



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS

BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

MARIA ANALINE FERREIRA

**TECNOLOGIA DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA NA
COMUNIDADE RURAL LAGOA DE DENTRO EM DOUTOR SEVERIANO-RN**

PAU DOS FERROS – RN

2019

MARIA ANALINE FERREIRA

**TECNOLOGIA DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA NA
COMUNIDADE RURAL LAGOA DE DENTRO EM DOUTOR SEVERIANO-RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso Superior de Bacharelado em Ciência
e Tecnologia, da Universidade Federal Rural do
Semi-Árido - UFERSA, Campus Pau dos
Ferreiros, para a obtenção do título de Bacharel
em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Wesley de Oliveira
Santos – UFERSA

PAU DOS FERROS – RN

2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

F383 Ferreira, Maria Analine .
 TECNOLOGIA DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA
 NA COMUNIDADE RURAL LAGOA DE DENTRO EM DOUTOR
 SEVERIANO-RN / Maria Analine Ferreira. - 2019.
 56 f. : il.

 Orientador: Wesley de Oliveira Santos.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
 Tecnologia, 2019.

 1. Precipitação média. 2. Volume de chuvas. 3.
 Escassez da água. I. de Oliveira Santos, Wesley ,
 orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

MARIA ANALINE FERREIRA

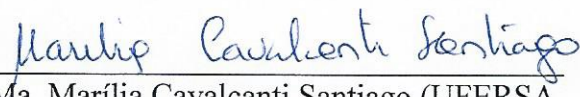
**TECNOLOGIA DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA NA
COMUNIDADE RURAL LAGOA DE DENTRO EM DOUTOR SEVERIANO-
RN**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal
Rural do Semi-Árido, Centro
Multidisciplinar de Pau dos Ferros,
como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 19/03/2019

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Wesley de Oliveira Santos (UFERSA)
Presidente


Prof.^a. Ma. Marília Cavalcanti Santiago (UFERSA)
Membro Examinador


Prof. Me. José Daniel Jales Silva (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a minha fonte de inspiração, minha fé e meu destino, Deus. Obrigada por me dares sempre a tua mão como um pai amoroso que jamais abandona sua filha. Por todas as dádivas que recebo na vida dando o melhor de mim para o mundo. Obrigada por me mostrar que ao teu lado eu posso ser maior e mais forte que qualquer obstáculo da vida. Obrigada também pelas pessoas que o Senhor colocou em meu caminho, algumas delas me inspiram, me ajudam, me desafiam e me encorajam a ser sempre a melhor versão de mim.

Ao meu avô Gabriel Pinheiro de Oliveira (in memoriam), por ter me ensinado valores que carrego comigo em todos os momentos.

Aos meus pais, Eudes Ferreira da Silva e Maria Antônia Pinheiro Ferreira por toda dedicação e amor, não existe outro no mundo que consiga ser incondicional, e demonstrar ao mesmo tempo um interesse tão grande e genuíno na minha felicidade. Obrigada por serem referência em minha vida e me ensinarem a caminhar com meus próprios passos, pela educação que me deram e por sempre estarem ao meu lado, não medindo esforços para que eu busque realizar todos os meus sonhos. Obrigada por serem sempre a minha fortaleza, os meus super-heróis. Meu caráter, meus valores e minha felicidade devo aos dois. Ter vocês como pais faz de mim uma pessoa muito abençoada no mundo. Obrigada por tudo. Amo muito vocês.

As minhas irmãs e irmãos, Maria Anaely Ferreira, Maria Anaclécia Ferreira, Maria Ana Gabriela Ferreira, Maria Andreia Ferreira, Ana Maria Ferreira, Francisco Moisés Ferreira e João Guilherme da Silva, por acreditarem em mim e no meu sonho, por me incentivarem e me ajudarem sempre que podem. Nosso laço é muito forte, nossa história é longa e diversificada e cada um de vocês tem um papel fundamental na minha vida e principalmente na minha formação. Obrigada por serem especiais de forma única e por estarem sempre comigo.

A Maria Rosicleide Nascimento de Andrade por ter se tornado uma segunda mãe, cuidando de mim e contribuindo para que a caminhada até aqui se tornasse menos difícil. Mulher guerreira e admirável a quem serei sempre muito grata.

Aos meus bons e velhos amigos, Álvaro de Medeiros Carvalho Gonçalves, amigo de infância que sempre esteve comigo e tem me guiado e incentivado nessa área que escolhi para seguir,

Ana Caroline da Silva Avelino e Vanessa dos Santos Queiroz, amigas do ensino médio para a vida.

A todos os amigos que a UFERSA me presenteou, em especial a Luiz Felipe Alexandre da Silva, Lucas Rêgo de Queiroz, Pauliana Gomes da Silva, Samily Brito Nobre, Vitor Gomes Melo Barra e as minhas meninas, Denise Kauanny de Araujo Rosendo, Heloisa Nascimento de Andrade, Lisia Virginia Pinto de Medeiros, Raianny Mikaelly Melo de Almeida, Thallysmara Roberta Freitas de Moura, Wanessa Antunes de França. Com vocês vivenciei os melhores e os piores momentos e juntas conseguimos superar tudo até aqui: juntas somos mais fortes. Obrigada por estarem ao meu lado buscando realizar um sonho em comum, vocês são incríveis.

Aos meus queridos mestres pela devota dedicação empenhada em me passar o devido ensinamento, e por acompanharem a minha jornada enquanto universitária. Um agradecimento especial ao meu orientador professor Dr. Wesley de Oliveira Santos, por toda paciência comigo me ensinando a lidar com calma perante assuntos importantes para o meu crescimento acadêmico, por nunca ter perdido a fé na minha pesquisa, e por todas as orientações e apoio incondicional desde a escolha do tema até a finalização do trabalho.

Por fim, agradeço a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), sou grata a todo corpo docente, à direção e administração. Obrigada por ter me dado a chance de crescer pessoalmente e profissionalmente.

A todos, muito obrigada!

“A única forma de chegar ao impossível
é acreditar que é possível.” (ALICE NO
PAÍS DAS MARAVILHAS)

RESUMO

A escassez da água afetará dois terços da população mundial em 2050. A vida não pode ser imaginada sem água. Isso quer dizer que tecnologias para aproveitamento da água da chuva como sistemas de cisternas, principalmente nas comunidades rurais tem ganhado mais destaque, em alguns casos mais extremos se tornando a única fonte de abastecimento, como é o exemplo do Nordeste Brasileiro, onde as secas ocorrem com regularidade, caracterizando a região como “polígono das secas”, o que faz com que a população esteja sempre buscando formas de se adequar ao modo de viver, plantar e criar animais de acordo com a pluviosidade e o tipo de solo de que dispõem. Em virtude disso, o trabalho objetiva realizar um levantamento sobre os principais tipos de cisternas e suas especificações para construção na comunidade rural Lagoa de Dentro localizada em Doutor Severiano/RN onde a luta por acesso a água é uma dura realidade. Para a determinação da capacidade das cisternas (volume), seguiu-se um padrão, utilizando dados das áreas dos telhados de cinco residências e da precipitação diária. Esses dados obtidos pela Empresa de pesquisa agropecuária do Rio Grande do Norte - EMPARN, posteriormente foram usados para estimar a média anual, por meio de uma planilha eletrônica do software Excel, no período de 1964 até 2018. Em seguida, o cálculo da média de todos os dias sem chuva durante o período mencionado associado à demanda de água individual das casas, possibilitou o dimensionamento correto para disponibilizar água no ponto de precisão. Os resultados obtidos mostram a insuficiência das cisternas de 16 mil litros instaladas para captação de todo volume das chuvas em função da precipitação média calculada de 785,91 mm/ano e a necessidade das famílias rurais em obter um dimensionamento adequado para atender suas necessidades primárias. Como também, reforçam ainda que involuntariamente, o caráter pedagógico, ou seja, o ato de educar as pessoas quanto ao uso responsável da água, destacando a importância de se usar este recurso tão precioso com sensatez e moderação.

Palavras chave: Precipitação média. Volume das chuvas. Escassez de água.

ABSTRACT

Water scarcity will affect two thirds of people in the world by 2050. Life can not be imagined without water. This means that technologies for the utilization of the rain water such as cistern systems, especially in rural communities have gained more prominence, in some more extreme cases, become the only source of water supply, as the example in the Brazilian Northeast, where droughts occur regularly, characterizing the region as a "drought polygon", which means that the population is always looking for ways to adapt to the way of living, planting and raising animals according to the rainfall and the type of soil that they have. As a result, this work aims to undertake a survey of the main types of cisterns and their specifications for construction in the rural community of Lagoa de Dentro, located at Doutor Severiano/RN, where the battle for access to water is a harsh reality. For the determination of tank capacity (volume), a pattern was taken, by using data from the roof areas of five residences and daily precipitation. These data obtained by Agricultural Research Agency from Rio Grande do Norte - EMPARN, which were later used to estimate the annual average, by means of a spreadsheet Excel software in the period from 1964 to 2018. Then the calculation of the average of all days without rain during the mentioned period, associated with the individual water demand of the houses, allowed the correct sizing to make water available at the point of precision. The results show the insufficiency of the cisterns of 16 thousand liters installed to capture all the volume of the rain due to the estimated average precipitation of 785.91 mm / year and the need of the rural families to obtain an adequate dimensioning to meet their primary needs as also reinforce the pedagogical character, the act of educating people about the responsible use of water, and the importance of using this precious resource with wisdom and moderation.

Keywords: Average Precipitation. Rain Volume. Water scarcity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Demonstração do acabamento final	20
Figura 2 – Cisterna tela-cimento com capacidade de 10.000 litros.....	21
Figura 3 – Colocação da tela de arame.....	21
Figura 4 – Cisterna de tijolos e argamassa	22
Figura 5 – Corte lateral da cisterna de tijolos e argamassa de cal	23
Figura 6 – Marcação do local da cisterna/ Escavação do alicerce.....	25
Figura 7 – Dimensões da escavação	25
Figura 8 – Placas da parede da cisterna.....	26
Figura 9 – Fabricação das placas.....	27
Figura 10 – Confeção dos caibros da cisterna de placas.....	27
Figura 11 – Malha de ferro $\frac{1}{4}$ para o fundo da cisterna.....	28
Figura 12 – Aspecto do fundo da cisterna	29
Figura 13 – Detalhes da montagem da primeira fileira	30
Figura 14 – Detalhes da tampa	30
Figura 15 – Colocação das placas do teto.....	31
Figura 16 – Reboco do teto	31
Figura 17 – Aspecto do reboco externo da cisterna.....	33
Figura 18 – Calha de zinco em forma de “L”	33
Figura 19 – Localização da área de estudo.....	35
Figura 20 – Casa A	36
Figura 21 – Casa B	36
Figura 22 – Casa C	37
Figura 23 – Casa D	37
Figura 24 – Casa E	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Residências e suas respectivas áreas de captação.....	38
Tabela 2 – Série histórica da precipitação anual de Doutor Severiano/RN.....	39
Tabela 3 – Volume total de água necessária para homens e animais em diferentes períodos de utilização.....	41
Tabela 4 – Dados coletados nas residências.....	47
Tabela 5 – Consumo diário de água por pessoas e animais em litros	47
Tabela 6 – Série histórica dos dias sem chuva em Doutor Severiano/RN	48
Tabela 7 – Volume total de água (V_T)	49
Tabela 8 – Medidas para construção das cisternas em cada casa.....	50

SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASA	Articulação do Semiárido
EMPRN	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ONU	Organização das Nações Unidas
P1MC	Programa um milhão de cisternas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
2.1. GERAL	17
2.2. ESPECÍFICOS	17
3. REVISÃO TEÓRICA	18
3.1. CHUVAS E TÉCNICAS DE APROVEITAMENTO NA ZONA RURAL	18
3.2. PRINCIPAIS TIPOS DE CISTERNAS	19
3.2.1. Cisterna de placas de cimento	19
3.2.2. Cisterna tela-cimento	20
3.2.3. Cisternas de tijolos	22
3.2.4. Cisterna de cal	23
3.3. PROCESSO CONSTRUTIVO DE UMA CISTERNA DE PLACAS	24
3.3.1. Escolha do local da cisterna e os pontos que devem ser observados	24
3.3.2. Fabricação das placas	26
3.3.3. Fabricação dos caibros	27
3.4. MONTAGEM DA CISTERNA DE PLACAS	28
3.4.1. Construção da laje de fundo e parede	28
3.4.2. Cobertura	30
3.4.3. Reboco da cisterna	32
3.4.4. Pintura	32
3.5. CAPTAÇÕES DA ÁGUA DE CHUVA	32
4. MATERIAL E MÉTODOS	34
4.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	34
4.2. POTENCIAL DA ÁGUA DE CHUVA A SER CAPTADA	35
4.3. DIMENSIONAMENTO	40
4.3.1. Dimensões de uma cisterna de forma cilíndrica	42
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.1. ÁREA DE CAPTAÇÃO DE UMA CISTERNA DE PLACAS DE 16 m ³	44
5.2. DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE CHUVAS NAS RESIDÊNCIAS	45
5.3. VOLUME TOTAL E MEDIDAS DE DIMENSIONAMENTO DAS CISTERNAS	46
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS	53

APÊNDICE A: Planta baixa da cisterna cilíndrica da casa C com capacidade de 29 m³ e corte transversal A-A	56
---	-----------

1. INTRODUÇÃO

A vida não pode ser imaginada sem água, é o bem mais essencial a sobrevivência, utilizada para beber, produzir e preparar o alimento de cada dia, para atividades domésticas, comerciais, entre outros fins. Porém, algumas regiões sofrem com a escassez hídrica, fazendo com que milhares de brasileiros enfrentem diariamente, dificuldades para ter acesso à água.

As secas ocorrem com regularidade no Nordeste Brasileiro, caracterizando a região como “polígono das secas”, onde a população precisa se adequar ao modo de viver, plantar e criar animais de acordo com a pluviosidade e o tipo de solo de que dispõem.

Hoje é imprescindível desenvolver tecnologias capazes de economizar ou racionar a água potável, principalmente nessa região do Brasil, e uma dessas alternativas é fazer uso da água de chuva disponibilizada pela natureza.

Sistemas para aproveitamento de água de chuva são utilizados desde a antiguidade. Existem relatos do uso de água de chuva por vários povos como Incas, Maias e Astecas (GNADLINGER, 2000).

Na segunda metade do século XIX, no Sertão da Paraíba, se deu origem ao primeiro projeto de captação e manejo de água de chuva da região Nordeste, desenvolvido pelo Missionário Padre Ibiapina. Ele implantou tanques de granito cavados no chão que utilizavam as áreas inclinadas para captação da água e as cobertas por telhado para evitar a evaporação. Esse projeto foi denominado como ‘casas d’água’ com o objetivo de oferecer água para casas de caridade (ALVES, 2016).

Segundo Gnadlinger (2000) as tecnologias para aproveitamento da água de chuva acabam sendo esquecidas como consequência do progresso tecnológico dos países desenvolvidos localizados nas zonas com climas úmido e moderado, Esses países aplicaram práticas de agricultura dessas regiões em zonas mais secas, na ênfase da construção de grandes barragens, para o aproveitamento de águas subterrâneas e no projeto de irrigação encanada, com altos custos, durante os séculos XIX e XX.

De início, não foram empregadas as técnicas adequadas para captação e manejo de água de chuva nas regiões áridas e semiáridas. Para suprir as necessidades das instituições e demais segmentos da sociedade atuantes na região nordestina, no atendimento à população, garantido a oferta hídrica, principalmente nos momentos críticos de estiagem, a alternativa tem sido investir na construção de cisternas capazes de armazenar água das chuvas. Tal fato se deve, principalmente, à atuação do Programa de Formação e Mobilização para Convivência com o Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais – P1MC, idealizado em 1999, durante encontro

paralelo à III Conferência das Partes da Convenção de Combate à Desertificação e à Seca da Organização das Nações Unidas (COP 3), realizada em Recife – PE. Nesse encontro foi criada a Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA), responsável pela elaboração e execução do P1MC. Atualmente a ASA é composta por mais de 700 entidades das diversas organizações da sociedade civil, que vêm lutando pelo desenvolvimento social, econômico, político e cultural do semiárido brasileiro (FONSECA, 2012 apud ASA, s.d.).

A importância do estudo sobre as tecnologias de aproveitamento da água da chuva com foco nas cisternas, envolvendo o potencial de captação da água e relacionando com o regime pluviométrico da cidade de Doutor Severiano-RN, se dá pelo fato da maioria dos moradores da zona rural deste município sobreviverem com auxílio da construção de cisternas, chegando a utilizar a água da chuva não somente para fins menos nobres, mas principalmente para atender as necessidades primárias da população, como beber, cozinhar e tomar banho. Seja pelo fato de que essas áreas possuem maiores dificuldades de recepção de água, principalmente durante os períodos secos, ou mesmo para diminuição dos tributos cobrados pelo serviço público.

Por meio dos dados de precipitação média anual de chuva, aliados aos conhecimentos de dimensionamento das cisternas é possível determinar a variação adequada da capacidade de armazenamento de cada tipo de cisterna instalada na região para suprir as demandas diárias dos moradores e também reforçar ainda que involuntariamente outro aspecto não menos importante: o caráter pedagógico e o ato de educar as pessoas quanto ao uso racional da água.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

- Realizar um levantamento sobre os tipos de cisternas e as suas especificações, visando quais seriam os parâmetros ideais para a sua construção na comunidade rural Lagoa de Dentro localizada no município de Doutor Severiano-RN.

2.2. ESPECÍFICOS

- Realizar uma análise da variação da capacidade de armazenamento das cisternas, levando em consideração a precipitação média anual da cidade de Doutor Severiano-RN, de 1964 a 2018;
- Determinar a capacidade de armazenamento (volume) de água das cisternas que atenderiam as demandas diárias das residências situadas no sítio Lagoa de Dentro em Doutor Severiano-RN.

3. REVISÃO TEÓRICA

3.1. CHUVAS E TÉCNICAS DE APROVEITAMENTO NA ZONA RURAL

Define-se água de chuva como a água resultante de precipitações atmosféricas coletada em coberturas nas quais não haja circulação de pessoas, veículos ou animais (ABNT, 2007).

A fundação de sistemas de captação de água de chuvas em áreas rurais deve ter uma abordagem distinta da de áreas urbanas. Em áreas rurais a água pluvial pode ser a única fonte alcançável e o dimensionamento do sistema de captação utiliza o princípio de coletar e armazenar a maior quantidade de água durante o período de chuva para uso nos períodos de estiagem. A utilização da água pluvial nestas regiões é uma técnica consolidada e largamente utilizada.

No meio rural a captação da água pluvial é geralmente utilizada para consumo doméstico, dessedentação de animais e irrigação, dada a falta de outras fontes. No semi-árido brasileiro tais sistemas são empregados, principalmente, para usos domésticos, inclusive cozinhar e beber, muitas vezes sem qualquer tratamento (ANDRADE NETO, 2004).

Em decorrência do alto consumo de água em propriedades rurais, os moradores veem como alternativa recorrer a sistemas de captação de água das chuvas. Sobre isto, o Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à fome (2011, p.01), cita que:

O armazenamento de água de chuva em reservatórios é uma técnica milenar. No semi-árido brasileiro, foi introduzida no início do século XVII. A inovação recente é o aperfeiçoamento da construção, com a substituição dos tijolos por placas de cimento e o novo formato cilíndrico, no lugar do quadrado ou retangular. As novidades acabaram com o principal problema anteriormente apresentado pela obra: as rachaduras, que provocavam o vazamento da água. As placas, ao contrário dos tijolos, são mais resistentes a trincadas e a forma arredondada reduz a pressão da água nas paredes do reservatório, também diminuindo o risco de aparecimento de fendas.

Melhorar a vida das famílias que vivem na Região Semiárida do Brasil, garantindo o acesso à água de qualidade é o grande objetivo do Programa um Milhão de Cisternas (P1MC), iniciativa promovida pela Articulação do Semiárido (ASA) e que conta com a participação e colaboração dos moradores de cada um dos municípios envolvidos no programa. A ideia é unir forças para traçar um futuro com mais dignidade e qualidade de vida para as famílias agricultoras que mais sofrem com as estiagens no Brasil, promovendo e assegurando o acesso

à água potável, direito humano fundamental para a Organização das Nações Unidas (ONU). (ASA, 2013)

Em Palhares (2016), ele destaca as partes que compõe um sistema de captação de água de chuva como:

- A superfície de captação que é a área pela a qual a água da chuva escorre;
- As calhas que são necessárias para a condução da água para a cisterna;
- As telas e o sistema de descarte da primeira chuva que serve para a retirada de folhas, galhos e detritos;
- A cisterna que é o local onde a água é armazenada;
- Sistema de tratamento que, dependendo do tipo de uso, será necessária à utilização de tecnologias de tratamento para ter água na qualidade desejada.

Conforme Gnadlinger (2008), os tipos de cisternas mais conhecidas e construídas nas comunidades rurais da região Nordeste, com sucesso, são: cisterna de placas de cimento, telacimento, de tijolos e cisternas de cal; cada tipo apresentando suas características próprias, vantagens e desvantagens.

3.2. PRINCIPAIS TIPOS DE CISTERNAS

3.2.1. Cisterna de placas de cimento

É um modelo encontrado em todo o Nordeste e continua a ser construído com sucesso. É um tipo de cisterna que fica enterrada no chão até mais ou menos dois terços de sua altura. Consiste em placas de concreto (mistura cimento: areia de 1: 4), com tamanho de 50 por 60 cm e com 3 cm de espessura, que estão curvadas de acordo com o raio projetado da parede da cisterna, dependendo da capacidade prevista (GNADLINGER,1997).

Podem ocorrer variantes de modo que as placas de concreto podem ser menores e mais grossas, e feitas de um traço de cimento mais magro. Estas placas são fabricadas no lugar de construção da cisterna, em simples moldes de madeira. A parede da cisterna é levantada com essas placas finas, a partir do chão já cimentado. Para evitar que a parede caia durante a construção, ela é sustentada com varas até que a argamassa esteja seca (GNADLINGER, 1997). A figura 1 apresenta como acontece o acabamento final.

Figura 1: Demonstração do acabamento final



Fonte: João Gnadlinger (1997)

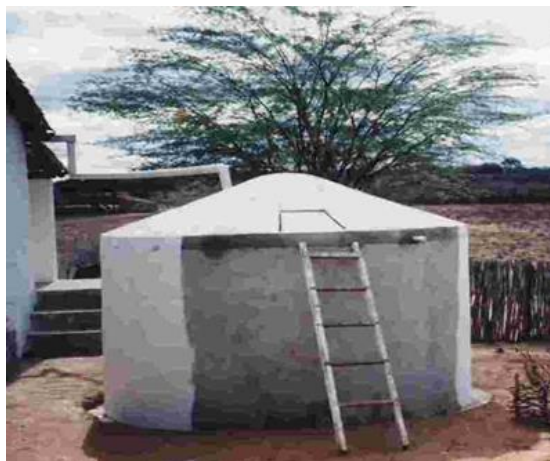
De acordo com Glandlinger (1997) as vantagens desse tipo de cisterna se dão pelo fato de não precisar de torneira para a retirada de água, o que acontece com facilidade pelo lado de cima. Demanda em baixo custo na construção, visto que o material pode ser encontrado no próprio meio rural, inclusive a madeira para fazer os moldes. Por fim, esse tipo de cisterna oferta uma água mais fresca por ter sua maior parte debaixo da terra. As desvantagens advêm da exigência de pedreiros qualificados. É necessário uma mão-de-obra que tenha conhecimento de como evitar a insuficiência na aderência entre as placas de concreto, principalmente no sentido horizontal. Essas tensões podem causar fissuras por onde a água pode vazar, sendo, na maioria das vezes, quase é impossível identificar qualquer tipo de vazamento.

3.2.2. Cisterna tela-cimento

A cisterna de tela-cimento é construída na superfície e representa uma simplificação da tecnologia tradicional, mantendo, porém, o princípio básico de ferro cimento que garante resistência e segurança contra vazamento (SCHISTEK, 1998).

Possui uma altura de 2 metros e, antes de concretar o fundo, é preciso retirar a terra fofa. O chão é nivelado a uma profundidade de cerca de 20 cm e uma camada de cascalho e areia grossa é colocada debaixo da camada de concreto (Figura 2).

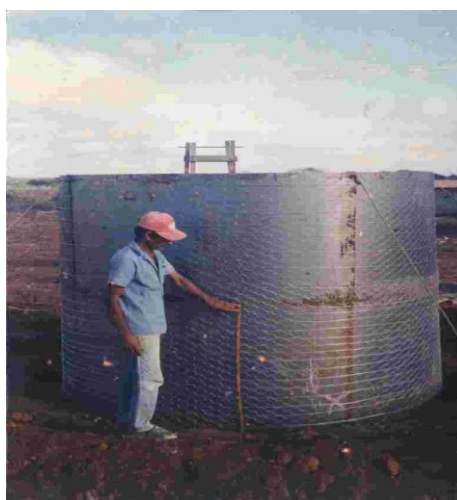
Figura 2: Cisterna tela-cimento com capacidade de 10.000 litros



Fonte: João Gnadlinger (1997)

Segundo Glandlinger (1997) para construção dessa cisterna é utilizada uma fôrma de chapa de aço plano (1 m por 2 m), fina com 0,9 mm de espessura, que são seguradas por cantoneiras e parafusadas umas nas outras em forma cilíndrica. A forma levantada é inicialmente envolta com tela de arame e em seguida, com arame de aço galvanizado com uma espessura de 2 ou 4 mm - para cisternas com capacidade de 10 ou 20 m³. A tela de arame deve passar por baixo da forma e cobrir uma largura, de aproximadamente 50 cm, no fundo da cisterna, como mostra a Figura 3.

Figura 3: Colocação da tela de arame



Fonte: João Gnadlinger (1997)

Seguindo a linha de análise de Glandlinger (1997) assim que colocadas às duas camadas de argamassa na parte exterior, a forma de aço é retirada podendo ser reusada para construir outras cisternas. O interior é rebocado duas vezes e depois coberto com nata de cimento. O teto

da cisterna pode ser fabricado também com a ajuda de uma forma de aço, podendo ser utilizada a mesma tecnologia da cisterna de placas. No intervalo das diversas etapas de trabalho e durante a noite, a cisterna tem que ser coberta com uma lona para evitar o ressecamento prematuro da parede de concreto fina, o que provocaria pequenas rachaduras.

Alguns pontos positivos para a construção desse tipo de cisterna listados por Glandlinger (1997) são praticamente o fato de serem a prova de vazamentos que podem ser facilmente consertados, a não exigência de trabalhos pesados, pouca demora na construção, tecnologia facilmente assimilada pela população, apropriada tanto para pequenos quanto para grandes projetos. Em contra partida, entre os pontos negativos se destacam: a porção entre cimento, água e areia que devem ser respeitadas rigorosamente; as paredes que não devem ressecar durante as obras e pelas duas semanas seguintes; a água é esquentada com facilidade ao calor do sol; a retirada é complicada pois precisa ser por cima com a ajuda de uma pequena escada ou por meio de uma torneira que pode aumentar o risco de vazamento acidental, e por último, a obra não pode ser interrompida durante a construção, pois as subseqüentes camadas de reboco podem não aderir suficientemente.

3.2.3. Cisternas de tijolos

Assim como a cisterna de placa de cimento a de tijolos fica cerca de dois terços debaixo do chão, esse tipo de cisterna também exige uma escavação maior, para que se possa trabalhar na parte externa da parede. A parede circular de tijolos é levantada em uma base concretada, garantindo maior elasticidade da estrutura (GNADLINGER, 1995). O modelo é mostrado na Figura 4.

Figura 4: Cisternas de Tijolos e Argamassa



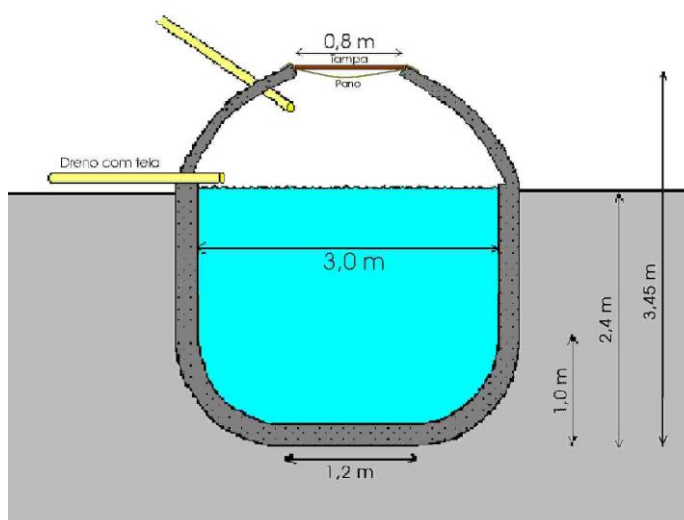
Fonte: João Gnadlinger (1997)

Baseado no estudo de Gnadlinger (1997) as principais vantagens desse tipo de cisterna são: a água armazenada permanece fresca e é uma construção barata e adequada para construção individual. As desvantagens são: exigir grandes quantidades de materiais industrializados, como cimento e aço; a construção é muito demorada e ainda exige bastante habilidade dos pedreiros, tanto para levantar o esqueleto de arame, quanto para a aplicação da argamassa.

3.2.4. Cisterna de cal

As cisternas de cal ficam praticamente na sua totalidade debaixo da terra, sendo que muitas vezes só uma pequena parte da cúpula superior aparece na superfície. A terra é escavada na medida exata do tamanho da cisterna. O fundo da cisterna é côncavo. Por dentro a cisterna tem a forma da metade grossa de uma enorme casca de ovo (Figura 5). Começa-se a levantar as paredes no centro do fundo da cisterna com os tijolos em pé. As paredes de tijolos, com 20 cm de espessura, estão diretamente encostadas na terra e, para o levantamento, usa-se em geral argamassa de cal pura. O reboco interno é aplicado em duas ou três camadas de argamassa de cal com pouco cimento e coberto com nata de cimento. O teto da cisterna pode ser feito de tábuas, podendo ser um telhado comum, porém bem vedado contra a entrada de pequenos animais, ou de forma mais simples, pode ser uma cúpula feita de tijolos (GNADLINGER, 1999).

Figura 5: Corte lateral da cisterna de tijolos e argamassa de cal



Fonte: João Gnadlinger (1997)

Um benefício da construção desse tipo de cisterna é a maneira de construir que condiz mais com o ritmo de vida dos pequenos agricultores. A construção não precisa ser terminada de uma vez, não é necessário ajuda financeira externa para serem construídas e as paredes levantadas com cal são mais resistentes às tensões, visto que a argamassa de cal é mais elástica do que a de cimento. Como malefício tem-se uma tecnologia que caiu no esquecimento depois do uso do cimento, pois sabe-se que a argamassa de cal só se torna impermeável com a utilização de aditivos, precisando assim de muito mais tempo para endurecer.

3.3. PROCESSO CONSTRUTIVO DE UMA CISTERNA DE PLACAS

O Programa um Milhão de Cisternas (P1MC), adota o modelo da cisterna de placas como o essencial para a construção nas comunidades rurais, sendo necessário conhecer todo seu processo construtivo.

3.3.1. Escolha do local da cisterna e os pontos que devem ser observados

Para ter melhor segurança no dimensionamento da obra, na eficácia do seu uso e na viabilização da construção de uma cisterna de placas é importante destacar nove pontos chaves listados abaixo, com base em França *et al* (2010), que devem ser observados com precisão:

1. Número de pessoas que irão utilizar a cisterna;
2. Finalidade do consumo (beber, higiene pessoal, cozinhar ou lavar louça);
3. Período de uso – definir o período de uso, em meses;
4. Conhecimento da área e altura do telhado disponível para captar a água. O telhado deve estar em um plano mais alto que a cisterna, permitindo que a água desça pelas calhas, até chegar ao tanque de armazenamento da cisterna por gravidade;
5. Conhecimento da precipitação pluviométrica média local em milímetros de chuva por ano;
6. Limitações ou tipo do terreno, onde será realizada a construção da cisterna. O terreno arenoso se torna mais apropriado. O pedregoso e raso dificulta a construção, pois, reduz a capacidade de armazenamento da cisterna, e o argiloso é pouco adequado, pois quando encharcado dilata e seca, contraindo-se. Essa movimentação poderá provocar rachaduras nas paredes da cisterna;
7. Evitar a construção em locais próximos a árvores, cujas raízes podem danificar as paredes, provocando vazamentos;

8. Evitar local próximo a fossas, currais ou depósito de lixo, para evitar contaminação;
9. Construir próximo às cozinhas, para facilitar o abastecimento da casa.

Sabendo disso, é possível efetuar o dimensionamento adequado da cisterna. Para a escolha do local França *et al* (2010), indica como sugestão fazer a marcação com auxílio de uma corda ou barbante de 2,5m, com dois tornos (piquetes) amarrados as pontas da corda onde um dos piquetes será fixado ao terreno e o outro, com a corda esticada na outra ponta, servirá de marcador do círculo para orientar a escavação do tanque de armazenamento, conforme a ilustração da Figura 6.

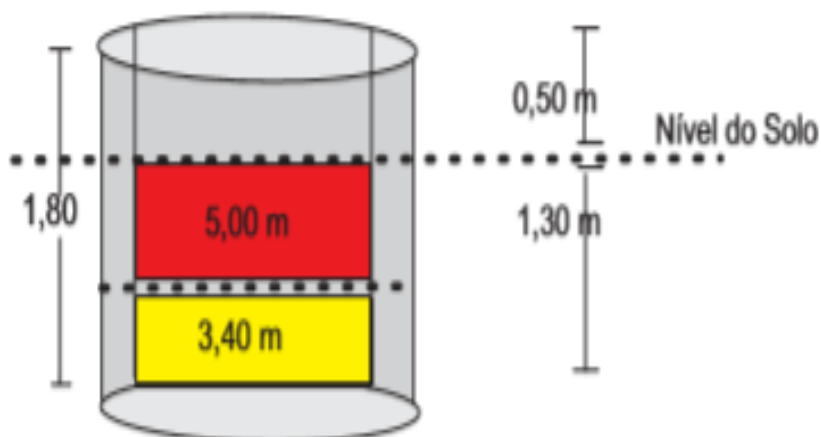
Figura 6: Marcação do local da cisterna/escavação do alicerce



Fonte: SESAN nº 2 (2017)

Para França *et al* (2010) o diâmetro de escavação de 5,00 m serve como facilitador de movimentação dos homens durante a construção, pois as dimensões reais da cisterna são de 3,40 m de diâmetro por 1,80 de altura (Figura 7).

Figura 7: Dimensões da escavação



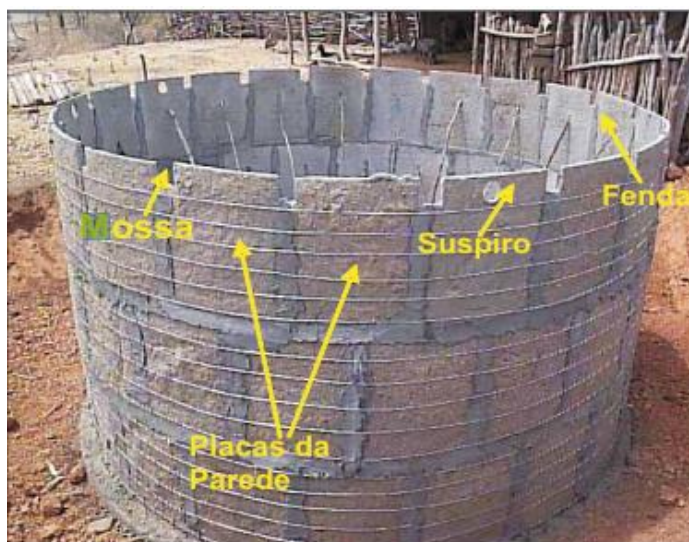
Fonte: Programa Sertão Vivo (2005)

3.3.2. Fabricação das placas

Na confecção das placas da parede, França *et al* (2010) inicialmente aponta, como melhor escolha, areia grossa de boa qualidade (lavada) para dar resistência, durabilidade e impermeabilidade às placas. O traço da argamassa deve ser 1:4,5, isto é, um saco de cimento e 4,5 latas de areia.

Ao todo são construídas 63 placas para a parede da cisterna, onde 21 são com moxa (fenda), para receber os trilhos da tampa. Uma das placas deverá ter um orifício de 40mm, para funcionar como suspiro e deve estar localizado aproximadamente a 1cm da borda superior. Os detalhes são mostrados na Figura 8.

Figura 8: Placas da parede da cisterna



Fonte: PRODHAM

Como garantia devem ser confeccionadas três peças a mais, no caso de ocorrer quebra ou defeito durante a construção da cisterna (França *et al* ,2010).

Segundo o mesmo autor, para confecção das 19 placas da tampa, o traço da argamassa a ser utilizado deve ser o mesmo utilizado para as paredes laterais, ou seja, 1:4,5. Uma placa deverá ter um orifício de 75 ou 100mm para encaixe do cano de captação e para o emprego da tubulação da bomba, enquanto uma outra placa da tampa deverá ter um orifício com diâmetro entre 32 e 40mm, sendo importante afirmar que as duas placas deverão ser construídas com reforço de cimento.

Todas as placas são fabricadas por meio de concreto pré-moldado, utilizando-se fôrmas de madeira ou ferro e confeccionadas no próprio local da construção, como mostra a Figura 9:

Figura 9: Fabricação das placas



Fonte: SESAN nº 2 (2017).

3.3.3. Fabricação dos caibros

De acordo com o anexo SESAN nº 2 (2017) a confecção dos caibros é feita com a utilização de formas de madeira, como pode ser visto na Figura 10:

Figura 10: Confeção dos caibros da cisterna de placas



Fonte: SESAN nº 2 (2017)

Algumas das orientações para a fabricação contidas no anexo da SESAN nº 2 (2017) é o preenchimento da metade da forma com a argamassa e a colocação de um vergalhão, deixando o gancho de fora. Em seguida, completa-se o enchimento da fôrma, repetindo a operação de modo a confeccionar os 17 caibros.

Para o traço utiliza-se 2 latas de areia, 2 de brita e 1 de cimento (areia grossa). A forma é feita com 4 tábuas de 1,30m comprimento, 6 cm de largura, 2 a 3 cm de espessura e 17 varas

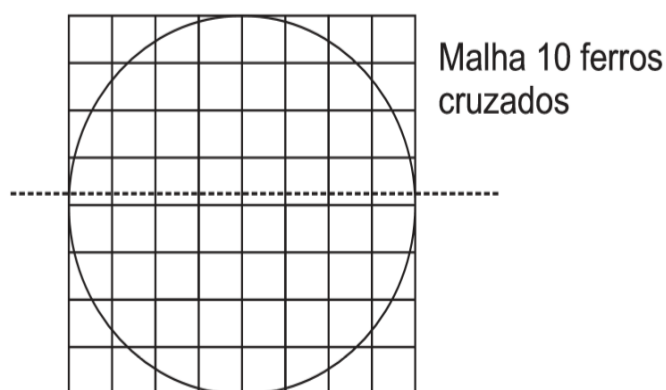
de vergalhão $\frac{1}{4}$ de polegadas. Um gancho é produzido na extremidade de cada vara de vergalhão nos 10 cm finais, SESAN nº2 (2017).

3.4. MONTAGEM DA CISTERNA DE PLACAS

3.4.1. Construção da laje de fundo e parede

De acordo com França *et al* (2010), logo após a escavação, se dá início a confecção do piso, com uma camada ou mureta de 3cm de concreto, preenchendo todo o diâmetro do fundo da cisterna com a argamassa indicada, de forma nivelada. Sobre esta, coloca-se uma malha de ferro $\frac{1}{4}$ ', confeccionada no próprio local, demonstrado na Figura 11.

Figura 11: Malha de ferro $\frac{1}{4}$ para o fundo da cisterna



Fonte: Ceará (2005b)

Caso a escavação atinja a pedra ou solo compacto, não há necessidade de fazer essa malha de ferro. Caso seja colocada a malha sobre a mureta, esta é recoberta com mais 4cm de concreto, ficando o piso com uma laje de 7cm para suportar o peso da água (Figura 12). O traço da argamassa a ser utilizado é 1:3:4, ou seja, um saco de cimento, três latas de areia e quatro latas de brita nº 1, (França *et al* 2010).

Figura 12: Aspecto do piso do fundo da cisterna



Fonte: SESAN nº 2 (2017)

Para a construção das paredes da cisterna, segundo França *et al* (2010), a montagem das placas é realizada de forma circular, obedecendo ao diâmetro de 3,40m. Primeiro, antes de colocar as placas, é necessário fazer uma medida prévia com um gabarito idêntico às placas, de comprimento de 50cm, deixando uma folga de 1,5cm entre as medidas, para fazer o rejunte.

Serão feitas 21 medições, que é o número exato de placas que irão compor a primeira fileira. O objetivo é que, após 18 medições com o gabarito, fique um espaço de 9cm, posicionando as últimas três placas de forma que o espaço seja igual entre as três. França *et al* (2010).

Ainda de acordo com França *et al* (2010) na montagem da primeira fileira (Figura 13), colocam-se sete placas iniciais e faz-se o rejunte; depois, põem-se mais sete placas e rejuntam-se (chumbam-se). Faz-se, então, nova medição para que a distância, entre todas as placas, seja a mais idêntica possível. E na colocação das placas, utilizam-se escoras de madeira (varas) na parte interna e externa de cada placa, além da colocação de seis fios de arame galvanizado nº 12 em cada fileira para amarração. O rejunte das placas é feito no traço 1:2, com um saco de cimento e duas latas de areia.

Figura 13: Detalhes da montagem da primeira fileira



Fonte: PRODHAM

3.4.2. Cobertura

Para a montagem da tampa França *et al* (2010) orienta que, após a confecção do piso e a montagem das placas verticais da parede da cisterna e os rejuntas estiverem totalmente secos, fixa-se uma estaca vertical de 2,07m no centro do piso da cisterna, que terá na extremidade superior uma tábua circular (redonda) de 3cm de espessura e 50cm de diâmetro. (Figura 14).

Figura 14: Detalhes da tampa



Fonte: PRODHAM

Na moessa (fenda) da placa da fileira superior são encaixados uma extremidade dos trilhos a outra ponta com o “pescador” ficará apoiada sobre o disco de madeira, no centro da cisterna. Todos os pescadores (ganchos de ferro) serão presos entre si e amarrados com arame galvanizado nº 12, de maneira que fiquem firmemente presos, em seguida enche-se toda a área do disco de madeira com concreto, de maneira que as pontas dos trilhos sejam totalmente cobertas (Figura 15 e 16). O rejunte das placas deverá ser feito com o mesmo traço do reboco (1:5). Depois da secagem encaixam-se as placas da tampa sobre os trilhos e, antes do rejunte, coloca-se três fios de arame nº12, circulando todos os trilhos na parte exterior da cisterna, para evitar que venham a se desprender durante a operação do rejunte. Para o acesso à limpeza, manutenção e retirada da água, deve-se deixar solta uma das placas maiores, mais próximas das bordas (França *et al* 2010).

Figura 15: Colocação das placas do teto



Fonte: SESAN nº 2 (2017)

Figura 16: Reboco do teto



Fonte: SESAN nº 2 (2017)

3.4.3. Reboco da cisterna

Com as duas primeiras fileiras de placas já rejuntadas no traço de 1:5, o reboco externo é iniciado. Já o reboco interno das paredes e do piso começa após a colocação das três fileiras onde a operação deve começar e finalizar no mesmo dia com intuito de facilitar a emenda entre o reboco das paredes e o piso (Figura 17). O traço da argamassa, para o reboco interno e piso, é 1:3 e para a tampa 1:5. Após 24 horas da operação faz-se uma mistura de cimento e água e 2L de CICA, pincelando todo o interior da cisterna, garantindo, assim, a ausência de vazamentos. A tampa é rebocada apenas por cima (Figura 16).

Figura 17: Aspecto do reboco externo da cisterna



Fonte: SESAN nº 2 (2017)

3.4.4. Pintura

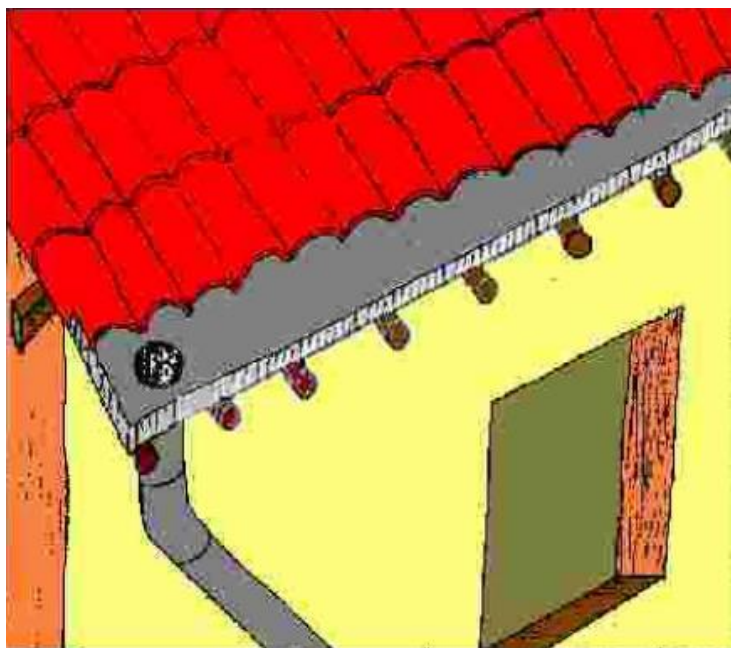
Conforme França *et al* (2010), a cisterna depois de construída, deve ser pintada com três demãos por supercal ou similar.

3.5. CAPTAÇÕES DA ÁGUA DE CHUVA

Segundo Palhares (2016), os sistemas de condução da água para as cisternas citadas até aqui, em sua maioria, são abastecidos com água que escorre do telhado das casas, sendo que em 90% dos casos o telhado abrange uma área grande o suficiente para disponibilizar água potável para toda família que vive embaixo do teto em questão. E ainda pode ser feito também uma área no chão que seja cimentada ou coberta com pedras, como área de captação. Uma

forma de captar água é utilizando uma folha de zinco colocada exatamente embaixo da última fileira de caibros no telhado (Figura 18).

Figura 18: Calha de zinco em forma de “L”



Fonte: João Gnadlinger (1997)

As bicas e calhas podem ser de variados tipos de material, por exemplo, folhas de zinco, canos PVC cortados ao meio e até latas de óleo ou madeira. Ressalte-se que para não ocorrer desperdícios de água, as calhas devem ser colocadas exatamente embaixo das telhas em caso de chuvas muito fortes.

Existem fatores que podem resultar no extravasamento (perda) da água ao passar pelas calhas: número insuficiente de saídas de água ao longo das calhas; distância excessiva da cumeeira do telhado ao beiral; angulação acentuada do telhado e manutenção inadequada das calhas. Para prevenir esses problemas sugerem-se modificações no tamanho e na configuração das calhas e aumento das saídas de água (PALHARES, 2016).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado por meio dos seguintes procedimentos metodológicos: levantamento bibliográfico, visando buscar dados e referenciais apropriados à temática; pesquisas documentais e um trabalho de campo para visualizar de forma mais consistente, a realidade da população e os tipos de cisternas adotadas por elas como reservatórios, verificando a viabilidade da construção, dimensionamento e da captação de água da chuva para que os efeitos da seca não sejam sentidos com grande intensidade.

4.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área onde o estudo foi realizado está localizada na cidade de Doutor Severiano-RN, município que tem extensão territorial de 108,28 km², no Estado do Rio Grande do Norte, tendo limite com o Estado do Ceará. A sede do município está numa altitude de 370m e coordenadas 06°05'38'' de latitude sul e 38°22'30'' de longitude oeste. De acordo com a classificação do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) o município faz parte da Mesorregião Alto Oeste do Estado, mais precisamente na Microrregião da Serra de São Miguel e a 446 km da capital do Estado, Natal. O acesso municipal se dá, a partir da capital, através das Rodovias Federais pavimentadas BR-304, BR-405 e a rodovia estadual, RN-177. Para a zona rural o acesso se dá através de vias rurais parcialmente pavimentadas. Em termos de população o município conta com 6.492 habitantes, sendo 3.709 na zona rural distribuídos em 32 comunidades e 2.783 na zona urbana (IBGE, 2010).

Oficialmente o município apresenta altitude de 200 a 550 metros. Seu relevo faz parte do planalto da Borborema, terrenos antigos formados pelas rochas Pré-cambrianas, onde se encontram as serras e picos mais altos. Na região o clima é tropical quente, úmido e sub-úmido, com períodos chuvosos que variam entre os meses de janeiro a junho, com umidade relativa média anual de 66% e tendo aproximadamente 2700 horas de insolação. (PREFEITURA MUNICIPAL DE DOUTOR SEVERIANO, 2019).

Ainda de acordo com a Prefeitura do local, a atividade econômica que mais se destaca é a agricultura, principalmente, na produção de feijão, milho, arroz, batata doce e mandioca. A pecuária, embora com menos potencial que a agricultura, aparece também como importante fonte de renda no município, aí se destacando a criação de bovinos, caprinos e suínos. Outras atividades são a fruticultura, em especial, o cultivo de laranja, manga e banana, e a apicultura

com a produção de mel de abelha. No setor terciário aparece o comércio de alimentos no varejo, além de roupas, calçados, eletroeletrônicos entre outros.

Como pode ser observado a maior parte da população reside na Zona Rural, e por esse motivo, o estudo limitou-se a esta Zona, mais especificadamente uma área restrita do sítio Lagoa de Dentro (Figura 19), visto ser na área rural onde a luta pelo acesso à água de qualidade é uma dura realidade.

Figura 19: Localização da área de estudo



Fonte: Adaptado Google Maps (2019)

4.2. POTENCIAL DA ÁGUA DE CHUVA A SER CAPTADA

A pesquisa foi realizada em uma área específica da Lagoa de Dentro. Seguindo um padrão das cisternas instaladas, ou seja, todas de 16 m^3 , tomou-se por base a amostragem da área de cinco casas circunvizinhas, pertencentes a uma única família que tenta satisfazer todas as suas necessidades de consumo, produção e criação de animais durante os meses secos do ano com a água de chuva captada e armazenada. Essas residências são apresentadas nas Figuras 20, 21, 22, 23 e 24, a seguir.

Figura 20: Casa A



Fonte: Autor (2019)

Figura 21: Casa B



Fonte: Autor (2019)

Figura 22: Casa C



Fonte: Autor (2019)

Figura 23: Casa D



Fonte: Autor (2019)

Figura 24: Casa E

Fonte: Autor (2019)

A Tabela 1 abaixo, apresenta as áreas para captação de chuva observadas e medidas apenas onde as calhas de zinco ou PVC estão instaladas para encher as cisternas.

Tabela 1: Residências e suas respectivas áreas de captação

Residências	Área (m²)
Casa A	30,76
Casa B	60,86
Casa C	65,55
Casa D	22,19
Casa E	25,45

Fonte: Autor (2019)

Os cálculos referentes à estimativa do volume das cisternas, foram realizados com base nos dados das precipitações diárias para obtenção dos totais de precipitação anual e da média anual na cidade de Doutor Severiano/RN, sendo disponibilizados pela EMPARN, no período de 1964 até 2018, conforme a tabela 2.

Tabela 2: Série histórica de precipitação anual de Doutor Severiano-RN

Ano	P anual (mm/ano)
1964	1184,00
1965	1016,70
1966	755,70
1967	1164,30
1968	846,20
1969	623,50
1970	436,30
1971	920,90
1972	818,90
1973	943,90
1974	1361,40
1975	854,80
1976	639,40
1977	1111,30
1978	947,00
1979	690,40
1980	637,20
1981	606,90
1982	822,70
1983	459,80
1984	793,40
1985	1190,30
1986	931,50
1987	664,60
1988	737,80
1989	1032,30
1990	498,60
1991	612,40
1992	577,50
1993	236,00
1994	954,20
1995	825,10
1996	858,70
1997	720,80
1998	360,40
1999	744,80
2000	1013,70
2001	482,60
2002	1002,40
2003	817,30
2004	1225,10
2005	648,00
2006	865,40
2007	324,40
2008	1395,00
2009	1140,77
2010	574,80

Ano	P anual (mm/ano)
2011	864,96
2012	223,90
2013	624,30
2014	688,00
2015	627,3
2016	556,40
2017	710,00
2018	860,8

Fonte: EMPARN, (2019)

De acordo com Palhares (2016), as equações que utilizam séries históricas de dados pluviométricos e características locais dos regimes de chuva apresentam os melhores resultados. Assim sendo, o cálculo do potencial de água de chuva a ser captada pelas áreas de cobertura é realizado, usando a Equação 1:

$$V_{\text{chuva}} = A \times P \times C \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

V_{chuva} = volume de água da chuva a ser captado (m^3);

A = área de cobertura (m^2);

P = precipitação anual na região (metro/ano) *;

C = fator de escoamento da cobertura**.

*Dividir milímetro por 1.000 para converter em m/ano.

**Sugere-se utilizar o valor de 0,8, independentemente do tipo de cobertura.

O fator de escoamento da cobertura (C) expressa a relação entre a água que escoar superficialmente e o total da água precipitada. Ele varia com a inclinação do telhado e com o material da superfície de captação.

4.3. DIMENSIONAMENTO

A Tabela 3 apresenta a estimativa das necessidades de consumo de água de humanos, aves, equinos, caprinos, bovinos e suínos em diferentes períodos de utilização. Os valores apresentados são médias de consumo, de acordo com os estudos de Silva *et al* (1984). O preenchimento da tabela tem como objetivo servir de referência para o cálculo do consumo de

água na propriedade em estudo, servindo assim, como ferramenta para o gerenciamento deste recurso natural e consequentemente para o dimensionamento correto das cisternas.

Tabela 3: Volume total de água necessário para homens e animais, em diferentes períodos de utilização

Descrição	Volume total (litros)			
	Diário	240 dias	300 dias	Anual
		Consumo mínimo		
Homem	14	3360	4200	5110
Bovino	53	12720	15900	19345
Equino	41	9840	12300	14965
Caprino	6	1440	1800	2190
Ovino	6	1440	1800	2190
Suíno	6	1440	1800	2190
Aves(galinhas)	0,20	48	60	73

Fonte: Adaptado Silva *et al* (1984)

Posteriormente, foi efetuada uma coleta desses dados da Tabela 3 relacionada as demandas diárias de água de cada família e verificado qual poderia ser o número médio de dias secos, para assim determinar o volume necessário das cisternas que irá suprir as necessidades de cada residência.

Com base em Silva *et al* (1984), o volume total de água (V_T) na cisterna, para suprir as necessidades das pessoas e/ou animais, durante um determinado período no trópico Semi-Árido brasileiro, é obtido pela Equação 2:

$$V_T = 1,1 (N \times S \times U) / 1000 \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

V_T = Volume total (m^3);

N = Número de pessoas ou de animais;

S = Consumo de água diário por pessoa ou animal (L);

U = Período de uso de água da cisterna (Dias).

Silva *et al* (1984), afirma e demonstra em seu estudo que todas essas variáveis são multiplicadas por 1,1, correspondendo as perdas de água por desperdício, basicamente a água perdida por evaporação, estimadas em 10 %.

Como o objetivo é ter água disponível na cisterna por todo o período da seca, adotou-se um período de uso (U) médio, com base nos totais de dias sem chuva no período estudado (1964 a 2018).

4.3.1. Dimensões de uma cisterna de forma cilíndrica

As cisternas adotadas pelas famílias na região analisada seguem um padrão, ou seja, todas, apresentam um volume de 16 mil litros e com forma cilíndrica, isso porque são construídas por meio do programa P1MC que utiliza os recursos da ASA. Para este formato, o volume é calculado pela Equação 3:

$$V_{\text{cisterna}} = \pi \left(\frac{D^2}{4} \right) h \quad (\text{Equação 3})$$

A equação representa o produto entre a área da base de um cilindro ($\pi D^2 / 4$) pela sua altura (h).

Onde:

V_{cisterna} = Volume da cisterna (m^3);

D = Diâmetro da cisterna (m);

h = Altura da cisterna (m);

$\pi = 3,1416$ (Constante).

E de acordo com Silva *et al* (1984) o diâmetro (D) adequado para se dimensionar uma cisterna deste tipo que seja capaz de satisfazer as necessidades específicas de cada residência, pode ser calculado em função do volume total (V_T) e da altura (h), de acordo com a Equação 4:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times V_T}{\pi \times h}} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

$\pi = 3,1416$ (constante);

D = Diâmetro (m);

V_T = Volume total (m^3);

h = Altura (m).

A altura (h) pode ser suposta, tomando por base que na forma cilíndrica, à medida que o valor do diâmetro da cisterna se aproxima do valor da altura economiza mais material de construção, de acordo com Silva *et al.* (1984). Dessa forma, a altura é incluída no cálculo como tentativa até obter valores próximos do valor do diâmetro.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o relatório da Prefeitura Municipal de Doutor Severiano (2019), atualmente, existem, em média, um total de 372 cisternas, sendo o principal sistema para captação de água das chuvas como fonte de abastecimento para o período de estiagem. Tem-se 344 cisternas com capacidade de 16 mil litros e 28 de 52 mil litros, distribuídas nas comunidades rurais.

No sítio Lagoa de Dentro foram construídas, pelo programa P1MC com recursos da ASA Brasil, 204 cisternas de 16 mil litros e 3 cisternas de 52 mil litros. Pelo programa Governo Cidadão, foram executadas 7 cisternas de 52 mil litros e 24 de 16 mil litros. Isso totaliza 228 cisternas de 16 mil litros ou 16 m³ e 10 cisternas de 52 mil litros ou 52 m³. A maior parte dos reservatórios foram construídos nessa comunidade por localizar-se em uma serra e ficar mais distante da cidade. Conclui-se assim que, o acesso a água, é de grande dificuldade, não apresentando serviço público para encanação, pois a principal fonte de abastecimento da cidade Doutor Severiano é um açude em outra comunidade rural, o sítio Merejo, com uma distancia de aproximadamente sete quilômetros da Lagoa de Dentro.

5.1. ÁREA DE CAPTAÇÃO DE UMA CISTERNA DE PLACAS DE 16 m³

Sabendo que a construção de uma cisterna de placas é baseada no tamanho do telhado da moradia e na precipitação média anual de chuvas da região, a precipitação média anual para Doutor Severiano por meio do cálculo da média aritmética dos totais de precipitações anuais apresentou um valor de 785,91 mm/ano ou 0,78591 m/ano. Aplicando-se na Equação 1, pode-se isolar a área na fórmula e determinar o valor necessário de captação para corresponder ao volume da cisterna de 16 m³.

A = Área do telhado

V = Volume da cisterna = 16m³

P = Precipitação anual = 0,78591 m/ano

C = Eficiência de captação de 80% = 0,8

Solução:

$$V = A \times P \times C \rightarrow A = V / (P \times C)$$

$$A = 16 \text{ m}^3 / (0,78591 \times 0,8) \rightarrow A = 25,45 \text{ m}^2$$

Portanto, para abastecer uma cisterna de 16 m^3 basta um telhado de $25,45 \text{ m}^2$.

Analisando o total da área necessária para encher a cisterna e os valores dispostos na Tabela 1, apresentada anteriormente, com as casas e suas respectivas áreas de captação, pode-se indicar quais possuem cisternas dimensionadas adequadamente, superdimensionadas ou subdimensionadas.

5.2. DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE CHUVAS NAS RESIDÊNCIAS

Com o dado da área do telhado utilizado para encher a cisterna de 16 m^3 , captando a precipitação média anual, encontra-se o volume de chuvas que cada uma das cinco residências pode atingir, utilizando a Equação 1.

Casa A:

O volume captado na cisterna foi de $19,34 \text{ m}^3$, visto possuir uma área de $30,76 \text{ m}^2$, portanto, $3,34 \text{ m}^3$ acima da capacidade de armazenamento da mesma. Esse excedente, demonstra que a cisterna está subdimensionada.

Casa B:

Na segunda casa, a área de captação medida é de $60,86 \text{ m}^2$. Isso proporciona um volume captado de $38,26 \text{ m}^3$, ou seja, excede $22,26 \text{ m}^3$ um valor bastante elevado, que daria para encher duas vezes a cisterna de 16 m^3 e ainda sobraria $6,26 \text{ m}^3$. Neste caso, a cisterna da casa B também está subdimensionada.

Casa C:

Para a terceira Casa, a área de captação é de $65,55 \text{ m}^2$, o que proporciona um volume captado de $41,21 \text{ m}^3$ de água. Assim como a Casa B, o valor excedente é elevado, correspondendo a $25,21 \text{ m}^3$ que enchem com sobra de $9,21 \text{ m}^3$ uma outra cisterna com a capacidade de 16 m^3 . Logo, a casa C também possui cisterna subdimensionada.

Casa D:

A área de captação para a casa D é de 22,19 m², responsável por um volume de chuvas de 13,95 m³. Diferente das outras residências, a cisterna aqui está superdimensionada, visto captar um volume inferior a capacidade da que está instalada.

Casa E:

A residência E, apresenta área de 25,45 m², exatamente a área necessária para suprir o volume da cisterna de 16 m³. Única casa onde a cisterna está dimensionada adequadamente.

As cisternas rurais da comunidade não acumulam toda água das chuvas captada nos telhados ou não alcançam o limite suficiente para a capacidade de 16 m³ em função do seu dimensionamento. Há necessidade de construção de cisternas com maior ou menor capacidade de armazenamento para o aproveitamento total da água da chuva na região, tendo em vista que três das cinco casas avaliadas apresentam perda de água, uma com capacidade do volume de chuvas inferior ao tamanho da cisterna e uma única com proveito total da água. Embora as áreas de captação nos telhados apresentem algumas irregularidades, estes podem possibilitar a captação e o escoamento de um volume de água suficiente para atender as necessidades das famílias agricultoras no período de seca.

5.3. VOLUME TOTAL E MEDIDAS DE DIMENSIONAMENTO DAS CISTERNAS

A instalação dessa tecnologia social, a cisterna de placas de 16 mil litros, tem o intuito de proporcionar o acesso à água de qualidade e em quantidade suficiente para o consumo humano a famílias de baixa renda e residentes na zona rural. Entretanto, devido às condições de fornecimento de água na localidade em estudo, o consumo não é somente humano. As famílias acabam por utilizar a água armazenada também para consumo de animais e outros fins. Contudo a capacidade de armazenamento de água nas cisternas, não tem sido suficiente, em sua maioria tem sido um reservatório de água abastecido pelos carros-pipa.

Por esse motivo, a cisterna deverá ter capacidade para armazenar o somatório das demandas durante todos os dias de seca, procedendo um volume maior ou menor, dependendo das necessidades diárias de cada família. Por consequência, em alguns casos, deverá ser feito um maior investimento financeiro, garantindo a disponibilidade de água, independentemente

das condições climáticas. Para isso, é necessário adotar alguns procedimentos com base nos dados recolhidos na área de estudo listados nas Tabela 4:

Tabela 4: Dados coletados nas residências

DESCRIÇÃO	Quantidade de pessoas ou animais				
	Casa A	Casa B	Casa C	Casa D	Casa E
Pessoas	5	2	6	2	3
Bovino	0	2	0	0	0
Equino	0	2	0	0	0
Suíno	0	3	1	0	0
Aves(galinhas)	15	30	12	20	10

Fonte: Autor (2019)

Utilizando o cálculo indicado na Tabela 3 obtidos por Silva *et al* (1984), descrito anteriormente no item 4.3 com a estimativa do consumo diário em litros por pessoa e animal, faz-se a multiplicação pela quantidade correspondente de pessoa e animal em cada residência (Tabela 4), apresentando-se na Tabela 5 o consumo diário de água de cada casa.

Saber a quantidade de água consumida pelas famílias principalmente durante os meses de verão possibilita dimensionar um modelo de cisterna ideal para atender a demanda de água, evitando tanto a sua falta como as perdas.

Tabela 5: Consumo diário de água por pessoa ou animal em litros

DESCRIÇÃO	Consumo diário de água (L)				
	Casa A	Casa B	Casa C	Casa D	Casa E
Pessoas	70	28	84	28	42
Bovino	0	106	0	0	0
Equino	0	82	0	0	0
Suíno	0	18	6	0	0
Aves(galinhas)	3	6	2,4	4	2
TOTAL	73	240	92,4	32	44

Fonte: Autor (2019)

O período de uso (U), médio da água armazenada na cisterna, em dias, durante a série histórica de (1964-2018), apresentou um valor de 281 dias (Tabela 6), o que representa o tempo seco onde a cisterna deve estocar água para atender as necessidades diárias de cada casa até que ocorra o novo período chuvoso.

Tabela 6: Série histórica dos dias sem chuva em Doutor Severiano/RN

Ano	Dias sem chuva
1964	209
1965	257
1966	264
1967	245
1968	248
1969	244
1970	275
1971	221
1972	243
1973	233
1974	210
1975	233
1976	264
1977	196
1978	269
1979	271
1980	291
1981	315
1982	282
1983	302
1984	254
1985	211
1986	231
1987	288
1988	250
1989	231
1990	305
1991	335
1992	324
1993	333
1994	259
1995	272
1996	295
1997	306
1998	321
1999	301
2000	262
2001	314
2002	282
2003	301
2004	295
2005	330
2006	287
2007	313
2008	305
2009	274
2010	315
2011	270

Ano	Dias sem chuva
2012	344
2013	327
2014	322
2015	320
2016	331
2017	327
2018	321
Média	281

Fonte: Autor (2019)

Durante o período de aproximadamente 281 dias determinado acima, o volume total que deve ser adotado em particular por cada cisterna a ser instalada nas residências é estipulado resumindo-se a Equação 2, onde o consumo diário total em litros na Tabela 5 é multiplicado por esse período (U) e por 1,1 que significa a perda de água por desperdício estimadas em 10%. A Tabela 7, apresenta os resultados obtidos, para os volumes.

Tabela 7: Volume total de água (V_T)

Cisternas	Volume total (m^3)
Casa A	22,56
Casa B	74,18
Casa C	28,56
Casa D	9,89
Casa E	13,60

Fonte: Autor (2019)

Com base nos resultados da Tabela 7, pode-se perceber que para a casa A, B e C a cisterna de $16 m^3$ é insuficiente, não atende a demanda das propriedades. Já para as casas D e E, $16 m^3$ são suficientes, atendem com sobra toda a demanda. Por esse motivo, há necessidade um dimensionamento adequado para cada caso.

Em uma análise comparativa entre os diferentes tipos de cisternas, Silva *et al* (1984), identifica a cilíndrica como a que apresenta maior economia de material e mão de obra, além de resolverem os problemas que surgiam anteriormente com as rachaduras, que provocavam o vazamento da água. Conforme descrito no item 3.1 as placas, ao contrário dos tijolos, são mais resistentes a trincadas e a forma arredondada reduz a pressão da água nas paredes do reservatório, também diminuindo o risco de aparecimento de fendas. Por esse motivo, foi especificado as medidas (diâmetro e altura) necessárias para a construção da cisterna de placas de forma cilíndrica em cada casa, em função do volume total (Tabela 7) e da altura (h) inicialmente suposta, sabendo que a medida que o valor do diâmetro se aproxima da altura se

economiza mais material. Para tanto, se fez uso das Equações 3 e 4 e os resultados finais obtidos são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8: Medidas para construção das cisternas em cada casa

	Medidas				
DIMENSÕES	Casa A	Casa B	Casa C	Casa D	Casa E
Diâmetro (m)	3,61	4,98	3,60	2,64	2,86
Altura (m)	2,20	3,80	2,80	1,80	2,10
Volume (m³)	23	74	29	10	14

Fonte: Autor (2019)

Os volumes encontrados na Tabela 8, correspondem aos volumes que cada cisterna deveria possuir, onde o resultado foi arredondado para o número superior próximo em caso de apuramento quebrado. Também pode-se analisar quais seriam as dimensões que melhor representariam as especificações para a construção da cisterna de placas ideal, e com isso perceber quais telhados precisam ser adequados para permitir a captação do volume mencionado.

Como já foi discutido, esse modelo de cisterna possui paredes com 0,3 m de espessura e dois terços da sua altura é indicada ficar abaixo do solo, dessa forma, verifica-se as dimensões da cisterna que deveria ser construída na casa C, na planta baixa e num corte transversal conforme o apêndice A.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho reforça a importância de se desenvolver tecnologias para aproveitamento da água das chuvas principalmente nas Zonas rurais da região Nordeste do país onde a maioria dos moradores sobrevive com o auxílio da construção de cisternas. O que torna clara a relevância do Programa um Milhão de Cisternas que vem promovendo à sua construção para captação de água pluvial por meio da mobilização e envolvimento comunitário. Entretanto, vale ressaltar o grau de importância desta pesquisa por se tornar um diferencial para os fabricantes de cisternas que almejem sua produção de forma que satisfaça as demandas diárias da população, além de as famílias possuírem a vantagem de entender qual será o consumo de água de suas residências, desenvolvendo assim uma educação ambiental.

De modo geral, é possível realizar um levantamento sobre todas as especificações para construção das cisternas, mudando a realidade das pessoas locais, determinando a capacidade suficiente para armazenar todo o volume das chuvas levando em consideração a série histórica das precipitações na região e a área dos telhados, evitando perdas de água que poderiam satisfazer as necessidades dos agricultores, visto que, em três das residências foi verificado o subdimensionamento das cisternas, uma outra estava superdimensionada e uma única dimensionada corretamente. Em outro ponto, é perceptível que as demandas de água variam em cada casa, logo um dimensionamento particular pode ser feito para sanar a problemática da escassez de água durante os meses de uso da cisterna, onde não há ocorrência de chuvas. O correto dimensionamento garante eficiência e que a cisterna não virá a ser nem superdimensionada, nem subdimensionada.

O estudo levantado apresentou limitações cruciais no que diz respeito a quantidade de cisternas da comunidade Lagoa de Dentro, 238 no total, número alto para uma pessoa levantar todos os dados relacionados ao dimensionamento casa a casa, como também para calcular as áreas de captação que determinam o volume de água provenientes das chuvas. Por esse motivo, optou-se por adotar uma amostra de cinco casas seguindo um padrão relacionado ao uso exclusivo da cisterna de 16 mil litros abastecida apenas com água das chuvas, pois devido as demandas diárias da maioria da população dessa comunidade rural serem maiores que o volume armazenado, a cisterna que é a única fonte de abastecimento que vem a se tornando insuficiente, daí tem-se contado com auxílio de carros pipas para reabastecê-las. Assim, implica dizer que a pesquisa pode ser aprofundada em um outro momento, mas que os procedimentos de análise levantados são válidos e servem de base para caracterizar a importância do trabalho realizado.

Por fim, esta pesquisa caracteriza-se como modelo para futuros trabalhos que busquem dimensionar cisternas, reforçando que o uso desse sistema é considerado como uma das melhores e mais eficazes alternativas quando o assunto é economia de água, gerando assim uma atitude ecologicamente responsável.

REFERÊNCIAS

- ALVES, H. M. **TECNOLOGIA DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA PARA A UFERSA – CAMPUS DE PAU DOS FERROS/RN**. 2016. 35 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2016.
- ANDRADE, N. C. O. (2004) **Proteção Sanitária das Cisternas Rurais**. In: Anais do XI Simpósio Luso-brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Natal, 2004. Natal: ABES/APESB/APRH.
- ANEXO DA INSTRUÇÃO OPERACIONAL SESAN Nº 2. **Modelo da tecnologia social de acesso à água nº 01 cisternas de placas de 16 mil litros**. 2017. Disponível em: http://www.mds.gov.br/webarquivos/arquivo/seguranca_alimentar/cisternas_marcolegal/tecnologias_sociais/IOSESAN_n2de882017.pdf. Acesso em: 25 jan. 2019.
- ARTICULAÇÃO DO SEMIÁRIDO-ASA. **Programa Um Milhão de Cisternas leva água e melhora qualidade de vida da população do semiárido brasileiro**. 2013. Disponível em: http://www.asabrasil.org.br/imprensa/asa-na-midia?artigo_id=1271. Acesso em: 25 jan. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: **Água de chuva: Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2007. 11p.
- CAVALCANTI, N. B; BRITO, L. T. L. **Captação de água de chuva em cisternas rurais**. 7º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água da Chuva, Caruaru-PE, 2009.
- CEARÁ. **Programa Sertão Vivo: como construir uma cisterna de placas**. Fortaleza, 2005b. 16 p.
- CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Implantação experimental do sistema de monitoramento socioeconômico nas áreas de atuação do Projeto PRODHAM: relatório final**. Fortaleza. Fortaleza, 2008. 97p.
- FRANÇA, F. M et al. **Cisterna de placas: construção, uso e conservação**. Fortaleza: Secretaria dos Recursos Hídricos, 2010.
- FONSECA, E. J. **Implantação de cisternas para armazenamento de água de chuva e seus impactos na saúde infantil: um estudo de coorte em berilo e chapada do norte, minas gerais**. Dissertação, Belo Horizonte, escola de engenharia da UFMG, 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/doutor-severiano/panorama>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2019.

GNADLINGER, J. **Técnica de diferentes tipos de cisternas, construídas em comunidades rurais do Semiárido brasileiro**. Juazeiro, BA: IRPAA, 2008.

GNADLINGER, J. (2000). **Coleta de água de chuva em áreas rurais**. In: Anais eletrônicos do 2º Fórum Mundial da Água, Holanda. Disponível em: irpaa.org.br/colheita/indexb.htm. Acesso em: nov. 2018.

GNADLINGER, J. **A contribuição da captação de água de chuva para o desenvolvimento sustentável do semi-árido brasileiro – uma abordagem focalizando o povo**. 2001. 3º Simpósio brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-árido. Disponível em: http://www.abcmac.org.br/files/simposio/3simp_johann_acontribuicaodacaptacaodeaguadechuva.pdf. Acesso em: 04 nov. 2018.

GNADLINGER, J. **Apresentação técnica de diferentes tipos de cisternas, construídas em comunidades rurais do semi-árido brasileiro**. 1º Simpósio sobre Captação de Água de Chuva no Semi-árido Brasileiro, 1997.

GNADLINGER J. **Redescobrimo a Cal para construir Cisternas**. Paulo Afonso - BA, 1999.

GNADLINGER J. **Cisterns for Rural Low Income Communities in Northeast Brazil**. 7th IRCSA Proceedings, Beijing, China, 1995.

MARTINI, C. **viabilidade da implantação de cisternas para captação de água da chuva em propriedades rurais do município de itá-sc**. 2014. 30 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialista na Pós Graduação em Gestão Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

MINISTERIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL E COMBATE À FOME. **O que é cisterna**. Disponível em: http://www.febraban.org.br/Arquivo/Destaques/o_que_e_cisterna.pdf. Acesso em: 04 março 2019.

PALHARES, J. C. **Captação de água de chuva e armazenamento em cisterna para uso na produção animal**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE DOUTOR SEVERIANO-RN. **História da cidade**. Disponível em: <http://doutorseveriano.rn.gov.br/historia-cidade>. Acesso em: 04 de março 2019. Doutor Severiano, 2019.

SANTOS, E. et al. **A seca no nordeste no ano de 2012: relato sobre a estiagem na região e o exemplo de prática de convivência com o semi-árido no distrito de iguaçu/canindé-ce**. REVISTA GEONORTE, Edição Especial 2, V.1, N.5, p.819 – 830, 2012.
SCHISTEK, H. **A Construção de Cisternas de Tela e Arame**. Editora Fonte Viva, 1998

SILVA, A. S. et al. **Captação e conservação de água de chuva para consumo humano: Cisternas rurais; dimensionamento, construção e manejo.** 12. ed. Petrolina-PE: EMBRAPA-CPATSA/SUDENE, 1984. p. 17 a 51.

APÊNDICE A: Planta baixa da cisterna cilíndrica da casa C com capacidade de 29 m^3 e corte transversal A-A

