



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS-RN
BACHARELADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

HEWERTNH MARQUES ALVES

**POTENCIALIDADE DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM
EDIFICAÇÕES DO CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS/RN**

PAU DOS FERROS-RN

2016

HEWERTNH MARQUES ALVES

**POTENCIALIDADE DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM
EDIFICAÇÕES DO CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS/RN**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA,
Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros
para obtenção do título de Bacharelado
em Ciência e Tecnologia.

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

PAU DOS FERROS-RN

2016

© 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 tornar-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.

A
474p Alves, Hewertnh Marques.
 Potencialidade de Armazenamento de Águas
 Pluviais em Edificações do Centro Multidisciplinar
 de Pau dos Ferros/RN / Hewertnh Marques Alves. -
 2016.
 50 f. : il.

 Orientador: Wesley Oliveira Santos.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
 Tecnologia, 2016.

 1. Águas pluviais. 2. Reservatório. 3. Captação
 de água da chuva. I. Santos, Wesley Oliveira,
 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.

HEWERTNH MARQUES ALVES

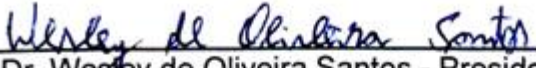
**POTENCIALIDADE DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM
EDIFICAÇÕES DO CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS/RN**

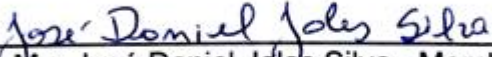
Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA,
Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros
para obtenção do título de Bacharelado
em Ciência e Tecnologia.

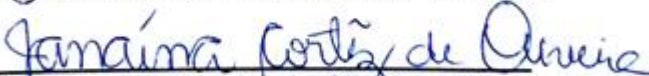
Orientador: Prof. Dr. Wesley de Oliveira
Santos – UFERSA

APROVADA EM: 09/11/16

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Wesley de Oliveira Santos - Presidente


Prof. Me. José Daniel Jales Silva - Membro


Prof. Dr.^a Janaina Cortez de Oliveira - Membro

A **Manoel Nunes de Lucena** (*In
Memorian*) meu querido avô, guardo as
melhores lembranças obrigado por ter feito
parte da minha vida

A **Paulo Oliveira Alves**, meu Pai

A **Sandra Nunes Marques Alves**, minha
Mãe

A **Saulo Marques Alves** meu Irmão

A **Roberta Tereza Meneses** minha
Namorada

A **Prof. Dr. Wesley de Oliveira Santos**
meu Orientador

A todos que me ajudaram durante a
caminhada

AGRADECIMENTO

A Deus por sempre ter iluminado os meus passos dessa trajetória.

A os meus Pais Paulo Oliveira Alves e Santa Nunes Marques Alves por sempre acreditarem que eu chegaria até aqui, não mediram esforços para me ajudar.

A todos os meus Amigos que sempre estiveram somando forças principalmente Pablo Ramos e Felipe Magnus.

A minha Namorada Roberta Meneses que sempre motivou, ajudou e evidenciando que era possível chegar até aqui.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Wesley de Oliveira Santos, pelas orientações, auxílios e conselhos. Obrigado por compartilhar seus conhecimentos para finalização desse trabalho.

“Toda decisão acertada é proveniente de
experiência. E toda experiência é
proveniente de uma decisão não acertada”

“Albert Einstein”

RESUMO

As regiões localizadas em climas áridos e semiáridos precisam buscar meios de convivência com a disponibilidade hídrica. Ultimamente, a microrregião do Alto-Oeste Potiguar sofre com a escassez de água. Diante dessa situação, esse trabalho apresenta como objetivos a realização de um levantamento bibliográfico sobre os principais tipos de cisternas, para a determinação da potencialidade de captação, das coberturas das edificações da UFERSA Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros, através das suas áreas de captação, além dos dados das precipitações diárias, obtidos pela EMPARN, que posteriormente foram usados para estimar a média anual, por meio de uma planilha eletrônica do software Excel, no período de 1964 a 2015. Verificou-se um alto potencial de captação de água proveniente das chuvas, destacando-se a edificação da biblioteca, pois apresentou um volume de 917 m³. O potencial total de captação das coberturas foi de 8964 m³. Com base nos resultados obtidos nesse trabalho, este pode servir de modelo para outros estudos que busquem realizar o dimensionamento efetivo das unidades, analisar a economia de água para o Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros e propor o melhor tipo de sistema de captação a ser adotado.

Palavras-chave: águas pluviais, reservatório, captação de água da chuva.

ABSTRACT

The regions located in arid and semi-arid climates need to seek means of coexistence with water availability. Lately, the micro-region of the Potiguar High-West suffers from the scarcity of water. In view of this situation, this work presents as objectives the accomplishment of a bibliographic survey on the main types of cisterns, for the determination of the potential of abstraction, of the coverings of the buildings of the UFRSA Multidisciplinary Center of Pau dos Ferros, through its catchment areas, In addition to the daily precipitation data obtained by EMPARN, which were later used to estimate the annual mean, using an Excel software spreadsheet, from 1964 to 2015. There was a high potential for abstraction of water from Rainfall, highlighting the building of the library, as it presented a volume of 917 m³. The total collection potential of the coverage was 8964 m³. Based on the results obtained in this work, it can serve as a model for other studies that seek to perform the effective design of the units, analyze the water savings for the Multidisciplinary Center of Pau dos Ferros and propose the best type of abstraction system to be adopted.

Keywords: stormwater, reservoir, rainwater harvesting

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1: Capacidade de armazenamento nas edificações	45
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Edificações do Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros e suas respectivas áreas de cobertura.	41
Tabela 2: Série histórica de precipitação anual de Pau dos Ferros-RN	42
Tabela 3: Medidas estatísticas da série histórica	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
EMPARN	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
P1+2	Programa Uma Terra e Duas Águas
P1MC	Programa Um Milhão de Cisternas
RN	Rio Grande do Norte
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
OMM	Organização Meteorológica Mundial

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Armação da parede e reboco externo de cisterna de placas	23
Figura 2: Cisterna tela-cimento	24
Figura 3: Cisterna de tela-cimento de 10 000 litros	25
Figura 4: Cisternas de Tijolos e Argamassa.....	26
Figura 5: Corte transversal da cisterna de argamassa e cimento	26
Figura 6: Marcação do local da cisterna.....	29
Figura 7: Dimensões da escavação	30
Figura 8: Escavação do Alicerce	30
Figura 9: Estrutura da malha de Ferro $\frac{1}{4}$ do Fundo da Cisterna	32
Figura 10: Aspecto do piso do fundo da cisterna	32
Figura 11: Montagem da primeira fileira.....	33
Figura 12: Montagem da segunda fileira:	33
Figura 13: Montagem da tampa da cisterna.....	35
Figura 14: Detalhes da Montagem da Tampa da Cisterna.....	36
Figura 15: Aspectos do Reboco Externo da Cisterna.....	37
Figura 16: Localização da UFERSA Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros	40

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.1.1 Objetivos Específicos	17
3. REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1 ASPECTOS GERIAS	18
3.2 ASPECTOS QUE INFLUENCIA NA QUALIDADE DA ÁGUA	20
3.3 PRINCIPAIS TIPOS DE CISTERNAS	22
3.3.1 Cisterna de Placas	22
3.3.2 Cisterna de Tela e cimento	24
3.3.3 Cisterna de Tijolos e Argamassa	25
3.3.4 Cisterna de Cal	26
3.4 CONTRUÇÃO DE UMA CISTERNA.....	27
3.4.1 Pontos importantes	28
3.4.2 Marcação do local e escavação.....	29
3.4.3 Montagem da Cisterna de Placas.....	31
3.4.4 Montagens das placas da parede	33
3.4.5 Montagem da tampa	34
3.4.6 Reboco da cisterna	36
3.4.7 Captação da água da chuva	37
3.4.8 Manejo de Água	38
3.4.9 Conservação e Manutenção	39
4. MATERIAL E MÉTODOS	40
4.1ESTUDO DE CASO	40
4.2.AQUISIÇÃO DA SÉRIE HISTÓRICA PLUVIOMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE PAU DOS FERROS.....	41

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
7. REFERÊNCIAS.....	47

1.INTRODUÇÃO

No processo de colonização da região nordeste, não foi observado a importância de se empregar técnicas adequadas para captação e manejo de água de chuva para regiões áridas e semiáridas.

O primeiro projeto de captação e manejo de água de chuva em pequena escala surgiu apenas na segunda metade do século XIX. Quando através do Padre Ibiapina foram criadas as 'casas d'água' no Sertão da Paraíba. Essas construções se constituíam em tanques cavados sobre o chão de granito que acumulavam as águas escoadas das encostas para suprir casas de caridade. Além disso, eram construídos telhados para evitar ou minimizar o processo de evaporação.

Segundo Silva et al. (2011), a política nacional de Recursos Hídricos, como descrita na lei 9.433/97 tem seus fundamentos, objetivos e diretrizes aderentes aos problemas do semiárido nordestino visando assegurar às atuais e futuras gerações, a necessária disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados para os respectivos usos.

Ultimamente, mais precisamente a partir de 2012, a seca vem dificultando a vida da população principalmente para as pessoas mais carentes. Santos et al. (2012) chega a comparar a seca de 2012 com as registradas nos anos de (1777-1779) e a seca de 1888, tamanha as suas proporções.

Mesmo com os diversos problemas de distribuição irregular de chuvas e um elevado processo de evaporação é possível captar água de chuva, armazená-la e assim obter uma fonte para os períodos de estiagem.

Os dados de precipitação média anual de chuva, aliados aos conhecimentos de dimensionamento de estruturas de armazenamento adequadas de água tem um grande papel para auxiliar na convivência com a seca.

O trabalho visa obter a potencialidade de captação de água de chuva das Edificações do Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Realizar um levantamento bibliográfico sobre os tipos de cisternas.

2.1.1 Objetivos Específicos

- Determinar a capacidade de armazenamento (volume) de água das cisternas que seriam instaladas na UFERSA Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros, para atender parte da demanda diária dos seus setores.
- Realizar uma análise da variação da capacidade de armazenamento das cisternas, levando em consideração a variação da precipitação média anual.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 ASPECTOS GERIAS

A Política Nacional de Recursos Hídricos de janeiro de 1997 instituiu fundamentos e instrumentos de gestão a fim de regular o uso da água. Dentre esses se destacam o conceito de que a água é um recurso natural limitado e os instrumentos de outorga dos direitos de uso de recursos hídricos e a cobrança pelo uso da água, os conhecimentos e tecnologias que promovam a redução da captação de água das fontes naturais terão impactos ambientais e econômicos positivos (PALHARES, 2016).

A captação e armazenamento de água da chuva surgem como opção para auxiliar no atendimento da demanda de água de limpeza nas propriedades, principalmente em períodos de estiagem, quando é comum a diminuição da vazão das fontes (GRINGS, 2005).

O Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido: Um Milhão de Cisternas Rurais – P1MC, consiste em estabelecer, junto às comunidades rurais, um processo de capacitação que envolve, ao longo dos 5 anos, um milhão de famílias, abordando a questão da convivência com o semiárido, enfocando mais especificamente aspectos de gerenciamento de recursos hídricos, construção de cisternas, gerenciamento de recursos públicos e administração financeira dos recursos advindos do P1MC (LOPES, 2005).

Conforme Lopes (2005) o P1MC tem como objetivo geral contribuir, através de um processo educativo, para a transformação social, visando à preservação ao acesso, ao gerenciamento e à valorização da água como um direito essencial da vida e da cidadania, ampliando a compreensão e convivência como o ecossistema do semiárido.

Segundo Gnadlinger et al (2007) o Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2) é um projeto de Convivência com o Semi-Árido, que pretende assegurar à população rural o acesso à terra e à água, tanto para consumo da família e dos animais, como para produção de alimentos, ensinando-se a cuidar da terra de maneira sustentável.

Segundo a NBR 15527:07 água de chuva é a resultante de precipitações atmosféricas coletadas em coberturas nas quais não haja circulação de pessoas, veículos ou animais.

As cisternas são formadas por um conjunto de estruturas composta pelo sistema de captação, sistema de filtragem e um reservatório de armazenamento (OLIVEIRA, 2005). Tendo como objetivo armazenar água para o consumo básico das famílias residentes na região semiárida durante o período de estiagem ou quando não há disponibilidade de água com qualidade para o consumo residencial (FRANÇA, 2010)

Tavares (2009) acredita que, no Brasil, as águas de cisterna são empregadas, quase que exclusivamente, para beber, cozinhar e higiene pessoal, no geral sem qualquer tratamento. No meio urbano o aproveitamento da água da chuva geralmente é destinado para fins não potáveis como rega de jardins, descarga em banheiros, lavagem de carros, shoppings e condomínios.

O sistema de captação de água da chuva do telhado constitui-se em um conjunto de calhas instaladas nos telhados para o recolhimento da água de chuva. “As calhas podem ser confeccionadas em materiais metálicos ou PVC” [...] (OLIVEIRA; KNUZ; PERDOMO, 2005).

Existem basicamente dois modelos de cisternas (OLIVEIRA; KNUZ; PERDOMO, 2005): Para captação de água do telhado; Para captação de água de áreas pavimentadas ou áreas de drenagem (OLIVEIRA; KNUZ; PERDOMO, 2005).

Conforme Palhares (2016). As partes que compõe um sistema de captação de água de chuva são:

- 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.

3.2 ASPECTOS QUE INFLUENCIA NA QUALIDADE DA ÁGUA

A água é um dos compostos de maior distribuição e importância na crosta terrestre e cobre cerca de 70% da mesma. É o elemento essencial e indispensável à manutenção da vida, não apenas por suas características peculiares, mas pelo fato de que nenhum processo metabólico ocorre sem sua ação direta ou indireta. Nestas condições, torna-se imprescindível que sua presença no ambiente esteja em quantidade e qualidade apropriadas para sua posterior utilização (ESTEVES, 1998; BRAGA et al., 2002; REBOUÇAS, 2002).

A qualidade da água de chuva deve ser considerada em três momentos: enquanto está na atmosfera, após passagem pela área de cobertura e na cisterna. A qualidade pode ser afetada pelos seguintes fatores: localização geográfica, presença de vegetação no entorno da captação, condições meteorológicas, estação do ano, tipo de cobertura do telhado, condições de conservação da área de captação e material da cisterna (PALHARES, 2016).

Segundo Annechini (2005 apud TAVARES, 2009) são os seguintes os outros cuidados que devem ser tomados com relação aos reservatórios de armazenamento, visando a sua manutenção e a garantia da qualidade da água:

- A cobertura do reservatório deverá ser impermeável;
- A entrada de água no reservatório e o extravasador devem ser protegidos por telas para evitar a entrada de insetos e de pequenos animais no tanque;
- O reservatório deverá ser dotado de abertura, também chamado de visita, para inspeção e limpeza; A água deve entrar no reservatório de forma que não provoque turbulência para não suspender o lodo depositado no fundo do reservatório;
- O reservatório deve ser limpo uma vez por ano para a retirada do lodo depositada no fundo do mesmo (ANNECHINI, 2005 apud TAVARES, 2009).

Além destes cuidados, segundo Oliveira, Kunz, e Perdomo (2005) recomendam-se também:

- Que o telhado utilizado para coleta de água de chuva não tenha muitas árvores próximas, para reduzir o número de folhas e evitar entupimentos das calhas coletoras e das grades ou telas para remoção deste material;

- Que se tenha a separação via sedimentação de pequenas partículas que passam o aparato de grade ou peneira, isto pode ser feito passando-se a água por uma caixa do tipo pré-filtro com brita em que o material sólido grosseiro irá ficar retido;
- A desinfecção da água para eliminar microrganismos;
- Para o processo de desinfecção o agente mais utilizado é o cloro. A quantidade de cloro a adicionar vai depender do tipo da solução de cloro e da qualidade da água.
- Que se faça a medida de cloro residual após o tratamento (deve ser > que 0,2 (OLIVEIRA; KUNZ; PERDOMO, 2005).

De acordo com Funasa (2005 apud TAVARES, 2009):

A quantidade e a qualidade da água armazenada estão diretamente relacionadas às técnicas construtivas da cisterna. Pesquisas realizadas em Minas Gerais evidenciaram que algumas cisternas apresentaram falhas durante a construção, como trincas e vazamentos, levando em alguns casos, à perda total da água armazenada. A utilização de materiais de construção diferentes dos especificados, (como o emprego de areia mais grossa, por exemplo) e, ou mão de obra não devidamente qualificada pode ter ocasionado estas falhas (FUNASA, 2005 apud TAVARES, 2009).

Outros problemas detectados podem estar relacionados à vedação das cisternas, algumas tampas foram construídas com material passível de empenamento, o que facilita a entrada de partículas e pequenos animais para o interior da cisterna, contaminando as águas armazenadas. A contaminação da água ao passar pelo telhado pode se dar por fezes de pássaros e de pequenos animais, insetos e outros animais mortos em decomposição, restos vegetais, poeira e restos do revestimento do telhado (PALHARES, 2016).

Segundo a Funasa, 2005 apud Tavares 2009, são observados no processo de construção de uma cisterna, excesso de cimento empregado e à falta de limpeza adequada no interior da cisterna, o que pode comprometer a qualidade da água futuramente armazenada.

Nesse sentido, a NBR 15527:07 propõe o uso do sistema de armazenamento com derivação, também denominado de sistema autolimpante. Nesse caso, a derivação é instalada na tubulação vertical de descida da água de chuva, com o objetivo de descartar a primeira chuva.

É importante construir cisternas, porém é necessário garantir a qualidade da água consumida, oriunda de precipitações e/ou de carros-pipa, pois os riscos

à saúde pública existem quer por ausência de abastecimento quer por fornecimento inadequado. O desafio da sociedade e do poder público deve ser a universalização desses serviços, abrangendo não apenas o fornecimento, como, também, o controle e a vigilância sanitária, a fim de assegurar a qualidade da água, por meio do estabelecimento de políticas de qualidade de água como parte fundamental da política de águas. O correto manejo garantirá a disponibilidade de água com qualidade e irá determinar a qualidade do produto. O manejo da cisterna é simples, devendo ser baseado em duas ações: limpeza e monitoramento. (PALHARES, 2016).

3.3 PRINCIPAIS TIPOS DE CISTERNAS

As cisternas são importantes, pois minimizam os problemas com verminoses, assim como o menor gasto de horas por dia para buscar água nos açudes, a independência aos caminhões-pipa e a fixação da população na região. Assim, a captação de água de chuva por cisternas proporciona às famílias água com mais qualidade (CÁRITAS, 2001).

3.3.1 Cisterna de Placas

É um reservatório de captação da água de chuva, construído com placas de cimento pré-moldadas, cuja finalidade é armazenar água para o consumo básico das famílias rurais residentes na região semiárida durante o período de estiagem ou quando não há disponibilidade de água com qualidade para o consumo residencial. (FRANÇA, 2010).

De acordo com a figura 1 pode-se observar a armação e o reboco externo de uma cisterna de placa, onde se verifica que entre os pontos positivos a retirada da água acontece com facilidade pelo lado de cima, nesse caso, a água fica fresca, pois a maior parte da cisterna fica debaixo da terra.

Figura 1: Armação da parede e reboco externo de cisterna de placas



Fonte: GNADLINGER (1997)

De acordo com Tavares (2009):

A cisterna de placas é parcialmente enterrada, com cerca de $\frac{3}{4}$ de altura das paredes laterais abaixo do nível do terreno, para reforçar a capacidade de suportar a pressão da água e armazenar, em geral, 16.000 litros (cisterna residencial), mas pode armazenar também 25.000 litros (cisterna comunitária). Sua estrutura consiste em placas de concreto 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, variando conforme capacidade prevista. Estas placas são fabricadas no local de construção em moldes de madeira. A parede da cisterna é levantada com essas placas finas, a partir do chão cimentado. Para evitar que a parede venha a cair, durante a construção ela é sustentada com varas até que a argamassa esteja seca. Em seguida um arame de aço galvanizado é enrolado no lado externo da parede e essa é rebocada. Num segundo momento, constrói-se a cobertura com outras placas pré-moldadas em formato triangular, colocada em vigas de concreto armado, e rebocadas por fora. Geralmente, as cisternas de placa são construídas em mutirões, realizados pela população local, devidamente treinada por pedreiros capacitados (MDS, 2008 apud TAVARES, 2009)

3.3.2 Cisterna de Tela e cimento

Este tipo de cisterna normalmente é construído na superfície. Ela tem uma altura de dois metros. Antes de concretar o fundo, só 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. A construção dessa cisterna é utilizada uma forma de chapa de aço como pode ser observado na figura 2 abaixo, chapas de aço plano (1 m por 2 m), finas (0,9 mm) que são seguradas por cantoneiras e parafusadas umas nas outras em forma cilíndrica (GNADLINGER, 1997).

Figura 2: Cisterna tela-cimento



.Fonte: GNADLINGER (1997)

As principais desvantagens são que a porção entre cimento, água e areia tem de serem respeitadas a risca, as paredes não devem ressecar durante as obras e pelas duas semanas seguintes, a água esquentar com facilidade ao calor do sol, a retirada da água é complicada precisa ser retirada por cima com a ajuda de uma pequena escada ou por meio de uma torneira que pode aumentar o risco de vazamento acidental, a obra não pode ser interrompida durante a construção, pois as subsequentes camadas de reboco não aderem suficientemente (GNADLINGER, 1997).

A figura 3 a seguir apresenta uma cisterna de tela e cimento quase pronta para o uso.

Figura 3: Cisterna de tela-cimento de 10 000 litros



Fonte: GNADLINGER (1997)

3.3.3 Cisterna de Tijolos e Argamassa

De acordo com Gnadlinger (1997) a cisterna de tijolos fica a cerca de dois terços debaixo do chão como a cisterna de placas de cimento. A parede circular de tijolos é levantada em uma base concretada. A espessura da parede é de 20 cm. A parede é rebocada pelo lado de dentro e de fora e o lado de dentro é coberto com nata de cimento, para assegurar uma maior elasticidade, a argamassa deve ser feita com cimento e com cal, o teto da cisterna é nivelado, de concreto de armação simples ou até de vigas de madeira com uma laje fina de concreto.

A principal vantagem é a mesma ser adequada para construção individual, e as desvantagens são exigir grandes quantidades de materiais industrializados, como cimento e aço, e a construção é muito demorada e ainda exigir bastante habilidade dos pedreiros, tanto para levantar o esqueleto de arame, quanto para a aplicação da argamassa, (GNADLINGER, 1997).

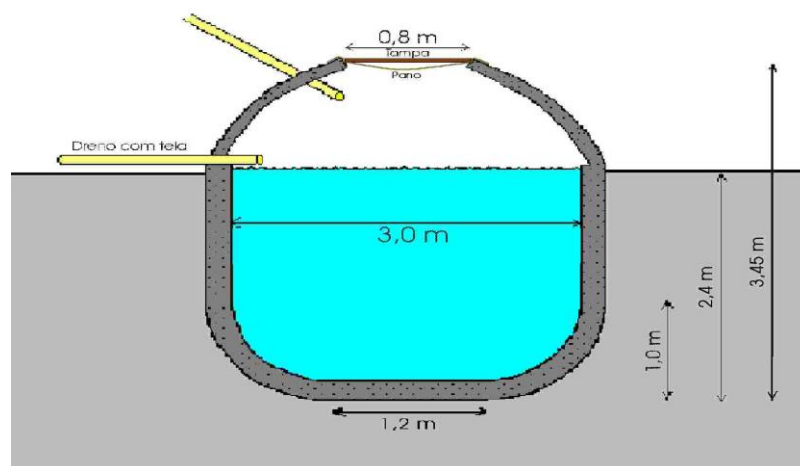
A figura 4 apresenta uma Cisterna de Tijolos e Argamassa e a figura 6 apresenta a ilustração do corte transversal da cisterna

Figura 4: Cisternas de Tijolos e Argamassa



Fonte: GNADLINGER (1997)

Figura 5: Corte transversal da cisterna de argamassa e cimento



Fonte: GNADLINGER (1997)

3.3.4 Cisterna de Cal

A cisterna de cal fica 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 (GNADLINGER, 1997).

Começa-se a levantar as paredes da no centro do fundo da cisterna com os tijolos em pé. As paredes de tijolos, com 20 cm espessura, estão diretamente encostadas na terra, 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, pode ser um telhado comum, porém bem vedado contra a entrada de pequenos animais, ou, mais simples, pode ser uma cúpula feita de tijolos (MDS, 2009).

3.4 CONTRUÇÃO DE UMA CISTERNA

A construção da cisterna envolve a participação da família beneficiária que, além de cavar o buraco, deve prover alimentação e acomodação para os pedreiros que auxiliam no processo. Para favorecer a manutenção da qualidade da água armazenada, previamente à construção das cisternas, as famílias beneficiadas participam de cursos de capacitação cujos objetivos são esclarecer sobre os cuidados necessários com a operação dos sistemas e discutir temas relacionados à situação hídrica do semiárido e outras especificidades locais (GOMES, 2011).

Segundo MDS (2009), para a conservação da água, é interessante que a cisterna fique enterrada até aproximadamente dois terços da sua altura, mantendo a temperatura da água mais baixa. Da mesma forma, para evitar a contaminação desta água, torna-se necessário o uso de fossa séptica, separadas destas construções rurais, para o tratamento e posterior armazenamento de água residuária.

Assim, a proposta das reuniões de capacitação é que elas não se restrinjam à mera transmissão de conhecimentos técnicos para o manuseio adequado das cisternas, mas também que sejam momentos em que o sertanejo é estimulado a debater questões e procurar soluções sustentáveis para a realidade social e climática em que está inserido.

3.4.1 Pontos importantes

Segundo França et al (2010) diversos pontos devem ser observados no processo de construção da cisterna como:

- A quantidade de pessoas que irão utilizar a cisterna, a finalidade do consumo;
- Período de uso conhecimento da área e altura do telhado disponível para captar a água;
- Deve ser evitada a construção da cisterna em locais próximos a árvores uma vez que as raízes das mesmas podem danificar as paredes, provocando vazamentos;
- Tipo de terreno, onde será realizada a construção da cisterna, o terreno arenoso é 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 modificação provoca rachaduras nas paredes da cisterna.

Tavares (2009) acredita que:

A eficiência e a confiabilidade dos sistemas de aproveitamento de água de chuva estão ligadas ao dimensionamento do reservatório de armazenamento, necessitando de um ponto ótimo na combinação do volume de reservação e da demanda a ser atendida, que resulte na maior eficiência com menor gasto possível (TAVARES, 2009).

No dimensionamento do volume do reservatório de água, da cisterna, e dos materiais a serem utilizados na sua construção, recomenda-se que sejam realizados por profissionais habilitados (OLIVEIRA; KNUZ; PERDOMO, 2005).

De acordo com Tomaz (2003), uma cisterna de boa qualidade é indispensável ao bom funcionamento do sistema, sobretudo no que diz respeito das proibições das passagens dos tubos e da tampa de inspeção estaqueada. Ressalta que se não ocorrer vazamento é garantido ainda, com a manutenção preventiva da cisterna, para não deixar que sujeira entre pelas rachaduras.

3.4.1 Marcação do local e escavação

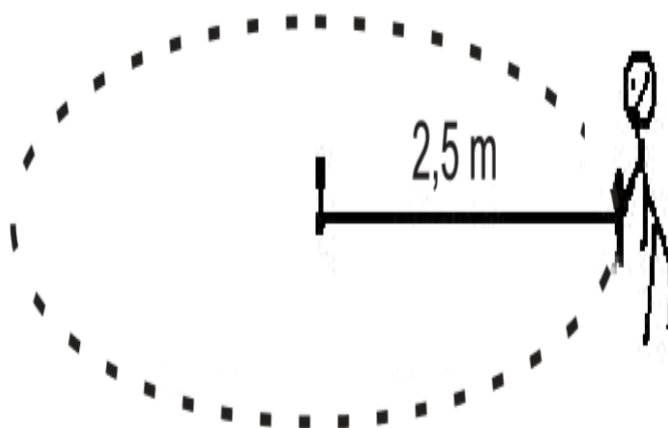
De acordo com Viana (1995) época ideal para se escavar uma cisterna é no fim do período seco ou no princípio do período chuvoso do ano, quando o nível de água subterrânea está mais baixo.

Fazer a marcação com auxílio de uma corda ou barbante de 2,5m, com dois tornos (piquetes) amarrados as pontas da corda; um dos piquetes será fixado ao terreno e o outro, com a corda esticada na outra ponta, servirão de marcador do círculo para orientar a escavação do tanque de armazenamento, conforme a figura 6 abaixo.

Dacach (1997) aponta que a cisterna deve ser aberta tomando os seguintes cuidados:

- Deve ficar longe, no mínimo 15 metros, e mais alto de fossas;
- Deve ficar longe, no mínimo 20 metros, onde existe grande quantidade de matéria orgânica ou de outras fontes de contaminação (Ex.: Pocilgas) e poluição (Ex.: córregos poluídos).

Figura 6: Marcação do local da cisterna

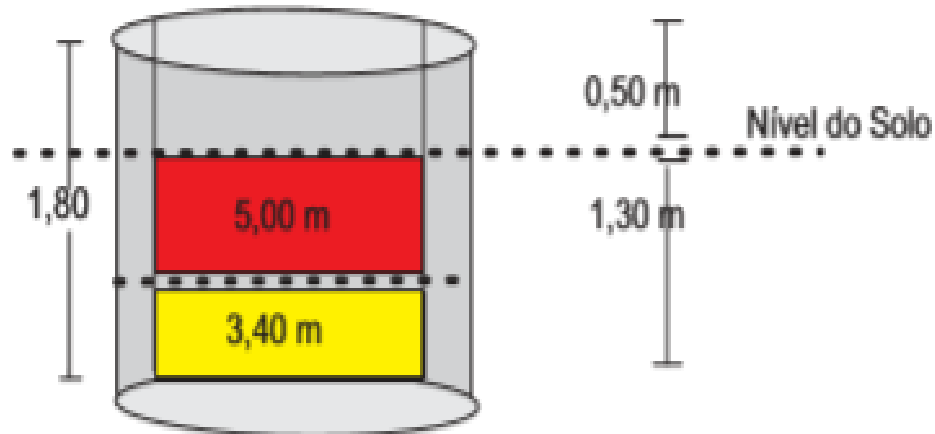


Fonte: FRANÇA (2010)

A cisterna deve ficar distante de inundações e enxurradas, em uma posição mais elevada em relação a esses, além de não muito distante da caixa d'água ou residência, para não elevar o custo da obra em tubulações e forçar demasiadamente a bomba elétrica (VIANA 1995). Nesse sentido, o reservatório pode ser considerado o elemento mais importante do sistema, pois além de ele

possuir um alto custo para sua aquisição é onde fica estocada a água durante vários dias. A figura 7 a apresenta uma lustração do nível que a cisterna fica em relação ao solo.

Figura 7: Dimensões da escavação



Fonte: FRANÇA (2010)

O diâmetro de escavação de cinco irá facilitar a movimentação dos homens durante a construção, pois as dimensões reais da cisterna são de 3,40 m de diâmetro por 1,80 de altura, a figura 8 apresenta como acontece o processo de escavação do alicerce (FRANÇA, 2010).

Figura 8: Escavação do Alicerce



Foto: PRODHAM (2005).

Para Bernat et al (1993), deve-se utilizar areia grossa lavada para dar resistência, durabilidade e impermeabilidade às placas. O traço da argamassa deve ser 1: 4,5 isto é, um aço de cimento e 4,5 latas de areia e precisa ser utilizado para a confecção das placas da tampa da cisterna, é o mesmo que necessita ser usado para as paredes laterais.

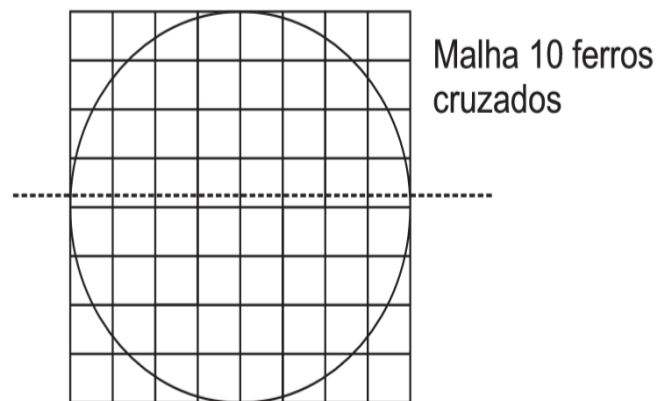
É importante frisar que os materiais utilizados na construção da cisterna devem ser de boa qualidade e atender as normas brasileiras da ABNT quanto à qualidade dos materiais, tais como tubos e conexões, cimento, agregados, argamassa, fator água/coimento, dentre outros (FUNASA, 2013).

3.4.2 Montagem da Cisterna de Placas

Das técnicas desenvolvidas as cisternas de placas emergem como a tecnologia mais recente, e que reúne maiores números de requisitos a solucionar o déficit hídricos das regiões. As cisternas desenvolvidas pela ASA consistem em um reservatório com formato cilíndrico, coberto, enterrado 2/3 de sua estrutura para suportar a pressão da água, com finalidade de captar e armazenar a águas das chuvas, aproveitadas a partir do seu escoamento nos telhados das casas, através de calhas de zinco. Desta forma o líquido armazenado no seu interior estará protegido da evaporação e das contaminações causadas por animais e dejetos trazidos pelas enxurradas (FERNANDES, 2001).

De acordo com França et al (2010) assim que é feita a escavação, inicia-se a confecção do piso, com uma camada ou mureta de 3 cm de concreto, que preenche todo o diâmetro do fundo da cisterna com argamassa indicada, de forma nivelada. Sobre esta, coloca-se uma malha de ferro de $\frac{1}{4}$ confeccionada no próprio local, A figura 9 apresenta como acontece a montagem da malha de ferro no alicerce da cisterna.

Figura 9: Estrutura da malha de Ferro $\frac{1}{4}$ do Fundo da Cisterna



Fonte: Ceará (2005)

Assim que colocada a malha sobre a mureta, esta é coberta com mais 4 cm de concreto, ficando o piso com uma laje de 7 cm para suportar o peso da água, o traço ser utilizado é 1:3:4 isto é um saco de cimento, três latas de areia e quatro latas de brita nº1, a figura 10 retrata a construção do piso da cisterna (FRANÇA, 2010).

Figura 10: Aspecto do piso do fundo da cisterna



Foto: PRODHAM, 2005.

3.4.4 Montagens das placas da parede

A montagem das placas deve ser realizada de forma circular, obedecendo ao diâmetro de 3,40m, será feita com o número exato de placas que irão compor a primeira fileira. A montagem da primeira fileira coloca-se sete placas inicia-se e faz-se o rejunte; depois se põem 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 (BERNAT, COURCIER; SABOURIN, 1993).

Segundo França et al (2010) no processo de colocação das placas, utilizam-se escora 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 traço deve ser 1:2, com um saco de cimento e duas latas de areia.

As figuras 11 e 12 apresentarão o processo de montagem da primeira e segunda fileira das placas laterais da cisterna.

Figura 11: Montagem da primeira fileira



Fonte: PRODHAM, 2005

Figura 12: Montagem da segunda fileira:



Fonte: PRODHAM, 2005

3.4.3 Montagem da tampa

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 2,07 m no centro do piso da cisterna, os trilhos terão uma extremidade encaixada na moessa (fenda) da laca da fileira superior; 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 nº12 que fiquem firmemente presos (BERNAT, COURCIER; SABOURIN, 1993).

É bom lembrar que as placas da cobertura devem ser fabricadas como primeiro passo, antes de iniciar a construção da cisterna, pois o concreto necessita de tempo para curar e assim evitar a quebra das placas na hora da colocação. As placas são apoiadas no centro da cisterna em uma escora, colocadas nas suas posições em forma de um telhado inclinado (LENGEN, 2002).

A figura 13 apresentará a montagem placas da cisterna da tampa da cisterna:

Figura 13: Montagem da tampa da cisterna



Foto: PRODHAM, (2005).

Para França et al (2010) após a fixação dos trilhos, enche-se toda a área do disco de madeira com concreto, de maneira que as pontas dos trilhos sejam cobertas de concreto. O rejunte das placas deverá ser feito com o mesmo traço do reboco (1:5).

Em conformidade com Ceará (2008) depois da secagem encaixam-se as placas da tampa sobre os trilhos e, antes do rejunte, colocam-se três fios de arame nº12, circulando todos os trilhos na parte exterior da cisterna, para evitar que venham a se desprender quando da operação do rejunte, a figura 14 apresenta o processo de montagem da tampa da cisterna.

Figura 14: Detalhes da Montagem da Tampa da Cisterna



Fonte: PRODHAM, (2005).

3.4.6 Reboco da cisterna

Segundo Jalfim et al (2001) o reboco externo será iniciado, preferencialmente, após a colocação das duas primeiras fileiras de placas que já deverão estar rejuntadas com traço de 1:5. Logo após a colocação das três fileiras, que já deverão estar rejuntadas, inicia-se o reboco por dentro das paredes e do piso. Essa operação deverá ser realizada no mesmo dia, para facilitar a emenda entre o reboco das paredes e o piso, com o traço da argamassa, para o reboco interno e piso, é 1:3 e para a tampa 1:5. A figura 15 apresentam o processo de reboco da cisterna.

Figura 15: Aspectos do Reboco Externo da Cisterna



Fonte: PRODHAM, 2005.

Para Fontenele et al, (2005) após 24 horas de conclusão do reboco interno e do piso, faz-se uma mistura de cimento e água e 2 l de CICA, pincelando todo o interior da cisterna, garantindo assim a ausência de vazamentos. A cisterna deverá ser pintada na parte externa, com supercal ou similar em três demãos.

3.4.7 Captação da água da chuva

Segundo Albuquerque (2004), a água de chuva é uma solução interessante para minimizar os efeitos da estiagem, uma vez que, esta pode ser captada de maneira simples e baseada em técnicas populares de armazenamento, ser de custo acessível e de nível tecnológico apropriado para pequena escala, com capacidade de produzir resultados imediatos.

Sendo assim, a acumulação de águas de chuvas em cisternas enquadra-se dentro das chamadas soluções alternativas de abastecimento (May, 2004), e para essas águas, a legislação brasileira estabelece que qualquer água destinada ao consumo humano, deve ser objeto de controle e vigilância da sua qualidade (BRASIL, 2011).

Existem diversos tipos de cisternas para o armazenamento de água de chuva, sendo o tipo “colonial” o mais utilizado. Neste modelo, as cisternas podem ser classificadas em superficial ou enterradas. As cisternas são alternativas simples, de fácil manutenção e de baixo custo, e são empregadas em áreas urbanas do semiárido brasileiro visando reduzir as vulnerabilidades climáticas

que o semiárido está submetido, estando entre as medidas alternativas que têm sido desenvolvidas na tentativa de mitigar os efeitos das secas prolongadas (SOUZA, 2012).

Segundo Queiroz e Farias (2013), no nordeste brasileiro, a captação e aproveitamento de água da chuva por meio da construção de cisternas é uma técnica muito utilizada. Isso se deve à facilidade da captação da água de chuva, da manutenção higiênica, já que sem luz e calor retarda-se a proliferação das bactérias, além de não haver perda devido à evaporação.

Segundo Silva e Domingos (2009) a captação de água de chuva pode ser considerada como uma alternativa para a redução da demanda do sistema de abastecimento público, principalmente em regiões semiáridas. Tendo em vista que a utilização dessa técnica reduz a pressão dos sistemas de abastecimento público e a água captada pode ser utilizada para diversos fins, tais como bacia sanitária, máquina de lavar, irrigações de jardins, lavagens de calçadas e carros, entre outros usos. Desta forma, a utilização de água da chuva pode acarretar uma grande economia de água dos sistemas de abastecimento. O aproveitamento das águas pluviais deve estar envolvido em todos os cenários mundiais, agregando incentivos e implementando tecnologias que minimizem os efeitos drásticos da escassez de água que hoje afeta praticamente todas as regiões do Brasil. Da mesma forma, surgem como uma ação de grande interesse, pois ao mesmo tempo em que contribui para o uso racional da água ajuda como uma medida não estrutural de drenagem urbana.

3.4.8 Manejo de Água

De acordo com Zanella (2015), as águas de chuvas podem ser destinadas para diversos fins, tais como para uso doméstico e higiene pessoal, para fins culinários, irrigação de praças e jardins, pequenas hortas particulares, lavagem de carros, fontes ornamentais, combate a incêndio, entre outros usos.

Conforme França et al (2010) alguns itens para manejo da água devem ser observados como:

A colocação de um filtro (tela) na entrada da água da cisterna, a adição de cloro;

- Manter limpo entorno da cisterna;

- Higienizar as mãos e utensílios para contato direto com as águas estocadas e não retirar a água da cisterna por meio de baldes ou latas.

3.4.9 Conservação e Manutenção

Segundo França et al (2010) alguns cuidados devem ser tomados para uma maior vida útil da cisterna, como fazer limpeza anual (interna e externa), realizar a manutenção preventiva e corretiva da estrutura física e de captação da cisterna, evitar que a cisterna permaneça muito tempo vazia com riscos de rachaduras.

As cisternas se apresentam como forma de reuso de águas pluviais, reduzindo efeitos negativos das chuvas como transporte de sedimentos, erosão, assoreamento devido ao rápido escoamento das águas pluviais, e também como possibilidade de suprimento de água em períodos de escassez, seja para dessedentação animal, irrigação agrícola, higienização animal e humano ou mesmo para o consumo humano.

O desenvolvimento de ações de convivência com o semiárido na implantação de cisternas deve ser de caráter social, preservando os recursos naturais e ampliando de forma sustentável a produção familiar. Esse tipo de sistema possibilita o aumento da disponibilidade de água para beber, cozinhar, entre outros, garantindo o acesso descentralizado da água para o consumo humano, além de melhorar a qualidade de vida daqueles mais necessitados como as crianças, mulheres e idosos. Em cidades mais populosas e com um déficit no esgotamento pluvial, a execução de cisternas também pode auxiliar no controle de enchentes, evitando que a água seja lançada em maior demanda para galerias ou cursos hídricos, o que possivelmente diminuiria as inundações e alagamentos (MATIAS, 2001).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ESTUDO DE CASO

O trabalho consistiu em uma pesquisa bibliográfica, revisão de trabalhos publicados, livros e dissertações, buscando analisar, através dos resultados alcançados pelos autores, a viabilidade da captação e manejo de água da chuva no convívio com os efeitos da seca, utilizando as cisternas como reservatórias de armazenamento de água da chuva em períodos de estiagem.

O estudo ocorreu na Universidade Federal Rural do Semiárido, Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros que está localizada na rodovia BR-226, km 405, conforme apresenta-se na figura 16.

Figura 16: Localização da UFERSA Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros



Fonte: OLIVEIRA, 2016.

Segundo um estudo realizado por Oliveira (2016) pode-se obter as área dos telhados das edificações da UFERSA Centro. Multidisciplinar de Pau dos Ferros onde poderão ser utilizadas como área de captação

Tabela 1:Edificações do Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros e suas respectivas áreas de cobertura.

Edificações	Área (m²)
Laboratório I	736,46
Laboratório II	736,46
Laboratório III	736,46
Bloco de sala dos professores I	1240,92
Bloco de sala dos professores II	1240,92
Garagem	384,92
Almoxarifado	596,74
Centro de convivência	1404,00
Biblioteca	1516,29
Restaurante Universitário	988,90
Residência universitária I	612,92
Residência universitária II	612,92
Administrativo	894,95
Bloco de salas I	1200,55
Bloco de salas II	736,46
Bloco de salas III	736,46

Fonte: OLIVEIRA, 2016.

4.2 AQUISIÇÃO DA SÉRIE HISTÓRICA PLUVIOMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE PAU DOS FERROS.

Para a realização dos cálculos, referentes à estimativa do volume das cisternas, foram utilizados os dados das precipitações diárias (1964-2015) para obter as médias anuais da cidade de Pau dos Ferros/RN, que são disponibilizados pela EMPARN (2015) – Empresa de pesquisa agropecuária do Rio Grande do Norte, e das áreas de captação das instalações da UFERSA, A OMM recomenda-se que estudo uma série histórica de no mínimo 30 anos da s para melhor reconhecimento do clima da região.

Tabela 2: Série histórica de precipitação anual de Pau dos Ferros-RN

ANO	P. anual (mm)
1964	1060,60
1965	846,80
1966	740,00
1967	1016,70
1968	667,50
1969	628,80
1970	389,60
1971	751,90
1972	983,30
1973	1122,10
1974	1505,20
1975	1066,10
1976	709,50
1977	1190,00
1978	933,00
1979	795,40
1980	699,60
1981	801,40
1982	897,20
1983	453,90
1984	682,00
1985	722,50
1986	894,20
1987	600,70
1988	707,40
1989	964,20
1990	332,90
1991	612,40
1992	577,50
1993	212,60
1994	811,20
1995	762,10
1996	935,00
1997	692,80
1998	279,20
1999	666,80
2000	994,80
2001	521,20
2002	949,60
2003	770,50
2004	1225,10
2005	486,20
2006	849,70
2007	665,40

ANO	P_ anual (mm)
2008	1235,00
2009	1005,90
2010	531,20
2011	883,80
2012	271,00
2013	503,00
2014	262,10
2015	469,00

Fonte: EMPARN, 2016.

4.3 CÁLCULO DA CAPACIDADE DA CISTERNA

Conforme Palhares (2016) para calcular o volume da água a ser captada pelas áreas de cobertura das construções, utiliza-se a equação 1.

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

Onde:

V_{chuva} = volume de água da chuva a ser captado (m³)

A= área de cobertura (m²)

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.

Pode-se identificar que o efeito referente a um sistema de água só é determinado quando se sabe o volume da cisterna, pois é a cisterna o elemento mais caro do sistema e seu dimensionamento necessita de cuidados para aprovar sua qualidade econômica.

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.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 3 apresenta o resultado das médias estatísticas referentes a precipitação da série histórica pluviométrica do município de Pau dos Ferros dos anos de (1964-2015) obtendo-se a média que pode ser captado nos telhados das edificações do Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros

Tabela 3: Medidas estatísticas da precipitação anual

Média	756,45
Erro padrão	38,10
Mediana	745,95
Desvio padrão	274,79
Variância da amostra	75514,02
Intervalo	1292,6
Mínimo	212,6
Máximo	1505,2
CV (%)	36,33

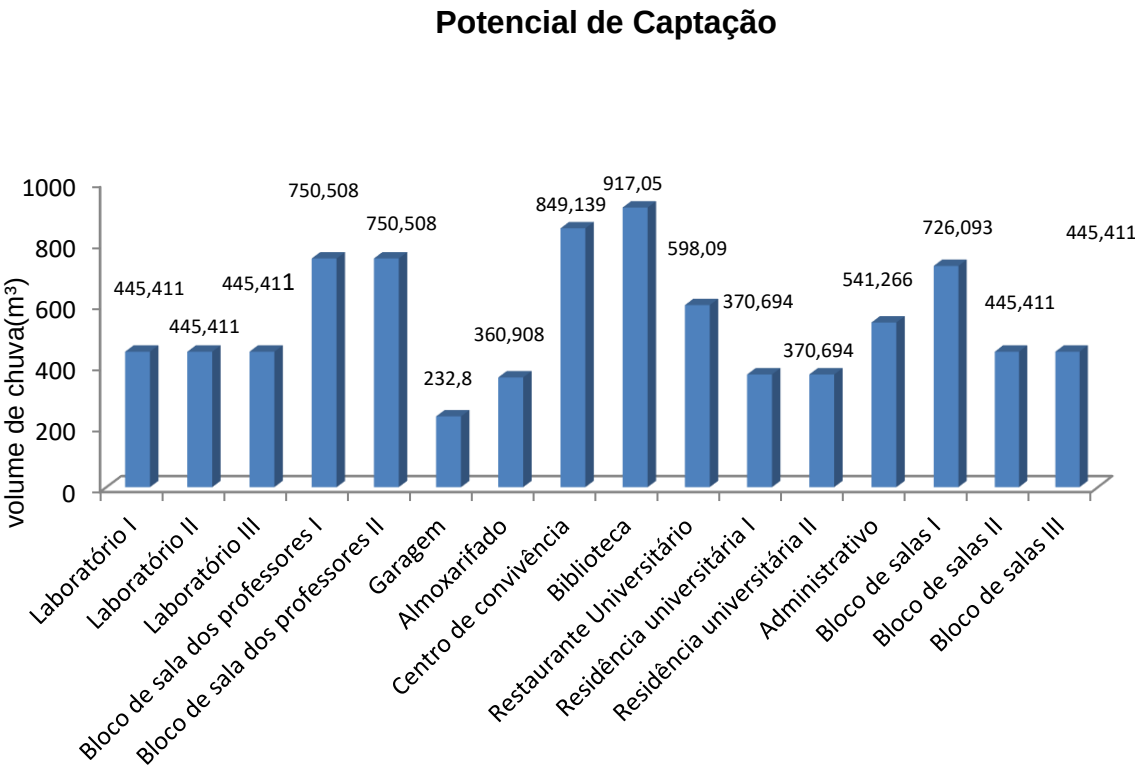
Fonte: ALVES, 2016.

De acordo com a tabela 3 observa-se que o índice pluviométrico médio é (756,45 mm), o valor de maior de precipitação foi (1505,2 mm), e o menor foi (212,6 mm). A maior parte dos valores da precipitação esta entre ($\pm 274,79$ mm) do valor médio, apresentando uma variação média de 36,57%, 50% das precipitações anuais possuem um valor mínimo de (745,95mm).

O gráfico 1, a seguir apresenta os resultados dos volumes de chuva a serem armazenados através das áreas das edificações, calculados de acordo com a equação 1, que se baseia nos dados de precipitação média anual e das áreas dos blocos da UFERSA.

Pode-se verificar, que a edificação com maior potencial de captação do volume de chuva, desconsiderando a declividade do terreno e o tipo de solo é a região onde esta localizada a edificação da biblioteca seguida pelo centro de convivência, já o menor potencial é o da garagem seguida pelo almoxarifado.

Gráfico 1: Capacidade de Armazenamento nas Áreas das Edificações



TELHADO DAS EDIFICAÇÕES

Fonte: Alves, 2016.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados da pesquisa realizada no Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros a área de maior potencial de captação é a da biblioteca podendo captar cerca de 917,05 m³ de água. As áreas de cobertura das edificações oferecem um potencial total de captação de 8964 m³

Também se conclui, que o sistema de captação e armazenamento de água de chuva pode ser instalado de maneira complementar ao abastecimento de água da Universidade através da concessionária local reduzindo o consumo da Instituição

Este trabalho serve de modelo para trabalhos futuros que venham realizar o dimensionamento efetivo das unidades, analisar a economia de água para a UFERSA, levando em conta o período de retorno do investimento, propor o melhor tipo de cisterna a ser adotado e elaborar todo o projeto de drenagem de águas pluviais.

7. REFERÊNCIAS.

ALBUQUERQUE M. **Aspectos Físicos, químicos e biológicos da água armazenada em cisternas de comunidades rurais no semiárido paraibano.** Campina Grande – PB, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15257:2007 -Água da chuva – **aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

BERNAT; COURCIER; SABOURIN. Cisternas de placas, técnicas de construção. Recife: Massangana, 1993

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de Dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

CÁRITAS BRASILEIRA. **Água de chuva: o segredo da convivência com o Semi- Árido brasileiro.** Cáritas Brasileira, Comissão Pastoral da Terra, Fian/Brasil – São Paulo: Paulinas, 2001. il. 104p.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. Implantação experimental do sistema de monitoramento socioeconômico nas áreas de atuação do **Projeto PRODHAM: relatório fi nal.** Fortaleza. Fortaleza, 2008. 97p.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. Implantação experimental do sistema de monitoramento socioeconômico nas áreas de atuação do **Projeto PRODHAM: relatório fi nal.** Fortaleza. Fortaleza, 2008. 97p.

DACACH, Nelson Gandur. **Sistemas urbanos de água.** 1997

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia.** 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FERNANDES, Afonso Cavalcante. **Ajuste na técnica da construção da cisterna de placas (Modelo Pintadas)** Para facilitar sua implantação em locais de solos rasos. Simpósio Brasileiro de captação de água de chuva no Semiárido. Petrolina, 2001.

FONTENELE, F. C.; FIGUEIREDO, A. Z. **Construção de cisterna de placas**. Fortaleza: Secretaria dos Recursos Hídricos, 2005.

FRANÇA, Francisco Mavignier et al. **Cisterna de placas: construção, uso e conservação**. Fortaleza: Secretaria dos Recursos Hídricos, 2010.

FUNASA (2013). **Especificações Técnicas para a construção de melhorias sanitárias domiciliares**. Brasília.

GNADLINGER, João. 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, Johann; SILVA, A. De S.; BRITO, Lt de L. P1+ 2: Programa Uma Terra e Duas Águas para um semi-árido sustentável. **BRITO, LT de L.; MOURA, M. SB de; GAMA, GFB (Ed.). Potencialidades da água de chuva no semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, p. 63-77, 2007

GOMES, Uende Aparecida Figueiredo. **Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais – P1MC – uma avaliação política, institucional e da efetividade**. 2011. 177 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

GRINGS, Victor H.; OLIVEIRA, Paulo. **Cisternas para armazenagem para água da chuva**. 2005. Disponível em:

JALFIM, F.; BEZERRA NETO, G. J. **Construção de cisternas de placas**. Recife: Diaconia. 2001. 15 p. Projeto Água Na Escola (PAAF)

LENGEN, J., von, **Manual do arquiteto descalço**, Rio de Janeiro, Casa do Sonho, 2002

LOPES, Eliano Sérgio Azevedo; LIMA, Silva LS. **Análise do programa um milhão de cisternas rurais-P1MC, no município de Tobias Barreto**, estado de Sergipe. 2005.

LOPES, Eliano Sérgio Azevedo; LIMA, Silva LS. **Análise do programa um milhão de cisternas rurais-P1MC, no município de Tobias Barreto**, estado de Sergipe. 2005.

Manual operativo: **especificações técnicas para a construção de cisternas de placas**. Fortaleza: PRODHAM, 2005a.

MATIAS, José Afonso Bezerra. **Cisterna de placas pré-moldadas. 3º Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi Árido**. Petrolina–PE, 2001.

MAY, Simone . **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 159f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 2004.

MDS - Ministério do desenvolvimento social e combate à fome. **A tecnologia cisternas**. 2009

MEDEIROS, Salomão de Sousa et al. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: INSA, 2011

OLIVEIRA, Matheus Carlos **Potencial de captação e aproveitamento de água de chuva: um estudo de caso na Universidade Federal Rural do Semi-Árido Campus Pau do ferros-Rn**. 2016. 61 f. Monografia (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2016.

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

PERDOMO, Carlos; OLIVEIRA, Paulo; KUNZ, Airton. Seminário sobre Planejamento, **Construção de Cisternas para Armazenamento da Água da Chuva**. UnC Concórdia, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Regional de Concórdia, Embrapa Suínos e Aves, 2005.

Programa Sertão Vivo: **Como construir uma cisterna de placas**. Fortaleza, 2005b. 16 p.

QUEIROZ, M. M. F.; FARIAS C. A. S. **Potencial de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis no Campus da UFCG em Pombal – PB**. Revista Verde: Mossoró, RN, v. 8, n. 1, p. 294 – 299. Jan-mar, 2013.

REBOUÇAS, A. da C. **Água doce no mundo e no Brasil**. In: REBOUÇAS, A. DA C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. Águas doces no Brasil capitais ecológicas usos e conservação. 3 ed. São Paulo: Escrituras, 2002. p. 269-324

SANTOS, E.; MATOS, H.; ALVARENGA, J.; SALES, M.C.L. (2012). **A seca no Nordeste no ano de 2012: Relato sobre a estiagem na região Nordeste e o exemplo de prática de convivência com o semiárido no Distrito de Iguaçu/Canindé/Ce**. Revista Geonorte, Edição Especial 2, V.1, N.5, p 819 – 830, 2012.

SILVA, V.N; DOMINGOS, P. Captação e manejo de água de chuva. Saúde & Ambiente em Revista, v. 2, n. 1, 2009.

SOUZA, J.G.O. **Nordeste brasileiro: uma experiência de desenvolvimento regional**. Banco do Nordeste do Brasil, Fortaleza. 410 p, 2012.

TAVARES, Adriana Carneiro. **Aspectos físicos, químicos e microbiológicos da água armazenada em cisternas de comunidades rurais do semiárido paraibano**. 2009. Campina Grande, 2009. 166 p. Tese(Mestrado em

Desenvolvimento e Meio Ambiente)-Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2009.

VIANA, Francisco Cecílio. **Como fazer poços rasos (cisternas) e uso de cloradores por difusão.** 1995.

ZANELLA, LUCIANO. **Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva.** IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2015.