



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CAMPUS CARAÚBAS
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

PEDRO RAFAEL DE FREITAS FERNANDES LEAL

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DO
SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO
RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UFERSA CARAÚBAS**

CARAÚBAS - RN

2019

PEDRO RAFAEL DE FREITAS FERNANDES LEAL

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DO
SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO
RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UFERSA CARAÚBAS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Ciência e
Tecnologia da Universidade Federal Rural
do Semi-Árido (UFERSA), Campus
Caraúbas, como parte dos requisitos para
obtenção do Título de Bacharel em Ciência
e Tecnologia.

Orientador: Prof. Me. Gustavo Marques
Calazans Duarte

Co-orientador: Prof. Ma. Ana Cláudia
Araújo Fernandes

CARAÚBAS - RN

2019

PEDRO RAFAEL DE FREITAS FERNANDES LEAL

**ESTUDO DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO RESTAURANTE
UNIVERSITÁRIO DA UFERSA CARAÚBAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Ciência e
Tecnologia da Universidade Federal Rural
do Semi-Árido (UFERSA), Campus
Caraúbas, como parte dos requisitos para
obtenção do Título de Bacharel em Ciência
e Tecnologia.

Defendida em: 22/03/2019

BANCA EXAMINADORA


Prof. Mc. Gustavo Marques Calazans Duarte
Presidente


Profª. Ana Cláudia Araújo Fernandes
Coorientadora


Profª. Márcia Yara de Oliveira Silva
Membro


Prof. Carlos Vinícius Damasceno Bessa
Membro

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais Gildivan e Marileide por serem exemplos de seres humanos para mim, por fazerem de tudo para que eu tenha um futuro promissor através dos estudos e por estarem sempre ao meu lado me dando amor e carinho.

A todo o corpo docente da UFERSA – Caraúbas, em especial ao meu orientador e minha co-orientadora, Gustavo Marques e Ana Cláudia, pelos ensinamentos que foram repassados e pela paciência que ambos tiveram comigo.

Aos meus amigos e colegas que desde o início dessa difícil caminhada estiveram comigo me ajudando. Em especial a Mara Alice e Gesley por terem passado um bom tempo ao meu lado me divertindo, ajudando, incentivando e dando puxões de orelha, sou grato a vocês.

A Pedro Moises, Túlio José e Rusiano Freitas por terem estado comigo durante boa parte do começo do curso, sem vocês não estaria onde estou hoje.

A todas as meninas que moram ou que já moraram no apartamento 4, em cima do supermercado que sempre muda de nome, obrigado por tornarem boa parte da minha estadia nessa cidade feliz e divertida.

A Ingrid Azevedo por ser essa grande amiga que sei que sempre estará comigo no que der e vier.

A galera da vila por serem minha segunda família, aos que já se foram e aos que ainda continuam presente, obrigado por cuidarem de mim, me entreterem e principalmente me divertirem. Principalmente aos meus amigos de ala Dyllermano, Arthur, Pablo, Ismael, Dennis, João, Micael e Paulino.

RESUMO

O aproveitamento da água da chuva através de sistemas de captação e armazenamento são alternativas simples que visam minimizar o consumo de água tratada, fornecida pelas concessionárias, além de ser uma forma simples e sustentável de se obter água. No Brasil, principalmente nas regiões que sofrem com longos períodos de estiagem, a exemplo da cidade de Caraúbas, torna-se cada vez mais necessário o uso de novos métodos, como o aproveitamento de água de chuva, com o intuito de suprir as crescentes demandas devido ao aumento populacional e à poluição dos mananciais. O trabalho visa analisar a viabilidade econômica na implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais para serem utilizadas na manutenção da limpeza do piso do Restaurante Universitário – RU que fica localizado no campus Caraúbas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA. Com base no projeto elaborado, foi analisada a eficiência de dois reservatórios de volumes distintos, o primeiro de 10m³ com capacidade de suprimento da demanda por 7 meses e o reservatório de 60m³ que consegue suprir a demanda durante todo o ano. A partir dos custos provenientes da implantação desses sistemas, foi calculado o *payback*, período de tempo de retorno do investimento. A análise dos dois sistemas mostraram que as suas implantações são inviáveis do ponto de vista econômico, visto que o tempo de retorno para os reservatórios de 10m³ e 60m³ são de 54,6 anos e 31,69 anos respectivamente.

Palavras-chave: Reservatório. Tempo de retorno. Viabilidade. Captação de águas pluviais. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The utilization of rainwater through capture and storage systems are simple alternatives that aim to minimize the consumption of treated water, provided by the concessionaires, besides being a simple and sustainable way of obtaining water. In Brazil, especially in regions suffering from long periods of drought, such as the city of Caraúbas, it is increasingly necessary to use new methods, such as the use of rainwater, in order to meet growing demands due to population increase and pollution of water sources. The objective of this work is to analyze the economical viability of installing the rainwater harvesting system to be used to maintain the cleanliness of the UFERSA Restaurant, located at the Caraúbas campus of the Universidade Federal do Meio-Arriido. Based on the elaborated project, the efficiency of two distinct volume reservoirs was analyzed, the first of 10m³ with capacity to supply the demand for 7 months and the reservoir of 60m³ that can supply the demand throughout the year. From the costs arising from the implementation of these systems, payback was calculated, the time period for the return of the investment. The analysis of the two systems showed that their implantations are economically unviable since the return time for the 10m³ and 60m³ reservoirs are 54.6 years and 31.69 years respectively.

Keywords: Reservoir. Return time. Viability. Capture. Water use. Sustainable.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema captação, armazenamento e utilização da água da chuva.....	20
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Dados mensais da precipitação acumulada por mês no ano de 2017	23
Gráfico 2: Eficiência do sistema em função do volume do reservatório	37
Gráfico 3 - Custo de implantação (R\$) e Período de retorno (anos) do sistema...	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Disponibilidade hídrica no Brasil por regiões	15
Quadro 2 - Regiões do Brasil com áreas em km ² e população	15
Quadro 3 – Lavagens de pisos.....	21
Quadro 4 – Método de Rippl	26
Quadro 5– Método da Simulação.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Previsão de consumo mensal	32
Tabela 2 - Demanda de água total x volume de água captada	33
Tabela 3 – Método do Rippl	34
Tabela 4 – Método da simulação para reservatório de 10m ³	35
Tabela 5 – Método da simulação para reservatório de 60m ³	36
Tabela 6 - Variação do período de abastecimento em função do volume do reservatório	37
Tabela 7 – Custo total para a implantação dos reservatórios de 10m ³	39
Tabela 8 – Custo total para a implantação dos reservatórios de 60m ³	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
RU	Restaurante Universitário
ANA	Agência Nacional de Águas
EMPARN	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte
TR	Tempo de Retorno
SINAPI	Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos.....	14
1.1.1	Objetivo Geral	14
1.1.2	Objetivos Específicos.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Disponibilidade de Recursos Hídricos	15
2.2	Análise das variáveis que caracterizam a chuva	17
2.3	Aproveitamento de águas pluviais	18
2.3.1	Captação e armazenamento de águas pluviais	19
2.4	Consumo de água	21
2.5	Instalações hidráulica	22
3	METODOLOGIA.....	23
3.1	Estudo de caso	23
3.2	Precipitação	23
3.3	Área de Captação.....	24
3.4	Demanda	25
3.5	Métodos de dimensionamento.....	25
3.5.1	Método de Rippl.....	26
3.5.2	Método da Simulação	28
3.5.3	Eficiência do Sistema.....	30
3.6	Análise de viabilidade	31
4	RESUTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1	Análise do suprimento da demanda de água da chuva	32
4.2	Dimensionamento do Reservatório.....	34
4.3	Viabilidade da implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais	39
5	CONCLUSÃO.....	42
	REFERÊNCIAS.....	43
	ANEXOS	45

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso fundamental para a vida de todos, estando presente na vida do homem em atividades cotidianas, como tomar banho, até para o desenvolvimento econômico de um país, pois com ela é possível gerar energia, produzir alimentos e produtos de consumo, entre outras atividades (ANA, 2017).

Com o passar dos anos o ser humano vem demonstrando cada vez mais preocupação em relação à preservação de recursos naturais limitados que lhes são oferecidos pela natureza. Tais preocupações vem se mostrando ineficientes pois o cenário em relação a não preservação e ao desperdício de recursos naturais pouco mudaram (GUINDANI, 2016).

O crescimento da população e a maneira consumista com que ela vem se comportando nas últimas décadas propicia diretamente para o crescimento dos setores produtivos, fazendo com que haja cada vez mais a retirada desequilibrada deste recursos da natureza. Juntando estes fatores com longos períodos sem precipitação de chuva, características que são presentes na grande maioria da região do nordeste, fazem com que nessa região haja uma grande carência de água.

Segundo o relatório da Agência Nacional de Águas, 48 milhões de pessoas foram afetadas por secas ou estiagens no território nacional entre 2013 e 2016. Neste período, foram registrados 4.824 eventos de seca com danos humanos. Somente em 2016, ano mais crítico em impactos para a população, 18 milhões de habitantes foram afetados por estes fenômenos climáticos que causam escassez hídrica, sendo que 84% dos impactados viviam no Nordeste (ANA, 2017).

Observando todos esses fatos apresentados, a escassez de água pode vir a ser um fato real para o Brasil, e isso pode ocorrer em um futuro não tão distante. Atitudes como a não poluição de reservas de água doce como, rios, lagos, aquíferos, continuam sendo uma solução preventiva para evitar esse futuro trágico, assim como investir em educação para o uso adequado e técnicas que visam o reaproveitamento desse recurso tão importante que é a água.

“A utilização das águas pluviais é uma ação de responsabilidade internacional, visto o desenvolvimento sustentável das cidades, preconizado na Agenda do Século 21” (FENDRICH e OLIYNIK, 2002, p. VII). Trabalhos relacionados à reutilização de águas pluviais cada vez mais tornam-se de suma importância para a sociedade, pois buscam contornar problemas como escassez de água em regiões que possuem baixo

índice pluviométrico, assim como problemas relacionados à poluição de rios e lagos, que são utilizados para abastecimento da população.

De acordo com uma pesquisa realizada por Guindani (2016) locais que possuam grandes áreas para a captação, necessitem de uma alta quantidade de água e disponham de alto índice pluviométrico, são lugares propícios para que ocorra a viabilidade econômica na implantação do sistema.

Visto que independente das características do local (empresa, residência, prédio público), uma das grandes barreiras para a implantação de sistemas com sustentabilidade são os custos iniciais, e longo tempo de retorno, este trabalho, então, busca demonstrar a importância que é a reutilização de águas pluviais, além de avaliar através de métodos científicos já existentes a viabilidade de implantação desse sistema.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

- Analisar a viabilidade econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva para ser utilizada no prédio do Restaurante Universitário da UFERSA Campus Caraúbas.

1.1.2 Objetivo Específico

- Elaborar um projeto simplificado do sistema de aproveitamento de água de chuva;
- Dimensionar o sistema de aproveitamento de águas pluviais;
- Verificar a viabilidade econômica da implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva a partir do retorno de investimento calculado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Disponibilidade de Recursos Hídricos

Para começar a discutir a respeito da disponibilidade de recursos hídricos é importante entender a diferença entre água e recurso hídrico. Segundo Rebouças (2006) a expressão água deve ser empregada quando se quer tratar do elemento natural em si, não associando ao seu uso ou utilização. O emprego do termo “recurso hídrico” deverá ser usado quando se tratar da água sendo utilizada como um bem econômico. Ou seja, nem toda água do planeta é um recurso hídrico pois não é toda a água que exerce fins econômicos.

De acordo com estudos realizados por Rebouças (2006), pode-se afirmar que o volume de água no planeta terra se manteve de forma constantes nos últimos 500 milhões de anos, essa constância no volume da água no planeta terra se dar devido ao ciclo hidrológico que a água possui, ou seja as suas mudanças de um estado físico ao outro.

No que se refere a distribuição da água no planeta de acordo com os seus estados (líquido, físico e gasoso), Coimbra e Rocha (1999) ressaltam que 70% da superfície da terra é formada por água, sendo 97,5% dessa totalidade salgada. Dos 2,5% restantes, 69% concentram-se em geleiras, 30% em água subterrânea, 0,7% umidade do solo, ar e solos congelados, e somente 0,3% estão disponíveis em rios e lagos para consumo.

Autores como Rebouças (2006) e Tomaz (2005) destacam o quanto o Brasil é privilegiado em relação aos outros países do mundo, por possuir em seu território uma vazão média de água, que representa cerca de 53% de toda produção hídrica da América do Sul e quando comparado ao resto do mundo esse percentual corresponde a 12%, o que ainda continua sendo um valor muito alto.

Infelizmente, toda essa abundância não acontece em todo território brasileiro de maneira uniforme, fazendo assim com que ocorra escassez de água em algumas regiões e acúmulo de água em outras, como é demonstrado nos quadros a seguir.

Quadro 1 - Disponibilidade hídrica no Brasil por regiões

Regiões do Brasil	Vazão (Km³/ano)	Porcentagem (%)
Norte	3.845,5	68,5
Nordeste	186,2	3,3
Sudeste	334,2	6,0
Sul	365,4	6,5
Centro-Oeste	878,7	15,7
Total	5.610,0	100,0%

Fonte: Tomaz (2005, p. 21)

Quadro 2 - Regiões do Brasil com áreas em km² e população

Regiões do Brasil	Área (km²)	População (2012)	Porcentagem da população (%)
Norte	3.869.637	16.318.163	8,41%
Nordeste	1.561.177	53.907.144	27,79%
Sudeste	927.286	81.565.983	42,06%
Sul	577.214	27.731.644	14,30%
Centro-Oeste	1.612.077	14.423.952	7,44%
Total	8.547.403	193.946.886	100,00%

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE

Como é observado nos quadros 1 e 2, a discrepância que ocorre nas regiões do Brasil devido a distribuição não uniforme da população e de chuvas ao longo do território brasileiro, que gera um desequilíbrio, como citado por Tomaz (2005).

(...) um desequilíbrio entre oferta e necessidade. Observa-se também, que a região Sudeste possui maior população e o problema é acentuado pela poluição dos rios, em consequência da atividade industrial, utilização dos insumos agrícolas, poluentes e despejos urbanos (TOMAZ, 2005, p. 22).

Mais um fator que deve-se levar em consideração é o de que a disponibilidade de água em uma região é constante, mas a população varia com o passar dos tempos. A medida que a população aumenta mais os recursos hídricos ficam escassos, pois a parcela que é constante vem a ser dividida por uma parcela cada vez maior.

2.2 Análise das variáveis que caracterizam a chuva

Com relação a precipitação e conforme Collischon e Dornelles (2013), há uma certa gama de variáveis que estão presentes para que se possa obter a análise completa das chuvas em termos quantitativos. As variáveis que se fazem presente são a altura da chuva, comumente conhecida como lâmina de água, intensidade, o tempo de duração da precipitação e a frequência com que surgem.

O valor da altura da lâmina de água é adquirida quando mede-se a espessura média da massa de água proveniente da chuva que está sendo analisada. A duração da chuva é o tempo total em que ocorre a precipitação, podendo ser expressa em minutos ou horas. A intensidade é a quantidade de chuva que precipita em um determinado período de tempo, sendo expressada em mm.h. A frequência é a quantidade de tempo necessário para que ocorra novamente uma chuva igual ou maior do que a chuva que está sendo analisada. As chuvas que possuem intensidade alta tentem a ocorrem em espaços de tempo mais longos, ou seja, demoram para que tal fenômeno venha a acontecer de novo, já as chuvas com intensidades relativamente baixas ocorrem com mais frequência (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

Mais uma variável que é empregada no estudo da Hidrologia é o Tempo de Retorno (TR). Ela representa a previsão do intervalo de tempo onde a chuva que está sendo analisada pode vir a ser superada ou igualada, em média. Não se pode afirmar

com absoluta certeza se irá ocorrer no tempo calculado pois se trata de uma previsão, ou seja, o evento pode ser superado em um tempo menor do que o previsto. Outra forma de obter o tempo de retorno segundo Collischon e Dornelles (2013), é calculando o inverso da probabilidade que tal evento deve acontecer, por exemplo, se o tempo de retorno de uma chuva que está sendo analisada é de que ocorra uma vez a cada 5 anos então a probabilidade dessa chuva acontecer novamente em um ano qualquer é de 20%. Pode-se calcular o tempo de retorno com a equação 1 a seguir:

$$RT = \frac{1}{p}$$

[Eq.01]

Na qual:

RT = Tempo de Retorno (anos);

p = Probabilidade que o evento tem de ser igualado ou superado em um ano qualquer.

2.3 Aproveitamento de águas pluviais

Segundo Ferreira (2014), um sistema de aproveitamento de água da chuva possui diversos benefícios, entre tais vantagens estão presentes a contenção de enchentes e da erosão, além do seu principal objetivo, suprir o consumo da água potável. De acordo com o tipo de uso desejado para a reutilização da água captada é que saberá em que grau será preciso o seu tratamento.

A destinação de recursos hídricos de maneira mais racional, junto com a adoção de práticas diferentes das tradicionais para a sua captação são medidas que vem a causar menos impacto ao meio ambiente e ajudam no desenvolvimento da concepção de cidade sustentável.

Em qualquer edificação a água da chuva pode ser aproveitada para diversos tipos de usos, de acordo com o destino que a água captada tenha, o que irá mudar é

o seu grau de tratamento. Para a execução desse trabalho não será necessária a utilização de métodos com o alto grau de tratamento, pois a utilização da água será apenas para a limpeza do local, tornando o sistema de aproveitamento de águas pluviais menos oneroso e mais fácil de implantar.

De acordo com a ABNT NBR 15.527(2007), a quantidade de volume que pode ser aproveitado da água de chuva depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura e da eficiência do sistema, como mostra a equação 2 a seguir:

$$V = P \times A \times C \times n$$

[Eq. 02]

Na qual:

V = Volume de água de chuva aproveitável;

P = Precipitação média;

A = Área de coleta;

C = Coeficiente de escoamento superficial;

n = É a eficiência do sistema, leva em conta o desvio do escoamento inicial, quando utilizado

2.3.1 Captação e armazenamento de águas pluviais

Tiago (2013) afirma que a utilização da água da chuva traz várias vantagens ecológicas e também econômicas na maioria dos casos. Possuir um sistema que capte e armazene águas pluviais trará grandes benefícios, como contribuir para reduzir a necessidade do uso da água para fins não potáveis dentro de edificações residenciais ou qualquer outro tipo de edificação, além de contribuir para economizar na conta de água e em casos de grandes cidades colabora para reduzir o número de inundações.

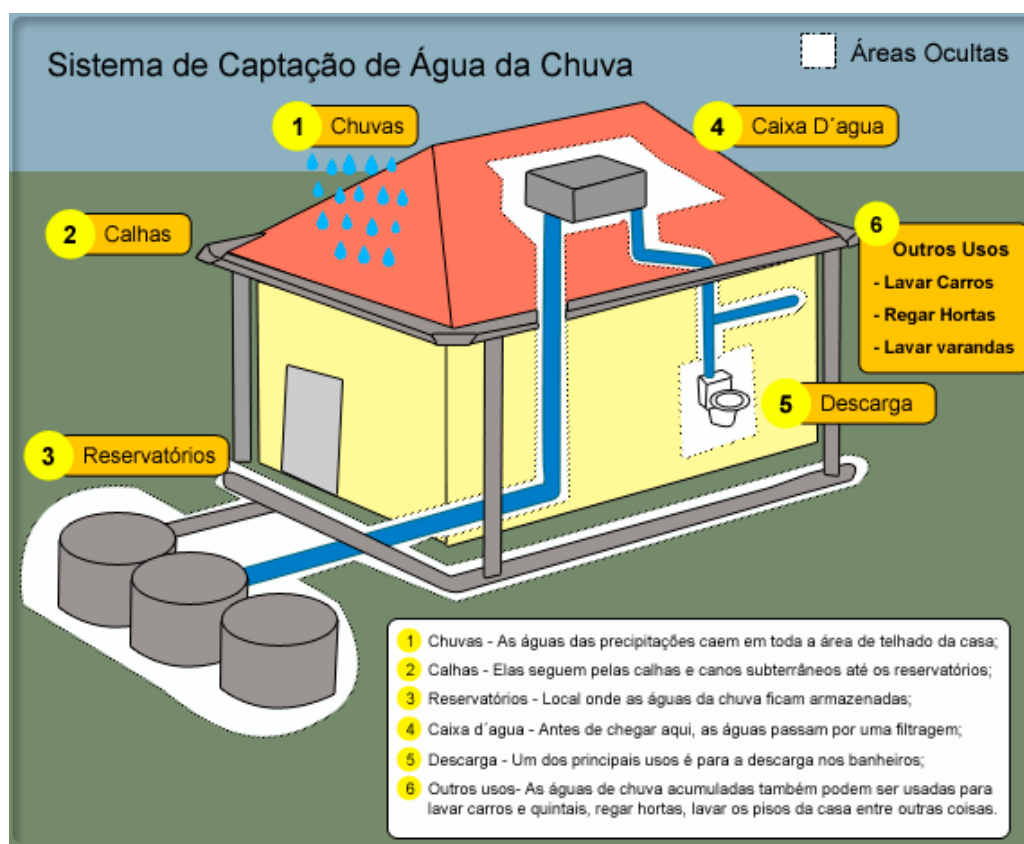
A água da chuva é normalmente captada por um conjunto de telhas e tubos que recolhem a mesma levando posteriormente ao local de armazenamento que normalmente são cisternas sobre o solo ou reservatórios submersos. A captação está diretamente ligada ao tipo de material que o telhado é composto, assim como o grau de inclinação presente no telhado.

O armazenamento da água, principalmente de águas providas das chuvas, não é tão simples como se pensa. Segundo autores como Ferreira (2014) e Andrade Neto (2004), o ambiente onde será realizado o armazenamento deverá seguir medidas que irão garantir a qualidade desta água. Barreiras físicas contra a entrada de animais, insetos, impurezas e matéria orgânica são algumas das medidas de proteção sanitária que devem ser empregadas. Outro ponto importante que deve-se atentar sobre o armazenamento da água é o nível onde ela será empregada. Reservatórios alocados sobre o solo estarão expostos a ação do calor e de luz, acarretando na proliferação de bactérias e outros microrganismos. Por isso, é indicado a adoção de cisternas subterrâneas, que servem para que tais problemas não venham a ocorrer, ou seja, dificultando o acesso.

A ABNT NBR 12217 (1994) é a norma vigente no Brasil que mostra os requisitos mínimos que deverão ser adotados na implantação dos reservatórios. Dispositivo de esgotamento, cobertura, extravasor, inspeção, ventilação e segurança são pontos que devem ser considerados no projeto do reservatório.

O sistema de captação e armazenamento da água da chuva ocorre a partir de tubos ou calhas horizontais e verticais que são inseridos de forma a transportar a água que escoar pelas telhas, e direcioná-la para o reservatório. É dever das calhas ou tubos descartar impurezas que provêm dos telhados e são levados junto com o escoamento da água. A figura 1 a seguir ilustra como ocorre o funcionamento desse sistema que consiste de calhas, tubos verticais, tubos horizontais e reservatórios, nessa ordem.

Figura 1 – Sistema captação, armazenamento e utilização da água da chuva



Fonte: Google (2019)

2.4 Consumo de água

Na literatura são poucos os estudos encontrados que visam obter através de suas pesquisas o consumo médio de água para fins de lavagens do piso em restaurantes. Segundo estudo realizado por Nascimento (2014) utilizando técnicas de auditoria para coleta de dados referentes ao consumo de água para os mais diversos fins em hotéis, foi constatado que mais de 10% da água consumida em hotéis é utilizada para a limpeza de pisos. Com dados coletados e o uso de estimativas em seus cálculos, foi criado uma tabela que tem como objetivo estimar o consumo médio de água utilizada para limpeza do piso em diferentes recintos dos hotéis, estando entre eles o quanto de água em média é consumido para a lavagem do piso das cozinhas. No Quadro 3 a seguir é mostrado os resultados obtidos por Nascimento.

Quadro 3 – Lavagens de pisos

Ambiente	Equipamento Utilizado	Frequência	Indicador de Consumo
Recepção	Balde	2 x semana	0,2 l/m ² /dia
Apartamento	Ducha Higiênica	4 x semana	5,0 l/m ² /dia
Corredores Apartamentos	Balde	1 x semana	0,003 l/m ² /dia
Subsolo Funcionários	Balde	Todos os dias	10,1 l/m ² /dia
Garagem	Lavadora de Alta Pressão	1x/mês	0,006 l/m ² /dia
Cozinha	Balde	2x/dia	1,3 l/m ² /dia

Fonte: Nascimento (2014, p.165)

2.5 Instalações hidráulicas

A implantação do sistema de instalação hidráulica deve seguir requisitos já estabelecidos em norma. A ABNT NBR 5626 é a norma vigente no Brasil que mostra como deve ocorrer todo o processo, desde a escolha pelo material correto, até o passo a passo de como o projeto deve ser executado.

Sistemas de abastecimento que visam a utilização de águas pluviais sem o seu devido tratamento (água não potável), devem ser totalmente independentes, não possuindo em nenhum momento ligações com as tubulações de água potável, evitando assim o uso de conexões cruzadas. Os reservatórios devem estar separados e sua tubulação assim como a torneira por onde sairá a água não potável deve ser devidamente sinalizada, de forma que qualquer possível usuário saiba que aquela água é destinada para fins não potáveis.

3 METODOLOGIA

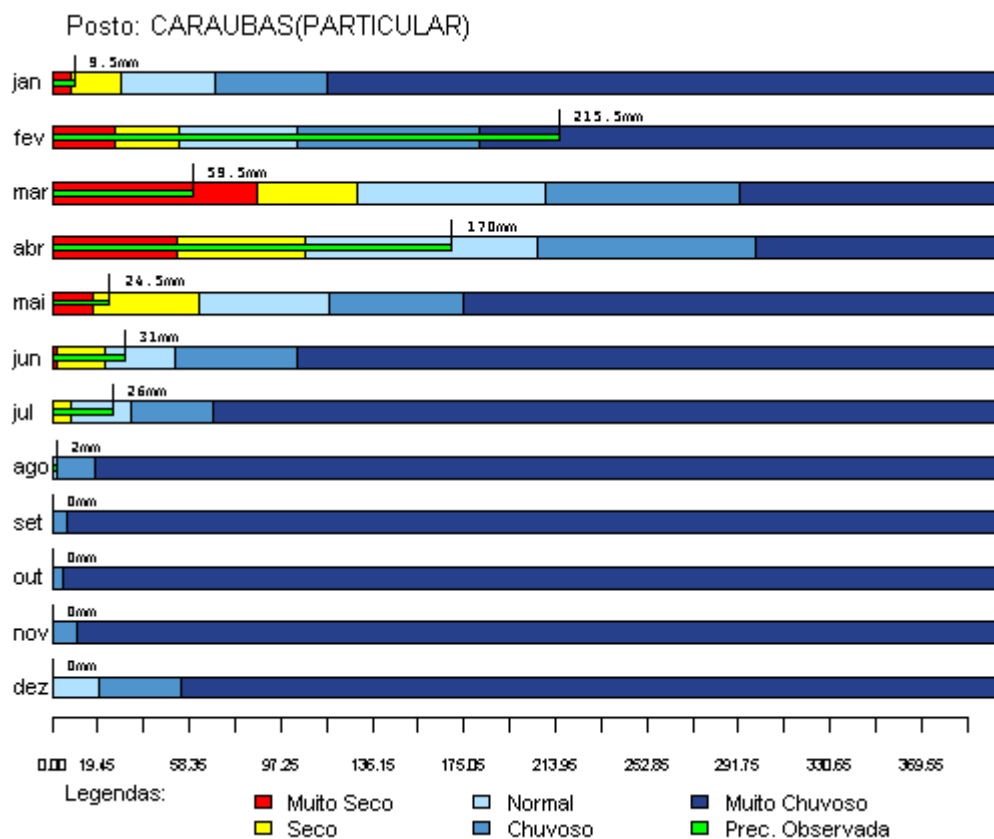
3.1 Estudo de caso

O estudo de caso foi realizado no Campus da Ufersa localizado na cidade de Caraúbas, Rio Grande do Norte. A pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de analisar a viabilidade econômica na implantação de um sistema que armazene a água da chuva no edifício do Restaurante Universitário, de forma que esta água seja utilizada para a limpeza de pisos deste local. A água da chuva precipita na cobertura do edifício que possui a área de 850 m². A maior parte da cobertura é composta por telhas de fibrocimento e apenas uma pequena parte é composta por lajes, sendo os seus valores 786,3m² e 63,7m², respectivamente. Após a precipitação, a água da chuva segue por calhas que desaguam em tubulações de PVC de 75mm e 100mm instaladas no sentido vertical que são direcionadas para caixas de inspeção ou poços absorventes.

A área do restaurante universitário que demanda de limpeza constante foi totalizada como sendo 743m², essas limpezas variam entre uma vez por semana ou seis vezes por semana, dependendo da função que cada local dentro do restaurante possui. Em áreas que são realizados os processamentos e armazenamentos dos alimentos, assim como banheiros e locais que são utilizados para guardar utensílios da cozinha, são lavados todos os dias em que o restaurante abre para o seu funcionamento. Já locais administrativos que estão inseridos dentro do prédio do restaurante universitário são limpos apenas uma por semana.

3.2 Precipitação

A coleta dos dados das precipitações do local do prédio em estudo foram obtidos através do site da EMPARN (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte), onde pode-se adquirir vários dados históricos sobre as precipitações do local de estudo, assim como também de outras regiões. Com a coleta dos dados, utilizando série histórica de 20 anos, e o auxílio do programa computacional Excel, foi realizada a média mensal das precipitações na cidade de Caraúbas, possibilitando assim uma maior precisão no estudo. O Gráfico 1 a seguir mostra como é realizada a divulgação mensal dos dados sobre as precipitações que ocorrem no Rio Grande do Norte utilizada pela EMPARN.

Gráfico 1 – Dados mensais da precipitação acumulada por mês no ano de 2017

Fonte: EMPARN

3.3 Área de captação

A área de captação de água da chuva é um dos fatores que possuem mais relevância dentro da análise do projeto de armazenamento e utilização da água da chuva. As áreas de captação são normalmente as próprias coberturas das edificações, sendo estas compostas por telhas de diferentes tipos e materiais, assim como também por lajes. Possuir uma vasta área de captação implica em ter uma maior quantidade de volume disponível para o reservatório, e assim, com mais volume de água disponível no reservatório, maiores são as chances de suprir a demanda por água do local. A mesma análise se aplica para o inverso, onde edificações que possuem pequena área de cobertura para a captação são propensas a serem inviáveis.

No estudo de caso, a área de captação do edifício analisado é de 850 m², sendo essa, constituída por telhas de fibrocimento, laje impermeável, beirais e rufos. Para

chegar a área total de captação é preciso além das dimensões da cobertura a inclinação do telhado, assim como também, as áreas do beirais.

3.4 Demanda

O destino da água da chuva possui como único objetivo a lavagem do piso de todo o recinto do Restaurante Universitário. Por se tratar de um restaurante, o local demanda de uma limpeza constante de toda a sua área, principalmente em locais onde ocorre o processamento e o armazenamento dos alimentos, para assim garantir a qualidade do seu alimento no que diz respeito a higiene, além de também evitar a presença de animais e insetos. Mediante esse fator e por possuir uma área significativa de água para a manutenção da limpeza do seu piso.

Quanto ao gasto da água para a limpeza do piso em restaurantes, não se tem estudos com a informação da relação volume/área. Para chegar ao valor aproximado de quanto é gasto com água para a limpeza do piso, foi realizado uma pesquisa com alguns dos funcionários responsáveis pela limpeza do restaurante, pedindo para que verificassem a quantidade utilizada para a limpeza do local. Para isso, foram contabilizados os baldes com água utilizados na limpeza de uma determinada e estimada a demanda total do restaurante universitário.

3.5 Métodos de dimensionamento

A ABNT NBR 15527 (2007): Água da chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis- Requisitos, é a norma responsável por apresentar ao projetista os vários tipos de métodos para o dimensionamento dos reservatórios de águas pluviais.

Para analisar a quantidade de água que deverá ser armazenada e o tamanho do reservatório responsável por manter essa água acomodada, foram utilizados dois métodos: Método de Rippl que é conhecido nas mais variáveis literaturas por ser um dos métodos mais utilizados e de fácil aplicação e o Método da Simulação, que mostra o comportamento do reservatório de acordo com que o volume do mesmo for variando (TOMAZ, 2005).

3.5.1 Método de Rippl

O Método de Rippl tem como objetivo informar qual será a dimensão do reservatório que deverá ser implementado no projeto de forma a suprir toda a demanda. A partir de informações como a área de captação, o volume das precipitações do local em estudo e a demanda da edificação, pode-se adquirir qual deve ser o volume que o reservatório deverá possuir. A equação 3 é utilizada para se chegar a conclusão do tamanho do reservatório é:

$$V = D - (C \times P \times A)$$

[Eq. 03]

Onde:

V = Volume do reservatório;

D = Demanda;

P = Precipitação média;

C = Coeficiente de escoamento superficial;

A = Área de captação.

Para esse método foi desenvolvido uma tabela com ajuda do programa computacional Excel. A tabela que visa demonstrar de forma mais simplificada as variações que o reservatório sofre com o passar dos meses é representada através do Quadro 4 a seguir:

Quadro 4 – Método de Rippl

1	2	3	4	5	6	7	8
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m³)	Área de Captação (m²)	Volume mensal de chuva (m³)	Diferença entre os Volumes da Demanda e de Chuva (m³)	Diferença Acumulada da Coluna 6 dos Valores Positivos (m³)	Situação do reservatório

Fonte: Tomaz, 2005

Coluna 1 → Período de tempo;

Coluna 2 → Média mensal da chuva;

Coluna 3 → Demanda mensal da edificação;

Coluna 4 → Área de captação;

Coluna 5 → Volume de água captado mensalmente:

$$\text{Coluna 5} = \text{Coluna 2} \times \text{Coluna 4} \times 0,85 \times 0,001$$

O valor de 0,85 representa o coeficiente de Runoff e o valor de 0,001 tem por finalidade transformar o resultado em m³;

Coluna 6 → É a diferença entre o volume da demanda mensal do consumo da água pelo volume de água captada da chuva. A equação que expressa essa coluna, é:

$$\text{Coluna 6} = \text{Coluna 3} - \text{Coluna 5}$$

Se o resultado dessa subtração for positivo, isso indicará que a demanda por água não foi cumprida e se o sinal der negativo significa que houve excesso de água.

Coluna 7 → Para essa coluna é realizada a soma do valor resultante no mesmo mês da coluna 6 mais o acumulo do mês anterior da coluna 7. Não deverá ser

computado os meses que deram valores positivos na coluna 6, pois estes valores indicam o extravasamento de água.

Coluna 8→ Nessa coluna é onde será indicado através de legendas a situação do reservatório.

E = água extravasando

D = reduzindo o reservatório de água da chuva

S = aumentando o nível de água do reservatório

O volume que o reservatório deverá possuir é baseado no maior volume presente na coluna 7. Se todos os valores da coluna 7 forem zero isso significa que o volume do reservatório que deverá ser empregado é igual ao volume da demanda.

3.5.2 Método da Simulação

Diferente do método de Rippl, o método da simulação visa a obtenção de dados conforme ocorre a variação do volume do reservatório. Esses dados podem fornecer a informação do volume de água que será extravasado ou o volume de água que ficará faltando para suprir a demanda de acordo com o tamanho do reservatório escolhido. Para a aplicação desse método faz-se necessária a criação de uma tabela que será responsável por simular o comportamento do volume do reservatório escolhido, como demonstrado no Quadro 5. A ferramenta escolhida para a criação da tabela e aplicação desse método foi a ferramenta computacional Excel.

Quadro 5– Método da Simulação

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Meses	Chuva Média (mm)	Deman da Mensal (m³)	Área de Capt ação (m²)	Volume de Chuva (m³)	Volume do Reserv atório Fixado (m³)	Volume do Reservat ório no tempo t-1 (m³)	Volume do Reserva tório no tempo t (m³)	Overflo w (m³)	Suprime nto de água externa (m³)

Fonte: Tomaz (2005)

Coluna 1→ Período de tempo;

Coluna 2→ Média do volume da chuva;

Coluna 3→ Demanda mensal da edificação;

Coluna 4→ Área de Captação;

Coluna 5→ Volume de água captado mensalmente:

$$Coluna\ 5 = Coluna\ 2 \times Coluna\ 4 \times 0,85 \times 0,001$$

O valor de 0,85 representa o coeficiente de Runoff e o valor de 0,001 tem por finalidade transformar o resultado em m³;

Coluna 6→ Volume estipulado do reservatório. É com base nesse valor estipulado que se obter o quanto de água que irá extravasar (overflow) e o quanto de água irá faltar por mês;

Coluna 7→ O objetivo desta coluna é mostrar o quanto do volume do reservatório foi computado no mês anterior devido a demanda fixa mensal. Deve-se considerar que no início da contagem dessa coluna o reservatório está vazio, ou seja, em janeiro o volume do reservatório é igual a zero. A regra para essa coluna é pegar o valor do mês anterior da coluna 8, se o valor expresso na coluna 8 for maior do que zero, adota-se o mesmo, caso o valor seja negativo deve-se considerar como o valor sendo igual a 0. A função onde é expresso os valores da coluna 7, é:

$$Coluna\ 7 = SE\ (Coluna\ 8 < 0; 0\ Coluna\ 8$$

Coluna 8→ Expressa os valores do reservatório após ser descontado a demanda fixa mensal, ou seja, o volume do reservatório ao final do mês. A expressão para essa coluna, é:

$$Coluna\ 8 = SE\ (Coluna\ 5 + Coluna\ 7 - Coluna\ 3 \\ > Coluna\ 6; Coluna\ 7; Coluna\ 5 + Coluna\ 7 - Coluna\ 3)$$

Coluna 9→ Fornece os valores do quanto de água é extravasada do reservatório. O cálculo para essa coluna é da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{Coluna 9} &= SE ((\text{Coluna 5} + \text{Coluna 7} - \text{Coluna 3}) \\ &> \text{Coluna 6}; \text{Coluna 5} + \text{Coluna 7} - \text{Coluna 3} - \text{Coluna 6}; 0) \end{aligned}$$

Coluna 10 → Nessa coluna é mostrado o volume de água que deverá ser suprida por outra fonte externa:

$$\begin{aligned} \text{Coluna 10} &= SE (\text{Coluna 7} + \text{Coluna 5} - \text{Coluna 3} \\ &< 0; -(\text{Coluna 7} + \text{Coluna 5} - \text{Coluna 3}); 0) \end{aligned}$$

3.5.3 Eficiência do Sistema

A eficiência ou confiança do sistema é uma ferramenta que serve para complementar os valores encontrados no método da simulação decorrente da variações nas dimensões do reservatório, de forma a melhor compreender esses resultados obtidos. Ela mostra qual será a eficiência do sistema de acordo com a variação dos meses em que o volume do reservatório escolhido virá a suprir. Sendo assim, o cálculo que expressa esse valor é a divisão do número total de meses em que o reservatório supre o sistema pelo o número total de meses em um ano, como demonstrado na Equação 4 a seguir.

$$E = \frac{N_m}{n}$$

[Eq. 04]

Onde:

E= Eficiência do sistema;

N_m = Número de meses em que o sistema é suprido;

n = número total de meses em um ano (12 meses).

3.7 Análise de viabilidade

Embora projetos que visam o aproveitamento de água da chuva causem impactos ambientais positivos, analisar se a implantação desse sistema é viável ou não financeiramente também é de grande relevância. Para descobrir se a implantação do sistema de captação e armazenamento de água será viável ou não, foi analisado o período de retorno. Com base no projeto traçado para a coleta e armazenamento da água, assim como também os materiais e mão de obra que se fazem necessários para a construção desse sistema, chegou-se ao valor do orçamento.

Os valores dos preços dos insumos e composições utilizados para chegar ao resultado final do orçamento foram adquiridos através da tabela do SINAPI (2019), referente ao mês de fevereiro. Os principais itens utilizados para a obtenção dos valores do custo foram o reservatório, motor bomba, tubulações em PVC, bases para o reservatório e a mão de obra necessária para a implantação do sistema.

Analisando o sistema a partir da variação do tamanho do reservatório obteve-se os valores de vários *payback*, e assim, da sua eficiência, baseando-se também na quantidade de meses em que os reservatórios suprem toda a demanda da edificação. No presente caso, o *payback* nada mais é do que o tempo necessário para que o benefício da utilização da água da chuva seja igual ao custo total para a implantação de todo o sistema de captação e armazenamento.

4 RESULTADOS E DISCUSÕES

4.1 Análise do suprimento da demanda de água da chuva

Tomando como base o Método de Rippl, foram utilizados os valores de demanda de água, com o volume de água de chuva captado, podendo assim verificar se a demanda de água não potável será totalmente suprida pelo sistema de aproveitamento ou se terá a necessidade de um abastecimento por parte da concessionária de água.

Com dados coletados no local de estudo, pôde-se conseguir informações da frequência com que cada recinto é lavado assim como também a relação média do gasto de água por metro quadrado.

Os funcionários observaram e concluíram que a média de baldes utilizados para a limpeza de uma área específica (cozinha) era de 30 baldes por lavagem. Tendo em vista que cada balde de água possui o volume de 15 litros e a área que abrangeu a limpeza onde foi feita a análise é de 362,96 m², a relação volume/área encontrada foi de 1,45 litros/m².

A tabela 1 mostra a frequência com que cada local do restaurante é lavado por semana, ao fazer-se o somatório das multiplicarmos de cada área pela sua determinada frequência e por último pelo fator de 1,45 litros/m² chegou-se ao valor total da demanda mensal do local, que é de 14,84 m³/mês.

Tabela 1 - Previsão de consumo mensal

Ambiente	Área (m²)	Frequência
Refeitório	303,45	1 x semana
Guarda pratos	5,4	6 x semana
Higienização de pratos	16,65	6 x semana
Distribuição	12	6 x semana
Preparo de sucos	10,45	6 x semana
Preparo de vegetais	10,45	6 x semana
Preparo de carnes	10,45	6 x semana
Descongelamento de carne	12,4	6 x semana
Cocção	66	6 x semana
Triagem	38,7	6 x semana
Pátio	44,1	6 x semana
WC Feminino	9,75	6 x semana
WC Masculino	9,75	6 x semana
Caixa	7,2	1 x semana
Escritório da Nutricionista	15	1 x semana
Higienização de utensílios	12	6 x semana
Guarda-utensílios	12	6 x semana
BWC/ Vestiário feminino	16,9	6 x semana
BWC/ Vestiário masculino	16,9	6 x semana
Circulação	23,55	1 x semana
Recepção de funcionários	8,75	1 x semana
Área de serviço	7,7	1 x semana
DML	6	1 x semana
Administração	8,4	1 x semana
Despensa	25	6 x semana
Câmera fria carnes	9,52	6 x semana
Câmera fria peixes	4,8	6 x semana
Câmera fria laticínios	4,8	6 x semana
Câmera fria vegetais	8,71	6 x semana
Antecâmara	6,23	6 x semana

Fonte: Autor (2019).

Analisando a Tabela 2, observa-se que o total de água precipitada durante o ano chega a 439,79 m³, superando o total da demanda que é de 178,02 m³. Deve-se

observar também que a partir do mês de julho ocorre uma queda no volume de chuva mensal, configurando assim o período de seca que é característica da região do semiárido nordestino. O método de Rippl propõe a regularização de vazão, ou seja, procura um volume de reservatório que garanta o abastecimento de água não potável durante o ano todo. Na tabela 7 a seguir é mostrado ao final da coluna 3 e da coluna 5 a soma dos respectivos volumes das demandas e das chuvas ao longo do ano.

Tabela 2 - Demanda de água total x volume de água captada

Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de Captação	Volume de chuva mensal
Janeiro	114,1	14,84	850	82,44
Fevereiro	96,9	14,84	850	70,01
Março	109,4	14,84	850	79,04
Abril	124,4	14,84	850	89,88
Maio	78,8	14,84	850	56,93
Junho	44,7	14,84	850	32,30
Julho	13,5	14,84	850	9,75
Agosto	7,6	14,84	850	5,49
Setembro	1,4	14,84	850	1,01
Outubro	1,8	14,84	850	1,30
Novembro	2	14,84	850	1,45
Dezembro	14,1	14,84	850	10,19
Total	608,7	178,02		439,79

Fonte: Autor (2019).

4.2 Dimensionamento do Reservatório

Para dimensionar o reservatório pelo método de Rippl e da simulação foi considerada a demanda mensal 14,84 m³ de água, área de captação de 850 m² e coeficiente de 0,8, de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 – Método do Rippl

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m³)	Área de captação (m²)	Volume de chuva mensal (m³)	Diferença entre o volume da demanda e volume de chuva (m³)	Diferença acumulada da coluna (m³)
Janeiro	114,1	14,84	850	82,44	-67,60	0
Fevereiro	96,9	14,84	850	70,01	-55,17	0
Março	109,4	14,84	850	79,04	-64,20	0
Abril	124,4	14,84	850	89,88	-75,04	0
Maio	78,8	14,84	850	56,93	-42,09	0
Junho	44,7	14,84	850	32,30	-17,46	0
Julho	13,5	14,84	850	9,75	5,09	0,85
Agosto	7,6	14,84	850	5,49	9,35	10,20
Setembro	1,4	14,84	850	1,01	13,83	24,03
Outubro	1,8	14,84	850	1,30	13,54	37,57
Novembro	2	14,84	850	1,45	13,40	50,96
Dezembro	14,1	14,84	850	10,19	4,65	55,61
Total	608,7	178,08		439,79		

Fonte: Autor (2019).

De acordo com esse método, a capacidade mínima do reservatório é igual ao maior valor positivo presente nessa coluna, sendo assim, para esse estudo de caso o volume acumulado é de 55,61m³.

Utilizando os mesmos dados de demanda mensal, área de captação e coeficiente de runoff de 0,85, foi dimensionado o tamanho do reservatório a partir do método da simulação, como demonstrado na Tabela 9 e Tabela 10.

Tabela 4 – Método da simulação para reservatório de 10m³

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de Captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Volume do reservatório ao início do mês	Volume do reservatório ao final do mês	Overflow	Suprimento de água externo
Janeiro	114,1	14,84	850	82,44	0	10	57,60	0,00
Fevereiro	96,9	14,84	850	70,01	10	10	55,17	0,00
Março	109,4	14,84	850	79,04	10	10	64,21	0,00
Abril	124,4	14,84	850	89,88	10	10	75,04	0,00
Maio	78,8	14,84	850	56,93	10	10	42,10	0,00
Junho	44,7	14,84	850	32,30	10	10	17,46	0,00
Julho	13,5	14,84	850	9,75	10	4,92	0,00	0,00
Agosto	7,6	14,84	850	5,49	4,92	-4,43	0,00	-4,43
Setembro	1,4	14,84	850	1,01	0,00	-13,82	0,00	-13,82
Outubro	1,8	14,84	850	1,30	0,00	-13,53	0,00	-13,53
Novembro	2	14,84	850	1,45	0,00	-13,39	0,00	-13,39
Dezembro	14,1	14,84	850	10,19	0	-4,65	0,00	-4,65
Total	608,7	178,02		439,79			311,58	-49,82

Fonte: Autor (2019).

Tabela 5 – Método da simulação para reservatório de 60m³

Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de Captação	Volume de chuva mensal	Volume do reservatório no tempo (t-1)	Volume do reservatório no tempo (t)	Overflow	Suprimento de água externo
Janeiro	114,1	14,84	850	82,44	0	60	7,60	0,00
Fevereiro	96,9	14,84	850	70,01	60	60	55,17	0,00
Março	109,4	14,84	850	79,04	60	60	64,21	0,00
Abril	124,4	14,84	850	89,88	60	60	75,04	0,00
Maio	78,8	14,84	850	56,93	60	60	42,10	0,00
Junho	44,7	14,84	850	32,30	60	60	17,46	0,00
Julho	13,5	14,84	850	9,75	60	54,92	0,00	0,00
Agosto	7,6	14,84	850	5,49	54,92	45,57	0,00	0,00
Setembro	1,4	14,84	850	1,01	45,57	31,75	0,00	0,00
Outubro	1,8	14,84	850	1,30	31,75	18,22	0,00	0,00
Novembro	2	14,84	850	1,45	18,22	4,83	0,00	0,00
Dezembro	14,1	14,84	850	10,19	4,82526	0,18	0,00	0,00
Total	608,7	178,02		439,79			261,58	0,00

Fonte: Autor (2019).

Este método tem como característica a necessidade de arbitrar o volume do reservatório e a partir dessa informação analisar como o sistema se comporta. Para o presente trabalho foi adotado o volume de 10m³ e 60m³. Como é mostrado na coluna 7 das Tabela 9 e 10, deve-se adotar que no início da simulação, ou seja, no primeiro mês o reservatório deve estar cheio.

Para o primeiro caso, o abastecimento do reservatório é suprido por apenas 7 meses, geralmente o que possuem a característica de serem os meses de maiores precipitações da região estudada, compreendido entre os meses de janeiro e julho. Para suprir as demandas de todos os meses, segundo o método da simulação, o reservatório deve possuir o volume de 60m³.

A explicação para o aumento de 6 vezes no tamanho do reservatório para suprir a demanda dos 5 meses restantes é devido a cidade de Caraúbas não possuir um

período constante de chuva ao longo do ano, possuindo precipitações constantes apenas no primeiro semestre do ano. A questão do *overflow*, ou seja, do volume de água transbordado do reservatório ser bastante elevado nos primeiros meses do ano é mais uma amostra de que há uma grande intensidade de chuva na cidade de Caraúbas no início do ano se comparado aos meses finais do resto do ano.

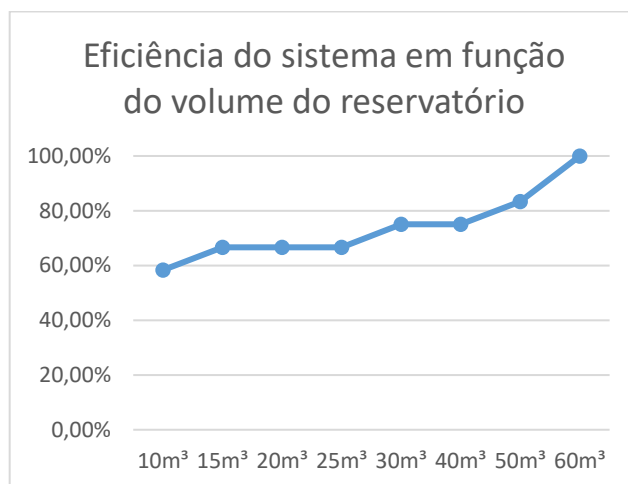
A eficiência do sistema muda de acordo com que o valor do volume do reservatório utilizado no método da simulação varia. A Tabela 11 e o Gráfico 2 a seguir mostra de maneira mais detalhada como isso ocorre.

Tabela 6 – Variação do período de abastecimento em função do volume do reservatório

Volume do reservatório	Período de abastecimento (meses)	Eficiência
10m ³	7	58,33%
15m ³	8	66,67%
20m ³	8	66,67%
25m ³	8	66,67%
30m ³	9	75,00%
40m ³	9	75,00%
50m ³	10	83,33%
60m ³	12	100,00%

Fonte: Autor (2019).

Gráfico 2 - Eficiência do sistema em função do volume do reservatório



Fonte: Autor (2019).

Analizando ambas, a Tabela 6 e o Gráfico 2, pode-se notar que a medida em que o reservatório aumenta, maior é a sua eficiência, abastecendo assim uma maior quantidade de meses. Nesse caso, a eficiência máxima do sistema será quando o reservatório possuir 60m^3 em volume, entretanto podemos notar também que até o reservatório de 10m^3 o sistema possui maiores ganhos do que do reservatório de 10m^3 a diante, ou seja, a partir do reservatório de 10m^3 que possui 58,33% (mais da metade da eficiência total do sistema) o ganho de eficiência do sistema diminui pouco a medida em que se aumenta o reservatório. Pode-se constatar tal fato ao nos atermos ao reservatório de 25m^3 , onde o mesmo possui o aumento de 15m^3 em relação ao reservatório de 10m^3 (mais da metade) e consegue suprir apenas mais um mês da demanda do local.

4.3 Viabilidade da implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais

Para se chegar ao resultado final do presente trabalho é preciso averiguar a viabilidade na implantação do sistema de captação, onde o mesmo está diretamente relacionado ao *payback*. O valor gasto mensalmente com água da UFERSA Campus Caraúbas gira em torno de R\$ 7000,00, a fatura utilizada como parâmetro para avaliar se o sistema é viável ou não foi a fatura do mês de dezembro, onde a mesma corresponde aos gastos provenientes do mês de novembro (Anexo B).

Deve-se salientar que esse valor médio de R\$ 7000,00 mensais não é o gasto apenas do RU mas sim o gasto de toda a instituição, o valor gasto para a limpeza de pisos do RU é o valor médio de R\$ 62,29 mensais, calculado a partir da quantidade de água que se gasta para a lavagem de piso do RU e os valores das tarifas da distribuidora de água do RN.

Com a implantação do sistema de armazenamento da água da chuva, o valor total presente na fatura tende a cair, pois a água que seria recebida pela fornecedora para fins da limpeza do piso do RU virá do sistema de captação implantado, fazendo assim com que não haja gastos com relação ao uso da água para essa demanda.

Foi realizada a pesquisa dos custos para a implantação dos dois reservatório já apresentados, reservatórios de 10m^3 e de 60m^3 , assim como também os custos da

mão de obra e materiais que se fazem necessários para a implantação dos mesmo, como mostram as Tabelas 7 e 8. Já a relação entre o custo dos sistemas e do tempo de retorno (*payback*) é mostrado no Gráfico 3.

Tabela 12 – Custo total para a implantação dos reservatórios de 10m³

Item	Unidade	Quantidade	Preço unitário	Preço total
Reservatório 10000L	unid.	1	R\$ 3.491,69	R\$ 3.491,69
Bomba	unid.	1	R\$ 700,00	R\$ 700,00
Válvula de pé com crivo	unid.	1	R\$ 59,23	R\$ 59,23
Tubo PVC - 100mm	m	73	R\$ 9,00	R\$ 657,00
Válvula de retenção	unid.	1	R\$ 88,54	R\$ 88,54
Pedreiro	h	80	R\$ 13,51	R\$ 1.080,80
Servente	h	80	R\$ 10,12	R\$ 809,60
Registro de gaveta 40mm	unid.	1	R\$ 73,54	R\$ 73,54
Flange 40mm	unid.	1	R\$ 22,41	R\$ 22,41
Total				R\$ 6.982,81

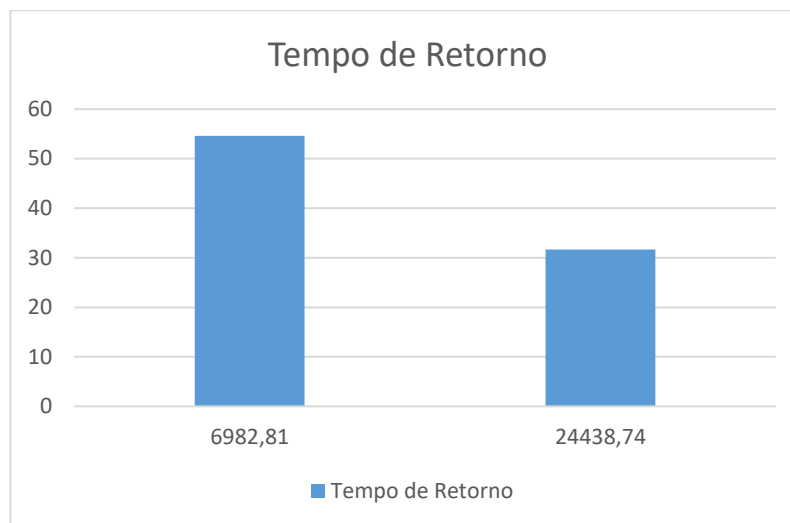
Fonte: Autor (2019).

Tabela 13 – Custo total para a implantação dos reservatórios de 60m³

Item	Unidade	Quantidade	Preço unitário	Preço total
Reservatório 10000L	unid.	6	R\$ 3.491,27	R\$ 20.947,62
Bomba	unid.	1	R\$ 700,00	R\$ 700,00
Válvula de pé com crivo	unid.	1	R\$ 59,23	R\$ 59,23
Tubo PVC - 100mm	M	73	R\$ 9,00	R\$ 657,00
Válvula de retenção	unid.	1	R\$ 88,54	R\$ 88,54
Pedreiro	H	80	R\$ 13,51	R\$ 1.080,80
Servente	H	80	R\$ 10,12	R\$ 809,60
Registro de gaveta 40mm	unid.	1	R\$ 73,54	R\$ 73,54
Flange 40mm	unid.	1	R\$ 22,41	R\$ 22,41
Total				R\$ 24.438,74

Fonte: do Autor (2019).

Gráfico 3 - Custo de implantação (R\$) e Período de retorno (anos) do sistema.



Fonte: Autor (2019)

Como é visto no Gráfico 3 acima, ambos os sistemas não satisfizeram no ponto de vista econômico. Pode-se afirmar isso pois o seu *payback* ocorre depois de décadas, 54,6 anos para o reservatório de 10m³ e 31,69 anos para o reservatório de 60m³. Tal fator pode ser explicado baseando-se no longo período de estiagem de onde o local está inserido, fazendo assim, com que os meses em que o reservatório não será utilizado venha a ser um grande ponto negativo para o cálculo do tempo de retorno. Outro fator também é a baixa bonificação anual que ocorre nas contas de água da UFERSA, sendo em média apenas 125,58 R\$ para o reservatório de 10m³ e 747,48 R\$ para o reservatório de 60m³.

5 CONCLUSÃO

Conforme andamento do presente trabalho pode-se constatar toda a importância que gira em torno da água, seu poder de desenvolvimento das sociedades, assim como também a sua total relevância para a sobrevivência de todos os seres vivos do planeta terra. Sabendo de todo o valor que a água possui e por se tratar de uma matéria prima finita é esperado que cada vez mais novas ações e novas tecnologia surjam, visando que cada vez mais esse bem tão precioso seja utilizado de forma mais eficiente, evitando assim o seu desperdício.

Ao decorrer desse estudo de caso foi visto que nem sempre a implantação de um sistema de captação e armazenamento de água da chuva será viável economicamente, uma vez que fatores como a demanda, tamanho do reservatório e chuvas não constantes ao longo do ano afetam de forma direta no desempenho da viabilidade do projeto. No entanto, apesar do projeto não ter sido viável do ponto de vista econômico, visto que possui um *payback* elevado, a execução do mesmo levando em consideração a sua parte sustentável ainda é tida como sendo um ponto positivo, principalmente pelo estudo de caso ter sido realizado em uma instituição pública.

Por tanto, a execução do projeto de captação e armazenamento de águas pluviais na instituição da UFERSA campus Caraúbas é viável do ponto de vista ecológico pois estará colaborando com o meio ambiente ao estar destinando um fim a água da chuva.

Uma sugestão que pode vir ser utilizada futuramente na tentativa de contornar a não viabilidade que ocorreu no projeto é a de destinação das águas cinzas do RU com tratamento prévio de forma que a mesma seja reutilizada para a limpeza dos pisos, fazendo assim com que se tenha um maior volume de água a disposição.

Outro ponto que pode ser enfatizado em relação a implantação desse projeto é a herança que o mesmo deixará para a comunidade acadêmica do campus, gerando incentivo para novos estudos que visem o aperfeiçoamento desse projeto ou uma nova destinação a partir de novas tecnologias.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998

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

CARACTERIZAÇÃO DOS USOS-FINAIS DO CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES DO SETOR HOTELEIRO DE BRASÍLIA. Brasília: Revista de Arquitetura Imed, 2014. Semestral. Disponível em: <<https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/view/733>>. Acesso em: 18 mar. 2019.

COLLISCHONN, Walter; DORNELLES, Fernando. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2013.

DUARTE, Jorge. **O que é estudo de viabilidade econômica financeira?** Disponível em: <<http://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/gestao-empresarial/estudo-viabilidade-economica-financeira/>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de utilização das águas pluviais**: 100 maneiras práticas. Curitiba: Livraria do Chain, 2002.

FERNANDES, Ana Cláudia Araújo. **UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS: UMA ALTERNATIVA PARA MINIMIZAR A CRISE HÍDRICA – ESTUDO DE CASO NO INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE**. 2015. 15 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

FERREIRA, Antônio Domingos dias. **Habitação autossuficiente**: Interligação e integração de sistemas alternativos. 1º Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

GUINDANI, Adriano Marcos. **ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL EM ESTRELA-RS**. 2016. 93 f. TCC

(Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2016.

REBOUÇAS, Aldo da C. Água doce no mundo e no Brasil. In.:REBOUÇAS, Aldo da C.; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia. (ORG) **Águas doces no Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. 3. Ed. São Paulo: Escrituras, 2006.

REBOUÇAS, Aldo. **Água na região Nordeste: desperdício e escassez**. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40141997000100007&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 14 jun. 2018.

ANEXO B – Fatura da CAERN



CAERN - 08.334.385/0001-35

N° Documento: 2018118908132

ESCRITÓRIO

CARAUBAS

MATRÍCULA 00890813.3	CLIENTE UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI ARIDO	CPF/CNPJ: 24.529.265/0001-40	VENCIMENTO 05/12/2018	
INSCRIÇÃO 314.001.934.0032.000	ENDEREÇO DO IMÓVEL SIT ESPERANCA II, N, SN - RN 223 KM 01 - SITIO ESPERANCA II CARAUBAS RN	ROTA DE ENTREGA 19.0002	FATURA 11/2018	
RESPONSÁVEL ENDEREÇO PARA ENTREGA		ÁGUA LIGADO	ESGOTO POTENCIAL	
ÚLTIMOS CONSUMOS 10/2018 - 494 09/2018 - 746-FF 08/2018 - 597 07/2018 - 587-FL 06/2018 - 422 05/2018 - 433 ECONOMIAS CONS. POR ECONOMIA COD. AUXILIAR 1 823 R FF131546		LEITURA CONSUMO CONSUMO/DIA ANTERIOR ATUAL (M³) DIAS (M³) 5864 6687 823 31 26,55 09/10/2018 09/11/2018		
DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS E TARIFAS		CONSUMO POR FAIXA		VALOR R\$
AGUA PUBLICO 001 UNIDADE ATE 10 M3 - R\$ 39,99 (POR UNIDADE) 1 M3 A 15 M3 - R\$ 4,46 POR M3		10 M3 5 M3		39,99 22,30
TRIBUTOS	BASE DE CÁLCULO	PERCENTUAL(%)	VALOR DO IMPOSTO	
PI3	8.000,72	0,01	52.004680000	
COFINS	8.000,72	0,03	240.021600000	
TOTAL			R\$	7.244,66
O EXERCITO ESTA CONVOCANDO PARA O EXERCICIO DE APRESENTACAO DA RESERVA, DE 10 A 14 DE DEZEMBRO DE 2018.				
INFORMAÇÕES SOBRE O CONTROLE DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO (Decreto nº 5.440 e Portaria 518/MS)				
GERÊNCIA REGIONAL:	REGIONAL OESTE		Mês/Ano: 10/2018	
REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA	Cloro (mg/L)	Coliformes	Nitrato (mg/L)	pH
PARÂMETROS (Valores Médios)	1,38	100,00		7,50
GRUPO: 86	FIRMA: 1		Turbidez (uT)	
VIA CLIENTE	AUTENTICAÇÃO MECÂNICA		0,41	

ANEXO C – Planta baixa do projeto finalizado

