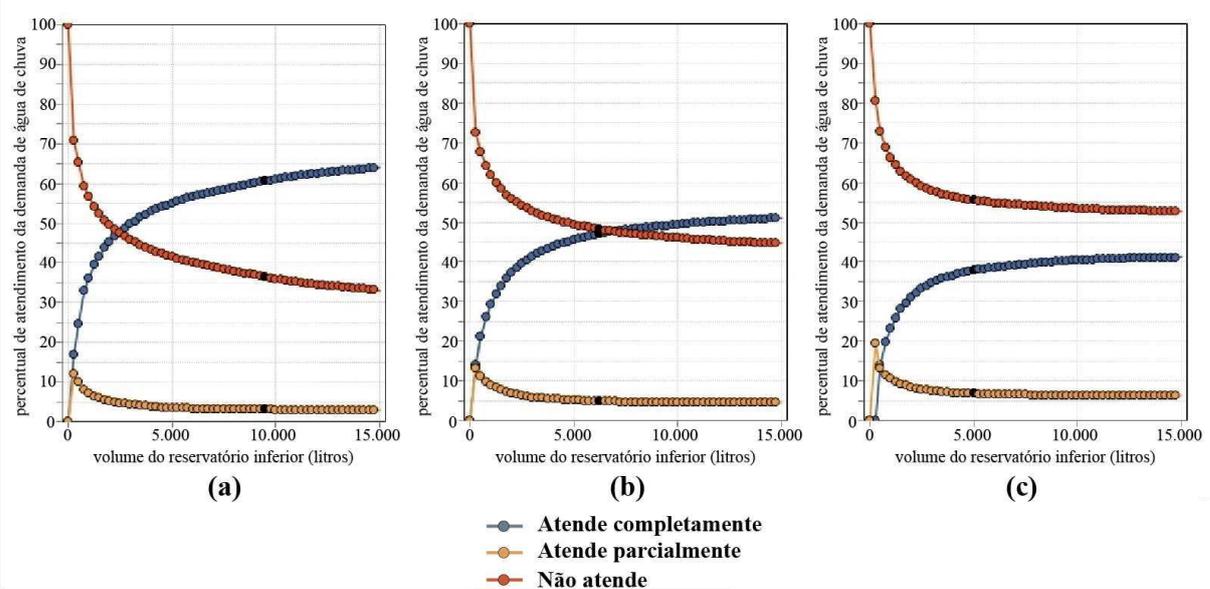
Fonte: Autoria própria.

O potencial de economia de água potável é calculado pela relação entre o volume total de água de chuva consumido durante todo o período analisado e a demanda total de água potável neste mesmo período (ROCHA, 2009). Sendo assim, na Figura 11a é possível perceber que quanto maior a demanda por água de chuva maior também é o percentual de economia. Isto acontece porque nos meses que ocorrem um volume maior de precipitação a água é mais utilizada ao invés de haver maior extravasamento dos reservatórios.

Em contrapartida, quanto maior a demanda por água de chuva menor é o percentual de atendimento, pois pode não haver água armazenada suficiente para suprir a demanda

completamente em meses com pouca precipitação. As Figuras 12a, b e c esclarecem isso, sendo possível perceber que para um mesmo volume de reservatório é inversamente proporcional a relação entre a demanda por água de chuva e a quantidade de dias em que o consumo por esse recurso seja totalmente satisfeito. O resultado leva em consideração os 25 anos da série histórica de precipitações que serviu para as simulações, realizando um balanço hídrico que tem como entrada a água captada pelos telhados e como saída a água consumida pelos moradores, que variou entre 35 e 55%, como citado anteriormente. A demanda mais baixa de água pluvial, 35%, é atendida completamente em, aproximadamente, 65% da série histórica de precipitação simulada. Esse valor cai para pouco mais de 40% ao substituir 55% da água advinda dos sistemas de abastecimento por água de chuva.

Figura 12. (a) percentual da demanda atendida de água de chuva para 35% de substituição da água potável nas residências unifamiliares. (b) percentual da demanda atendida de água de chuva para 45% de substituição da água potável nas residências unifamiliares. (c) percentual da demanda atendida de água de chuva para 55% de substituição da água potável nas residências unifamiliares.



Fonte: Autoria própria.

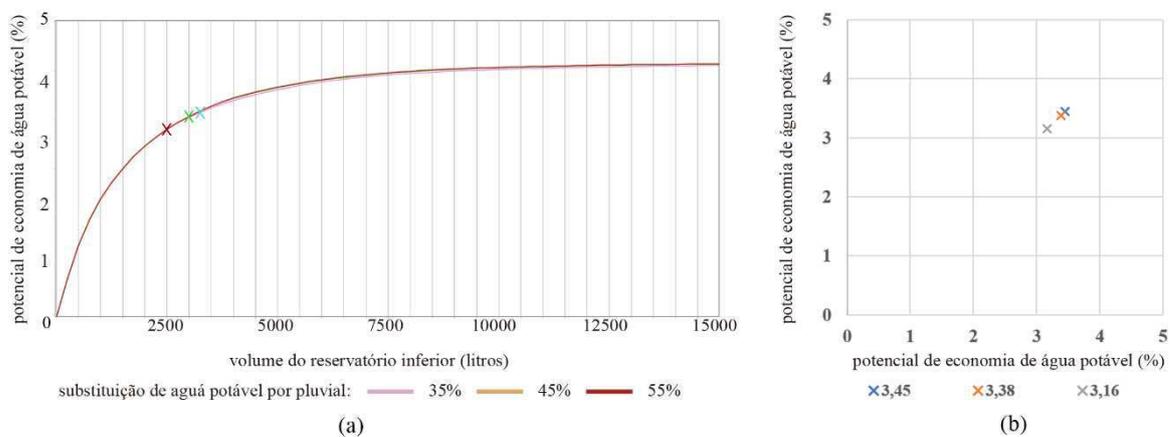
Um dos principais motivos que impossibilitam suprir toda a demanda de água de chuva por mais tempo é a pequena área de captação, 70 m<sup>2</sup>, que para quatro moradores significa uma área de 17,5 m<sup>2</sup>/pessoa. Esse fator combinado à pluviometria de Campina Grande, que segue o comportamento pluviométrico do semiárido, reduz a capacidade de suprir grandes demandas de água com a captação descentralizada da água de chuva, como é possível garantir em outras regiões do Brasil, a exemplo do Sul (GHISI; THIVES; PAES, 2017; MARINOSKI; GHISI, 2019). Outro fator relevante é o consumo *per capita*, visto que à medida que se aumenta a

demanda faz-se necessário reservatórios maiores para armazenar água num volume que seja capaz de suprir a quantidade requerida. Nesse sentido, Campina Grande apresenta um consumo médio *per capita* maior que a maioria dos estados nordestinos (SNIS, 2019b).

As simulações também foram realizadas para as edificações multifamiliares, levando em consideração a área de captação como 192 m<sup>2</sup> e que haverá 64 pessoas residindo em cada edifício.

Na Figura 13a é possível observar que os prédios apresentam um potencial de economia de água potável bem mais reduzido que as casas, isso se dá principalmente pela redução da área de captação por pessoa que nesse caso é de apenas de 3 m<sup>2</sup>/pessoa. Nesse cenário os potenciais de economia de água potável também apresentaram valores próximos (Figura 13b) e são em média 3,33%. Esse valor demonstra que é praticamente inviável fazer uso do aproveitamento da água de chuva dessa forma nessa tipologia de edificação, pois mesmo que se utilizem reservatórios com 15000 litros de capacidade não se alcança nem 5% de economia de água potável.

Figura 13. (a) Potencial de economia de água potável em relação aos volumes dos reservatórios para os edifícios. (b) Proximidade dos valores de potencial de economia de água de chuva para os edifícios.

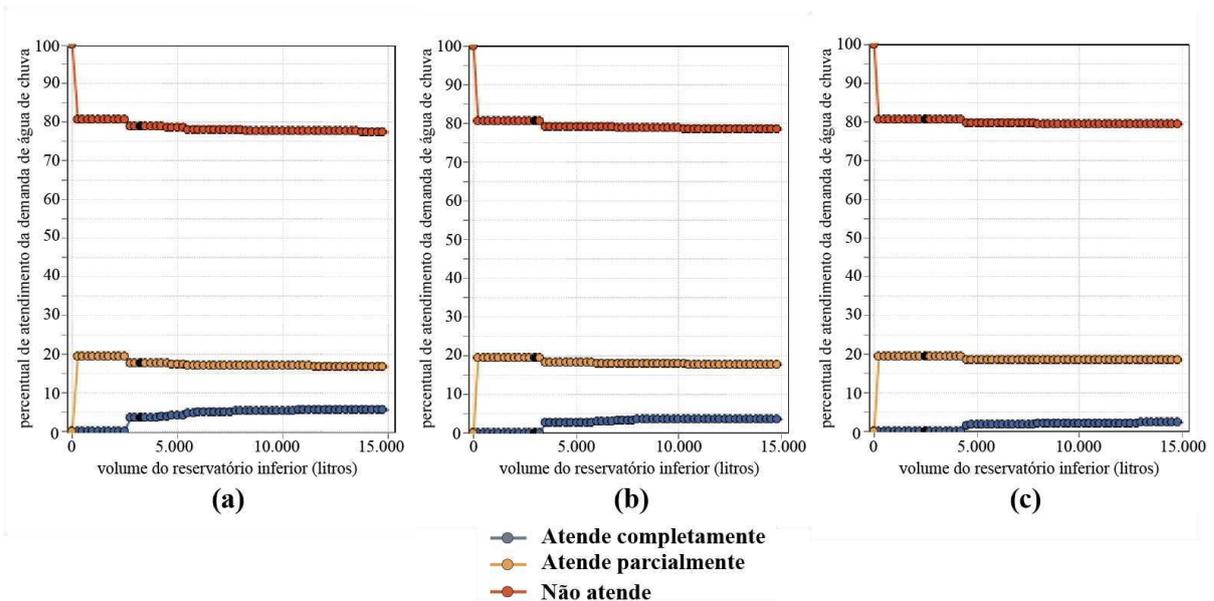


Fonte: Autoria própria.

O atendimento da demanda por água de chuva para essas edificações é outro indicador da baixa eficiência do uso de reservatórios nessa tipologia de construção, visto que em nenhuma das situações apresentadas nas Figuras 14a, b e c é possível atender completamente o consumo de água de chuva em mais de 5% do período simulado e que entre 75 e 80% do tempo nem parcialmente se consegue suprir a demanda por água pluvial. Para os edifícios, alterar o percentual de substituição de recurso potável por água de chuva não modifica

consideravelmente a capacidade de atender a demanda do recurso armazenado para fins não potáveis.

Figura 14. (a) percentual da demanda atendida de água de chuva para 35% de substituição da água potável nos edifícios. (b) percentual da demanda atendida de água de chuva para 45% de substituição da água potável nos edifícios. (c) percentual da demanda atendida de água de chuva para 55% de substituição da água potável nos edifícios.



Fonte: Autoria própria.

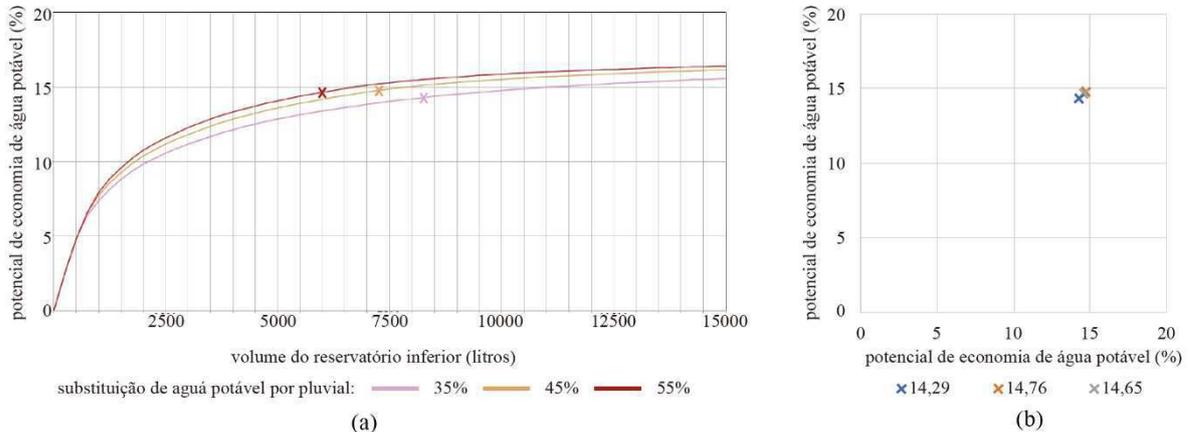
O cenário ineficiente do aproveitamento da água pluvial nas edificações multifamiliares mudaria se apenas um pavimento substituísse água do serviço de abastecimento para fins não potáveis por água pluvial armazenada, isso porque o número de pessoas atendidas reduziria de 64 para 16, logo **a área de captação por indivíduo aumentaria para 12 m<sup>2</sup>/pessoa.**

Sendo assim, os resultados das simulações com essa nova possibilidade são apresentados nas curvas da Figura 15a, em que é possível perceber que os volumes ótimos variaram entre 6.000 e 8.250 litros. **Para essa situação o potencial de economia de água potável convergiu para um valor médio de 14,6%** como indica a Figura 15b, quase cinco vezes o valor obtido pela configuração anterior.

Na Figuras 16a, b e c, é possível perceber que o atendimento da demanda por água de chuva para essa disposição do SAAC **aumenta consideravelmente em relação ao modo de implantação anterior, variando entre 20% e 37% de atendimento completo da demanda no tempo simulado para 55% e 35% de substituição de água potável por água pluvial, respectivamente.** Evidentemente que essa situação é mais vantajosa, em relação ao potencial de economia de água potável e atendimento do recurso armazenado, mas ainda não trás

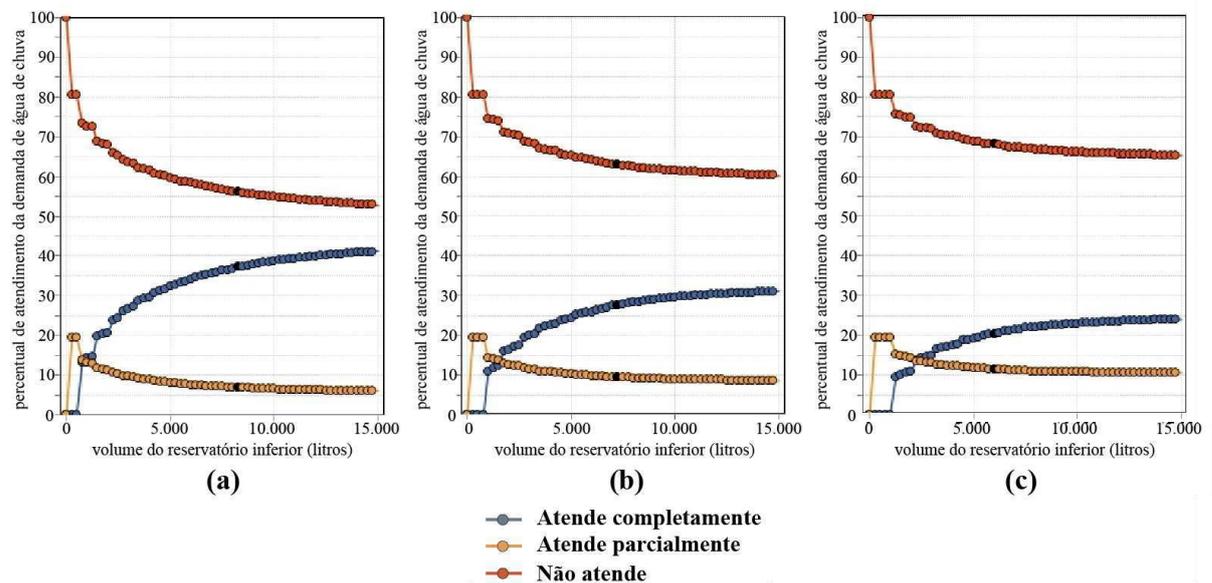
resultados tão bons quanto os alcançados pelas residências unifamiliares, visto que a área de captação por pessoa é inferior.

Figura 15. (a) Potencial de economia de água potável em relação aos volumes dos reservatórios para um pavimento dos edifícios. (b) Proximidade dos valores de potencial de economia de água de chuva para um pavimento dos edifícios.



Fonte: Autoria própria.

Figura 16. (a) atendimento da demanda de água de chuva para 35% de substituição da água potável. (b) atendimento da demanda de água de chuva para 45% de substituição da água potável. (c) atendimento da demanda de água de chuva para 55% de substituição da água potável.



Fonte: Autoria própria.

## 4.2. Economia de água potável

Conhecendo os volumes ideais dos reservatórios para as simulações realizadas, foi possível identificar qual melhor se adequa a forma como o Complexo Aluízio Campos foi

constituído, visto que existem limitações de espaço para implantação dos sistemas de captação de água de chuva.

Inicialmente, considerando que seriam implantados reservatórios de plástico reforçado com fibra de vidro por serem mais viáveis ambientalmente (MARINOSKI; GHISI, 2018) e que esses seriam apoiados sobre o solo, pode-se considerar que estariam dispostos como na Figura 17 para as residências e na Figura 18 para os edifícios. Todos os reservatórios considerados correspondem a volumes comerciais igual, muito próximos inferiormente ou imediatamente superiores aos volumes ideais para cada situação simulada.

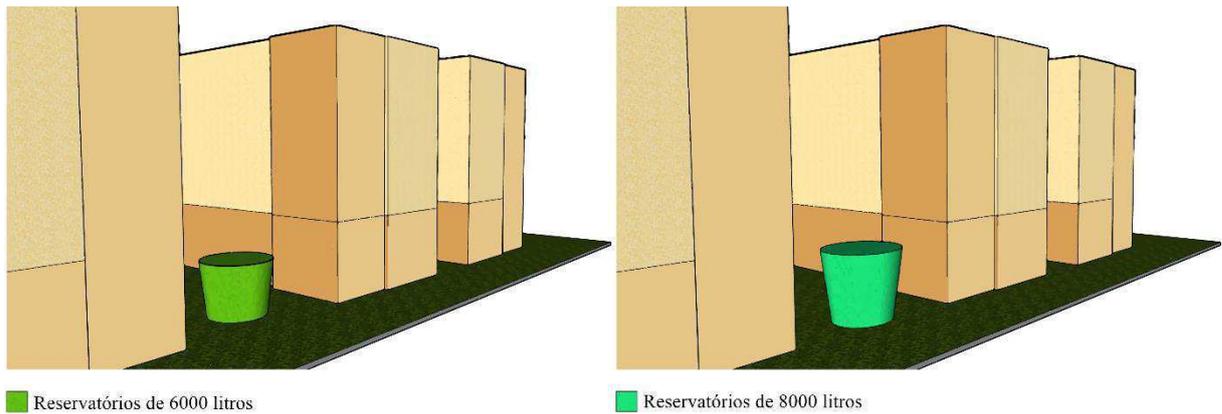
Figura 17. Vista dos reservatórios dispostos nas residências.



Fonte: Autoria própria.

Para as residências unifamiliares e para os prédios existe espaço para acomodar reservatórios de todos os tamanhos testados. Em contrapartida, principalmente para as residências unifamiliares, a utilização do sistema de armazenamento sobre o solo inviabiliza parte da circulação e diminui consideravelmente a área útil dos lotes. Sendo assim, no caso do Complexo Aluízio Campos seria mais adequada a utilização de reservatórios enterrados (cisternas), apresentando como outra vantagem a questão econômica, por serem mais baratos que os anteriormente sugeridos (MARINOSKI; GHISI, 2018). Além disso, é comum a construção desse tipo de reservatório no semiárido brasileiro (FERREIRA, 2015; SANTANA, 2015; ALMEIDA, 2017), o que viabiliza ainda mais sua utilização.

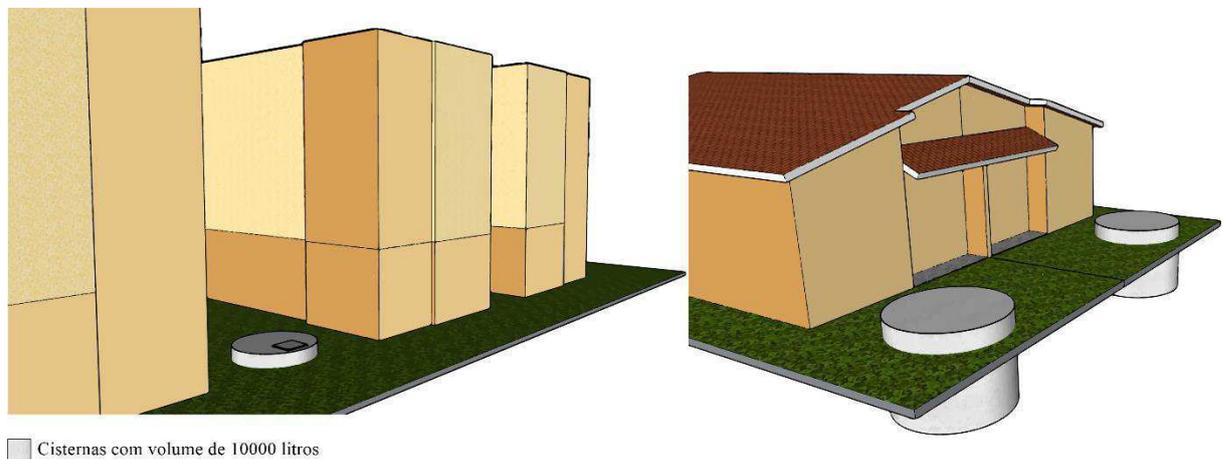
Figura 18. Vista dos reservatórios dispostos nas imediações dos edifícios.



Fonte: Autoria própria.

Com cisternas de 2,5 metros de diâmetro e 2 metros de profundidade é possível alcançar cerca de 10.000 litros de volume de água, tornando-as adequadas para as duas tipologias de edificações projetadas para o Aluizio Campos e estariam dispostas como é ilustrado na Figura 19. Dessa forma, a construção atenderia o determinado na Lei Estadual nº 9.130, de 27 de maio de 2010, que criou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações Públicas da Paraíba. A legislação determina que todo empreendimento residencial com mais de 25 famílias deve conter coletores, caixa de armazenamento e distribuidores de água de chuva e de águas servidas.

Figura 19. Cisternas dispostas nas duas tipologias de habitação.



Fonte: Autoria própria.

Assim, para observar o possível consumo de água potável é conveniente levar em consideração três cenários utilizando SAAC: em que nenhuma habitação faz uso de reservatórios (Cenário I); somente as residências unifamiliares utilizam o aproveitamento de água de chuva (Cenário II); e todas as moradias fazendo uso dos SAAC, mas no caso das

edificações multifamiliares, a água de chuva seria utilizada apenas para um pavimento, para que fosse possível viabilizar o aproveitamento das águas pluviais.

A Tabela 3 apresenta o consumo estimado de água potável diário, mensal e anual para os cenários citados anteriormente. É possível perceber que fazendo uso da captação de água de chuva nos moldes do cenário II em um ano poderia se economizar água potável suficiente para abastecer o complexo inteiro por aproximadamente 74 dias, enquanto se as construções fossem dispostas como no cenário III esse valor aumentaria para 80 dias.

TABELA 3. Consumo de água potável estimado para diversos cenários.

Cenário	Consumo estimado (m <sup>3</sup> )		
	Diário	Mensal	Anual
I	1.989,16	59.674,68	726.041,94
II	1.653,06	49.591,70	603.365,64
III	1.633,26	48.997,86	596.140,64

Em percentual, fazendo uso dos SAAC nos moldes do cenário II seria possível reduzir 16,90% do consumo de água potável, enquanto no cenário III esse valor alcançaria 17,89% de economia. Os volumes obtidos são expressivos e indicam o quanto a adoção dessa tecnologia social pode ser eficaz na gestão de demanda de água, apresentando melhores resultados acerca do potencial de economia de água potável que outras medidas. Guedes, Ribeiro e Vieira (2014) analisaram diversos cenários para o município de Campina Grande fazendo uso de diferentes aparelhos poupadores, percentual de residências a adotar os dispositivos e o quanto de água poderia ser poupado. Em comparação, os cenários II e III dessa pesquisa apresentou maior economia que 73% dos cenários utilizando os aparelhos poupadores.

Faz-se necessário destacar que uma medida não inviabiliza a utilização da outra, o ideal é fazer uso de todos os meios possíveis para racionalizar o consumo de água. Somadas, as tecnologias citadas e outras, como o reuso de águas servidas, podem alcançar valores ainda mais expressivos de economia de água potável diminuindo a pressão nos corpos hídricos. No semiárido brasileiro, onde se situa o Complexo Aluísio Campos, essa medida ganha ainda mais importância, visto que a maioria dos municípios são dependentes da água armazenada em reservatórios de regularização que apresentam certa insegurança hídrica diante dos longos períodos de estiagem, a exemplo do reservatório Epitácio Pessoa, que virá a abastecer o Aluísio Campos.

### **4.3. Potencial de aproveitamento de água de chuva diante da problemática do sistema de abastecimento**

O Eptácio Pessoa, ou Açude de Boqueirão como popularmente conhecido, é responsável por abastecer 18 municípios paraibanos. Em 2018 a soma da população estimada para todos os municípios abastecidos foi de aproximadamente 640.390 pessoas (IBGE, 2018), com a inserção do Complexo Aluizio Campos nesse cenário esse número deve aumentar entre 14.063 e 16.400 pessoas, que são respectivamente, as populações estimadas levando em consideração a média de ocupantes por residência para o município de Campina Grande e o valor inteiro imediatamente maior utilizado para as simulações no programa Netuno.

Esses valores são maiores que a quantidade de habitantes em 56% dos municípios abastecidos pelo reservatório, o que demonstra o aumento significativo de demanda em um reservatório que passou por crises severas devido a fatores hidrológicos e a retiradas maiores do que o corpo hídrico permite, como indicam Rêgo et al. (2013) e Rêgo et al. (2014).

Para tentar sanar a problemática do abastecimento relacionada ao Açude Boqueirão se recorreu às águas da transposição do Rio São Francisco, evitando que o sistema entrasse em colapso. Rêgo *et al.* (2017) apontam que essa medida só deveria ocorrer após serem esgotadas todas as medidas de gerenciamento que acarretassem a diminuição de retiradas do reservatório. Uma dessas medidas poderia ser a adoção da captação da água de chuva, diminuindo a necessidade de se fazer uso das águas da transposição, que são onerosas e necessitam de operação constante.

Além disso, a adoção da captação e o aproveitamento de águas pluviais, não somente no Complexo Aluizio Campos, poderia fortalecer o cenário ambiental diante dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável para a Agenda 2030 da ONU. O sexto objetivo, que busca assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos, em duas de suas oito metas pode encontrar fortalecimento na utilização de SAAC:

**6.4** Até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água.

(...)

**6.a** Até 2030, ampliar a cooperação internacional e o apoio à capacitação para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados à água e saneamento, incluindo a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água,

o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de reuso (IPEA, 2019, não paginado).

Diante da primeira meta citada, os resultados dessa pesquisa demonstram que mesmo em clima semiárido com baixos índices pluviométricos, o uso de SAAC permite reduzir as retiradas nos corpos hídricos, sendo um caminho para reduzir os impactos das secas, minimizando as problemáticas referentes à escassez de água. Já a segunda meta citada é mais direta ao tratar da coleta de água, reciclagem e tecnologias de reuso.

#### **4.4. Viabilidade financeira**

A partir do orçamento realizado com os valores de referência do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices (SINAPI) (APÊNDICE I) constatou-se que cada cisterna com cerca 10.000 litros custaria em média 2.761,47 reais, não sendo levado em consideração os custos dos Benefícios e Despesas Indiretas (BDI) e os encargos sociais.

Caso houvesse no projeto inicial a disposição de reservatórios desse padrão somente para as residências unifamiliares, o custo adicional ao projeto corresponderia a um valor próximo de 8.317.547 reais. Se também fosse adotado reservatórios para os edifícios no molde do cenário III esse valor aumentaria para 8.505.327 reais.

Segundo Almeida, Silva e Souza (2017) para a construção do Complexo Habitacional Aluizio Campos foram investidos 300 milhões de reais do Governo Federal e 25 milhões da Prefeitura Municipal de Campina Grande. Diante desse montante, o custo para construção dos reservatórios representa entre 2,56% e 2,62% do valor inicialmente investido.

Trata-se de um acréscimo baixo para o custo total do empreendimento e que colaboraria para alcançar a condição de sustentabilidade hídrica, adequando as construções à região semiárida em que estão situadas. Além disso, ao fazer uso dos SAAC seria demandada menos água tratada, reduzindo os custos da concessionária com a retirada das águas brutas e com o processo de tratamento da água.

O projeto inicial preferiu fazer uso de boilers e coletores solares, para oferecer aos usuários água quente para os usos apropriados, como é possível observar na Figura 19. É evidente que essas tecnologias são capazes de oferecer conforto para os habitantes nos períodos mais frios do ano. Em contrapartida, levando em consideração que a maior parte do nordeste brasileiro apresenta um inverno modesto diante dos períodos de estiagem, é provável que fosse

mais coerente priorizar o amortecimento do impacto no corpo hídrico que irá abastecer a população.

Em relação aos custos, o sistema de aquecimento com capacidade de 100 a 200 litros, compatíveis aos utilizados, apresentam custos entre 1.542,00 e 4.834,00 reais, podendo superar esses valores a depender da tecnologia pertencente ao boiler. Isso demonstra que seria viável a adoção dos SAAC diante do fator financeiro.

Figura 20. Disposição de boilers e placas solares nas residências do Complexo Aluísio Campos.



Fonte: Autoria própria.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho buscou conhecer o potencial de substituição de água potável por água de chuva no Complexo Habitacional Aluizio Campos para usos não potáveis. Por meio das simulações realizadas no programa Netuno foi possível constatar que há essa possibilidade e que ela apresentaria resultados significativos para o uso sustentável dos recursos hídricos por uma construção de tamanha magnitude.

Constatou-se que as residências unifamiliares apresentam maior potencial de aproveitamento das águas pluviais, isso se deve ao fator de ocupação e ao tamanho da área de interceptação. Mas como uma proposta de não descartar completamente o uso da água de chuva nas edificações multifamiliares sugeriu-se a distribuição do recurso para apenas um andar, satisfazendo o uso de quatro famílias. Isso permitiria aumentar o número de pessoas que fariam uso desse recurso.

De forma geral, a captação de água de chuva permitiria uma economia de água potável entre 16,9% e 17,89%, mostrando-se ser uma tecnologia social, que mesmo em região com clima semiárido e com índices pluviométricos não muito significativos, tem a possibilidade de pressionar menos os corpos hídricos responsáveis pelo abastecimento. Logo, essa medida pode se configurar em uma importante ferramenta para gestão de demanda de água.

Quanto aos volumes ideais dos reservatórios, variaram entre 5000 e 9500 litros. Diferente de regiões com altos índices pluviométricos, aumentar consideravelmente o tamanho dos reservatórios não afetaria de forma significativa o aproveitamento, visto que o regime de chuvas não possibilita armazenar um volume grande do recurso.

Uma forma de aproveitar a área útil dos lotes e reduzir o custo de implantação dos SAAC seria utilizando cisternas, pois o fato de serem quase totalmente enterradas permite que se limite menos o espaço livre de cada edificação.

Se tratando de uma obra planejada, percebeu-se, por meio de orçamento simplificado, que adotar o aproveitamento de água de chuva não levaria a acréscimos exorbitantes ao montante destinado ao projeto, sendo inclusive, menos oneroso que tecnologia de aquecimento de água adotada e relacionada ao conforto da população, entretanto menos importante diante do cenário de seca vivenciado na região.

### **5.1. Sugestões para pesquisas futuras**

A partir dos resultados e conclusões obtidos na presente pesquisa sugere-se para trabalhos futuros:

- a) Realizar novas simulações reduzindo a demanda de água per capita, reconhecendo que se tratam de famílias de baixa renda em sua maioria;
- b) Analisar a viabilidade financeira caso cada família optasse por independentemente instalar o sistema;
- c) Conhecer a demanda de água potável e não potável para as famílias do complexo e assim poder realizar o dimensionamento de forma mais satisfatória.

## 6. REFERÊNCIAS.

AESA. **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba.** 2019. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/>. Acesso em: 16 mar. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil.** 2018a. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/>. Acesso em: 13 mar. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Sala de situação.** 2018b. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/sala-de-situacao/acudes-do-semiarido/acudes-do-semiarido-situacao-atual>. Acesso em: 24 mar. 2019b.

ALMEIDA, A. L. F.; SILVA, C. C. C.; SOUZA, F. R. C. C. A construção do Complexo Aluizio Campos em Campina Grande-PB: a lógica da cidade como mercadoria na produção do espaço público. In: II CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 2., 2017, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Realize, 2017. p. 1 - 11.

ALMEIDA, C. L. **A convivência com o semiárido a partir do uso de cisternas de placas na zona rural do município de Frecheirinha-CE: dimensões na paisagem da superfície sertaneja.** 2017. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, 2017.

ALMEIDA, D. C. **Aproveitamento de águas pluviais em instituição de ensino federal.** 2016. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão do Desenvolvimento Local Sustentável, Universidade de Pernambuco, Recife, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos.** Rio de Janeiro. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais.** Rio de Janeiro. 1989.

BARRETO, D. Perfil do consumo residencial e usos finais da água. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p.23-40, abr./jun. 2008.

BERWANGER, H.; GHISI, E. Investment feasibility analysis of rainwater harvesting in the city of Itapiranga, Brazil. **Sustainable Human Development**, [s.l.], v. 2, p.104-114, 2014.

BOTELHO, G. L. P. **Avaliação do consumo de água em domicílios: Fatores intervenientes e metodologia para setorização dos usos.** 2013. 215 f. Dissertação (Mestrado) -

Curso de Meio Ambiente, Águas e Saneamento, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Brasília.

BRASIL. Lei nº 12.873, de 24 de outubro de 2013. Brasília.

BRASIL. Lei nº 13.501, de 30 de outubro de 2017. Brasília.

BRASIL. Decreto nº 9.606, de 10 de dezembro de 2018. Brasília.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Elaboração de Proposta do Plano de Ações para Instituir uma Política de Reúso de Efluente Sanitário Tratado no Brasil**. Brasília, 2018.

BRASIL. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Brasília.

CALDEIRA, J. K. A. **Aproveitamento de água de chuva em uma indústria mecânica: aspectos econômicos e ambientais**. 2016. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

CARDOSO, R. N. C. **Viabilidade econômica de sistemas de captação de água da chuva para fins não potáveis em dois prédios da Universidade Federal do Pará**. 2018. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

CHATTON, E. et al. Glacial recharge, salinisation and anthropogenic contamination in the coastal aquifers of Recife (Brazil). **Science Of The Total Environment**, [s.l.], v. 569-570, p.1114-1125, nov. 2016. Elsevier BV.

CRUZ, M. M.; BEZERRA, A. F.; MAIA, A. G.. Análise da eficiência dos métodos de dimensionamento de cisternas nas zonas pluviais homogêneas do Rio Grande do Norte. In: XXII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22., 2017, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Abrh – Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2017. p. 1 – 8.

CRUZ, W. M.; BLANCO, C. J. C. Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis residenciais em Rio Branco – AC. **Perspectivas Online**, [s.l.], v. 7, n. 17, p.12-24, jan./abr. 2017.

CUNHA, K. F. **Caracterização e monitoramento do consumo de água em habitações de interesse social**. 2013. 95 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.

DALMÔNICA, A. H. **Análise de fatores influenciadores do consumo de água em Uberlândia: o caso do setor sul**. 2014. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

DALSENTER, M. E. V. **Estudo de potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em um condomínio residencial multifamiliar localizado em Florianópolis - SC**. 2016. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

DOMÈNECH, L.; SAURÍ, D. A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multi-family buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): social experience, drinking water savings and economic costs. **Journal Of Cleaner Production**, [s.l.], v. 19, n. 6-7, p.598-608, abr. 2011.

EROKSUZ, E.; RAHMAN, A. Rainwater tanks in multi-unit buildings: A case study for three Australian cities. **Resources, Conservation And Recycling**, [s.l.], v. 54, n. 12, p.1449-1452, out. 2010.

FASOLA, G. B. et al. Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p.65-78, out./dez. 2011.

FERREIRA, E. P. **Manejo da água de cisterna para a produção de alimentos no semiárido pernambucano**. 2015. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

FONSECA, M. C. **Análise financeira de um sistema de aproveitamento de água de chuva em unidade hospitalar**. 2016. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Sanitária, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. Netuno 4. Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/>. 2014.

GHISI, E.; CARDOSO, K. A.; RUPP, R. F. Short-term versus long-term rainfall time series in the assessment of potable water savings by using rainwater in houses. **Journal Of Environmental Management**, [s.l.], v. 100, p.109-119, jun. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.12.031>.

GHISI, E.; FERREIRA, D. F. Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil. **Building And Environment**, [s.l.], v. 42, n. 7, p.2512-2522, jul. 2007.

GHISI, E.; OLIVEIRA, S. M. Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. **Building And Environment**, [s.l.], v. 42, n. 4, p.1731-1742, abr. 2007.

GHISI, E.; THIVES, L. P.; PAES, R. F. W.. Investment feasibility analysis of rainwater harvesting in a building in Brazil. **Water Science And Technology: Water Supply**, [s.l.], v. 18, n. 4, p.1497-1504, 7 nov. 2017.

GHISI, E.; RUPP, R. F.; TRISKA, Y. Comparing indicators to rank strategies to save potable water in buildings. **Resources, Conservation And Recycling**, [s.l.], v. 87, p.137-144, jun. 2014.

GUEDES, M. J. F; RIBEIRO, M. M. R.; VIEIRA, Z. M. C. L. Alternativas de Gerenciamento da Demanda de Água na Escala de uma Cidade. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s.l.], v. 19, n. 2, p.123-134, 2014.

HAJANI, E.; RAHMAN, A. Rainwater utilization from roof catchments in arid regions: A case study for Australia. **Journal Of Arid Environments**, [s.l.], v. 111, p.35-41, dez. 2014.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. **Urban Water**, [s.l.], v. 1, n. 4, p.307-316, dez. 2000.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, (2010). “Média de Moradores em Domicílios Particulares Ocupados”. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/156>. Acesso em: 09 maio 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, (2018). *Estimativas da População*. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=downloads>. Acesso em: 01 out. 2019.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. IPEA, 2019. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/ods/ods6.html>. Acesso em: 20 out. 2019.

KLEIN, L. B. et al. Controle quantitativo do escoamento pluvial e aproveitamento de água pluvial captada de diferentes tipos de coberturas. In: XXII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22., 2017, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2017. p. 1 – 9.

LIAW, C.; CHIANG, Y. Framework for Assessing the Rainwater Harvesting Potential of Residential Buildings at a National Level as an Alternative Water Resource for Domestic Water Supply in Taiwan. **Water**, [s.l.], v. 6, n. 10, p.3224-3246, 23 out. 2014.

LOPES, A. C.; RUPP, R. F.; GHISI, E. Assessment of the potential for potable water savings by using rainwater in houses in southern Brazil. **Water Science And Technology: Water Supply**, [s.l.], v. 16, n. 2, p.533-541, 14 nov. 2015.

MAEBARA, A. K. **Avaliação da legislação brasileira do uso conjugado de água de chuva**. 2018. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

MARINHO, S. D. A. M. **Planejamento urbano sensível aos recursos hídricos: análise a partir do metabolismo urbano e da produção do espaço em Campina Grande - PB**. 2018. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018.

MARINOSKI, A. K. **Método para avaliação de viabilidade ambiental e econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial**. 2010. 181 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

MARINOSKI, A. K.; RUPP, R. F.; GHISI, E. Environmental benefit analysis of strategies for potable water savings in residential buildings. **Journal Of Environmental Management**, [s.l.], v. 206, p.28-39, jan. 2018.

MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. Environmental performance of hybrid rainwater-greywater systems in residential buildings. **Resources, Conservation And Recycling**, [s.l.], v. 144, p.100-114, maio 2019.

MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. Avaliação de viabilidade ambiental e econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial em habitação de baixo padrão: estudo de caso em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 18, n. 1, p.423-443, mar. 2018.

MARTINS, E. S. P. R.; VASCONCELOS JÚNIOR, F. C. O clima da Região Nordeste entre 2009 e 2017: monitoramento e previsão. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v. 22, n. 44, p.63-79, jan./jun. 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Brasil). **Programa Água Doce**. 2019. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/mma-em-numeros/programa-agua-doce>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

NOVAKOSKI, C. K. et al. Comparação dos métodos de dimensionamento do reservatório de águas pluviais. In: xxii simpósio brasileiro de recursos hídricos, 22., 2017, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Abrh – Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2017. p. 1-7.

NOVAKOSKI, C. K.; MARQUES, M. G.; CONTERATO, E. C. (2015). Análise do método da simulação para dimensionamento de reservatórios de águas pluviais em residências unifamiliares. In Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília, Nov. 2015, 1, pp. 1-8.

PARAÍBA (Estado). Lei nº 10033, de 03 de julho de 2013. Institui a Pol[ítica Estadual de Captação, Armazenamento e Aproveitamento da Água da Chuva no Estado da Paraíba, e dá outras providências. João Pessoa, PB.

PARAÍBA (Estado). Lei nº 9130, de 25 de maio de 2010. Cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações Públicas da Paraíba, conforme especifica e adota outras providências. João Pessoa, PB.

PETERS, M. R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

RÊGO, J. C. et al. Novas considerações sobre a gestão dos recursos hídricos do Açude Epitácio Pessoa - a seca 2012-2014. In: XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 12., 2014, Natal. **Anais...** [s.l.]: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2014. p. 1 – 10.

RÊGO, J. C. et al. Atribuições e responsabilidades na gestão dos recursos hídricos – o caso do açude Epitácio Pessoa / Boqueirão no Cariri paraibano. In: XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2013, Bento Gonçalves. **Anais...** [s.l.]: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013. p. 1 – 8.

RÊGO, J. C. et al. A gestão de recursos hídricos e a transposição de águas do Rio São Francisco para o Açude Epitácio Pessoa – Boqueirão. In: XXII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2017, Florianópolis. **Anais...** [s.l.]: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2017. p. 1 – 8.

ROCHA, V. L. **Validação do algoritmo do programa Netuno para avaliação do potencial de economia de água potável e dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações**. 2009. 166 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SÁNCHEZ, A. S. **Aproveitamento de águas pluviais na escola politécnica da Universidade Federal da Bahia**. 2014. 284 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Industrial, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

SANTANA, A. C. A.. **Avaliação do gerenciamento da cisterna calçadão, enquanto tecnologia ambiental utilizada por famílias de agricultores no semiárido pernambucano.** 2015. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2015.

SANTOS, C. S. M. **Avaliação do desempenho das cisternas de placas para abastecimento humano de água em comunidades rurais no semi-árido brasileiro.** 2008. 135 f. Dissertação 13 (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

SANTOS, J. L. **Potencial de Aproveitamento da Água de Chuva na Produção de Leite: um Estudo de Caso.** 2015. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

SILVA, J. A. **Análise da Viabilidade de Implantação de um Sistema de Captação de Água de Chuva para Lavagem de Aeronaves e Reuso de Efluentes.** 2017. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Guaratinguetá, 2017.

SISTEMA DE ACOMPANHAMENTO DE RESERVATÓRIOS. **Volume por estado.** 2019. Disponível em: <http://sar.ana.gov.br/Nordeste>. Acesso em: 24 mar. 2019.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **SNIS – Série Histórica.** 2019a. Disponível em: <http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 5 jun. 2019.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2017.** 2019b.

STAVENHAGEN, M.; BUURMAN, J.; TORTAJADA, C. Saving water in cities: Assessing policies for residential water demand management in four cities in Europe. **Cities**, [s.l.], v. 79, p.187-195, set. 2018.

STEC, A.; ZELEŇÁKOVÁ, M. An Analysis of the Effectiveness of Two Rainwater Harvesting Systems Located in Central Eastern Europe. **Water**, [s.l.], v. 11, n. 3, p.458-474, 5 mar. 2019. .

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis.** [s.l.]: [s.n.], 2010. Disponível em: [http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro\\_aprov.\\_aguadechuva/Livro%20Aproveitamento%20de%20agua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Livro%20Aproveitamento%20de%20agua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf). Acesso em: 25 jun. 2019.

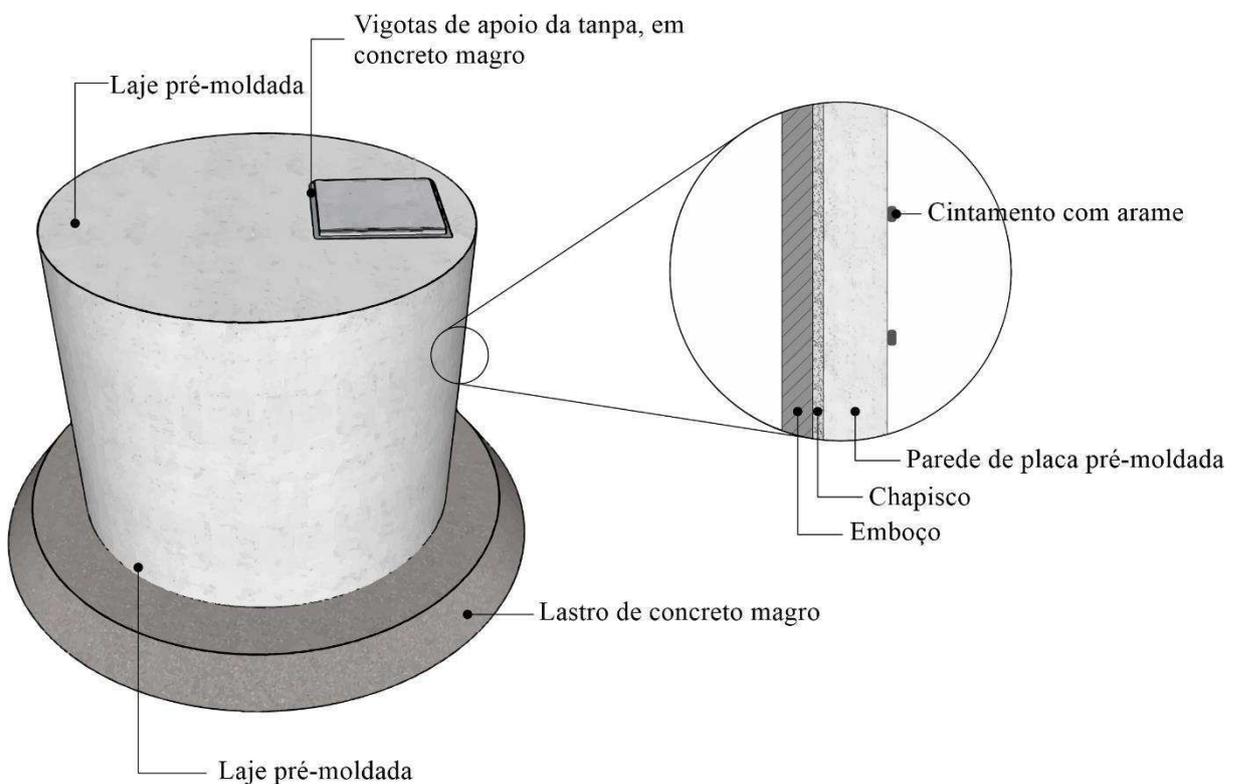
VICTORINO, C. J. A. **Planeta água morrendo de sede: UMA VISÃO ANALÍTICA NA METODOLOGIA DO USO E ABUSO DOS RECURSOS HÍDRICOS**. Porto Alegre: Edipucrs, 2007.

## APÊNDICE I

### PLANILHA ORÇAMENTÁRIA PARA CONSTRUÇÃO DE UMA CISTERNA

O orçamento levou em consideração as tabelas do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices (SINAPI) para composição analítica, com valores desonerados para o mês de agosto de 2019 e para a Paraíba. Nesse orçamento utilizou-se os adicionais referentes aos Benefícios e Despesas Indiretas (BDI) e os encargos sociais, já que o objetivo é apenas reconhecer o custo bruto de uma unidade para armazenamento de água de chuva. Na Figura I.1 são apresentadas algumas partes das cisternas orçadas na Tabela I.1.

Figura I.1. Cisterna de placas pré-moldadas.



Fonte: Autoria própria.

TABELA I.1. Orçamento de uma cisterna de placas pré-moldadas de 10000 litros.

ITEM	CÓD. SINAPI	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	PREÇO	
					UNIT.	TOTAL
<b>1.0</b>		<b>SERVIÇOS PRELIMINARES</b>				<b>199,90</b>
1.1	72917	ESCAVACAO MECANICA DE VALA EM MATERIAL 2A. CATEGORIA DE 2,01 ATE 4,00 M DE PROFUNDIDADE COM UTILIZACAO DE ESCAVADEIRA HIDRAULICA	m <sup>3</sup>	19,24	10,39	199,90

<b>2.0</b>		<b>FUNDAÇÕES</b>				<b>228,64</b>
2.1	94962	CONCRETO MAGRO PARA LASTRO, TRAÇO 1:4,5:4,5 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_07/2016 (FUNDO DA CISTERNA COM LASTRO DE CONCRETO)	m <sup>3</sup>	0,96	238,17	228,64
<b>3.0</b>		<b>PAREDES</b>				<b>678,67</b>
3.1	PROJETO E SINAPI (INSUMOS)	PAREDE DE PLACA PRÉ-MOLDADA DE CONCRETO SIMPLES TRAÇO 1:4:8 COM FORMA DE PEÇAS DE MADEIRA DE 3ª QUALIDADE 2,5 CM X 10 CM (REAPROVEITAMENTO 10 X), REAJUNTADAS COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA (35 CM x 40 CM x 10 CM)	m <sup>2</sup>	15,70	40,25	631,93
3.2	PROJETO	CINTAMENTO COM ARAME GALVANIZADO 12 BWG, 2,76 MM (0,048 KG/M)	kg	3,77	12,40	46,75
<b>4.0</b>		<b>REATERRO</b>				<b>83,32</b>
4.1	93382	REATERRO MANUAL DE VALAS COM COMPACTAÇÃO MECANIZADA. AF_04/2016	m <sup>3</sup>	4,71	17,69	83,32
<b>5.0</b>		<b>COBERTURA</b>				<b>652,76</b>
5.1	74202/2	LAJE PRE-MOLDADA P/PISO, SOBRECARGA 200KG/M2, VAOS ATE 3,50M/E=8CM, C/LAJOTAS E CAP.C/CONC FCK=20MPA, 4CM, INTER-EIXO 38CM, C/ESCORAMENTO (REAPR.3X) E FERRAGEM NEGATIVA	m <sup>2</sup>	9,82	65,26	640,85
5.2	6047	CONCRETO MAGRO PARA LASTRO, TRAÇO 1:4,5:4,5 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_07/2016 (VIGOTAS DE APOIO DA TAMPA DE ACESSO A INSPEÇÃO)	m <sup>3</sup>	0,05	238,17	11,91
<b>6.0</b>		<b>REVESTIMENTOS</b>				<b>918,17</b>
6.2	98679	PISO CIMENTADO, TRAÇO 1:3 (CIMENTO E AREIA), ACABAMENTO LISO, ESPESSURA 2,0 CM. PREPARO MECÂNICO DA ARGAMASSA. AF_06/2018 (na superfície externa da laje de cobertura e na superfície interna da laje de fundo)	m <sup>2</sup>	9,82	21,46	210,74
6.3	87530	EMBOÇO MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICADA MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES, ESPESSURA DE 20MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS. AF_06/2014 (nas superfícies internas da cisterna e externamente nas paredes acima do nível do terreno)	m <sup>2</sup>	25,53	24,95	636,97
6.4.	87878	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO INTERNAS, COM COLHER DE PEDREIRO. ARGAMASSA TRAÇO 1:3 COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014 (nas superfícies internas da cisterna e externamente nas paredes acima do nível do terreno)	m <sup>2</sup>	25,53	2,76	70,46
<b>CUSTO TOTAL DOS INSUMOS NECESSÁRIOS PARA CONSTRUÇÃO DE UMA CISTERNA</b>						<b>2.761,47</b>