



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR - CCTA
MESTRADO PROFISSIONAL EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS - PPGSA**

DANIEL RAMALHO DANTAS ARAÚJO

**A CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA PARA REGULARIZAR A VAZÃO DE
IRRIGAÇÃO DA AGRICULTURA FAMILIAR**

Pombal/PB

2019

Daniel Ramalho Dantas Araújo

**A CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA PARA REGULARIZAR A VAZÃO DE
IRRIGAÇÃO DA AGRICULTURA FAMILIAR**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais, da Universidade Federal de Campina Grande, na área de concentração Recursos Hídricos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof.^a D. Aline Costa Ferreira

Pombal/PB

2019

A663c Araújo, Daniel Ramalho Dantas.
A captação da água de chuva para regularizar a vazão de irrigação da agricultura familiar. – Pombal, 2020.
50 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2019.

“Orientação: Profa. Dra. Aline Costa Ferreira”.

Referências.

1. Água de chuva. 2. Captação de água. 3. Armazenamento de água. 4. Regularização de vazão. I. Ferreira, Aline Costa. II. Título.

CDU 628.1.037(043)

“A CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA PARA REGULARIZAR A VAZÃO DE ABASTECIMENTO DE IRRIGAÇÃO DA AGRICULTURA FAMILIAR”

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Pombal-PB, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre (M. Sc.) em Sistemas Agroindustriais.

Aprovada em 11 / 12 / 2019

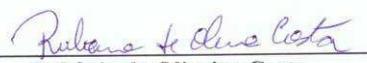
COMISSÃO EXAMINADORA



Aline Costa Ferreira
Orientadora



Patrício Borges Marajá
Examinador Interno



Rubênia de Oliveira Costa
Examinadora Externa

POMBAL-PB
2019

Dedico este trabalho a minha esposa, Ana Paula Albuquerque Bezerra Dantas, por todo apoio e compreensão diante de minha ausência como marido e pai ante ao desafio da consecução do presente objetivo

RESUMO

A relevante atenção dada aos recursos hídricos é resultado de um alto grau de dependência dos seres vivos pela água. Diante das dificuldades relacionadas à disponibilidade hídrica do Nordeste brasileiro, cresce de importância o desenvolvimento de pesquisas que enriqueçam os meios de conviver com as características pluviométricas dessa região do país. A presente pesquisa apresenta um modelo tecnicamente eficiente e economicamente viável de fazer uso de águas pluviais para emprego no cultivo agrícola familiar de coentro na Comunidade Várzea Comprida dos Oliveiras, Pombal-PB. Baseando-se em dados históricos de pluviosidade local, foram determinados os componentes necessários à captação e armazenamento de água da chuva com o objetivo de garantir a disponibilidade hídrica diária permanente na irrigação do coentro. O presente estudo de caso mostra que, para uma cultura de coentro com 10 m², há a necessidade de um reservatório com 3,3 m³ de volume para garantir o abastecimento diário apenas com água da chuva durante todo ano. Em se tratando de viabilidade econômica, o gasto a maior relacionado à construção da infraestrutura para uso da água da chuva compensa após 1 ano e 4 meses sem fazer o uso do transporte de água por meio de carro pipa.

Palavras-chaves: Água da chuva. Infraestrutura. Regularização de vazão. Captação.

ABSTRACT

The relevant attention given to water resources is the result of a high degree of dependence on living beings by water. In view of the difficulties related to the water availability of the Brazilian Northeast, the development of research that enriches the means of living with the rainfall characteristics of this region of the country is of growing importance. The present research presents a technically efficient and economically viable model to make use of rainwater for use in the familiar cultivation of coriander in the Várzea Comprida dos Oliveiras Community, Pombal-PB. Based on historical local rainfall data, the components required for rainwater harvesting and storage were determined to ensure permanent daily water availability for coriander irrigation. The present case study shows that for a 10 m² coriander crop there is a need for a 3.3 m³ volume reservoir to ensure daily rainwater supply only throughout the year. As far as economic viability is concerned, the extra expense related to the construction of rainwater infrastructure pays off after 1 year and 4 months without using water transport by water tanker.

Keywords: rain water. Infrastructure. Flow regulation. Uptake.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela saúde auferida a minha pessoa e à minha família, fundamental para qualquer atividade. À Ele dedico minha permanente e inquestionável gratidão.

Ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais, da Universidade Federal de Campina Grande, pela oportunidade da realização de trabalhos em prol de meu autoaperfeiçoamento.

Ao Doutor Patrício Borges Maracajá pela imensurável confiança depositada em meu profissionalismo como engenheiro e estudante acadêmico.

À Doutora Aline Costa Ferreira pelas suas orientações e pelo auxílio nas tarefas desenvolvidas durante o curso e apoio na revisão deste trabalho.

Aos amigos James Bonfim e sua esposa, Luana Pavão, pelo infundo incentivo no plantio da semente do presente conhecimento academicista.

Ao primo, Igor Cordeiro Dantas, pelas informações e direcionamento inicial da pesquisa.

Aos Srs Carlos Otávio K. Cardoso e Vasques Robinson Diógenes Vasques no apoio e compreensão diante da necessidade de conjugar a presente pesquisa com obrigações profissionais.

À minha esposa, filha, pais e irmãos por trazer sempre a paz de espírito necessária à superação de meus desafios.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 PANORAMA DAS ÁGUAS	13
2.2 A REGIÃO NORDESTE BRASILEIRA	14
2.3 O APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA	15
2.4 A AGRICULTURA FAMILIAR	17
3 PROBLEMA DE PESQUISA	21
4 HIPÓTESE	21
5 JUSTIFICATIVA.....	21
6 OBJETIVOS.....	22
6.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
7 MATERIAL E MÉTODOS	23
7.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	23
7.2 CONSUMO DE ÁGUA	24
7.3 PLUVIOSIDADE LOCAL	25
7.4 REGULARIZAÇÃO DE VAZÃO	26
7.5 INFRAESTRUTURA NECESSÁRIA.....	30
7.6 VIABILIDADE ECONÔMICA	30
8 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
8.1 A CULTURA AGRÍCOLA	31
8.2 A IRRIGAÇÃO DA CULTURA AGRÍCOLA.....	32
8.3. DADOS DE PRECIPITAÇÃO	33
8.4 ÁREA DE CAPTAÇÃO.....	35
8.6 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO (RUNOFF)	37

8.7 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO.....	37
8.8 PROJETO DE INFRAESTRUTURA	41
8.9 ORÇAMENTAÇÃO	43
8.10 VIABILIDADE ECONÔMICA	44
9 CONCLUSÃO	47

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: as doze Regiões Hidrográficas brasileiras.	13
Figura 2: Cisterna Chultun, capacidade: 45.000 l, diâmetro: 5 m, área de captação: 150 m ² , a abertura é coberta por uma pedra com um buraco no meio, onde se encaixa um pino de madeira, que se retrai quando chove.	16
Figura 3: Mapa de Localização da Comunidade de Várzea Comprida dos Oliveiras: 11 km da sede da cidade de Pombal- PB	19
Figura 4: Plantação de hortaliças no núcleo da Comunidade de Várzea Comprida dos Oliveiras.....	20
Figura 5: em vermelho, estão registros de estiagem e seca no Brasil de 1991 a 2012. Observe o estado da Paraíba completamente inserido no setor em vermelho.	24
Figura 6: eco residência finalizada com sistema de aproveitamento e direcionamento das águas das chuvas.....	36
Figura 7: detalhe dos fundos e lateral esquerda da residência mostrando o aspecto visual do telhado em diagonal com 66 m ² de área.	36
Figura 8: casa eco sustentável com dispositivo de captação de água de chuva. O desenho apresenta 3 caixas d'água de 1000 litros e 1 caixa d'água de 500 litros ...	42
Figura 9: reservatório comercial selecionado e a altura máxima de captação da água da chuva para 500 e 1000 litros.	42
Figura 10: cotas do projeto de captação da água da chuva na casa eco sustentável. Altura hidráulica de 2 metros para aproveitamento da energia potencial gravitacional.	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: exemplo de cálculo do método de Rippl para regularização de vazão	29
Tabela 2: total de precipitação mensal ano a ano	34
Tabela 3: médias mensais de precipitação da estação meteorológica de Pau Ferrado, Pombal/PB, no período entre 1994 e 2018.	35
Tabela 4: valores do coeficiente de escoamento	37
Tabela 5: volume de água da chuva possível de ser captado no mês	38
Tabela 6: cálculo do saldo mensal de água	39
Tabela 7: análise dos níveis do reservatório mês a mês	40
Tabela 8: orçamento da infraestrutura de captação da água da chuva.....	44
Tabela 9: valores do Índice Multiplicador de acordo com o tipo de rodovia	45
Tabela 10: orçamento da infraestrutura de armazenamento da água do carro pipa .	46
Tabela 11: gasto associado aos meios de obtenção da água.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS

CNRH: Conselho Nacional de Recursos Hídricos

ANA: Agência Nacional de Águas

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

RHN: Rede Hidrometeorológica Nacional

SINAPI: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

ETc: evapotranspiração de uma cultura

CPRM: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

ASCE: *American Society of Civil Engineer*

OCP: Operação Carro Pipa

CMNE: Comando Militar do Nordeste

1 INTRODUÇÃO

O meio ambiente é o entorno físico dos seres humanos, do qual eles são completamente dependentes para suas atividades. É através de um sistema de exploração desse meio ambiente que o homem busca atender suas necessidades utilizando os recursos naturais.

Dentre os recursos naturais existentes, destaca-se a água. O termo água diz respeito ao elemento natural sem fazer referência à sua utilização. Quando se refere ao termo Recurso Hídrico, faz-se alusão à água como um bem econômico passível de utilização. Os recursos hídricos, portanto, podem ser lagos, rios, aquíferos subterrâneos e outras fontes, mas somente quando são utilizados com uma finalidade específica.

A relevante atenção dada aos recursos hídricos é resultado de um alto grau de dependência dos seres vivos pela água. A manutenção do corpo humano, a irrigação na agricultura para produção de alimentos, o funcionamento dos ecossistemas (fauna e flora), a produção industrial e a geração de energia são exemplos que revelam a importância que tem que ser dada a esse recurso natural.

A obtenção da água pelo homem consiste basicamente em interferir em uma fase do ciclo hidrológico para que se possa armazenar esse recurso natural. Essa obtenção pode acontecer de diversas maneiras, as mais comuns são: bombeamento da água de poços, captação da água de rios ou lagoas e armazenamento das águas pluviais. Tanto a captação da água de poços como a de rios ou lagoas exigem a utilização de bombeamento, isso ocorre porque o nível que essa água é encontrada é, na maioria das vezes, abaixo do nível de utilização da mesma. Já com relação às chuvas, o fato de a precipitação acontecer em altitudes e descer ao nível do solo mostra que essa água chega ao ser humano com potencial energético gravitacional. Este potencial poderá ser aproveitado caso a infraestrutura de captação o permita.

Assim, a água de chuva se apresenta como uma fonte renovável dotada de potencial gravitacional que pode ser aproveitado para economia de energia, fato que sugere o estudo da viabilidade de seu aproveitamento.

A presente pesquisa irá tratar da viabilidade do armazenamento e aproveitamento da água da chuva para uso em cultura agrícola de hortaliças no sertão paraibano. Na produção de hortaliças do norte nordeste brasileiro, verifica-se um vasto uso da irrigação por meio da água bombeada de poços em detrimento do armazenamento dos recursos pluviais. Nesse sentido e de forma a enriquecer as

possibilidades de minimizar os efeitos da seca para a irrigação da agricultura familiar, pretende-se propor um modelo de infraestrutura viável de armazenamento e proteção da água de chuva, de modo que o tamanho do reservatório possibilite o acúmulo suficiente de água nos períodos de chuva, e que esta água seja utilizada durante todo o período de estiagem, fechando o ciclo ao início de um novo inverno.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PANORAMA DAS ÁGUAS

Instituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), a Divisão Hidrográfica Nacional estabelece, para o Brasil, doze Regiões Hidrográficas brasileiras.

Entende-se por regiões hidrográficas bacias, grupos de bacias ou sub-bacias próximas, com características naturais, sociais e econômicas similares.

FIGURA 1: AS DOZE REGIÕES HIDROGRÁFICAS BRASILEIRAS



Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA)

A divisão do país em regiões hidrográficas permite facilitar o controle, a orientação e o planejamento dos recursos hídricos do país. A Figura 1 apresenta essas doze regiões, evidenciando os distintos tamanhos superficiais e sua vasta distribuição geográfica por todo território nacional.

Sabe-se que a grande dimensão territorial brasileira e seu rico relevo propiciam ao país diferentes condições climáticas e ambientais, de modo que, para cada região hidrográfica estabelecida, existem características únicas, devendo, portanto, serem estudadas separadamente para que se obtenha informações concisas sobre cada local.

Estima-se que o território brasileiro possua 12% da disponibilidade de água doce do planeta. No entanto, embora o Brasil apresente uma boa quantidade de água, quando comparado a outros países, seus recursos hídricos não estão equilibradamente distribuídos. A região Norte possui cerca de 5% da população brasileira e detém aproximadamente 80% da quantidade de água disponível, enquanto que as regiões costeiras possuem 3% dos recursos hídricos com 45% da população nacional (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2019).

2.2 A REGIÃO NORDESTE BRASILEIRA

Diante do cenário de desequilíbrio na distribuição dos recursos hídricos nacionais, a Região Nordeste destaca-se por possuir a menor disponibilidade de água por habitante. Sérios problemas sociais estão relacionados a essa realidade, pois períodos de pouca chuva agravam a situação dos que dependem da água para trabalhar e sobreviver.

Na região Nordeste Oriental a vazão média é inferior a 1200 m³/hab/ano. Em algumas bacias dessa região são registrados valores menores que 500 m³/hab/ano que baseada adaptação de publicações das Nações Unidas trata-se de uma situação de escassez. Algumas bacias das regiões Atlântico Leste, Parnaíba e São Francisco também se destacam por conta desta situação. Por conta da seca nas porções semiáridas dessas regiões, a água se tornou um fator crítico para a população, sendo a presença de açudes e a regularização dos rios intermitentes fundamentais e estratégicos para atender o abastecimento humano, dessedentação de animais, irrigação e outras atividades (CARDOSO, 2013).

Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011), 59% dos brasileiros que vivem em extrema pobreza estão na região Nordeste. Diante da

pouca chuva, os trabalhadores nordestinos e suas famílias sofrem os fenômenos sociais da fome, sede, desnutrição, miséria, pobreza, desemprego, falta de oportunidades e desigualdade social. O cenário desfavorável a uma vida normal obriga os moradores dessa região a migrar para os centros urbanos em busca de sobrevivência e de uma melhor qualidade de vida.

Com o objetivo de minimizar os efeitos da falta d'água no Nordeste, ações governamentais vêm sendo efetivadas, tais como: Operação Carro Pipa (OCP), construção de cisternas, perfuração e recuperação de poços, bolsa estiagem, programa garantia-safra, ampliação da linha de crédito emergencial e renegociação de dívidas de produtores agrícolas nordestinos. (BRASIL, 2013)

A atuação das políticas públicas para buscar dirimir as consequências da seca tem desempenhado um importante papel na ajuda social para população nordestina. Entretanto, essas ações minimizam por tempo definido a falta d'água, porém, não modificam a estrutura socioeconômica e política da sociedade. Tais atitudes governamentais amenizam a fome e a sede, mas não diminuem a vulnerabilidade social e não retiram em definitivo as pessoas da condição de miséria.

Dentro dessa perspectiva, é importante considerar que se deve modificar o enfoque dado para a luta contra a seca nordestina. Trata-se de buscar estratégias de convivência com a realidade climática e pluviométrica do local. Deve-se entender que o combate ao fenômeno é uma luta perdida contra a natureza. Portanto, aceitar a condição imposta pelo ambiente é fundamental, sendo necessário, portanto, criar meios e infraestruturas para manter um convívio socialmente sustentável com as características ambientais do Nordeste brasileiro.

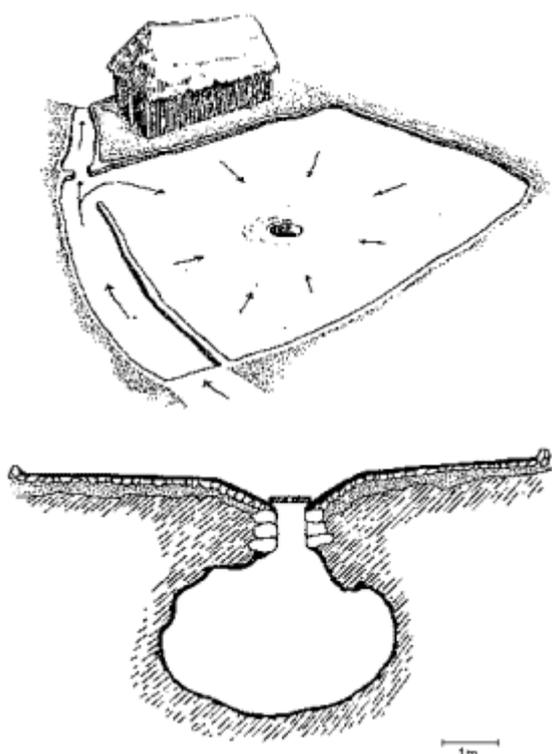
2.3 O APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

A busca do ser humano pelo aproveitamento da água da chuva é pré-histórica. Há comprovações da utilização de águas pluviais por volta de 3.000 anos a.C. no Oriente Médio e de 2.750 anos a.C. na Mesopotâmia (TOMAZ, 2003).

Nas Américas, encontram-se ocorrências pré-colombianas do povo Maia na península de Yucatan, México. O México pode ser considerado um país rico em antigas tecnologias de captação da água da chuva, evidenciadas ainda na época dos Astecas e Maias. O sul da cidade de Oxkutzcab, no sopé do Monte Puuc, pode-

se observar, ainda hoje, essas obras dos Maias. No século X, existira na região uma agricultura baseada na colheita de água pluvial. As pessoas obtinham a água através de cisternas de 20.000 a 45.000 litros, tais reservatórios eram conhecidos como Chultuns.

FIGURA 2: CISTERNA CHULTUN, CAPACIDADE: 45.000 L, DIÂMETRO: 5 M, ÁREA DE CAPTAÇÃO: 150 M², A ABERTURA É COBERTA POR UMA PEDRA COM UM BURACO NO MEIO, ONDE SE ENCAIXA UM PINO DE MADEIRA, QUE SE RETRAI QUANDO CHOVE



Fonte: (ECOGLOBALGERIS, 2019)

Durante o período colonial, as metrópoles impuseram suas tecnologias de uso da água sem fazer uso direto das precipitações. Sua localização geográfica em zonas climáticas moderadas e úmidas permitiam ao povo europeu a não depender da água da chuva. Diante desse cenário colonizador, as colônias americanas perderam a cultura do armazenamento da água da chuva como importante meio de abastecimento.

Nos séculos XIX e XX, observa-se uma ênfase política na construção de grandes barragens, no aproveitamento de águas subterrâneas e na irrigação encanada, todos com uso de energia fóssil e elétrica para sua obtenção e

distribuição da água. Tal atitude governamental da época provocou a estagnação do processo de desenvolvimento das tecnologias de captação da água da chuva.

Após o início do século XXI, quando o crescimento populacional exerceu pressão sobre o abastecimento de água, sobretudo em regiões semiáridas, a captação e armazenamento da água de chuva como meio de suprimento hídrico volta à tona.

Basicamente, os sistemas de aproveitamento das águas de chuva são constituídos por: área de captação, componentes de transporte e reservatório de armazenamento. Para que haja um correto funcionamento e uma maior eficiência na obtenção da água, é necessário o dimensionamento correto e correlacionado dos três sistemas citados.

Diante do cenário constituído da necessidade inevitável de fazer uso de meios de captação da água da chuva e como forma a incentivar e regulamentar tal atividade, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou, em 24/10/2007, a norma que estabelece as diretrizes de projeto e dimensionamento dos sistemas de captação de água da chuva. Trata-se da Norma Brasileira, NBR 15.527 – Água da Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, que, embora traga em seu título o uso direcionado para áreas urbanas, pode ser aplicada a áreas rurais com edificações similares às tratadas na norma em pauta.

2.4 A AGRICULTURA FAMILIAR

Segundo a Constituição brasileira, materializada na Lei 11.326, de julho de 2006, diz que agricultores familiares são aqueles que praticam atividades no meio rural, possuem área de até quatro módulos fiscais, mão de obra da própria família e renda vinculada ao próprio estabelecimento e gerenciamento do estabelecimento ou empreendimento por parentes.

O último Censo Agropecuário brasileiro informa que a agricultura familiar é a base da economia de 90% dos municípios brasileiros com até 20 mil habitantes, sendo responsável pela renda de 40% da população economicamente ativa do País e por mais de 70% dos brasileiros ocupados com atividades agrícolas. Diante do resultado, percebe-se que a agricultura familiar desempenha um importante papel na vida do povo brasileiro, sendo, portanto, importante o desenvolvimento de novas

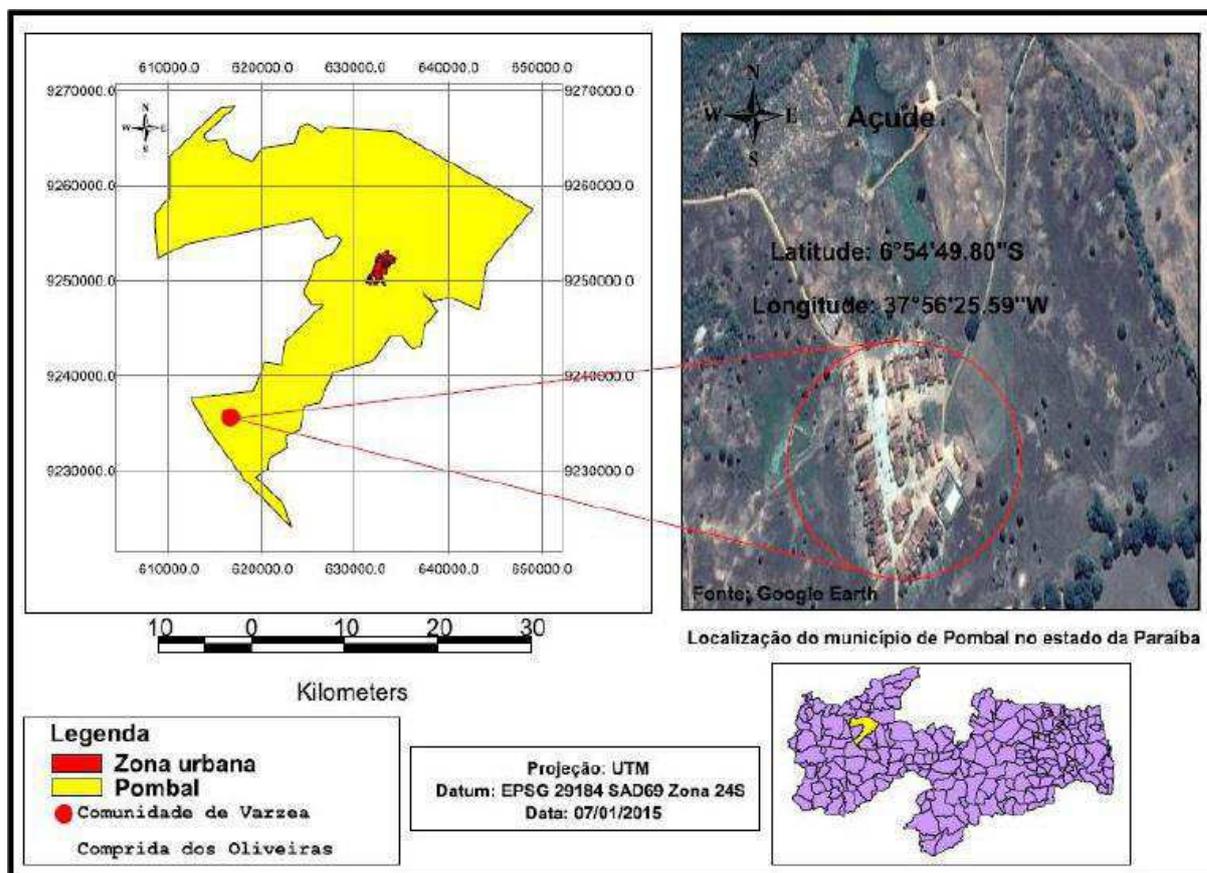
tecnologias que incentivem a atividade no sentido de trazer benefícios para grande parcela da população nacional.

A agricultura familiar caracteriza-se por produções em pequena escala distribuídas em diversas unidades agrícolas independentes. Tal característica somada à demanda pelo produto colhido sugere aos produtores a organização em comunidades, buscando, dessa forma, uma parceria mútua entre quem planta e quem consome. Somados a este princípio, estão a necessidade da produção orgânica e o escoamento de alimentos de forma direta.

O espaço agrário nordestino é bastante diverso. A presença da agricultura e da pecuária é, historicamente, o fator predominante relacionado ao processo de ocupação territorial do interior da região. Atualmente, a produção agrícola de áreas como o sertão paraibano configura-se principalmente por meio da agricultura familiar.

Dentro do cenário de produção agrícola familiar nordestina, toma-se como exemplo a Comunidade de Várzea Comprida dos Oliveiras. A comunidade está distante 396 km da capital João Pessoa, limita-se ao Norte com o sítio Carnaúba, ao Sul com a cidade de Pombal-PB, ao Leste com sítio Açude Velho e a Oeste com o sítio Bezerra Amarrado.

FIGURA 3: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA COMUNIDADE DE VÁRZEA COMPRIDA DOS OLIVEIRAS: 11 KM DA SEDE DA CIDADE DE POMBAL- PB



Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA)

Nesta comunidade, os agricultores familiares são caracterizados como de pequeno e médio portes. Estes produzem tanto para o autoconsumo como para a comercialização. No primeiro caso, só produz para o próprio consumo, no segundo caso, comercializa o excedente daquilo que sobra de sua produção. Uma característica da agricultura familiar presente no espaço comunitário em estudo é a diversificação da produção, ou seja, os agricultores deixaram de lado a monocultura e estão produzindo vários alimentos para serem comercializados com o auxílio de políticas públicas disponibilizadas. (FORMIGA, 2015)

FIGURA 4: PLANTAÇÃO DE HORTALIÇAS NO NÚCLEO DA COMUNIDADE DE VÁRZEA COMPRIDA DOS OLIVEIRAS



Fonte: Formiga (2015)

Os agricultores das comunidades fazem uso do método cultural da lavoura matuta, a agricultura tradicional em que ainda se utiliza de ferramentas simples, como a enxada e arado manual. Devida a má distribuição das chuvas na região, os agricultores fazem uso, principalmente, da água de poço para realizar a irrigação da lavoura por meio de técnicas como o gotejamento. Os métodos de irrigação necessitam do uso de bomba centrífuga alimentada por energia elétrica para que a água seja então direcionada à sua finalidade.

Percebe-se que a Comunidade de Várzea Comprida dos Oliveiras caracteriza-se como um exemplo ideal para o estudo da agricultura familiar camponesa. A inexistência do uso da captação da água da chuva para cultivo das lavouras permite criar o desafio de mudar paradigmas e enriquecer os meios de viabilização e aperfeiçoamento da produção agrícola.

3 PROBLEMA DE PESQUISA

Será o armazenamento da água da chuva viável para irrigação de pequenas culturas de agricultura familiar? Existe um sistema tecnicamente eficiente e economicamente viável para se utilizar a água proveniente das precipitações em irrigação de pequenas proporções?

A presente pesquisa tomará como desafio propor um projeto de infraestrutura necessário ao armazenamento, proteção e distribuição da água da chuva para fins de irrigação de unidades de produção agrícola familiar da comunidade de Várzea Comprida dos Oliveiras.

O projeto torna-se atrativo ao propor a substituição de pontos específicos de abastecimento d'água, tais como poços e transporte por carro pipa. Entretanto, para que se obtenha o convencimento técnico necessário, convém analisar os seguintes aspectos:

- a) Há disponibilidade pluviométrica na região para o abastecimento?
- b) Qual o custo associado à construção do sistema de captação, proteção e distribuição?
- c) Há viabilidade econômica do projeto proposto? Qual o tempo de retorno para o investimento nesse projeto?

A busca pelas respostas aos questionamentos supracitados direcionará a presente pesquisa.

4 HIPÓTESE

O armazenamento da água de chuva é uma maneira tecnicamente eficiente e economicamente viável para utilização na irrigação de unidades agrícolas de agricultura familiar do sertão paraibano.

5 JUSTIFICATIVA

A relevante atenção dada aos recursos hídricos é resultado de um alto grau de dependência dos seres vivos pela água. A manutenção do corpo humano, a irrigação na agricultura para produção de alimentos, o funcionamento dos

ecossistemas (fauna e flora), a produção industrial e a geração de energia são exemplos que revelam a importância que tem que ser dada a esse recurso natural.

No Brasil, a Região Nordeste destaca-se por possuir a menor incidência de chuvas em âmbito nacional. Esta região, semiárida, apresenta sérios problemas sociais relacionados à baixa pluviosidade. A falta de água dificulta o desenvolvimento de atividades como agricultura e pecuária, provocando a falta de recursos econômicos para a população, que sofre com a fome e a miséria.

Diante das dificuldades relacionadas à disponibilidade hídrica do Nordeste, cresce de importância o desenvolvimento de pesquisas que enriqueçam os meios de conviver com as características pluviométricas da região.

6 OBJETIVOS

O presente trabalho tem o objetivo de apresentar um modelo tecnicamente eficiente e economicamente viável de fazer uso de águas pluviais de forma contínua, ou seja, sem interrupção em períodos críticos de estiagem, para a finalidade de emprego no cultivo agrícola de uma pequena agroindústria do sertão paraibano.

6.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar o consumo médio de água na agroindústria de horticultura;
- Mediante identificação de série histórica representativa, estabelecer médias mensais de pluviosidade para analisar a disponibilidade de água durante o ano;
- Confrontar a necessidade de água com a disponibilidade de chuvas para estabelecer o tamanho de reservatório suficiente para garantir o contínuo fornecimento de água independente do período do ano, seja ele de estiagem ou chuvoso para garantia da produção da agroindústria.
- Analisar a viabilidade econômica da construção da infraestrutura necessária para a captação e distribuição da água de chuva.

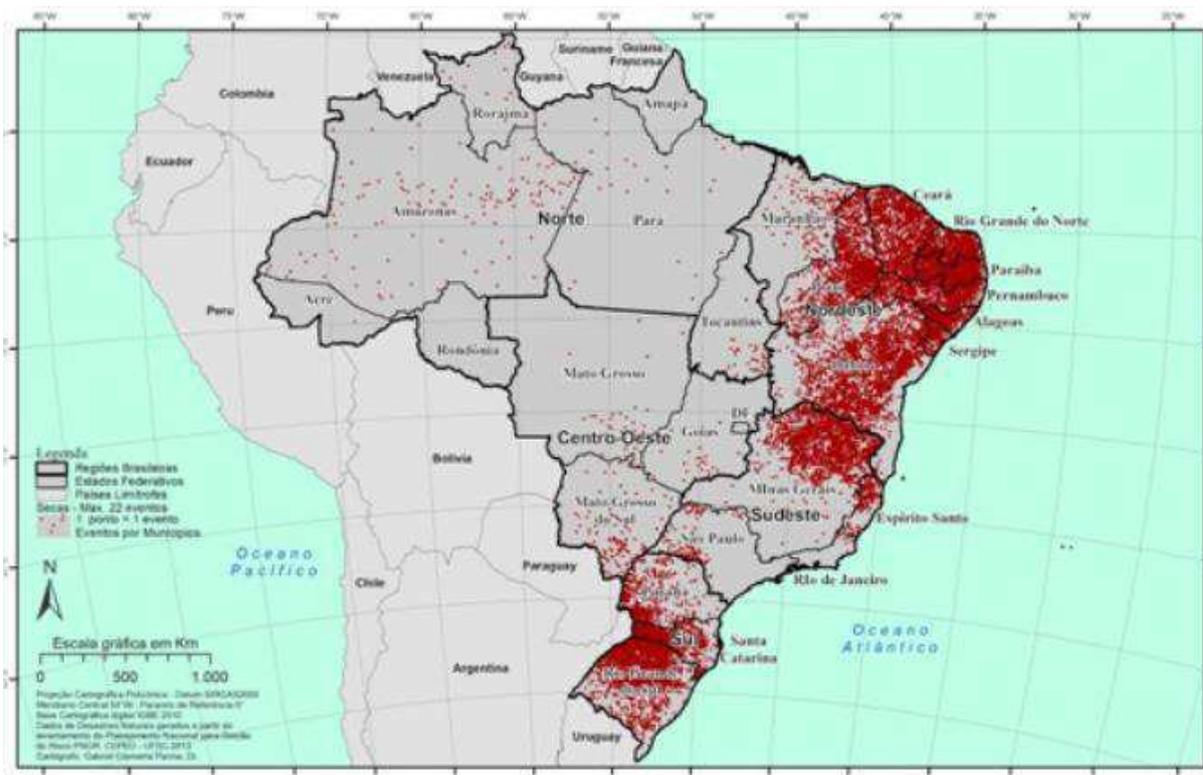
7 MATERIAL E MÉTODOS

7.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo consiste nas unidades de agricultura familiar da Comunidade Várzea Comprida dos Oliveiras em Pombal-PB. A região apresenta todas características necessárias para o desenvolvimento da presente pesquisa. Localizada em plena Região Semi-Árida brasileira, possui o regime de chuvas característico pela sua irregularidade e má distribuição durante o ano. Assim como as demais localidades nordestinas, Pombal-PB apresenta a média anual de pluviosidade abaixo de 1000 mm, com chuvas mal distribuídas e com ocorrências apenas na primeira metade do ano. Portanto, a utilização da região de Pombal-PB como estudo de caso para a presente pesquisa justifica-se pela similaridade de ocorrências pluviométricas com a característica pluviométrica geral da Região Nordeste, Semi-árida, que mais sofre os efeitos da seca.

De acordo com a classificação de Köppen o clima é Aw, do semiárido, com chuvas de verão e outono e a precipitação pluviométrica média anual de 800 mm, sendo os meses de fevereiro, março e abril os que mais chovem, concentrando 60 a 80% do total da precipitação anual (MOURA et al., 2011).

FIGURA 5: EM VERMELHO, ESTÃO REGISTROS DE ESTIAGEM E SECA NO BRASIL DE 1991 A 2012. OBSERVE O ESTADO DA PARAÍBA COMPLETAMENTE INSERIDO NO SETOR EM VERMELHO



Fonte: Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, de 1991 a 2012, CEPED UFSC, 2013.

Portanto, a similaridade de Pombal-PB com situação pluviométrica geral e mais grave do Nordeste permite que a presente pesquisa obtenha conclusões eficiente e generalizadas a respeito do assunto, podendo o método proposto ser utilizado para demais áreas que sofrem com o problema da seca.

7.2 CONSUMO DE ÁGUA

A vazão de abastecimento a ser selecionada será a do consumo de água relativo à irrigação de cultura agrícola praticada por unidades de agricultura familiar.

Será determinado um padrão de cultivo para que se estabeleça um valor de vazão representativo das produções agrícola das agroindústrias da Comunidade Várzea Comprida dos Oliveiras.

O objetivo principal da seleção dessa vazão é ter uma referência de consumo a ser atendido e, dessa forma, propor a utilização do armazenamento da água da chuva como forma a quebrar paradigmas na obtenção dos recursos hídricos para o cultivo agrícola familiar.

Determinada a cultura agrícola, será realizada pesquisa bibliográfica para identificação do consumo hídrico para seu cultivo. Importante considerar que a área de cultivo será estabelecida inicialmente. O abastecimento hídrico será obtido por unidade de área cultivada e a dimensão da área total produtiva a ser irrigada será determinada como uma premissa inicial, podendo ser modificada por meio de cálculo iterativo da disponibilidade hídrica pluvial *versus* abastecimento necessário após análise do resultado obtido com a premissa inicial.

A proposta de atendimento da vazão de irrigação do cultivo agrícola de cultura praticada na Comunidade Várzea Comprida dos Oliveiras permite obter conclusões reais a respeito da metodologia proposta na presente pesquisa.

Busca-se, dessa forma, ampliar o conhecimento sobre meios de obtenção de água para desenvolvimento na região Nordeste mais afetada pela seca.

7.3 PLUVIOSIDADE LOCAL

O monitoramento das águas no Brasil remonta ao Século XIX. Há dados pluviométricos datados de 1855 em Morro Velho-MG. O monitoramento meteorológico foi, em 1900, incorporado como serviço público federal, sendo, na ocasião, criadas entidades para gerenciamento das informações no âmbito nacional.

Atualmente, a Agência Nacional de Águas (ANA) é o órgão governamental responsável pela coordenação da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN). Segundo inventário da ANA em 03/04/2018, a RHN abriga 4.641 pontos de monitoramento no país, divididos em estações que coletam parâmetros relacionados aos rios e as chuvas.

O gerenciamento dos dados hidrológicos das estações meteorológicas é realizado pela ANA por meio do Portal Hidroweb.

O Portal HidroWeb é uma ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) e oferece o acesso ao banco de dados que contém todas as informações coletadas pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), reunindo dados de níveis fluviais, vazões, chuvas, climatologia, qualidade da água e sedimentos. Trata-se de uma importante ferramenta para a sociedade e instituições públicas e privadas, pois os dados coletados pelas estações hidrometeorológicas são imprescindíveis para a gestão dos recursos hídricos e diversos setores econômicos, como geração de energia, irrigação, navegação e indústria, além do projeto, manutenção e operação de infraestrutura hidráulica de pequeno e grande porte, como barragens, drenagem pluvial urbana e mesmo bueiros e telhados. Os dados disponíveis no Portal HidroWeb se referem à coleta convencional de dados hidrometeorológicos, ou seja, registros diários feitos pelos observadores e medições feitas em campo pelos técnicos em hidrologia e engenheiros hidrólogos (ÁGUAS, 2019).

Diante da disponibilidade de dados hidrológicos da região de estudo, Pombal-PB, será selecionada a estação meteorológica mais próxima, com série histórica de maior consistência de dados e de maior período de observação. O objetivo da seleção é permitir a identificação de dados representativos da ocorrência pluviométrica da região, permitindo, dessa forma, uma maior similaridade com futuras ocorrências de chuvas para área de estudo.

Identificada a série histórica mais adequada por meio do Portal Hidroweb, será realizado o tratamento estatístico dos dados coletados, de modo a determinar as médias históricas de precipitações mensais dentro do período de observação disponível.

Os dados de precipitações médias mensais serão importantes para análise da disponibilidade hídrica local, categórica etapa na verificação da viabilidade da captação da água de chuva para uso na agricultura familiar.

7.4 REGULARIZAÇÃO DE VAZÃO

Regularizar uma vazão de abastecimento hídrico consiste em criar mecanismos necessários para garantir o atendimento contínuo desse abastecimento. Quando não se possui estabilidade na obtenção da água, faz-se

necessária a criação de um reservatório de armazenamento suficientemente grande para atender aos períodos críticos em que a vazão de obtenção da água é menor que sua vazão de abastecimento.

Utilizar a chuva como meio de obtenção de água para garantir uma vazão de abastecimento diária obriga a criação de reservatório para regularização de uma determinada vazão, pois a imprevisibilidade das ocorrências pluviométricas não permite a garantia da disponibilidade hídrica contínua.

Em se tratando de procedimento de cálculo para dimensionamento de reservatório regularizador de vazão, o Método de Rippl se destaca por ser o mais comumente utilizado para aproveitamento da água de chuva. Geralmente, apresenta o valor extremo do volume do reservatório em relação a outros métodos, sendo esse resultado importante para obtenção de uma referência máxima ou para um dimensionamento a favor da segurança (TOMAZ, 2003).

Para que uma vazão de consumo seja sempre atendida, faz-se necessário o armazenamento de água em períodos chuvosos com o objetivo da utilização em períodos de estiagem. O método de Rippl para regularização de vazão consiste em procedimento de cálculo para determinação do reservatório capaz de garantir o abastecimento de água constante e ininterrupto durante todo ano. Basicamente, o método busca fazer um balanço de massas com a disponibilidade de água *versus* seu consumo periódico.

Os dados de disponibilidade hídrica são obtidos através de séries históricas de precipitação do local de estudo. Os dados deverão ser organizados de maneira periódica, de modo que se obtenha uma tabela onde relacionam-se determinados períodos com sua respectiva característica de ocorrência chuvosa.

Geralmente se usa uma série histórica de precipitações mensais o mais longo possível para se aplicar o método de Rippl. Em nosso caso as precipitações se transformam em vazões que se dirigem ao reservatório (TOMAZ, 2003).

Com os dados de disponibilidade hídrica e os dados de consumo de água, faz-se um balanço hídrico: a demanda periódica a ser atendida subtraída da quantidade de água da chuva disponível no mesmo período considerado.

Adotando a convenção de subtrair o consumo da disponibilidade, os resultados desse balanço hídrico serão: valores negativos, nos períodos em que existe mais disponibilidade hídrica do que consumo de água, e valores positivos, indicando que o volume de demanda supera o volume de água disponível.

Para determinar o volume do reservatório necessário para que não falte água, considera-se a premissa inicial de que o reservatório está cheio, faz-se a soma acumulada do balanço hídrico. Deve-se desconsiderar os valores negativos dessa soma acumulada quando o reservatório está cheio, pois, nesses casos, haverá o extravasamento teórico do reservatório. O maior dos valores da soma acumulada corresponderá ao tamanho do reservatório a ser considerado como suficiente para regularizar a vazão selecionada.

A tabela a seguir exemplifica a metodologia de cálculo utilizada na determinação do reservatório regularizador de vazão:

TABELA 1: EXEMPLO DE CÁLCULO DO MÉTODO DE RIPPL PARA REGULARIZAÇÃO DE VAZÃO

<u>RIPPL</u>	CONSUMO MENSAL (A)	VOLUME DE ÁGUA CAPTÁVEL PROVENIENTE DA PRECIPITAÇÃO (B)	SALDO: CONSUMO - VOLUME DE CHUVA (C)	VOLUME VAZIO DO RESERVATÓRIO (SOMA ACUMULADA DO BALANÇO HÍDRICO, DESCONSIDERANDO VALORES QUANDO CHEIO) (D)	SITUAÇÃO DO RESERVATÓRIO
MÊS	A	B	C = A - B	SE [C + (D do mês anterior)] < 0 => => D = 0	EXTRAVASANDO
				SE [C + (D do mês anterior)] > 0 => => D = [C + (D do mês anterior)]	ESVAZIANDO SE C < 0 ENCHENDO SE C > 0
				INÍCIO: RESERVATÓRIO CHEIO (D = 0)	
JAN	8 M ³	22 M ³	-14 M ³ (DE SOBRA)	0 M ³	EXTRAVASANDO
FEV	8 M ³	19 M ³	-11 M ³ (DE SOBRA)	0 M ³	EXTRAVASANDO
MAR	8 M ³	18 M ³	-10 M ³ (DE SOBRA)	0 M ³	EXTRAVASANDO
ABR	8 M ³	7 M ³	1 M ³ (DE FALTA)	1 M ³	ESVAZIANDO
MAI	8 M ³	7 M ³	1 M ³ (DE FALTA)	2 M ³	ESVAZIANDO
JUN	8 M ³	4 M ³	4 M ³ (DE FALTA)	6 M ³	ESVAZIANDO
JUL	8 M ³	3 M ³	5 M ³ (DE FALTA)	11 M ³	ESVAZIANDO
AGO	8 M ³	2 M ³	6 M ³ (DE FALTA)	17 M ³	ESVAZIANDO
SET	8 M ³	7 M ³	1 M ³ (DE FALTA)	18 M³ *	ESVAZIANDO
OUT	8 M ³	10 M ³	-2 M ³ (DE SOBRA)	16 M ³	ENCHENDO
NOV	8 M ³	9 M ³	-1 M ³ (DE SOBRA)	15 M ³	ENCHENDO
DEZ	8 M ³	17 M ³	-9 M ³ (DE SOBRA)	6 M ³	ENCHENDO
* O MÁXIMO VOLUME VAZIO (D) CORRESPONDERÁ AO TAMANHO DO RESERVATÓRIO NECESSÁRIO PARA REGULARIZAR A VAZÃO					

Fonte: Do autor

Obter a regularização da vazão depende, portanto, de calcular o volume de reservatório que atende a vazão de consumo durante todo o período em que a vazão de abastecimento é menor que a demanda por água.

7.5 INFRAESTRUTURA NECESSÁRIA

Determinado o tamanho do reservatório necessário para regularizar a vazão, será elaborado um projeto com a implantação dos dispositivos para captação da água da chuva em padrões construtivos já consagrados na construção civil nacional.

Serão previstos no projeto de implantação, os seguintes componentes: calhas de captação aproveitando ao máximo a área de telhado existente e disponível, reservatórios na quantidade e tamanho que atendam ao volume dimensionado para regularização da vazão local, estrutura de sustentação dos reservatórios, que deverão ficar o mais elevado possível para o aproveitamento da carga hidráulica, tubos condutores e conexões para armazenamento e distribuição de água.

7.6 VIABILIDADE ECONÔMICA

Definido o projeto da captação de águas pluviais, serão selecionados insumos representativos para o custo da obra, considerando a classificação estatística ABC de materiais, baseada no princípio de Pareto, em que se considera a importância dos materiais, em virtude de suas quantidades utilizadas e de seu valor associado.

Portanto, os componentes a serem selecionados representarão os insumos mais representativos do valor total da obra, sendo responsáveis por aproximadamente 90% do custo financeiro total da construção completa da infraestrutura.

O princípio da classificação ABC ou curva 80 – 20 é atribuído a Vilfredo Pareto. Trata-se de uma ferramenta gerencial que permite identificar quais itens justificam atenção e tratamento adequados quanto à sua importância relativa (PEREIRA, 2019).

O orçamento da obra será elaborado utilizando custos unitários de materiais e serviços da tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). O SINAPI é uma tabela utilizada no orçamento de obras em geral, financiada pela Caixa Econômica Federal e elaborada pelo IBGE. A tabela tem o objetivo principal de informar os custos e índices da construção civil para fins de orçamentação de referência para órgãos públicos em geral.

Para o presente trabalho, o uso da mais recente tabela SINAPI elaborada para o Estado da Paraíba e dos insumos da classificação ABC da obra permitirão a obtenção de orçamento próximo da real necessidade financeira associada à construção da infraestrutura necessária para a captação da água de chuva.

Após determinação do custo total da infraestrutura necessária será analisada a viabilidade econômica da implantação da obra. A análise será realizada através da determinação do tempo de retorno necessário para que o investimento se pague em virtude da economia relacionada ao uso da água da chuva em detrimento de outros meios disponíveis.

8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

8.1 A CULTURA AGRÍCOLA

Na comunidade Várzea Comprida dos Oliveiras, Pombal-PB, é identificado que a cultura agrícola mais rentável e praticada na região é o coentro, sendo, portanto, o carro chefe da produção agrofamiliar local (SOUSA, 2014).

Diante do cenário, serão utilizadas as características do cultivo do coentro como forma a obter um abastecimento hídrico representativo da cultura agrícola praticada na Comunidade do nosso estudo de caso.

A seleção da cultura do coentro torna-se interessante por permitir a obtenção de resultados que podem ser colocados em prática, pois trata-se de um cultivo do cotidiano do agricultor local.

As conclusões da presente pesquisa poderão, desse modo, ser levadas ao agricultor como uma nova forma de enriquecer suas tecnologias disponíveis de obtenção de água para cultivo agrícola, cabendo, nesse momento, a análise do agricultor sobre a viabilidade de implantação dessa nova forma de obtenção hídrica para sua agroindústria em particular.

8.2 A IRRIGAÇÃO DA CULTURA AGRÍCOLA

Herbácea folhosa da família das Apiaceae, o coentro é uma planta condimentar e destaca-se por sua riqueza em proteínas. Hortaliça tolerante ao calor, de fácil cultivo e com curto ciclo de produção quando comparados a outras culturas.

Em se tratando de necessidade hídrica, define-se a evapotranspiração de uma cultura (ET_c) como sendo a quantidade de água utilizada por uma cultura em qualquer fase de seu desenvolvimento, desde o plantio até sua colheita.

Segundo Tavares (2016), o valor médio da evapotranspiração, necessidade hídrica, do coentro dentro de seu ciclo de desenvolvimento é de 139,8 mm, com valor médio diário de 4,04 mm/d.

Atender à essa vazão de abastecimento, com média diária de 4,04 litros/m², é fundamental para que se garanta a produtividade do cultivo.

Na agricultura, a irrigação é fundamental para eliminar o risco de deficiência hídrica nos cultivos, aumentar a produtividade, garantir a produção de alimentos e intensificar o uso da terra. Por outro lado, a elevada demanda de água em projetos de irrigação no Brasil exige racionalização no seu uso por meio de alternativas que proporcionem maior eficiência no uso da água (RASSINI, 2002).

Portanto, o atendimento diário contínuo dessa vazão de abastecimento, 4,04 litros/m², corresponde ao objetivo principal a ser atingido com o dispositivo de captação da água da chuva proposto no presente trabalho.

8.3. DADOS DE PRECIPITAÇÃO

A determinação da disponibilidade hídrica proveniente das chuvas depende da identificação dos seguintes fatores: dados pluviométricos local, área de captação disponível e do coeficiente de escoamento superficial (Runoff).

Os dados pluviométricos foram obtidos através do uso do portal *HidroWeb*, disponibilizado pela Agência Nacional de Água (ANA), onde obteve-se a série histórica de precipitações da estação meteorológica de Pau Ferrado, localizado no próprio município de Pombal/PB, código da estação 637074, latitude -6.9658 e longitude -37.9242, operada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e sob a responsabilidade da ANA.

A série histórica selecionada possui dados de precipitação do período compreendido entre 1994 a 2018, sendo, portanto, uma série histórica de tamanho suficiente, 24 anos, para se obter uma boa representatividade das características meteorológica do local estudado na presente pesquisa.

O tamanho da série histórica, considerado no dimensionamento do reservatório, influencia o nível de garantia de abastecimento. Isso ocorre porque séries históricas extensas, entre 15 e 24 anos, englobam, em seus dados, variações sazonais que séries históricas pequenas não abrangem (MITCHELL et al., 2008).

Após a identificação de uma estação meteorológica com dados de precipitação diários referentes a um longo período, foi feito o *download* do *Portal Hidroweb*, sítio da ANA, e exportação dos dados dessa estação para o *software Microsoft Excel*. Os dados exportados apresentaram as ocorrências pluviométricas diárias de todo período e por intermédio de ferramentas estatísticas do *Excel*, os dados foram organizados da seguinte forma:

- a) Somou-se as precipitações diárias de cada mês, ano a ano, obtendo os totais de precipitação de todos meses separados por ano, período 1994 a 2018.
- b) Foram calculadas as médias de precipitação dos anos em cada mês, determinando as médias de precipitações mensais para o período disponibilizado.

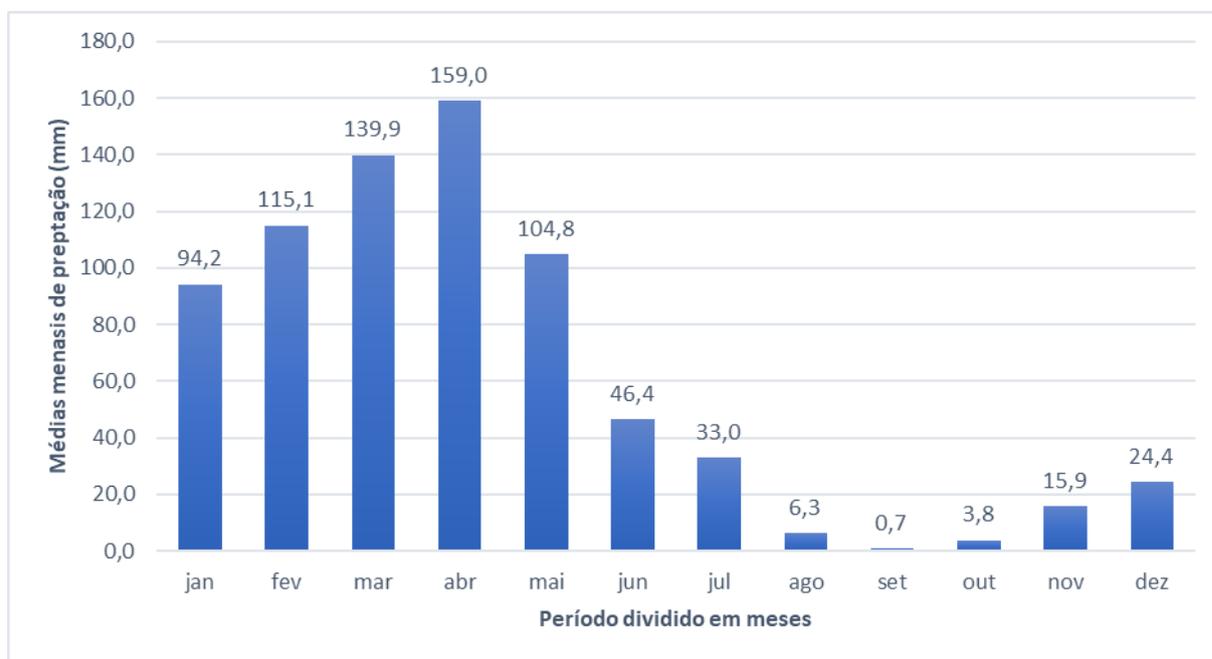
Segue a tabela obtida na organização das precipitações em pauta e o gráfico com o resumo dos dados calculados:

TABELA 2: TOTAL DE PRECIPITAÇÃO MENSAL ANO A ANO

Mês Ano	OCORRÊNCIA PLUVIOMÉTRICA (MM)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1994	105,4	132,2	212,2	245,6	151,4	122,5	52,2	4,3	0	0	0	0
1995	115,9	88,4	146,4	186,6	223,4	48,8	68,6	0	0	0	128,4	0
1996	111,4	103,6	59	411	168,4	11,4	42,6	17,4	0	0	4,6	2,6
1997	126,8	75	87,5	207,8	67	0,2	8,7	0	0	0	0	11
1998	106	47,8	39,3	13,9	2,1	1,2	15	0	1,2	0	0	0
1999	24,3	23,6	135,4	61,5	204,8	10,5	4,4	0	0	12,4	6,5	88
2000	142,3	230,6	177,8	108,2	158	36,1	47,5	38,5	9,9	0	0	40,5
2001	17,5	19	76	80	25	45,3	22,5	1,5	0	8	48,6	3
2002	324,5	135,1	238,5	290,4	116,3	71,2	0	0	0	0	0	0
2003	148,4	161,4	213,7	129,4	135,6	39,2	27	0	0	0	0	8
2004	301,5	270,8	165,2	124,4	64	146,5	32,7	0	0	0	0	0
2005	31	88,5	105,1	68,9	101,6	100,3	0	3	0	0	0	43
2006	0	100,5	88,6	169,2	278,8	0	20,3	3	0	1,5	0	19
2007	0	325,1	144,5	139,7	53,3	65,2	16	2,5	0	0	0	1,4
2008	67	39,3	468,4	199,4	226,7	44,7	60,2	29,5	0	0	0	0
2009	54,2	108,3	186,1	280,1	252,3	97,9	113,5	50,4	0	0	3	88,6
2010	61,4	32,5	51,9	246,4	10	47	11,2	0	0	62,3	0	46,7
2011	265,6	115,7	58,4	215,7	101,3	49,4	81,5	0	0	12	84,4	0
2012	72,4	108,8	69,7	37,5	5	8,9	0	0	0	0	0	0
2013	56	116,3	93,7	112,6	56,7	120,3	50,3	7	0	0	69,8	147,5
2014	9,7	120,8	183	210,4	106,9	6,8	34,9	0	7,5	0	10	1,7
2015	6,7	129,6	211	75,8	8,5	26,6	31,1	0	0	0	0	11,6
2016	93,2	41,3	107,1	62,3	11,5	15,6	0	0	0	0	0	23,5
2017	15,9	151,6	50,6	64,1	36,9	31,6	84,1	0	0	0	4,3	14,8
2018	98,8	110,9	129,2	235,2	54	13,1	0	0	0	0	38,3	60
Média	94,2	115,1	139,9	159,0	104,8	46,4	33,0	6,3	0,7	3,8	15,9	24,4

Fonte: Do autor

TABELA 3: MÉDIAS MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE PAU FERRADO, POMBAL/PB, NO PERÍODO ENTRE 1994 E 2018



Fonte: Do autor

8.4 ÁREA DE CAPTAÇÃO

Na busca pela área de telhado disponível para a captação da chuva, tomou-se como referência a arquitetura desenvolvida no estudo do eco residência sustentável desenvolvida por Ferreira (2008) para aplicação no sertão paraibano.

A residência foi construída no município de São José do Sabugí, no sertão paraibano, por métodos ambientalmente corretos, seguindo essa linha de pensamento não se pode deixar de aplicar tecnologias que reduza os impactos ambientais de uma construção do gênero. (FERREIRA, 2008)

Dentre os aspectos considerados no desenvolvimento da pesquisa de Ferreira (2008), está a adequação da residência para a manutenção dos aspectos de ambiência na habitação do sertanejo. Desse modo, entende-se que as dimensões consideradas na arquitetura do eco residência são adequadas para representação do tamanho médio das habitações rurais do local de estudo da presente pesquisa.

Portanto, em conformidade com os dados arquitetônicos da eco residência de Ferreira (2008), será estabelecida, para a presente pesquisa, a seguinte área de captação para água da chuva: 66 m².

FIGURA 6: ECO RESIDÊNCIA FINALIZADA COM SISTEMA DE APROVEITAMENTO E DIRECIONAMENTO DAS ÁGUAS DAS CHUVAS



Fonte: Ferreira (2008)

FIGURA 7: DETALHE DOS FUNDOS E LATERAL ESQUERDA DA RESIDÊNCIA MOSTRANDO O ASPECTO VISUAL DO TELHADO EM DIAGONAL COM 66 M² DE ÁREA



Fonte: Ferreira (2008)

8.6 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO (RUNOFF)

Para a determinação do coeficiente de escoamento do telhado da residência, foi adotada a consagrada bibliografia da *American Society of Civil Engineer (ASCE)*, vastamente utilizada para trabalhos de hidrologia aplicada à engenharia.

No livro *Design and Construction of Sanitary and Stormwater Management System* (ASCE, 1969) é apresentada a faixa de 0,75 a 0,95 para o coeficiente de escoamento em telhados residenciais.

TABELA 4: VALORES DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO

SUPERFÍCIE	INTERVALO	VALOR ESPERADO
ASFALTO	0,70 - 0,95	0,83
CONCRETO	0,80 - 0,95	0,88
CALÇADAS	0,75 - 0,85	0,80
TELHADO	0,75 - 0,95	0,85

Fonte: ASCE (1969)

Em conformidade com tal bibliografia, foi adotado para a presente pesquisa o valor médio da faixa apresentada, 0,85. Por definição, este valor representa a razão entre o volume de água escoado no telhado e o volume de água precipitado, caracterizando, desse modo, as perdas ocorridas, principalmente, pela permeabilidade e capacidade de infiltração da superfície.

8.7 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

De posse da vazão de abastecimento a ser atendida, item 8.2, dos dados pluviométricos, item 8.4, da área de captação e do coeficiente de escoamento, item 8.5, pode-se calcular o tamanho do reservatório regularizador de vazão conforme sequência a seguir:

- a) Calcula-se o volume de água de chuva disponível de cada mês multiplicando-se a precipitação mensal, mm ou L/m², pela área de captação, m². O coeficiente de runoff deverá ser multiplicado para caracterizar as perdas ocorridas no escoamento da água na superfície de captação;

TABELA 5: VOLUME DE ÁGUA DA CHUVA POSSÍVEL DE SER CAPTADO NO MÊS

	MÉDIAS DE PRECIPITAÇÃO MENSAL (MM OU L/M ²)	ÁREA DE CAPTAÇÃO (M ²)	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO (RUNOFF)	VOLUME DE ÁGUA DA CHUVA (LITROS)
MÊS	(A)	(B)	(C)	(D)=(A)*(B)*(C)
JAN	94,2	66	0,85	5.287
FEV	115,1	66	0,85	6.455
MAR	139,9	66	0,85	7.850
ABR	159,0	66	0,85	8.922
MAI	104,8	66	0,85	5.878
JUN	46,4	66	0,85	2.604
JUL	33,0	66	0,85	1.850
AGO	6,3	66	0,85	353
SET	0,7	66	0,85	42
OUT	3,8	66	0,85	216
NOV	15,9	66	0,85	893
DEZ	24,4	66	0,85	1.371

Fonte: Do autor

- b) O cálculo da demanda mensal de água deverá partir de uma estimada área inicial para cultura do coentro. Na presente pesquisa, será adotada a área inicial de 10 m² para o cultivo do coentro. Multiplicando-se a área a irrigar pela vazão de abastecimento, 4,04 litros/m², obtem-se a vazão de abastecimento diária, 40,4 litros /dia. Então, multiplica-se esse valor por 30 dias para obter a vazão de abastecimento mensal, 1.212 litros/mês;
- c) Calcula-se o saldo de água para cada mês, subtraindo a demanda mensal de água e o volume d'água disponibilizado pela chuva e calculado no item anterior. O saldo negativo indicará que a chuva ofereceu mais água que a necessária para o abastecimento, já o saldo positivo indicará a quantidade de água que faltou para atender, naquele mês, a demanda mensal por água;

TABELA 6: CÁLCULO DO SALDO MENSAL DE ÁGUA

	DEMANDA MENSAL (M ³)	VOLUME DE ÁGUA DA CHUVA (M ³)	DIFERENÇA (M ³)
MÊS	(A)	(B)	(C) = (A) - (B)
JAN	1,21	5,29	- 4,07
FEV	1,21	6,46	- 5,24
MAR	1,21	7,85	- 6,64
ABR	1,21	8,92	- 7,71
MAI	1,21	5,88	- 4,67
JUN	1,21	2,60	- 1,39
JUL	1,21	1,85	- 0,64
AGO	1,21	0,35	0,86
SET	1,21	0,04	1,17
OUT	1,21	0,22	1,00
NOV	1,21	0,89	0,32
DEZ	1,21	1,37	- 0,16

Fonte: Do autor

- d) Considerando a premissa inicial de que o reservatório está cheio, verifica-se, pelo balanço hídrico do primeiro mês (janeiro), que o reservatório irá extravazar ou reduzir seu nível. Para os meses seguintes, faz-se a mesma análise considerando a condição do nível do reservatório ao final do mês anterior. Lembrar que o volume que extravaza, deverá ser desconsiderado para o mês seguinte, pois, durante o extravazamento, o reservatório estará cheio e não modificará seu nível d'água.

Tabela 7: análise dos níveis do reservatório mês a mês

	DEMANDA MENSAL (M ³)	VOLUME DE ÁGUA DA CHUVA (M ³)	DIFERENÇA (M ³)	SOMA ACUMULADA DE (C)	SITUAÇÃO DO RESERVATÓRIO
MÊS	(A)	(B)	(C) = (A) - (B)	INÍCIO	CHEIO
JAN	1,21	5,29	- 4,07	0,0	EXTRAVASANDO
FEV	1,21	6,46	- 5,24	0,0	EXTRAVASANDO
MAR	1,21	7,85	- 6,64	0,0	EXTRAVASANDO
ABR	1,21	8,92	- 7,71	0,0	EXTRAVASANDO
MAI	1,21	5,88	- 4,67	0,0	EXTRAVASANDO
JUN	1,21	2,60	- 1,39	0,0	EXTRAVASANDO
JUL	1,21	1,85	- 0,64	0,0	EXTRAVASANDO
AGO	1,21	0,35	0,86	0,9	ESVAZIANDO
SET	1,21	0,04	1,17	2,0	ESVAZIANDO
OUT	1,21	0,22	1,00	3,0	ESVAZIANDO
NOV	1,21	0,89	0,32	3,3	ESVAZIANDO
DEZ	1,21	1,37	- 0,16	3,2	ENCHENDO

Fonte: Do autor

Seguindo a metodologia da regularização de vazão de Rippl, o tamanho do reservatório será o maior dos valores da soma acumulada do balanço hídrico, 3,3 m³. Esse volume corresponde ao momento mais crítico da necessidade de água do ano. Tendo um reservatório com esse volume cheio no início do ano, haverá, portanto, a regularização da vazão, de modo que não falte água para atender a vazão inicialmente estabelecida durante todo ano.

Estabelecido o tamanho do reservatório, 3,3 m³, nota-se que a sobra de água correspondente às precipitações de janeiro, 4,07 m³, será suficiente para encher anualmente o reservatório, garantindo que a premissa de que o reservatório esteja inicialmente cheio seja sempre atendida pela característica pluviométrica da região no início do ano.

8.8 PROJETO DE INFRAESTRUTURA

A infraestrutura necessária para a captação e armazenamento da água de chuva contém os seguintes componentes presentes na classificação estatística ABC de materiais para a obra:

- i) Caixas d'água;
- ii) Calhas de captação;
- iii) Estrutura de sustentação das caixas d'água;
- iv) Tubos condutores; e
- v) Conexões.

O projeto de implantação levou em consideração as dimensões arquitetônicas do eco residência de Ferreira (2008): telhado com dois caimentos (duas águas), comprimento mais baixo de cada água do telhado com 8 metros, e pé direito de 2,80 metros de altura.

Ciente da necessidade de distribuição da água na irrigação do coentro, optou-se por aproveitar ao máximo a carga hidráulica proveniente da altura do telhado da residência.

O método de irrigação utilizado foi o localizado por gotejamento, o abastecimento para o canteiro consistia em cinco reservatórios com capacidade de 18 litros, que se encontravam a um metro de altura do solo, o sistema funcionava por gravidade e conseguia ter a pressão para manter água por todo o canteiro. (SANTOS et al., 2015)

Diante da possibilidade de garantir a distribuição da água por gravidade, buscou-se reservatórios comerciais comuns com modesta altura, de modo que o nível inferior do reservatório permitisse uma carga hidráulica mínima de 1 metro em relação à área da cultura de coentro a irrigar.

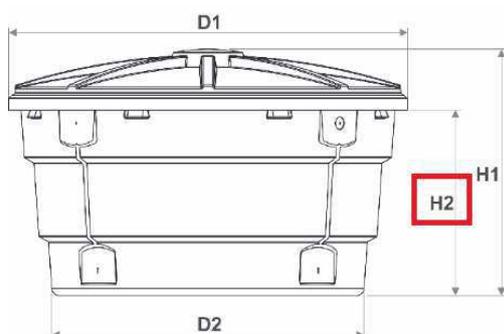
Portanto, levando em consideração a garantia do abastecimento por gravidade, chegou-se a conclusão de se obter um maior custo benefício na utilização de 3 caixas d'água de 1000 litros, 0,77 metros de altura, e uma caixa d'água de 500 litros, 0,58 metros de altura, obtendo um volume compatível e superior ao dimensionamento calculado na regularização da vazão, 3,3 m³. Diante do pé direito de 2,80 metros, permitiu-se uma altura hidráulica maior do que 2 metros no nível mais baixo dos reservatórios.

FIGURA 8: CASA ECO SUSTENTÁVEL COM DISPOSITIVO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA. O DESENHO APRESENTA 3 CAIXAS D'ÁGUA DE 1000 LITROS E 1 CAIXA D'ÁGUA DE 500 LITROS



Fonte: Do autor

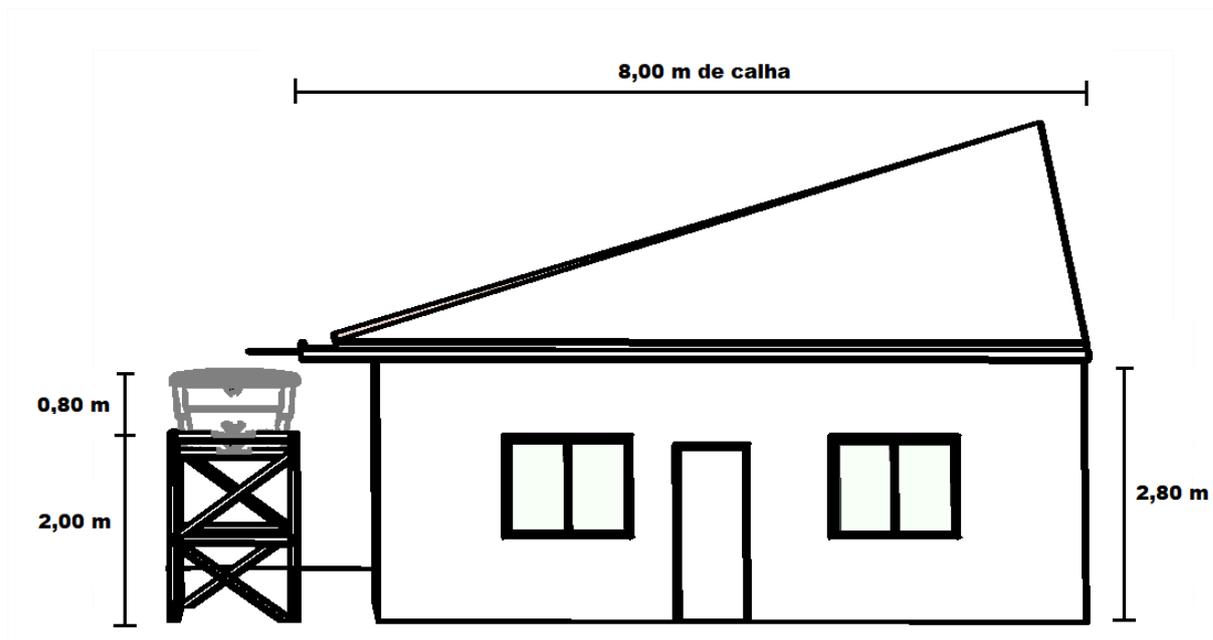
FIGURA 9: RESERVATÓRIO COMERCIAL SELECIONADO E A ALTURA MÁXIMA DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA PARA 500 E 1000 LITROS



		Dimensões (mm)				
Cotas	310	500	750	1000	1500	
D1	1039,0	1212,0	1308,0	1440,0	1702,2	
D2	812,9	978,3	1053,9	1148,3	1419,4	
H1	644,0	719,0	861,7	941,0	980,0	
H2	523,4	573,1	702,7	765,0	768,4	

Fonte: catálogo de caixas d'água (TIGRE, 2019)

FIGURA 10: COTAS DO PROJETO DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA NA CASA ECO SUSTENTÁVEL. ALTURA HIDRÁULICA DE 2 METROS PARA APROVEITAMENTO DA ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL



Fonte: Do autor

8.9 ORÇAMENTAÇÃO

O orçamento foi elaborado utilizando o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção (SINAPI), que consiste em tabela mensalmente atualizada pelo IBGE cujos dados refletem os preços praticados nos mercados da construção civil de cada estado para materiais, equipamentos e mão de obra.

O valor da obra tomou por base o orçamento das quantidades dos itens apresentados no projeto da infraestrutura de captação, com preços do mês de outubro de 2019 no estado da Paraíba.

Sabendo que as composições de custos apresentadas na tabela SINAPI levam em consideração os valores associados à mão de obra, materiais e equipamentos, tomou-se o cuidado de retirar do orçamento o montante financeiro relacionado à mão de obra, pois, dada a baixa complexidade dos serviços, considerou-se que a execução poderia ficar a cargo do proprietário.

TABELA 8: ORÇAMENTO DA INFRAESTRUTURA DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

ITEM	CÓDIGO DA COMPOSIÇÃO (SINAPI)	DESCRIÇÃO	UND	QTDE	PREÇO UNITÁRIO	VALOR TOTAL
1	88503	CAIXA D'ÁGUA EM POLIETILENO, 1000 LITROS, COM ACESSÓRIOS	UN	3	R\$ 404,40	R\$ 1.213,20
2	88504	CAIXA D'ÁGUA EM POLIETILENO, 500 LITROS, COM ACESSÓRIOS	UN	1	R\$ 273,45	R\$ 273,45
3	74144/002	SUPORTE APOIO CAIXA D AGUA BARROTES MADEIRA	M	80	R\$ 19,36	R\$ 1.548,80
4	100434	CALHA DE BEIRAL, SEMICIRCULAR DE PVC, DIAMETRO 125 MM, INCLUINDO CABECEIRAS, EMENDAS, BOCAIS, SUPORTES E VEDAÇÃO	M	16	R\$ 45,48	R\$ 727,68
					TOTAL	R\$ 3.763,13

Fonte: Do autor

8.10 VIABILIDADE ECONÔMICA

Na busca por um meio de comparar o gasto associado à construção da infraestrutura necessária à captação da água da chuva, optou-se por identificar os gastos associados ao transporte da água na Operação Carro Pipa (OCP).

Administrada pelo Exército Brasileiro e financiada pelo Governo Federal, a OCP tem o objetivo de abastecer as cisternas existentes nas residências do meio rural nordestino para amenizar os efeitos da seca.

A seleção da OCP para análise da viabilidade econômica ocorreu em virtude da possibilidade de mensuração do preço da água por m³ transportado até o reservatório. Com o uso da água da chuva, o mesmo reservatório será preenchido sem o gasto relacionado ao transporte da água pelo carro pipa, gerando, dessa forma, economia financeira no abastecimento hídrico.

Regulamentado pelo Comando Militar do Nordeste (CMNE) do Exército Brasileiro, o valor a ser pago pelo transporte de água na OCP é calculado por meio

da determinação do Momento de Transporte (MT) para cada localidade a ser abastecida, seguindo a seguinte fórmula:

$$MT = V \times D \times IM$$

Onde,

- MT: momento de transporte (R\$);
- V: volume transportado (m³);
- D: distância do manancial ao ponto de abastecimento (Km);
- IM: índice multiplicador (R\$/m³.Km), corresponde ao valor financeiro de cada unidade de Volume x Distância (m³.Km).

O índice multiplicador é aplicado conforme as características da estrada a ser trafegado pelo carro pipa, de acordo com a tabela abaixo:

TABELA 9: VALORES DO ÍNDICE MULTIPLICADOR DE ACORDO COM O TIPO DE RODOVIA

TIPO DE RODOVIA	ÍNDICE MULTIPLICADOR
ESTRADA 100% SEM ASFALTO (CHÃO)	0,60
ESTRADA MISTA (MAIS CHÃO DO QUE ASFALTO)	0,56
ESTRADA MISTA (MAIS ASFALTO DO QUE CHÃO)	0,54
ESTRADA COM 100 % DE ASFALTO	0,52
TRECHOS ECONOMICAMENTE INVIÁVEIS	ATÉ 0,91*
ESTRADA QUE EXIGE O USO DE TRATOR	1,13
*MEDIANTE AUTORIZAÇÃO	

Fonte: Anexo C à OS Nr 011 – Escritório OCP/CMNE de 2019

Foi identificado, por intermédio do Escritório da OCP no 1º Batalhão de Engenharia de Construção (1ºBEC), que o manancial que abastece os carros pipa destinados à comunidade Várzea Comprida dos Oliveiras está localizado nas coordenadas geográficas: - 5° 33' 34,75" S; - 37° 17' 37,26" O, distante 221,8 km da comunidade, dos quais 27,8 km são não pavimentados (chão) e 194 km são de rodovia pavimentada com asfalto. Portanto, o índice multiplicador da rota em pauta deverá ser de 0,54, mais asfalto do que chão.

Cálculo do transporte de 1m³ de água para comunidade de Várzea Comprida dos Oliveiras:

$$MT = 1m^3 \times 221,8 \text{ km} \times 0,54 = R\$ 119,77$$

Mensalmente, a cultura de coentro tomada como estudo de caso para o presente trabalho consome 1,21 m³. Portanto, multiplicando o custo unitário, R\$ 119,77, por 1,21, obtém-se o gasto associado à irrigação mensal por meio do uso de carro pipa:

$$\text{Custo mensal} = 119,77 \times 1,21 = \text{R\$ } 144,92$$

Considerando a necessidade de construção do reservatório para uso da água do carro pipa, fez-se o orçamento dos seguintes componentes: 1 caixa d'água de 1000 litros, 1 caixa d'água de 500 litros e da estrutura de sustentação dos reservatórios.

TABELA 10: ORÇAMENTO DA INFRAESTRUTURA DE ARMAZENAMENTO DA ÁGUA DO CARRO PIPA

ITEM	CÓDIGO DA COMPOSIÇÃO (SINAPI)	DESCRIÇÃO	UND	QTDE	PREÇO UNITÁRIO	VALOR TOTAL
1	88503	CAIXA D'ÁGUA EM POLIETILENO, 1000 LITROS, COM ACESSÓRIOS	UN	1	R\$ 404,40	R\$ 404,40
2	88504	CAIXA D'ÁGUA EM POLIETILENO, 500 LITROS, COM ACESSÓRIOS	UN	1	R\$ 273,45	R\$ 273,45
3	74144/002	SUORTE APOIO CAIXA D AGUA BARROTES MADEIRA	M	40	R\$ 19,36	R\$ 774,40
					TOTAL	R\$ 1.452,25

Fonte: Do autor

Portanto, em resumo, obteve-se os seguintes valores: custo do uso da água da chuva: R\$ 3.763,13; custo do uso do abastecimento do carro pipa: R\$ 1.452,25 + R\$ 144,92/mês.

TABELA 11: GASTO ASSOCIADO AOS MEIOS DE OBTENÇÃO DA ÁGUA

MEIO	CUSTO DA INFRAESTRUTURA	CUSTO MENSAL
ÁGUA DA CHUVA	R\$ 3.763,13	R\$ -
CARRO PIPA	R\$ 1.452,25	R\$ 144,92

Fonte: o autor

A análise de viabilidade consistirá em verificar o tempo necessário para que a diferença de gasto entre o custo da infraestrutura de captação da água da chuva e

o gasto associado ao uso do carro pipa seja paga pela economia relativa à inexistência do gasto mensal na opção água de chuva:

Diferença de valor: R\$ 3.763,13 – R\$ 1.452,25 = R\$ 2.310,88 (investimento necessário para opção captação da água da chuva)

Tempo para recuperar o investimento: R\$ 2.310,88 / 144,92 = 15,94 meses (período relativo ao pagamento do maior desembolso inicial relacionado à opção captação da água da chuva)

Desse modo, segundo os aspectos analisados, o cálculo da viabilidade apresenta a necessidade de 1 ano e 4 meses para que o maior desembolso inicial necessário na opção água de chuva seja pago pela economia da dispensa do abastecimento por carro pipa.

9 CONCLUSÃO

Para a comunidade Várzea Comprida dos Oliveiras, Pombal-PB, a utilização permanente da água da chuva para irrigação da cultura de coentro apresentou o seguinte resultado: para uma produção de 10 m² de coentro, é necessária a construção de um reservatório para o armazenamento de água da chuva com 3,3 m³ de volume, de modo que, de acordo com as médias mensais de precipitação, não faltará água em nenhum período do ano para atender à demanda hídrica diária no desenvolvimento da cultura.

Em se tratando de viabilidade econômica, o comparativo realizado entre o fornecimento de água por meio do transporte mensal com carro pipa *versus* o uso da água da chuva armazenada apresentou o seguinte resultado para 10 m² de cultivo de coentro: o custo a maior relacionado à construção da infraestrutura de captação e armazenamento da água de chuva apresenta o retorno financeiro em 1 ano e 4 meses.

Diante dos resultados, sugere-se que haja um maior incentivo ao uso da água da chuva no sertão paraibano, pois o presente estudo de caso mostra que há a possibilidade de viabilizar tal meio de obtenção de água em curto período de tempo.

REFERÊNCIAS

ÁGUAS, Agência Nacional de. **Panorama das águas - Quantidade de águas.** Disponível em: <www.ana.gov.br>. Acesso em: 15 jun. 2019.

CARDOSO, Carlos Eduardo Nascimento. **APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS.** 2013. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2011). *Censo demográfico 2010*. Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Brasil. (2013). **Observatório de Enfrentamento à Seca.** Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/observatoriodaseca/index.html>>.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva.** ed. 2^o. São Paulo: Navegar. 2003. **ECOGLOBALGERIS.Ecoglobalgeris.** Disponível em: <<https://sites.google.com/site/ecoglobalgeris/>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

FORMIGA, Nayara Vieira. **ORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO E AGRICULTURA FAMILIAR NA COMUNIDADE DE VÁRZEA COMPRIDA DOS OLIVEIRAS NO MUNICÍPIO DE POMBAL - PB.** 2015. 71 f. Tese (Doutorado) - Curso de Licenciatura em Geografia, Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras – PB, 2015.

CARVALHO, D. F., SILVA, L. D. B. **Hidrologia - Capítulo 4 - Precipitação.** Rio de Janeiro: Universidade Rural do Rio de Janeiro (URRJ), 2006.

CETESB/DAEE. **Drenagem Urbana: Manual de Projeto - Departamento de Águas e Energia Elétrica e Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.** 2o. Ed. Corrigida. São Paulo, 1980.

FREIRE, C., CARAMORI, V. **Hidrologia – Ciclo Hidrológico** EAMB032 ECIV052, EM Maceió, Brasil, fevereiro de 2012.

GNADLINGER, J., Palestra proferida no **2º Fórum Mundial da Água, em Haia, Holanda, de 16 a 22 de março de 2000.**

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva – Áreas Urbanas e Fins Não Potáveis**. 2ª Edição. São Paulo: NAVEGAR, 2003. 180 p. VIEIRA, V., Água Doce no Semi-Árido, em: Rebouças, Aldo et al, Águas Doces no Brasil, São Paulo, 1999.

MOURA, E. M. de.; RIGHETTO, A. M.; LIMA, R. R. M. de. **Avaliação da Disponibilidade Hídrica e da Demanda Hídrica no Trecho do Rio Piranhas-Açu entre os Açudes Coremas-Mãe D'água e Armando Ribeiro Gonçalves**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH, v. 16, n. 4, p. 07 – 19, 2011.

PEREIRA, Moacir. **O uso da curva ABC nas empresas**. Disponível em: <www.kplus.com.br>. Acesso em: 11 out. 2019.

SOUSA, Alecvan de França. **ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE NO PROCESSO PRODUTIVO DE HORTALIÇAS REALIZADO POR AGRICULTORES FAMILIARES NA COMUNIDADE DE VÁRZEA COMPRIDA DOS OLIVEIRAS - POMBAL/PB**. 2014. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pósgraduação em Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal/pb, 2014.

RASSINI, J.B. **Manejo da água na irrigação da alfafa num Latossolo-Vermelho-Amarelo**. Pesq. Agropec. Bras. Brasília, v. 37, n.4, p.503-507, 2002.

SANTOS, L.a. et al. **EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA PARA O COENTRO NA REGIÃO AGRESTE DO ESTADO DE ALAGOAS**. **Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem**, São Cristóvão/se, v. 25, n. 1, p.667-672, nov. 2015. Disponível em: <<http://www.abid.org.br/cd-xxv-conird>>. Acesso em: 12 out. 2019.

TAVARES, Alexandra Lima. **FENOMETRIA, PRODUTIVIDADE E NECESSIDADES HÍDRICAS DAS CULTURAS DA ALFACE E DO COENTRO EM CLIMA TROPICAL**. 2016. 80 f. Tese (Doutorado) - Curso de Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – Pb, 2016.

MITCHELL, V.G.; MCCARTHY, D.T.; DELETIC, A.; FLETCHER, T.D. (2008) **Urban stormwater harvesting – sensitivity of a storage behavior model**. Environmental Modelling & Software, v. 23, p. 782793. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2007.09.006>

FERREIRA, Aline Costa. **ECO RESIDÊNCIA COM SUSTENTABILIDADE NO SERTÃO PARAIBANO**. 2008. 26 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – Pb, 2008.

TIGRE. **Tigre**. Disponível em: <www.tigre.com.br/obras-e-reformas/caixas-dagua/caixas-dagua>. Acesso em: 03 nov. 2019.

ASCE. **Design and Construction of sanitary and storm sewers**. New York (Manuals and Reports of Engineering Practice, 37), 1969.

COMANDO MILITAR DO NORDESTE. **Ordem de Serviço Nr 011 de 30 de setembro 2019**. Regula a participação do Comando Militar do Nordeste (CMNE) no Programa Emergencial de Distribuição de Água Potável no semiárido brasileiro –Operação Carro-pipa.