

Universidade Federal de
Santa Catarina

Curso de Engenharia
Sanitária e Ambiental

Campus Universitário
Trindade

Florianópolis- SC

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental
do Centro Tecnológico da Universidade
Federal de Santa Catarina, como requisito
parcial para obtenção do grau de bacharel no
Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental

Orientadora: Rodrigo de Almeida Mohedado

Florianópolis, 2020

CAPTANDO CONSCIÊNCIA: UMA PROPOSTA DE UM SISTEMA PILOTO DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA
Rodrigo de Pinho Franco

CAPTANDO CONSCIÊNCIA:
UMA PROPOSTA DE UM SISTEMA PILOTO
DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Rodrigo de Pinho Franco

Este Trabalho de
Conclusão de Curso
propõe um Sistema
Piloto de Aproveitamento
de Água de Chuva
(SPAAC) à luz dos
princípios da Drenagem
Urbana sustentável
(DUS), da Tecnologia
Social (TS) e da
Educação Ambiental
(EA) como constituinte
do universo de atuação
de um *engenheiro-
educador*

Orientador:

Rodrigo de Almeida
Mohedano



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Rodrigo de Pinho Franco

**CAPTANDO CONSCIÊNCIA: UMA PROPOSTA DE UM SISTEMA
PILOTO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA**

Florianópolis

2020

Rodrigo de Pinho Franco

**CAPTANDO CONSCIÊNCIA: UMA PROPOSTA DE UM SISTEMA PILOTO DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em
Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro
Tecnológico da Universidade Federal de Santa
Catarina como requisito para a obtenção do Título
de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental
Orientador: Prof. Dr. Rodrigo de Almeida
Mohedano

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Franco, Rodrigo de Pinho
Captando Consciência : uma proposta de um Sistema
Piloto de Aproveitamento de Água de Chuva / Rodrigo de
Pinho Franco ; orientador, Rodrigo de Almeida Mohedano,
2020.
105 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental,
Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

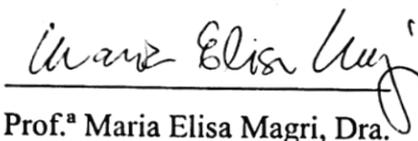
1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Captação de Água
de Chuva. 3. Carneiro Hidráulico. 4. Engenheiro Educador.
5. Tecnologia Social. I. Mohedano, Rodrigo de Almeida. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Engenharia Sanitária e Ambiental. III. Título.

Rodrigo de Pinho Franco

**CAPTANDO CONSCIÊNCIA: UMA PROPOSTA DE UM SISTEMA PILOTO DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental

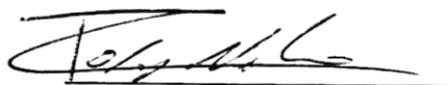
Local, 02 de março de 2020.



Prof.ª Maria Elisa Magri, Dra.

Coordenadora do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Rodrigo de Almeida Mohedano

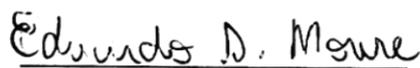
Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina



Eng.ª. Valéria Veras Burigo

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina



Eng. Eduardo Schnitzler Moure

Instituto Çarakura

A dedicatória, caótica e retórica.
Há de indicar, de forma notória
Como quem rega com sua presença
Deforma as regras, sem a crença
Revela a inspiração, cor na tela
Ri e vela, com e pela, para ela
Que encharcou meu coração
Que detém minha admiração

AGRADECIMENTOS

Paulo Freire afirma que quando nos vemos enquanto sujeitos históricos, estamos apreendendo e admirando o mundo de forma crítica, assim somos (re)criadores de cultura. Para ele, somos mais que a simples composição daquilo que aprendemos, somos também aquilo que experimentamos e vivenciamos com as pessoas e com os ambientes pelos quais passamos. O que melhor para agradecer senão ao sujeito histórico que sou?

Começo, então, agradecendo a minha mãe Flávia, professora mesmo comigo em seu ventre, de quem herdei minha vontade de ensinar. Vontade que recentemente jorrou em forma de lágrimas quando chamado de professor pela primeira vez em uma atuação como Educador Ambiental. Em seguida, agradeço ao meu pai Cícero, engenheiro que adorava explicar tudo quanto é coisa para seus filhos. Dele herdei minha vontade de aprender. Seria impossível não estar me formando em Engenharia Sanitária e Ambiental se não fossem meus legos de tubos e conexões do estoque da firma. Sou grato também a minha irmã Júlia por sempre agitar as águas da minha vida me fazendo, de uma forma ou de outra, reconhecer meus defeitos e crescer sendo o “irmão da Júlia”. Talvez nunca ouviste isso, mas que honra que sentia.

Continuando a sucessão histórica de minha vida, agradeço a todas e a todos amigos que passaram pelos meus abraços. Sem citar nomes, saibam que vocês são afluentes que encaldaram o leite do meu rio. Cada troca, aventura e conforto estarão sempre em minhas memórias. Não poderia esquecer de agradecer ao Núcleo de Educação Ambiental da UFSC, o NEAmb. Instituição pela qual passei e por onde renovei minhas águas e pensamentos sobre a vida. Lá compartilhei com guerreiras e guerreiros as maiores transformações e lutas pelas quais passei, sempre em prol da justiça socioambiental e em busca da autonomia de sermos quem somos. Gostaria também de agradecer a Deia e o Ney, em nome do Instituto Çarakura. Agradeço por me acolherem, e ao meu piloto, e por serem parte do processo que me fez encontrar comigo mesmo, descobrindo-me um engenheiro-educador.

Por fim, agradeço à professora Nadia por me apresentar a hidráulica e a passar diversos ensinamentos para além da engenharia em si; à engenheira Valéria e ao engenheiro Eduardo “Batata” pelo aceite em serem minha banca, ficou límpido em minha cabeça quando surgiu o nome de vocês; a Tecnologia Social e a Educação Ambiental têm muito a agradecer por suas contribuições; e ao professor Rodrigo por aceitar de última hora a tarefa de me orientar, mas são nos desafios que surgem as grandes conquistas. Assim como na chuva, a qual vence a gravidade para atingir aos céus, se purificar e enfim cair para recomeçar um novo ciclo.

RESUMO

Em meio a crise ecológica instaurada na Sociedade Moderna e das tragédias cada vez mais recorrentes provocadas por eventos extremos de seca e chuvas intensas, a Água surge como um elemento mediador entre os aspectos que compõe esta crise. Na sua relação com as cidades, com a engenharia e com o sujeito, tem-se a situação, a ação e a formação de um novo perfil de engenharia, o *engenheiro-educador*. Assim sendo, este Trabalho de Conclusão de Curso procura incorporar a Drenagem Urbana Sustentável (DUS), a Tecnologia Social (TS) e a Educação Ambiental (EA) como referenciais teóricos para a proposição de um Sistema Piloto de Aproveitamento de Água de Chuva (SPAAC) para fins não potáveis de irrigação, associado a um Carneiro Hidráulico (CH) como bombeamento, e de uma discussão acerca da formação do engenheiro-educador. O SPAAC foi instalado no sítio sede do Instituto Çarakura, no bairro do Ratoões em Florianópolis, e é constituído de um Sistema de Captação de Água de Chuva, com calhas e condutores em PVC, um reservatório de 1000L e acoplado de um filtro folhas e um descarte das primeiras chuvas; um CH confeccionado artesanalmente com extintor de incêndio, tubulação de PEAD e acessórios em aço galvanizado de 1"; bem como um Sistema de Irrigação em tubulação de PEAD de 3/4" e gotejadores. Para auxiliar na discussão acerca da temática do *engenheiro-educador*, preparou-se uma atividade pedagógica prática de EA que foi realizada junto à disciplina de Fundamentos da Educação Ambiental do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC (ENS). Ao avaliar o sistema piloto, pode-se concluir que ele é eficiente, simples e viável, podendo, portanto, ser enquadrado como uma possível TS, desde que implantado de maneira coletiva e solidária atendendo a alguma demanda social. A pressão máxima suportada foi de 13,5 m e o rendimento máximo do CH foi de 70%, cuja condição de operação conjugada é de 6,4 m de altura recalçada e 9,42 L/min de vazão recalçada. Ainda pode-se concluir que o uso da Água como mediadora do processo formativo da engenheira ou engenheiro a aplicar TSs é oportuno, uma vez que auxilia na formação de sujeitos ecológicos. Conceito que deve ser incorporado ao de engenheiro-educador, pois diante dos desafios que se anunciam, cada vez mais precisa-se de pessoas integradas com os indivíduos e ambientes que o cercam.

Palavras-chave: Captação de Água de Chuva. Carneiro Hidráulico. Drenagem Urbana Sustentável. Tecnologia Social. Educação Ambiental. Engenheiro-Educador

ABSTRACT

In the midst of the ecological crisis established in the Modern Society and the increasingly number of recurring tragedies caused by extreme events of drought and intense rains, Water appears as a mediating element between the aspects that make up this crisis. In its relation with cities, with engineering and with each person, there is the situation, the action and the formation of a new engineering profile, the educator-engineer. Therefore, this work seeks to incorporate Sustainable Urban Drainage (SUD), Social Technology (ST) and Environmental Education (EE) as theoretical references to propose a Pilot System for Harnessing Rainwater (PSHR) for non-potable irrigation purposes, associated with a Hydraulic Ram (HR) as a pump, and a discussion about the training of the educator-engineer. PSHR was installed at the headquarters of the Çarakura Institute in the Ratoles neighborhood in Florianópolis and consists of a Rainwater Catchment System, with PVC gutters and conductors, a 1000L reservoir coupled with a leaf filter and a first rains waste disposal; a HR made with a fire extinguisher, HDPE pipe and 1" galvanized steel fittings; as well as an Irrigation System in ¾" HDPE piping and drippers. To assist in the discussion about the theme of the educator-engineer, a pedagogic activity of EE was prepared and carried out in the discipline Fundamentals of Environmental Education in the Department of Sanitary and Environmental Engineering at UFSC (ENS). When evaluating the pilot system, the conclusions were that it is efficient, simple and viable and can therefore be classified with good potential to be a ST, provided that it is implemented collectively and in solidarity, meeting some social demand. The maximum pressure value was 13,5 m and the maximum yield of the CH was 70%, whose condition of combined operation is 6,4 m of repressed height and 9,42 L / min of repressed flow. It is concluded that the use of Water as a mediator in the training process of engineers willing to apply STs is opportune, since it helps in the formation of an ecological person. A concept that should be incorporated into the idea of an educator-engineer, as, given the challenges that are being announced, there is an increasing need for people to integrate with the individuals and environments that surround them.

Keywords: Rainwater Harvesting. Hydraulic Pump. Sustainable Urban Drainage. Social Technology. Environmental Education. Educating-Engineer

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama Estrutural do TCC	19
Figura 2 - Projeções do MIT em “ <i>Limits of Growth</i> ” (1972).....	21
Figura 3 - Distribuição do Território, Disponibilidade Hídrica e População	22
Figura 4 - Crescimento das cidades e evolução da população mundial e urbana ao longo dos anos	23
Figura 5 - Fluxograma dos impactos da urbanização para as águas urbanas	24
Figura 6 - Balanço hídrico e Comparativo dos hidrogramas com e sem urbanização	25
Figura 7 - Evolução do papel da água nas cidades.....	27
Figura 8 - Componentes básicos de um SPAAC.....	31
Figura 9 – Detalhes de um Filtro de Folhas manufaturado	32
Figura 10 - Modelo de aproveitamento de água de chuva para irrigação	37
Figura 11 - Ilustrações de Carneiros Hidráulicos Primitivos	38
Figura 12 - Esquema de Funcionamento	40
Figura 13 - Contribuições ao marco analítico-conceitual da TS.....	42
Figura 14 - Fotos dos Projetos de TS, (E) P1MC/P1+2 e (D) TSGA	44
Figura 15 - Fluxograma organizacional do TCC.....	58
Figura 16 - Local de implantação do SPAAC	59
Figura 17 - Diagrama Unifilar do Sistema	60
Figura 18 - Gráfico de Precipitações Médias de Florianópolis	62
Figura 19 – Simulação do Netuno 4.0, em destaque os parâmetros de dimensionamento.....	66
Figura 20 - Detalhes da montagem do carneiro hidráulico	67
Figura 21 - Os pilares da Educação Ambiental.....	72
Figura 22 - Fotos com os detalhes do SPAAC instalado	75
Figura 23 - Chuva Acumulada (mm) ao longo do estudo	76
Figura 24 - Gráfico do Comportamento do Carneiro Hidráulico - Pressão x Vazão .	78
Figura 25 - Gráfico do Comportamento do Carneiro Hidráulico - Rendimento x Vazão	79
Figura 26 - Ábaco Comportamento e Rendimento do CH.....	80
Figura 27 - Nuvens de Palavras anterior (E) e posterior (D) ao momento teórico.....	82

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Uso requerido e os Tratamento necessários correspondentes	35
Quadro 2 - Caracterização da Pesquisa	57
Quadro 3 - Resumo Operacional do SPAAC	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação água da chuva/água servida em hora, dia e ano	34
Tabela 2 - Resumo de condições de operação.....	41
Tabela 3 - Resumo do dimensionamento	74
Tabela 4 - Resultados de Vazão encontrados.....	77
Tabela 5 - Resultados de Pressão encontrados.....	77
Tabela 6 - Resultados de Rendimento encontrados.....	78
Tabela 7 - Resultados de Batimentos encontrados.....	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas

Técnicas

Al - Alumínio

ANA - Agência Nacional das Águas

ASA - Associação do Semiárido Brasileiro

Cd - Cádmio

CH - Carneiro Hidráulico

CH₄ - Metano

CO - Monóxido de Carbono

COV - Composto Orgânico Volátil

CTS - Ciência-Tecnologia-Sociedade

DUS - Drenagem Urbana Sustentável

EA - Educação Ambiental

ENS - Engenharia Sanitária e Ambiental

EP - Engenharia Popular

Fe - Ferro

Hg - Mercúrio

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET - Instituto Nacional de Metrologia

LCQAr - Laboratório de Controle da Qualidade do Ar

MIT - Massachusetts Institute of Technology

NEAmb - Núcleo de Educação Ambiental

NH₃ - Amonia

NO_x - Óxidos de Nitrogênio

NTK - Nitrogênio Total Kjeldahl

ODS - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

PAMC - Programa 1 milhão de Cisternas

P1+2 - Programa uma Terra duas Águas

Pb - Chumbo

SAAC - Sistema de Proveitamento de Água de Chuva

SAF - Sistema Agroflorestal

SO_x - Óxidos de Enxofre

SPAAC - Sistema Piloto de

Aproveitamento de Água de Chuva

SST - Sólidos Suspensos Totais

TA - Tecnologia Apropriada

TC - Tecnologia Convencional

TCC - Trabalho de Conclusão de Curso

TS - Tecnologia Social

TSGA - Tecnologias Sociais para a Gestão da Água

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

UNEP - Programa Ambiental das Nações Unidas

Zn - Zinco

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. OBJETIVOS	17
1.1.1. Objetivo Geral	17
1.1.2. Objetivos Específicos.....	17
2. REVISÃO BILIOGRÁFICA	19
2.1. A ÁGUA E AS CIDADES	20
2.1.1. Crescimento Populacional e a crise da água	21
2.1.2. A Urbanização e seus Impactos.....	23
2.1.3. Drenagem Urbana Sustentável.....	26
2.2. A ÁGUA E A ENGENHARIA.....	28
2.2.1. Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva.....	29
2.2.2. Carneiro Hidráulico	38
2.2.3. Tecnologia Social	42
2.3. A ÁGUA E O SUJEITO	46
2.3.1. Qualidades Sensíveis da Água	47
2.3.2. Sujeitos Ecológicos	49
2.3.3. Educação Ambiental	50
3. MATERIAIS E MÉTODOS	57
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	59
3.2. DESCRIÇÃO DO SPAAC	59
3.2.1. Materiais utilizados	60
3.2.2. Dimensionamento	61
3.2.3. Operação	68
3.3. MONITORAMENTOS.....	68
3.3.1. Vazão	68
3.3.2. Pressão.....	69
3.3.3. Batimento	70

3.3.4. Rendimento	70
3.3.5. Ensaios e Análise dos dados	71
3.4. AÇÃO-REFLEXÃO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL	71
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	74
4.1. IMPLANTAÇÃO DO SPAAC	74
4.2. MONITORAMENTO	76
4.2.1. Pluviometria	76
4.2.2. Vazão	76
4.2.3. Pressão	77
4.2.4. Rendimento	78
4.2.5. Batimentos	79
4.3. AVALIAÇÃO DO SPAAC ENQUANTO TS	79
4.3.1. Eficiência	80
4.3.2. Simplicidade	81
4.3.3. Viabilidade	81
4.4. AÇÃO-REFLEXÃO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL	82
5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	85
6. O ENGENHEIRO-EDUCADOR E AS ÁGUAS FUTURAS	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
APÊNDICE A – Slides e Texto de Apoio da Atividade em Educação Ambiental	97
APÊNDICE B – Dados de Pluviometria	99
APÊNDICE C – Quadro de Custos	101
APÊNDICE D – Planilha de Cálculos	103

“ Neste mundo, nada é mais maleável e frágil quanto a água. Contudo, ninguém, por mais poderoso que seja, resiste à sua ação (corrosão, desgaste, choque de ondas), ou pode viver sem ela. Não é bastante claro que a flexibilidade supera a rigidez? Poucos agem de acordo com essa convicção. ”

Lao-Tsé

1. INTRODUÇÃO

A Sociedade Moderna alicerçou-se na contribuição de pensadores do século XVI e XVII, dentre os quais cabe o destaque a Galileu Galilei, Francis Bacon, René Descartes e Isaac Newton. Formuladores do racionalismo científico, seus enunciados revolucionaram o modelo de fazer ciência e consolidaram o *paradigma moderno* (PLASTINO, 2001, p.22 *apud*. CARVALHO, 2012, p.116), onde o sujeito humano é o sujeito da razão. Sendo ele o único capaz de desvendar a compreensão plena dos fenômenos naturais, tratados como objeto de estudo (CARVALHO, 2012, p.113/114; GUATARRI, 2012, p.17; GRÜN, 2012, p.28/50).

Uma herança deste modo de se relacionar com o mundo, e com os indivíduos que o cercam, foi o afastamento entre o humano e a natureza, o qual cunhou a existência de uma crise político-sócio-cultural – ecológica em escala planetária (GUATTARI, 2012, p.8/9) e está codificado na dicotomia não harmoniosa das relações: Natureza/Cultura, Corpo/Mente, Sujeito/Objeto, Razão/Emoção (CARVALHO, 2012, p. 116). Mesmo diante desta crise anunciada, o racionalismo instrumental e utilitarista se vestiu de desenvolvimento e progresso e se fez hegemônico (CARVALHO, 2012, p.166). Seus sinais estão impressos nos espaços onde tais relações se deram, sendo o processo de urbanização das cidades um dos palcos para estes conflitos (SANTOS, 1993, p.11).

A urbanização no Brasil, iniciada na Era Vargas com o incentivo à industrialização, porém intensificada a partir dos anos 60 com o êxodo rural provocado pelas necessidades que a cidade criou (JARDILINO, 2003, p. 25), seguiu este modelo e cresceu em termos de taxa de urbanização aproximadamente 50% entre 1940 e 2010 (IBGE, 2010). A expansão urbana se apoiou em práticas técnico-científicas de cunho utilitarista que se limitavam às soluções dos problemas em meio ao ritmo acelerado provocado pela corrida desenvolvimentista, o que comprometeu a harmonia das relações entre o indivíduo, a sociedade e o ambiente (BAVA, 2004, p.103/104). A crise ecológica, então, se revela e são nos espelhos de águas urbanas onde se encontram os reflexos da confusão desencadeada na consciência da Sociedade Moderna (CATALÃO, 2014) – expressos também no aumento de ocorrência de eventos extremos como as enchentes e as secas, as quais atingiram juntas 3,4 bilhões de pessoas entre 1995 e 2015 (WWAP, 2019, p.3 *apud* CRED/UNISDR, 2015).

Como apresenta Petrella (2002, p.40), a falsa impressão de abundância pela presença da água nas paisagens, o consumo indiscriminado e o mau trato das águas nos centros urbanos estão roubando o futuro das cidades. Outrossim, o reducionismo desse modo de agir se expressa como a falta de compreensão da ecologia das ações humanas (MORIN, 1999, *apud* CATALÃO, 2014), urgindo mudanças de paradigmas. Segundo o que Guattari (2012) ensaia, a crise ecológica se expressa em três ecologias: ambiental, social e individual. Isto posto, as práticas de engenharia estão a todo instante nadando nessa *ecosofia* de relações. Poderiam elas se banharem de valores sociais, políticos e culturais - então ecológicos, de modo a transbordarem os limites reducionistas de sua gênese e comporem as práticas de um sujeito ativo e preocupado com o meio e os indivíduos que o cercam? Ou seja, seria esse *Sujeito Ecológico* (CARVALHO, 2012) capaz assumir o papel de *engenheiro-educador* (FRAGA; SILVEIRA; VASCOCELLOS, 2008)?

Mediatizado pelo o que Paulo Freire (1970, 1996, 2018) propõe com a incorporação da autonomia e da criticidade no universo dos valores éticos e estéticos da formação de um sujeito, a Drenagem Urbana Sustentável (DUS), a Tecnologia Social (TS) e a Educação Ambiental (EA) convergem suas orientações na atuação enquanto prática de engenharia. Elas defendem a abordagem sistêmica e generosa (POMPÊO, 2000), compreendem que o uso de tecnologias não pode ser turvo aos contextos sociais em que se inserem (DAGNINO, 2004, p. 200) e se nutrem de uma sensibilidade ecológica (CARVALHO, 2012, p.106) e sensorial (CATALÃO, 2014). Portanto, contribuem na resposta de tal questionamento e na fundamentação teórica deste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), o qual também se lança na tentativa de aprofundar a discussão acerca da formação do sujeito que pratica a engenharia.

Novamente lembrando Guattari (2012), ao apreciar a relação água/cidade reflete-se a dimensão ambiental, situando a problemática; a relação engenharia/sociedade reflete-se na dimensão social, revelando o modo como o sujeito orienta suas práticas de engenharia; por fim, a relação humano/natureza reflete-se a dimensão individual mediadora da formação deste sujeito, este TCC avaliará a adequação de um Sistema Piloto de Aproveitamento de Água de Chuva (SPAAC) para fins não potáveis de irrigação associado a um bombeamento por Carneiro Hidráulico como uma TS, sem esquecer de incorporar à avaliação do piloto, as dimensões ética e estética desta ação.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Propor um Sistema Piloto de Aproveitamento de Água de Chuva (SPAAC) à luz dos princípios da Drenagem Urbana sustentável (DUS), da Tecnologia Social (TS) e da Educação Ambiental (EA) como constituinte do universo de atuação de um *engenheiro-educador*.

1.1.2. Objetivos Específicos

- i. Dimensionar e instalar um Sistema de Captação de Água de Chuva associado a um Sistema de Irrigação por Gotejamento, bombeado por um Carneiro Hidráulico;
- ii. Avaliar o potencial do SPAAC de ser uma possível TS;
- iii. Propor uma discussão crítica acerca da formação de um *engenheiro-educador*.

“Eles souberam escutar

Carlos e Gurdun Lenkersdorf nasceram e viveram na Alemanha. No ano de 1973, esses ilustres professores chegaram ao México. E entraram no mundo maia, numa comunidade tojolabal, e se apresentaram dizendo:

- nós viemos para aprender.

Os indígenas ficaram em silêncio.

Depois de um tempinho, alguém explicou o silêncio:

- é a primeira vez que alguém diz isso pra gente.

E aprendendo Gudrun e Carlos ficaram por lá, durante anos e anos.

Da língua maia, aprenderam que não há hierarquia que separe o sujeito do objeto, porque eu bebo a água que me bebe e sou visto por tudo que vejo, e

aprenderam a cumprimentar assim:

- eu sou outro você

- você é outro eu”

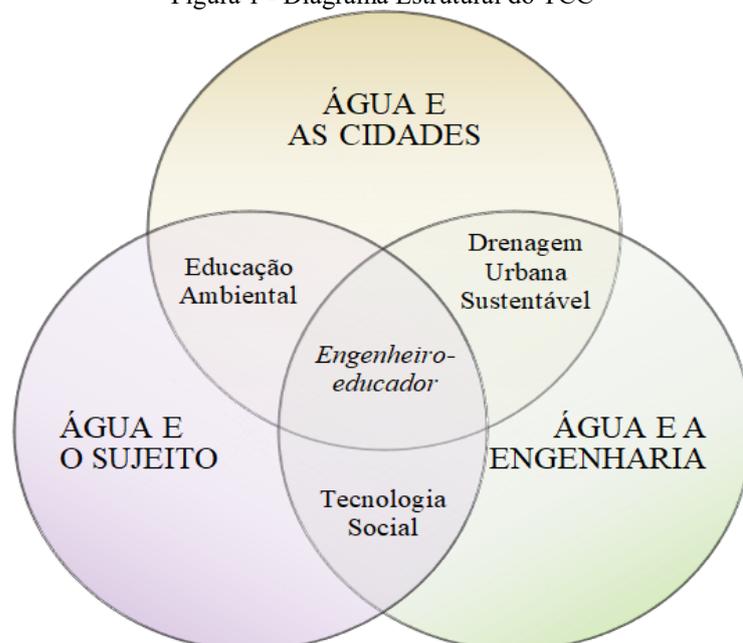
Eduardo Galeano

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi organizado segundo uma tríade conceitual que compõe a relação da Água com as Cidades, a Engenharia e o Sujeito. Esta estrutura está ilustrada na Figura 1 em forma de diagrama de Venn, ressaltando a indissociabilidade entre os três eixos temáticos. Na mesma imagem também se revelam outras três orientações para a atuação diante das crises ecológicas que se anunciam, as quais sustentam a formação de um novo perfil de engenharia, o de *engenheiro-educador*. Na sequência, portanto, apresenta-se um breve relato acerca do que será abordado em cada um dos tópicos desta revisão bibliográfica.

A Água e as Cidades situa a histórica coexistência entre ambas, a qual revela uma forma predatória dos diferentes tipos de urbanismos aplicados até então e suas trágicas consequências. A Água e a Engenharia se apresenta enquanto conhecimento técnico, sendo as ações, tanto estruturais quanto não estruturais, que procuram solucionar tais problemas entre a água e a cidade. Porém, como nenhuma solução deve ser apresentada sem que haja uma democratização das escolhas e valorização dos saberes locais envolvidos, A Água e o Sujeito fecha essa triquetra reforçando a importância da formação deste engenheiro enquanto um sujeito ecológico que reconhece o caráter dialógico de sua atuação.

Figura 1 - Diagrama Estrutural do TCC



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

2.1. A ÁGUA E AS CIDADES

As cidades ao longo de suas concepções históricas se estabeleceram inexoravelmente nas proximidades de corpos d'água (córregos, lagoas, lagos, mares, rios, ...), estes que lhes eram provedores de água para consumo, higiene e limpeza, desenvolvimento de atividades agrícolas e artesanais - *a posteriori*, industriais - e como via de evacuação de dejetos (BAPTISTA; CARDOSO, 2013). Com o advento da navegação, passaram a desempenhar um papel de comunicação, transporte e locomoção. Outro papel foi como tática bélica, quando os feudos se ilhavam para proteção ininterrupta de seus perímetros, como nas ilhas de Saint Louis e de la Cité em Paris. (BAPTISTA, NASCIMENTO e BARRAUD, 2015, p.15).

O marco da civilização urbana se dá no delta do rio Euphrates, que com o encontro com o rio Tigris delimitam uma região hidrográfica conhecida como crescente fértil, a Mesopotâmia – terra entre rios em grego, durante o VI milênio a.C.. No vale do rio na Índia, do rio Negro na China e do rio Nilo no Egito, também se desenvolveram civilizações durante o V milênio a.C. (BAPTISTA; CARDOSO, 2013). Nas Américas, os ameríndios também são povos bastante conhecidos por sua relação com a água, cabendo destaque aos Tenochtitlán e a cidade das águas, capital do reino Azteca do início do século XIV.

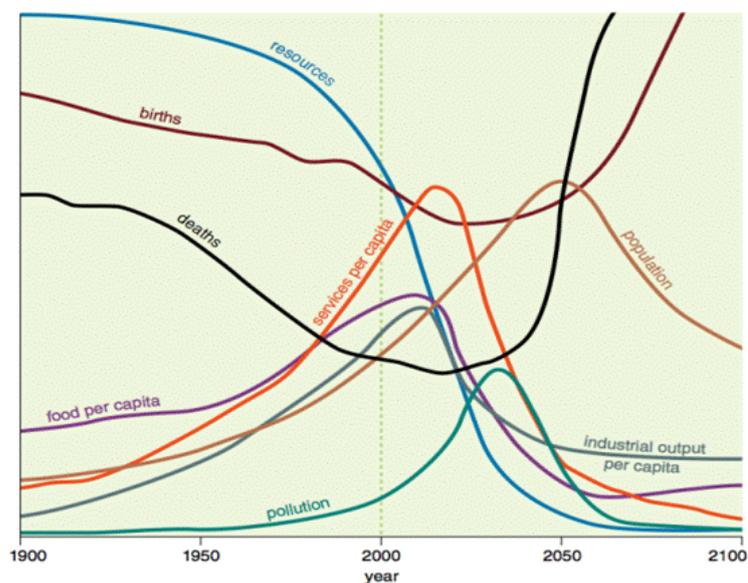
Recentemente, pode-se afirmar que a relação entre a água e as cidades não é mais tão harmoniosa como em tempos antigos. Recentemente, tragédias de ordens catastróficas têm enunciado a crise ecológica que em 2019 deixou 60,9 milhões de pessoas em risco hídrico (ANA, 2019). Entre os anos de 2014 e 2015, uma crise hídrica assolou o território brasileiro por conta de uma estiagem antes nunca vista, principalmente na região sudeste com o esvaziamento do reservatório de Cantareira em São Paulo. Dalí não mais muitos anos, os episódios de chuvas extremas – já corriqueiro em determinadas épocas do ano em algumas regiões – passam a ser mais intensos e frequentes. Neste ano em Belo Horizonte, já deixaram aproximadamente 45 mil pessoas desalojadas.

Isto revela os valores culturais, simbólicos, paisagísticos e afetivos que a água traz com sua presença e denuncia a forma predatória que as cidades tem se relacionado com seus corpos d'água. Na sequência, mergulha-se em alguns aspectos que tencionam esta relação e mostra a Drenagem Urbana Sustentável como um possível caminho para buscar atenuá-los, ou até mesmo revertê-los.

2.1.1. Crescimento Populacional e a crise da água

O crescimento populacional se materializou quanto uma preocupação de escala mundial a partir da publicação do “Limits of Growth” (Limites do Crescimento) em 1972 pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT) tendo como comendatário o Clube de Roma, onde os pesquisadores responsáveis modelaram os impactos do crescimento populacional. Na Figura 2, apresentam-se as projeções feitas com relação à alimentação, nascimentos, mortes, poluição, produção industrial, recursos e serviços.

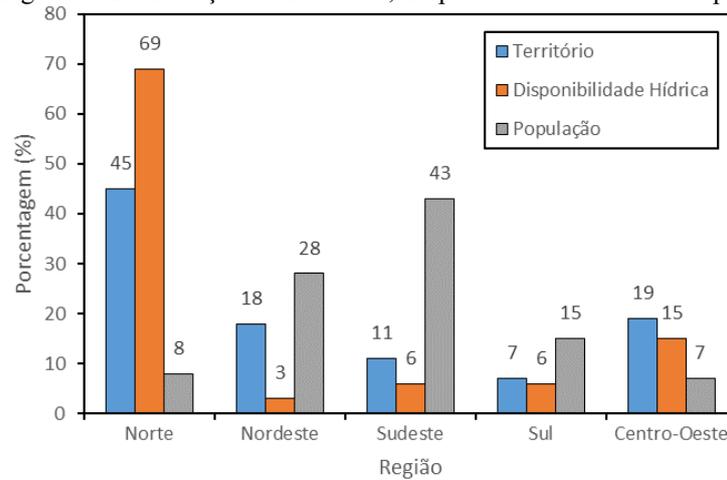
Figura 2 - Projeções do MIT em “Limits of Growth” (1972)



Fonte: adaptado de Meadows *et al.* (1972)

A crise da água é apenas uma das facetas em que crise ecológica se apresenta e está posta diante das seguintes esferas, como aponta Petrela (2000, p.52/53): distribuição desigual de recursos hídricos; mau gerenciamento dos recursos disponíveis; crescimento da poluição e contaminação; e o crescimento populacional (especialmente na África, América Latina, e Ásia). Basicamente, o crescimento populacional se apresenta como o grande causador desta crise, uma vez que as outras facetas apresentadas são inerentes a processos humanos. Ou seja, um crescimento populacional – acompanhado pelo aumento da demanda de serviços, alimentação, produtos industriais e decorrente poluição como observado na Figura 2 – sem que os sistemas de saneamento acompanhem esta evolução, provocará um agravamento nos outros aspectos da crise.

Figura 3 - Distribuição do Território, Disponibilidade Hídrica e População



Fonte: Adaptado Ghisi (2006)

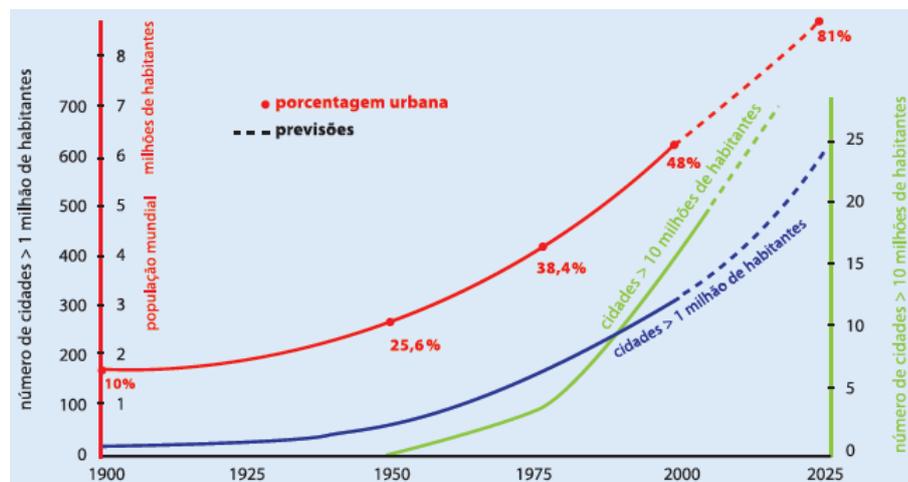
Ghisi (2006) regionaliza a disponibilidade hídrica e faz uma comparação com a população que dela usufrui. Na Figura 2 têm-se tal distribuição, observa-se como exemplos opostos as regiões Norte e Sudeste, sendo a primeira portadora de 69% e a segunda apenas 6% das águas disponíveis e contrapondo com as populações, onde no Norte tem-se 8% e no Sudeste 43%, o que ressalta a diversidade de segurança hídrica para cada contexto regional citado. Ainda segundo Ghisi (2006), nos anos 2000, o Brasil tinha uma disponibilidade de água próxima dos $34.000 \text{ m}^3 \text{ per capita /ano}$, um valor muito alto conforme a classificação da Programa Ambiental das Nações Unidas (UNEP). Porém, quando regionalizadas, as disponibilidades nas regiões sudeste e nordeste são classificadas como baixas, revelando regiões sob efeito da crise da água com particularidades individuais nas suas causas.

Em muitos dos países que passaram por este crescimento populacional repentino a disponibilidade de água em quantidade e qualidade suficiente para uma subsistência digna se tornou um assunto de preocupação (MERRETT, 2002; JOHNSON *et* HANDMER, 2002; WHITTINGTON *et al.*, 2002, *apud* GHISI, 2006). Este crescimento também está associado com a desigualdade social encontrada nesses países, que acabam tendo que dividir sua disponibilidade de água com a agricultura e a indústria. Deste modo, evidencia-se a influência política e tecnocrata para quem a própria água é fonte de poder (PETRELLA, 2002, p.58). Neste contexto de disputa de interesse, Ghisi (2006) atenta do desafio que será para os chefes de estado assegurar esse bem comum.

2.1.2. A Urbanização e seus Impactos

Com o advento do processo de industrialização desencadeado no século XVIII com a Revolução Industrial, os rios se tornaram tanto fonte privilegiada para a aristocracia dona das fábricas, quanto destino final da água residual com altos graus de contaminantes (REYNOSO *et al.*, 2010 *apud* BAPTISTA; CARDOSO, 2013). Regia-se nesta época o preceito *tout à la rue*, onde as águas servidas eram jogadas em canaletas e calçadas. A insalubridade nessas regiões foi vetor para o desenvolvimento da Peste Negra, Cólera, Tifo entre outras fatídicas epidemias que assolaram as populações da Europa e Ásia. Uma das consequências desta tragédia foi o surgimento dos preceitos higienistas de saneamento e drenagem urbana, que focavam em solucionar rapidamente os problemas decorrentes da veiculação hídrica de doenças. Os sistemas *tout a l'égout* preconizaram a canalização e retilinização dos rios para rápida evacuação das águas e mudaram radicalmente a relação entre a água e as cidades (BAPTISTA, NASCIMENTO, BARRAUD, 2015, p.16/17).

Figura 4 - Crescimento das cidades e evolução da população mundial e urbana ao longo dos anos



Fonte: Baptista e Cardoso (2013, p.133)

Na história recente das cidades, a gestão das águas urbanas seguiu princípios de comando e controle (GHISI *et al.*, 2017; BAPTISTA;CARDOSO, 2013). Conseqüentemente, como afirmam Baptista, Nascimento e Barraud (2015, p.18), com a constante urbanização constata-se a obsolescência gradual e inexorável dos sistemas de drenagem. Em países que passaram pelo êxodo rural na primeira metade do século XX, este fenômeno foi mais expressivo, intensificado pelas populações urbanas acima de 90%, conforme Tucci (2006,

p.399) relata e é ilustrado na Figura 4. Isto é um reflexo do modelo de desenvolvimento adotado com base no utilitarismo, o qual se estendeu desde os anos 60 pelos países da África, América Latina e Ásia (PETRELLA, 2002, p.41/43). Já era de se esperar nestes países, cuja infraestrutura e aparelhamento relativos às águas urbanas são deficitários, que o processo de urbanização viria acompanhado de complicações (TUCCI, 2006).

Figura 5 - Fluxograma dos impactos da urbanização para as águas urbanas

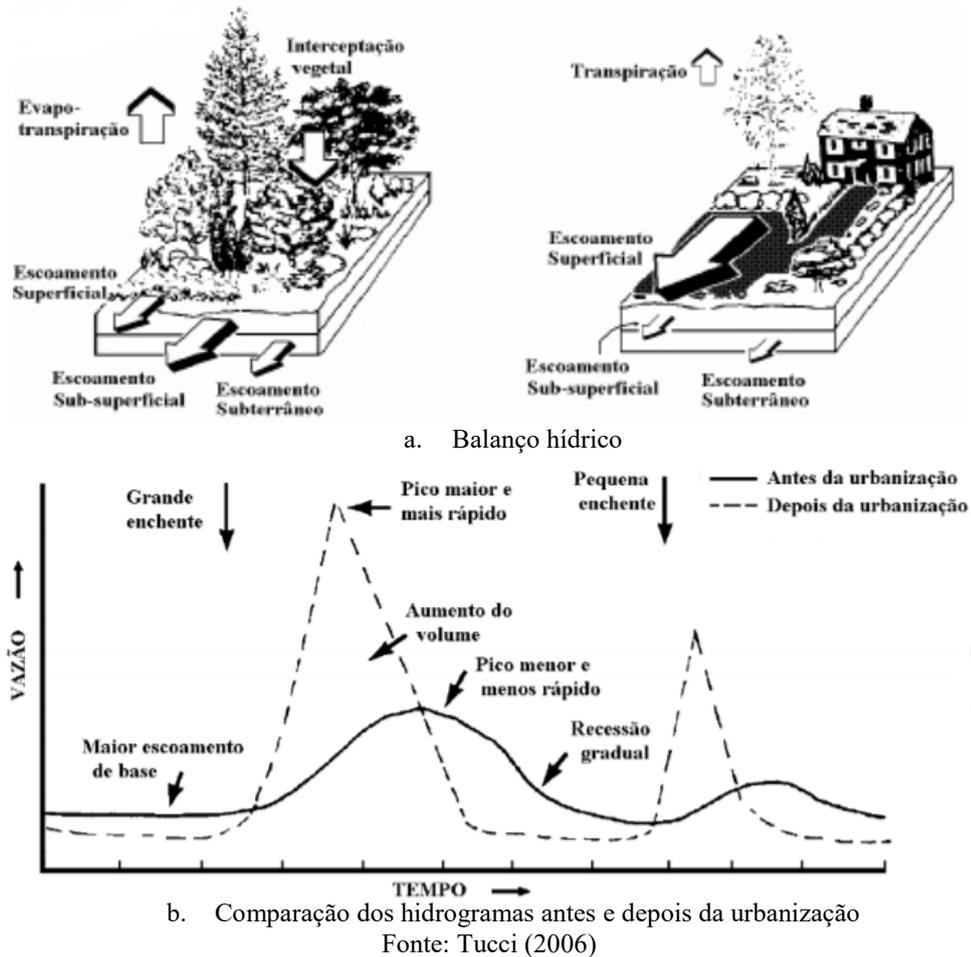


Fonte: Baptista e Cardoso (2013)

Na Figura 5, Baptista e Cardoso (2013) as esquematizaram na forma de um fluxograma abordando os impactos para as águas urbanas. Conforme os autores relatam, a modificação da paisagem, substituindo o solo verde e permeável por materiais cinza e impermeáveis, foi uma estratégia que alterou o balanço hídrico dos centros urbanos, provocando um aumento substancial no escoamento superficial (Figura 6.a.). Há também o aumento de velocidade do escoamento decorrente da canalização e retificação dos rios, o que provoca a antecipação do pico de cheia e o aumento de sua intensidade em termos de vazão, visível pela comparação dos hidrogramas antes e depois da urbanização de uma determinada cidade da Figura 6.b.. Pompeo (2000) ainda aponta o parcelamento excessivo, a ocupação de áreas ribeirinhas, obstrução de redes de drenagem pelo carreamento de detritos, e também, a consequente insuficiência das obras de drenagem com abordagens higienistas ainda em

operação como agravantes. Outros impactos relativos à degradação da qualidade das águas urbanas estão mais detalhados no item 2.2.1.2.

Figura 6 - Balanço hídrico e Comparativo dos hidrogramas com e sem urbanização



Há ainda a influência no clima dentro dos centros urbanos, o que pode provocar alterações no regime de chuvas (TUCCI, 2006, p.404). O mesmo autor explica que o fenômeno das “ilhas de calor” é consequência da diminuição da evapotranspiração e das propriedades de absorção/reflexão de calor dos materiais da construção civil, aumentando a temperatura. Está comprovado que este tipo de relação água/cidade tem provocado impactos em escala global, advindos das *mudanças climáticas*, e regionalizados com o aumento de eventos extremos, como secas e inundações.

Segundo Tucci (2006, p.399), a urbanização no Brasil aumentou a ocorrência de inundações. Assim, como reforça o mesmo autor, a urbanização sem qualquer planejamento ambiental tem trazido prejuízos significativos para a sociedade. Estudos apontam que os

custos inerentes aos danos materiais resultantes de inundações chegam a estimativas de 1 a 2 bilhões de dólares por ano (BAPTISTA; NASCIMENTO, 1996; TUCCI *et al.*, 2000, *apud*. BAPTISTA, NASCIMENTO; BARRAUD, 2015, p.20).

Durante a idade média, já havia uma estratificação social impressa na distribuição espacial da cidade, resultando no uso e ocupação de áreas inundáveis ou de risco de deslizamentos. Devido à desigualdade social ainda operante, a falta de condições para ocupar outros espaços mais nobres faz com que as pessoas ocupem estas regiões, agravando os incidentes. O planejamento urbano de uso e ocupação do solo é uma ferramenta de gestão interdisciplinar e participativa, na prática, porém, tem sido realizado dentro de um âmbito mais restrito e sem considerar aspectos ambientais e sociais fundamentais (TUCCI, 2006, p.401).

2.1.3. Drenagem Urbana Sustentável

Apresentada a predatória forma com que as cidades se estabeleceram diante das margens dos corpos d'água, pode-se compreender o paradoxo existente nesta relação água/cidade. Ora berço da civilização, ora causa de sua destruição. Nas mais descontroladas maneiras de agir, o processo de urbanização incentivado pela exploração indiscriminada e pela objetificação da natureza *esterilizou, abortou, adoeceu e emagreceu* (CHRISTOFIDIS, 2006, p.101/103) os corpos d'água (POMPEO, 2002). Baptista e Cardoso (2013) caracterizam como perversa essa relação e seguem inspirados no ciclo hidrológico e esperançosos por uma ruptura deste modelo de urbanização:

De forma geral, independentemente da importância atribuída pelos governantes e da sua percepção pelas populações, após viabilizar a criação e o desenvolvimento das cidades, os rios passariam a sofrer, perversamente, os efeitos do crescimento urbano. Mas o ciclo se fecharia, forçando a quebra de paradigmas e a mudança dos padrões de desenvolvimento urbano (BAPTISTA; CARDOSO, 2013).

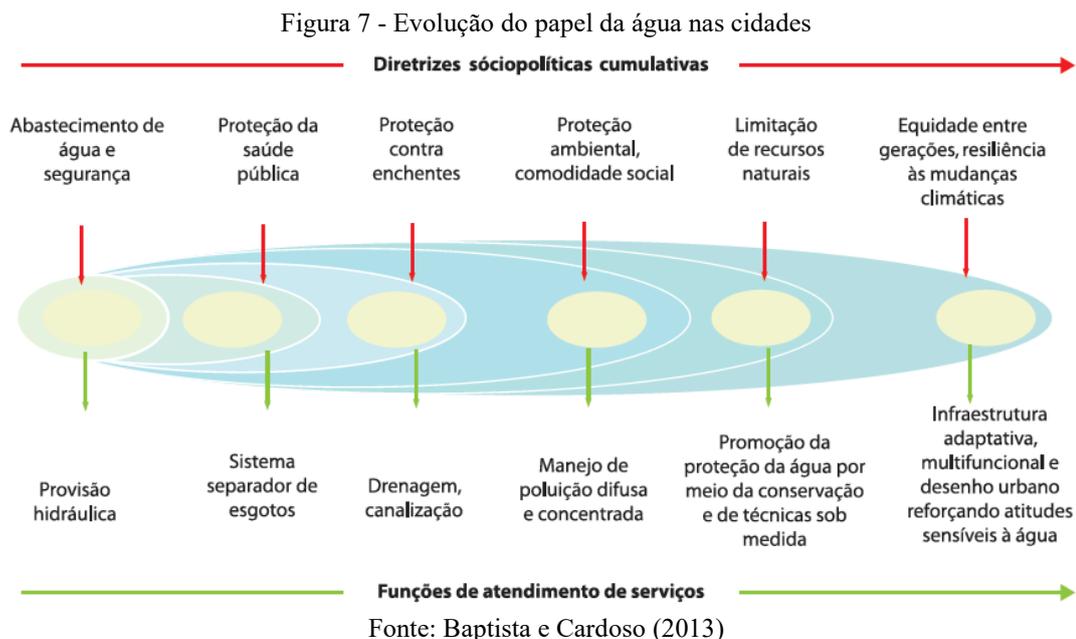
Sendo assim, emerge a necessidade de uma nova abordagem quanto à questão da Drenagem Urbana, esta que seja crítica aos aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais ainda presentes e que esteja sincronizada com os princípios de desenvolvimento sustentável (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2015, p.22). Esta ruptura fora anunciada por Milton Santos (1993) e fez nascer a Drenagem Urbana Sustentável, termo

discutido por Pompeo (2000). Os autores reforçam a pluralidade da abordagem para solucionar problemas urbanos:

A cidade, onde tantas necessidades emergentes não podem ter resposta, está desse modo fadada a ser tanto o teatro de conflitos crescentes como o lugar geográfico e político da possibilidade de soluções. Estas, para se tornarem efetivas, supõem atenção a uma problemática mais ampla, pois o fato urbano e seu testemunho eloquente é apenas um aspecto. Daí a necessidade de circunscrever o fenômeno, identificar sua especificidade, mensurar sua problemática, mas sobretudo buscar uma interpretação abrangente (SANTOS, 1993, p.11).

A sustentabilidade aponta à reintegração da água no meio urbano, trabalhando junto ao ciclo hidrológico, observando aspectos ecológicos, ambientais, paisagísticos e as oportunidades de lazer. Para isto, a engenharia tem que ser mais engenhosa, mais generosa (POMPEO, 2000).

O modelo clássico de Drenagem Urbana passou a mostrar suas limitações técnicas ao longo da segunda metade do século XX, despertando em muitos lugares a eminência de práticas alternativas de controle de cheias e redução de riscos, partindo de uma abordagem sistêmica e integrada das cidades. (BAPTISTA, NASCIMENTO; BARRAUD, 2015, p.24). A Figura 7 apresenta uma evolução conceitual das diretrizes e das funções das técnicas de drenagem ao longo do tempo. Observa-se que as funções são pontuais, porém as diretrizes se fazem cumulativas, ampliando a abordagem da atuação. Seria a utopia deste modo de agir, uma cidade *sensível à água* (BAPTISTA; CARDOSO, 2013), onde o desenvolvimento se faz integrado aos ciclos hidrológicos congruentes.



Maytraud et al. (1995, *apud* POMPEO, 2000) afirmam a necessidade de ressignificar a noção de água da chuva na cultura urbana, para conseguir apagar o sentido negativo decorrente dos eventos extremos e como observado por Saturniro de Brito em seus relatos, somos capazes de restabelecer a harmonia da água com as cidades:

O homem pode estabelecer ou restabelecer condições naturais acessórias para que as águas das chuvas se detenham na sua descida rápida pelas encostas e pelos talvegues torrenciais, e nas dilatações pelas várzeas alagadiças, de modo a retardar a afluência do volume total que tenha de se escoar pelo curso principal (BRITO, 1944 *apud* BAPTISTA; CARDOSO, 2013).

O aproveitamento da água da chuva, classificado como uma técnica compensatória a nível local (BAPTISTA, NASCIMENTO, BARRAUD, 2015, p.298) é uma prática cada vez mais frequente, pois apresenta melhorias para a gestão das águas urbanas. Sua implantação costuma ser de baixo custo, diminui os índices de escoamento superficial e, por conseguinte, os picos de cheia. Palla, Gnecco e La Barbera (2017) modelaram o efeito de um SAAC em escala urbana e comprovaram os benefícios desta, indicando-o como uma solução que contribui para a gestão de água urbana, restaurando o ciclo hidrológico urbano. Teston *et al.* (2018) se lançaram na tentativa de estudar o impacto do armazenamento de água de chuva nos sistemas de drenagem urbana e chegaram ao mesmo resultado, apresentado em seu levantamento bibliográfico, confirmando a atenuação do pico de cheia para um estudo de caso em um condomínio em Curitiba, Paraná, Brasil.

2.2. A ÁGUA E A ENGENHARIA

A relação do *Homo sapiens* com a água da chuva é muito antiga, é provável que a prática de armazenamento das águas pluviais seja a mais antiga do mundo a cooperar com as ofertas de abastecimento de água (CAMPISANO *et al.*, 2017). Foram descobertos reservatórios subterrâneos na Mesopotâmia cujo fim era o armazenamento de água pluvial em 2750 a.C. Reservatórios individuais para aproveitamento de água de chuva estavam dentre as inscrições presentes na Pedra Moabita, de 830 a.C. (TOMAZ, 2013, p.10). Sendo uma das fontes de água da população no deserto de Negev no Oriente Médio há mais de 4000 anos (MAY, 2004, p.40).

A civilização das Américas era dotada de grandes saberes hidráulicos, em termos de distribuição e armazenamento. Assim como os Romanos e seus aquedutos, os Astecas, Incas e Maias tinham cidades inteiras construídas em harmonia com as águas. Os *Chultun*, eram reservatórios revestidos de argila que os Maias utilizavam para coletar as águas pluviais e distribuí-las para a irrigação. Os *suqakollo*, são outra prática antiga utilizada pelos ameríndios a mais de 3000 anos, os quais consistem em canteiros elevados rodeados de valas de infiltração com o intuito de criar microclimas e suprir a falta de água que atinge os povos andinos no Peru e Bolívia (MAY, 2004, p.41)

É importante, porém, constatar que a água e a engenharia apresentam um campo de relações bastante polarizado. Ao mesmo tempo em que ajudou a impulsionar o desenvolvimento, encurtar caminhos e prover energia, os descuidos e a negligência existentes neste campo turbilhonaram o fluxo dessas águas. Mariana e Brumadinho são os dois maiores exemplos em escala mundial. As duas tragédias lançaram um volume incalculável – estimado na ordem de bilhões de litros – de rejeito de mineração nas bacias do Rio Doce e Paraopeba em Minas Gerais, avermelhando suas águas e arrastando tudo que havia pela frente.

Ademais, o incentivo do agronegócio como modelo econômico dos países, estimula a construção de barragens para irrigação. Detentora de 66% do consumo de água do Brasil (ANA, 2019) esta prática alaga grandes extensões de terras para reservar água, além de provocar conflitos com as populações ribeirinhas afetadas. Regionalizando esta perspectiva, recentemente saíram os planos de recursos hídricos de Santa Catarina (2018) e da bacia do rio Cubatão/Madre (2019) cujas projeções de estresse hídrico apontam 2025 como o ano de esgotamento dos recursos.

A seguir, problematiza-se o papel da engenharia na sociedade e aponta-se a Tecnologia Social como uma alternativa ao modelo de engenharia até então aplicado, mas não sem antes trazer a água como mediadora nessa relação, apresentando o SAAC e do CH como referencial teórico para a proposição do SPAAC.

2.2.1. Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva

Assim como em Ghisi (2010) e em outros trabalhos acadêmicos, os SAAC são postos como maneiras de se diminuir a demanda de água potável. Recomenda-se, portanto, o uso da água da chuva como uma fonte alternativa e complementar ao abastecimento, visando

à segurança hídrica (ANNECCHINI, 2005 *apud* LISBOA, 2011, p.14). Ademais, com o avanço tecnológico, muitos países têm se utilizado da água da chuva para mitigar o estresse hídrico provocado pelas mudanças climáticas, ambientais e sociais nas cidades (Amos *et al.*, 2016 *apud* CAMPISANO *et al.*, 2017).

O estresse hídrico provocado pelo crescimento populacional e o consequente aumento da demanda de água, não são as únicas razões motivadoras do uso de Sistemas de Aproveitamento de Água da Chuva (SAAC) nas cidades. Como apresentado no item 2.1, a urbanização causou impactos às águas urbanas de modo a contribuir para a escassez de disponibilidade de água em termos de qualidade e quantidade. Assim, os SAAC possuem também a função de reduzir a ocorrência de enchentes, o pico de cheias e o volume do escoamento superficial, além de contribuir para a mitigação de impactos ambientais oriundos do aporte de águas pluviais contaminadas nos corpos d'água urbanos (CAMPISANO *et al.*, 2017).

Deste modo, a captação de água da chuva é uma técnica compensatória simples, de atuação local, que pode melhorar substancialmente a eficiência da conservação de qualidade e quantidade de água e na redução de danos causados por chuvas extremas, quando distribuída em forma de rede pela cidade (ZHANG *et al.*, *apud* CAMPISANO *et al.*, 2017). Outro benefício pode estar na associação destes sistemas com outras técnicas compensatórias como as valas de infiltração, jardins de chuva ou até mesmo canteiros de agricultura urbana. Este consórcio ajuda a modificar o microclima urbano ao reduzir as ilhas de calor, pois aumentam a umidade relativa e a evapotranspiração (FURUMAI, 2008; COUTTS *et al.*, 2012; HAMEL *et al.*, 2012, *apud* CAMPISANO *et al.*, 2017).

Em contrapartida, contesta-se a eficácia dos SAACs no que tange ao aumento do consumo de energia elétrica, uma vez que são corriqueiramente associados com sistemas de bombeamento em suas aplicações residenciais. Pode ainda ser meio de veiculação de doenças provocadas pela falha de operação e manutenção do sistema, além de ter uma implantação onerosa quando necessária a adaptação em estruturas já construídas. Porém, as pesquisas recentes são promissoras nestes aspectos e apontam que quanto mais se investe e se democratiza esta solução, mais positivos serão seus impactos (CAMPISANO *et al.*, 2017).

2.2.1.1. Componentes Básicos de um SAAC

Os SAACs possuem uma diversidade de componentes que dependem dos contextos e dos múltiplos usos com os quais se insere e procura atender. A Figura 8 apresenta uma concepção mais simplificada e mais convencionalmente aplicada, suficiente para apresentar os componentes básicos do sistema, conforme designado nas NBRs 10844 e 15527 (ABNT 1998; 2007).

Figura 8 - Componentes básicos de um SPAAC



Fonte: Peters (2006)

Área de Captação

Corresponde a superfície impermeável que capta e acumula a contribuição da chuva projetada no plano horizontal (ABNT, 2007) para posterior direcionamento e armazenamento. As superfícies comumente utilizadas são lajes e telhados, porém pátios, calçadas, estacionamentos também podem ser responsáveis pela coleta (MAY, 2004, p.59). Lisboa (2011, p.40/41) destaca a prioridade em escolher áreas sem fluxo de automóveis e pessoas e que de preferência esteja localizada em uma cota superior ao armazenamento para que a distribuição seja feita por gravidade. Santos (2002, *apud* PETERS 2006, p.42) aponta que as características como dimensão, material constituinte, forma, rugosidade influenciam na estimativa de vazão a ser captada.

Calhas e Condutores

Os condutores são responsáveis por transportar as águas pluviais até seu destino final, ora reservatório de descarte, ora reservatório principal. Eles são representados pelas Calhas e pelos Condutores Horizontais e Verticais. Seus dimensionamentos devem seguir as indicações das NBR 10844 e NBR 15527.

Filtro de Folhas

Dispositivo instalado para assegurar a qualidade da água da chuva que se pretende armazenar, impedindo que folhas, gravetos e materiais sedimentados de grande porte adentrem aos condutores e sejam levados até o reservatório. Existe um leque de alternativas muito grandes deste dispositivo, como apresentam May (2004) e Lisboa (2011). Desde aqueles auto-limpantes e comerciais, até os manufaturados como este apresentado na Figura 9 concebido para um sistema do Projeto “Captando Consciência” do Núcleo de Educação Ambiental da UFSC (NEAmb).

Figura 9 – Detalhes de um Filtro de Folhas manufaturado



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Descarte da Primeira Chuva

A água da chuva lava a atmosfera e as superfícies por onde passa, trazendo consigo concentrações elevadas de poluentes. A NBR 15527 (ABNT, 2007) recomenda que os primeiros 2 mm de chuva sejam descartados, ou seja, um volume correspondente a 2 L/m² de área de captação.

Reservatório

O reservatório ou cisterna é onde a água da chuva é retida para um posterior uso. No Brasil existem as recomendações da NBR 15527 (ABNT, 2007) que apresentam diferentes métodos de estimativa de volume do reservatório. Porém, devido à grande diversidade de biomas, temos no Brasil uma grande variedade dos índices pluviométricos, sendo incoerente a determinação de um método para uma dada situação. Por isso, o dimensionamento tem sido um recorrente objeto de estudo (AMORIM; PEREIRA, 2008; GHISI, 2010; BEZERRA *et al*, 2010). Ghisi (2010) estudou os parâmetros que influenciam no dimensionamento e conclui que não é recomendado simplificar dimensionamentos e replicar um dimensionamento para um caso semelhante. Ainda o autor comenta que os principais parâmetros que influenciam no dimensionamento são a precipitação, área de captação, número de residências atendidas, demanda de água potável e demanda de água da chuva.

Ghisi e Cordova (2014) desenvolveram a versão 4, e mais recente, do software NETUNO, um programa de simulação de captação de água de chuva. Dentro de sua interface, o programa utiliza modelos comportamentais para simular diferentes situações com base nos dados de precipitação, área de captação, coeficiente *runoff*, demanda de água e porcentagem a ser suprida pela água da chuva. Como resposta, apresentam-se gráficos de potencial de aproveitamento x volume de reservatório, apontando o aproveitamento ótimo, tabelas discriminando os valores mensalmente, além de apresentar um gráfico mostrando o volume extravasado e os percentuais de atendimento, ambos por volume de reservatório.

2.2.1.2. Qualidade da água da chuva

A qualidade final da água da chuva está intimamente ligada à concepção em que o sistema apresenta, os materiais utilizados e o ambiente em que está alocado (LEE *et al.*, 2010 *apud* CAMPISANO *et al.*, 2017), podendo ter ou não sistemas de tratamento associados. A deterioração gradual da qualidade da água pluvial se dá durante o caminho percorrido até o uso final desejado, ou seja, enquanto cai do céu, durante a coleta na área de captação, o transporte nos condutores, o armazenamento dentro dos reservatórios e nos próprios pontos de uso (LISBOA, 2011, p.22).

A poluição atmosférica originada pelo tráfego de automóveis e pelos processos industriais apresenta ocasionalmente CO, NO_x, SO_x, COV, CH₄, NH₃, materiais particulados e compostos aromáticos (MARTINS, 2008, p.11/12), os quais degradam a qualidade e reduzem do pH da água da chuva. Materiais particulados se depositam nas superfícies de captação, o que contribui para a deterioração da qualidade água durante o escoamento. Cabe ainda destaque à contaminação por microrganismos, os quais apresentam um grande risco à saúde podendo levar inclusive ao óbito aqueles que tiverem contato com esta água. Campisano *et al.* (2017) relata que os patógenos encontrados são normalmente relacionados com as fezes de pássaros e podem se alojar em materiais particulados depositados nas superfícies de coleta ou podem se reproduzir no interior dos reservatórios – agravado pela não reciclagem e pela temperatura quente de climas tropicais (LISBOA, 2011, p.24).

Ao entrar no assunto das águas pluviais urbanas, além das contaminações recém citadas, o mau acondicionamento de resíduos urbanos e as ligações clandestinas de esgoto contribuem para a degradação da qualidade da água pluvial (TUCCI, 2006, p.405), aparente apenas quando a ordem de análise temporal é de horas ou minutos. Uma vez que análises diárias, ou anuais, desconsideram o fato de que a água da chuva conforme vira escoamento superficial lava a atmosfera, os telhados e as vias. Na Tabela 1, Baptista, Nascimento e Barraud (2015, p.21) apresentam esta comparação entre a água pluvial e o esgotamento sanitário em termos do intervalo de tempo a se considerar.

Tabela 1 - Relação água pluvial/água servida em hora, dia e ano

Indicadores de Qualidade	Intervalo de tempo	Relação da carga poluente das águas pluviais e de esgotamento sanitário		
		Hora	Dia	Ano
SST		50	1/2	1/2
DBO5		4	1/16	1/27
DQO		12	1/2	1/9
NTK		3,5	1/7	27
Pb		2000	80	1/1
Zn		100	4	1/1
Hg		-	7	1/1
Cd		-	5	1/1

Fonte: Adaptado de Baptista, Nascimento e Barraud (2015)

Nela, valores maiores que uma unidade representam maior concentração dos poluentes referente às águas pluviais, o contrário, quando menor que uma unidade, vale para esgotamento sanitário. Percebem-se nitidamente as altas concentrações de poluentes das águas pluviais em intervalos de tempo menores e a diluição gradual conforme a ordem de tempo aumenta. Cabe o destaque para as concentrações dos metais (Pb, Zn, Hg e Cd), com a possível origem a lavagem do escoamento superficial provocada nos automóveis e vias.

Existem padrões normativos pré-estabelecidos e a depender do uso desejado, a água pode apresentar diferentes requisitos de qualidade, cabendo ao projetista estabelecer os critérios desejados de acordo com o fim correspondente (ABNT, 2007). O Quadro 1 abaixo, apresenta os usos associados aos tratamentos necessários para atingir a qualidade correspondente.

Quadro 1 - Uso requerido e os Tratamento necessários correspondentes

Uso da Água da Chuva	Tratamento necessário
Rega das plantas	Não é necessário
Irrigação, combate ao fogo, climatizar	É necessário filtragem para se manter os equipamentos em boas condições
Lagoas/Fontes, Banheiro, Lavagem	É necessário desinfecção, pois a água entre em contato com o corpo humano
Banho, Piscina, para beber ou cozinhar	A desinfecção é necessária e tratamentos avançados aconselhados, pois a água é ingerida direta ou indiretamente

Fonte: Adaptado de Group Raindrops (2002)

A qualidade da água da chuva em Florianópolis é objeto de estudo do Laboratório de Controle da Qualidade do Ar (LCQAr) e demonstrada nos trabalhos acadêmicos (graduação e pós-graduação) do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental (ENS), ambos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Nos resultados encontrados, aponta-se para uma chuva ácida, com presença de metais, sulfatos e nitratos (JAQUES, 2005, p.57; PETERS, 2006, p.80; MARTINS, 2008, p.121/122; LISBOA *et al.* 1992, *apud* LISBOA, 2011, p.23). Porém vale novamente ressaltar que a qualidade da água da chuva é condicionada pela localidade e pela condição do clima no dia em questão. Sendo assim, as características encontradas servem apenas como orientação complementar para o dimensionamento.

2.2.1.3. Legislações e Normas

A normatização dos SAAC para fins não potáveis no Brasil está definida pela NBR 15527 de 2007, a qual apresenta requisitos técnicos para uma adequada concepção dos SAAC. Nela se encontram termos técnicos, definições e recomendações de dimensionamento, operação e manutenção. Ela traz considerações acerca da qualidade da água da chuva para determinados usos e os tratamentos necessários correlatos (ABNT, 2007). Os aspectos construtivos dos SAAC estão estabelecidos pelas normas NBR 5626, NBR 10844, NBR12213, NBR 12214 e NBR 12217, que regulam respectivamente a Instalação predial de água fria (ABNT,1998), as Instalações prediais de águas pluviais (ABNT, 1989), o Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público (ABNT, 1992a), o Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público (ABNT, 1992b) e o projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público (ABNT,1994).

A depender do uso final que se destina dar à água da chuva, encontram-se padrões de potabilidades estabelecidos em normas diferentes. A Portaria nº 5 de 2017 do Ministério da Saúde estabelece os padrões mais restritivos para a potabilidade e a NBR 15527 de 2007 apresenta parâmetros para usos restritivos não potáveis. Em Florianópolis, o código de obras (Lei Complementar nº 60/2000) foi alterado pela Lei Complementar nº 567/2016 e Lei Complementar nº 561/2016, as quais obrigam o aproveitamento de água de chuva para postos ou comércios de lavação e para edificações com cobertura maior que 200 m², respectivamente.

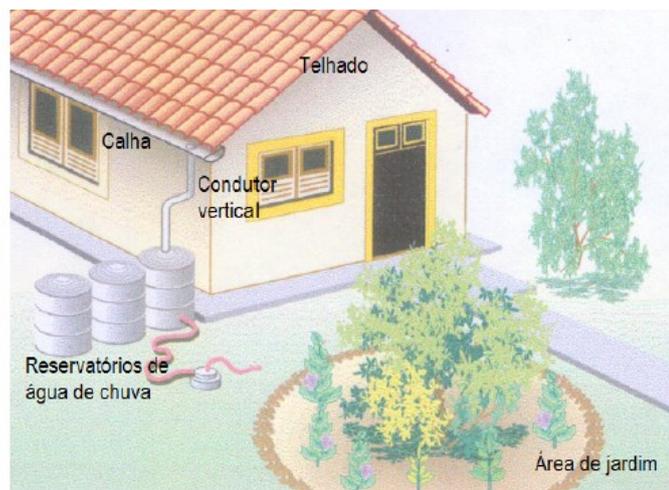
2.2.1.4. Aproveitamento para fins não potáveis

Anecchini (2005, *apud* LISBOA, 2011, p.14) recomenda que a água da chuva seja utilizada para fins não potáveis. O aproveitamento de água de chuva é uma das formas de se reduzir o consumo de água potável nas cidades (SOUZA; GHISI, 2012) e há uma produção científica significativa a respeito desta temática (MARINOSKI; GHISI, 2008, 2018; SOUZA; GHISI, 2012; MARINOSKI *et al.*, 2014) de modo a comprovar que o dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água de chuva destinado para fins não potáveis como descargas, irrigação e lavagem para usos residenciais deve estar dentro do escopo de ações para gestão de águas urbanas, Ghisi (2006) avaliou o potencial de economia de água para fins

não potáveis. No estudo, o autor conclui que a água da chuva pode reverter projeções de condições muito baixas de disponibilidade hídrica.

O percentual de demanda de água para fins não potáveis em residências varia conforme diferentes aspectos. Anecchini (2005, *apud* PETERS, 2006, p. 28) lista o clima, a renda familiar, habitantes na residência, cultura e gestão do sistema de abastecimento como alguns fatores. Tomaz (2000) possui um livro que aborda a temática de estimativa de consumos para fins não potáveis. O autor traz diversos estudos de diferentes regiões do planeta que procuram estabelecer parâmetros para o consumo de água em uma residência, em prédios públicos, para irrigação, entre outros. Ainda o mesmo autor comenta sobre a dificuldade em estimar valores representativos, porém estima-se que a economia de água pode chegar a 30% em um uso residencial.

Figura 10 - Modelo de aproveitamento de água de chuva para irrigação



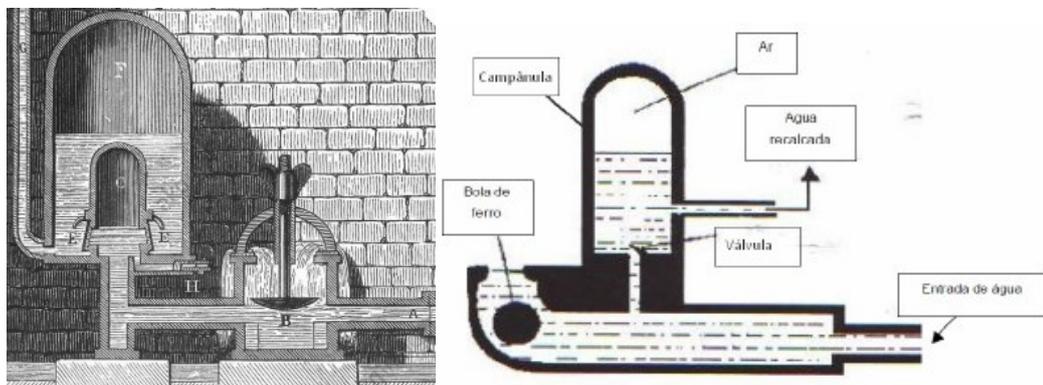
Fonte: Waterfall (2002, *apud* MAY, 2004)

Um dos usos bastante incentivados para a água da chuva é o armazenamento desta para uma irrigação regular ao longo do ano. A água da chuva que lava os telhados costuma apresentar nutrientes que podem ser aproveitados pelas plantas. A Figura 10, Waterfall (2002, *apud* MAY, 2004) apresenta uma concepção da associação da água da chuva com a irrigação, esta que pode ser feita por gotejadores ou aspersores (MAY, 2004, p.68/69). Machado (2016) avalia SAACs a partir de uma perspectiva agroecológica e destaca a importância que esses sistemas têm para a agricultura familiar.

2.2.2. Carneiro Hidráulico

O Carneiro Hidráulico, ou também conhecido como aríete hidráulico, foi inventado em 1796 pelos irmãos Montgolfier (DAKER, 1976) e foi uma automatização do equipamento criado por John Whitehurst em 1772, o qual possuía a válvula de escape com acionamento mecânico. Possui este nome pois seu princípio de funcionamento baseia-se no “golpe de aríete” para causar uma onda de sobrepessão na rede e bombear a água (BOSA *et al.*, 2019). Este equipamento é bastante utilizado em propriedades rurais próximos a lagoas e rios, os quais servem como abastecimento para o Carneiro Hidráulico (ABATE, 2000). Na Figura 11 se encontram imagens de modelos de CH primitivos.

Figura 11 - Ilustrações de Carneiros Hidráulicos Primitivos



Fonte: Rojas (2002)

Esta máquina foi rapidamente difundida pelas seguintes vantagens apresentadas por Abate (2000): baixo custo, fácil instalação, simples operação, a possibilidade de uma operação ininterrupta, sem emissão de gases de efeito estufa e sem gastos energéticos. Porém, Horne e Newman (2000, *apud.* ABATE; BORTEL, 2002) apontam que o funcionamento do Carneiro Hidráulico está atrelado às condições locais de operação, podendo este recalcar apenas uma fração da vazão disponível e emite um ruído quando em operação.

2.2.2.1. Composição

O Carneiro Hidráulico é essencialmente constituído pela Tubulação de Alimentação, Válvula de Escape, Válvula de Recalque ou de Retenção, Campânula ou Câmara de Ar e Tubulação de Recalque (JENNINGS, 1996). São encontrados comercialmente aqueles constituídos de blocos maciços de ferro fundido, tendo características intrínsecas ao modelo

de cada fabricante, porém alternativas caseiras, com materiais como canos PVC, garrafas PET e extintores de incêndio vazios são amplamente aplicadas e estudadas (CARARO; DAMASCENO; GRIFFANTE; ALVARENGA, 2007; GOUVEA; SILVA; HURTADO; MACEDO, 2013; BOSA *et al.*, 2019).

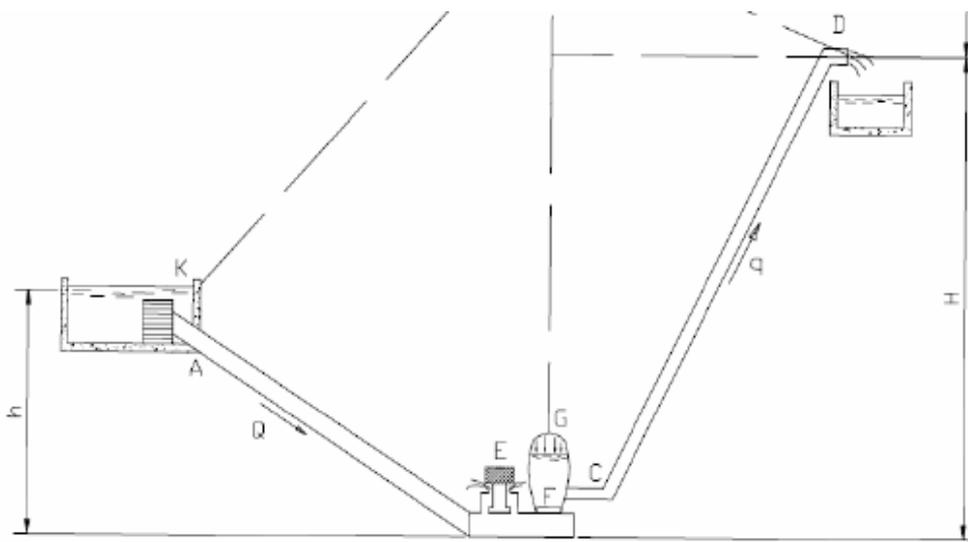
Normalmente, as câmaras de ar são posicionadas na direção perpendicular à tubulação de alimentação, criando um ângulo de 90°, porém Bosa *et al.* (2019) iniciaram pesquisas com a câmara de ar posicionada a 45°. Ademais, encontram-se pesquisas com objeto de estudo a orientação da Válvula de Escape (CARARO; DAMASCENO; GRIFFANTE; ALVARENGA, 2007). Há ainda pesquisas que procuram entender os fenômenos hidráulicos de seu funcionamento com maior nível de detalhes para conseguir propor otimizações, como Rojas (2002) com a modelagem do sistema e Sobieski, Grygo e Lipinski (2016) com a análise do golpe de aríete. Por fim, este dispositivo pode estar associado a outros sistemas como a um sistema de irrigação por gotejamento (DARDOT, 2012).

2.2.2.2. Princípios de Funcionamento

O Carneiro Hidráulico é um dispositivo de bombeamento, onde há um intercâmbio contínuo dos estados de energias da água com o auxílio dos elementos mecânicos que o compõe. Neste caso, aproveita-se da energia cinética, própria da água ao estar em movimento em um rio, ou transformada a partir da energia potencial, quando reservada a uma cota superior. Ao fechar a Válvula de Escape, através de sua quantidade de movimento, ocorre uma transformação de energia cinética em energia mecânica de pressão e sonora. Esta é enfim transformada em energia potencial novamente, quando o ar presente na Campânula “empurra” a água recalçando-a pela Tubulação de Recalque (DENÍCULI, 1992).

Segundo Azevedo Netto (1969, *apud.* ABATE, 2000) o “golpe de aríete” possui uma natureza complexa. O mesmo autor ainda atribui este fenômeno ao choque violento que é produzido nas paredes de um conduto forçado quando há uma interrupção brusca no movimento do fluido em movimento (AZEVEDO NETTO; ALVAREZ, 1988, *apud.* ROJAS, 2002). Denículi (1992) ainda apresenta a celeridade, velocidade de propagação do som em um fluido, como a resultante da onda de pressão criada pelo “golpe de aríete”, sendo esta atenuada paulatinamente pelo atrito fluido/tubo, pela compressibilidade do fluido e pela elasticidade do material do tubo.

Figura 12 - Esquema de Funcionamento



FONTE: Daker (1976)

Segundo Daker (1976) e tomando como base a Figura 12, o funcionamento do Carneiro Hidráulico segue a seguinte sequência: ao percorrer a Tubulação de Alimentação (AB), a água conduzida pela vazão (Q) possui uma velocidade crescente capaz de acionar a Válvula de Escape (E), a qual fecha bruscamente, interrompendo instantaneamente o fluxo. A água que se desloca como em blocos, se depara como a Válvula de Escape fechada, criando uma onda de choque que retorna e abre a Válvula de Retenção (F), permitindo com que a água adentre a Câmara de Ar (G). Conforme a água entra, passa a comprimir o ar existente, provocando o fechamento da Válvula de Retenção e uma nova abertura da Válvula de Escape. Desde modo, inicia-se um novo ciclo de funcionamento, o qual sucessivamente empurra a água para dentro da Câmara de Ar, comprimindo mais ainda o ar nela existente até que a água adquira pressão o suficiente para subir pela Tubulação de Recalque (CD) com a vazão (q).

2.2.2.3. Características de Operação

Conforme conclui Abate (2000) as características de operação influenciam no rendimento do carneiro hidráulico, sendo o Desnível entre a Tubulação de Recalque e o nível do carneiro hidráulico e o número de Batimentos da Válvula de Escape condições a se destacar. Ademais, tem-se a Altura, ou Pressão, de Recalque, as Vazões de Alimentação, Recalque e Desperdício como parâmetros de controle operacional.

Daker (1976) ainda aconselha evitar curvas na Tubulação de Alimentação, bem como ter atenção ao ar dentro da Campânula, que ao longo do seu funcionamento pode dar lugar à água e cessar o funcionamento do Carneiro Hidráulico. Jennings (1992) aponta a importância de o comprimento da Tubulação de Alimentação não ser maior que 5 vezes a Altura de Recalque. Além disto, Rojas (2002) alerta quanto ao módulo de elasticidade do material dos tubos, esse deve ser o suficiente para prevenir o rompimento e uma excessiva flexibilidade. Em termos de batimentos que o CH faz, maior número de golpes implica em um maior rendimento, porém a vazão elevada é menor. Para menor número de golpes o rendimento é menor e a vazão elevada maior (ROJAS, 2002). O Rendimento de um Carneiro Hidráulico pode ser calculado pela razão entre vazões, considerando ou não a razão h/H no cálculo, como apresentado em (ABATE; BETROL, 2002).

Para ilustrar a ampla versatilidade em que o Carneiro Hidráulico pode operar, depois de discorrer acerca de suas particularidades de operação, apresenta-se um resumo das características encontradas em diferentes referências na Tabela 2 – fruto de pesquisas com abordagens puramente técnico-científicas, sendo inexistentes pesquisas acerca da potencialidade do CH como uma TS.

Tabela 2 - Resumo de condições de operação

Referência	Características Construtivas									Características Operacionais								
	MC			O		VE		MT				DA	DR	h/H	Δh	$\eta_{\text{máx}}$	H;q	$H_{\text{máx}}$
	P	P	E	45°	90°	H	V	P	A	P	V							
BOSA <i>et al.</i> , 2019	x	x	x	x	x	x	-	x	-	-	1"	3/4"	1/3-1/6	-	15-23%	-	-	
ABATE; BORTEL, 2002	Ind.			-	x	-	x	x	x	-	1" 1/2'	3/4"	-	2,1, 3,8 e 4,7 m	43-78%	6-21 m; 2-6 L/min	16-72 m	
GOUVEA <i>et al.</i> , 2013	-	x	x	-	x	x	-	x	-	-	3/4"	3/4"	-	2-4m	60-92%	- ; 4-6 L/min	-	
DARDOT, 2012	x				x		x		x	x	-	-	-	-	-	1,2-1,6m; 4-5L/min	-	
CARARO <i>et al.</i> , 2007	-	x	-	-	x	x	x		x	x	3/4"	1/2"	-	5-50 m	22-59%	- ; 1-12 L/min	-	
ROJAS, 2002	x				x		x	x	x		3/4	1/2	-	2,23 m	62%	7,4m; 2 L/min	-	

MC = Material Campânula; EXT = Extintor; Ind. = Industrial; O = Orientação do CH; VE = Posição da Válvula de Escape; MT = Material Tubulação; DA = Diâmetro do Tubo de Alimentação; DR = Diâmetro do Tubo de Recalque; Δh = Desnível entre a Alimentação e o CH; $\eta_{\text{máx}}$ = Rendimento máximo; $H_{\text{máx}}$ = Altura de Recalque máxima; H;q = Altura e Vazão de Relcaque

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

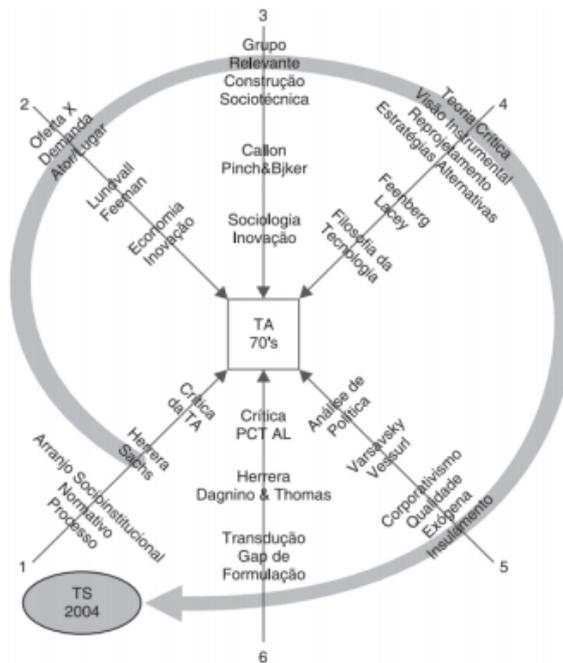
2.2.3. Tecnologia Social

A Tecnologia Social (TS) cunhada hoje como uma prática de transformação e inclusão social é um caminho em busca do desenvolvimento sustentável. Sua conceitualização passou por diversas formulações e pode ser descrita como sendo:

todas aquelas tecnologias e metodologias que facilitam a inclusão social das pessoas, famílias e comunidades em processos de desenvolvimento sustentável local. Devem ser: Simples - podendo ser trabalhadas pedagogicamente e disseminadas para uma ampla compreensão e utilização das comunidades; Viáveis - sendo adequadas às realidades culturais, sociais, econômicas e ecológicas das comunidades locais; e Efetivas: eficientes energeticamente com respeito aos resultados esperados de inserções sociais, econômicas e política (TSGA, 2008).

Porém, para um bom entendimento de sua importância e em quais contextos estas práticas devem estar inseridas, faz-se necessário recapitular sua cronologia de criação e fazer uma análise de seu marco analítico-conceitual. Dagnino, Brandão e Novaes (2004, p. 18), sintetizam as contribuições relevantes de pesquisadores para o surgimento, desenvolvimento e implementação das Tecnologias Sociais na Figura 13.

Figura 13 - Contribuições ao marco analítico-conceitual da TS



Fonte: Dagnino, Brandão, Novaes (2004)

Gandhi, no início do século XX, libertou o povo da Índia da hegemonia colonizadora britânica. Além de suas práticas políticas e espirituais, que fizeram dele um líder nessa

libertação, Gandhi é conhecido como o precursor das, hoje, conhecidas Tecnologias Sociais. A frase “Produção pelas massas, não produção em massa” a ele associada denota o caráter emancipatório que ele trazia ao movimento. Munido de seu *Charkha* – tear manual – Gandhi percorreu aldeias na Índia democratizando seus programas, empoderando o povo com o conhecimento e reabilitando tecnologias tradicionais como estratégia de luta (DAGNINO, BRANDÃO e NOVAES, 2004, p.19/20).

A partir de então, Herrera (1983, p. 10-11, *apud.* DAGNINO, BRANDÃO E NOVAES, 2004, p. 20) enobrece a atuação de Gandhi e afirma que mesmo sem nunca antes ter utilizado a terminologia Tecnologia Apropriada (TA), estava ele a praticá-la dentro da transformação orgânica objetivada por sua doutrina social. A TA viria a ser o marco inicial da trajetória da TS e teve Schumacher (1973, *apud.* DAGNINO, BRANDÃO e NOVAES, 2004) como precursor do conceito que, inicialmente postulado como Tecnologia Intermediária, era contrário a dita Tecnologia Convencional (TC) e incorporava aspectos culturais, econômicos, políticos e sociais à abordagem (DAGNINO, 2004).

A preocupação com a não adequação das TCs aos países em contextos de desenvolvimento afastados dos polos capitalistas da época (ditos periféricos), passou a ser o tema central de grupos de pesquisadores europeus entre os anos 70 e 80. Pois, além de não resolverem, as TCs podiam mesmo passar a agravar os problemas sociais e ambientais nestes lugares (DAGNINO, BRANDÃO e NOVAES, 2004, p.23). Desta forma, a TA deveria ser capaz de evitar estes prejuízos e, complementarmente, diminuir a dependência das relações entre os fornecedores e usuários da tecnologia. São então características da TA:

a participação comunitária no processo decisório de escolha tecnológica, o baixo custo de produtos ou serviços finais e do investimento necessário para produzi-los, a peque ou média escala, a simplicidade, os efeitos positivos que sua utilização traria para a geração de renda, saúde, emprego, produção de alimentos, nutrição, habitação, relações sociais e para o meio ambiente (com a utilização de recursos renováveis) (DAGNINO, BRANDÃO e NOVAES, 2004, p. 22-23)

Dickson (1978 *apud.* DAGNINO, BRANDÃO e NOVAES, 2004, p.) traz uma reflexão importante acerca do papel da tecnologia na sociedade, comumente vista como determinística. O autor aponta não haver apenas uma função de uso da tecnologia em solucionar determinados problemas, mas também se refere à natureza com a qual foi fundamentada e implantada. Evoca-se, então, a natureza sociopolítica da tecnologia,

imprescindível para a compreensão do desenvolvimento tecnológico de uma sociedade (BIJKER e PINCH, *apud*. DAGNINO, BRANDÃO e NOVAES, 2004, p.41). À vista disso, Dagnino, Brandão e Novaes (2004, p.56) afirmam ter sido ingênua a forma de atuação das TAs, uma vez que havia a expectativa que apenas com o emprego da tecnologia era possível transformar a realidade local.

Percebeu-se que apesar de seu importante papel crítico, a TA ainda estava engendrada à visão estática e normativa e possuía um alto grau de imobilismo (DAGNINO, BRANDÃO e NOVAES, p.36). Despontaram-se pesquisadores, como Andrew Feenberg e Thomas Hughes, que dentro de suas diferentes abordagens, introduziram uma base mais sólida ao movimento. Principalmente no que tange o desenvolvimento da ciência-tecnologia-sociedade (CTS), pois para eles estava clara a importância de incorporar os aspectos locais e ecológicos para o processo de desenvolvimento de uma sociedade (DAGNINO, 2004, p.197).

Destacam-se nas TSs a solidariedade e a cooperação, suas vontades em transformar a relação engenharia/sociedade e de democratizar políticas públicas (BAVA, 2004, p.112). Como forma de enaltecer a fusão dos saberes tradicionais e popular com o conhecimento técnico como ferramenta de transformação social e desenvolvimento local, apresentar-se-á abaixo dois programas de TS aplicados no Brasil: o Programa 1 Milhão de Cisternas (P1MC), do governo federal e o Tecnologias Sociais para a Gestão da Água (TSGA), do departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (ENS), ambos ilustrados na Figura 14.

Figura 14 - Fotos dos Projetos de TS, (E) P1MC/P1+2 e (D) TSGA



Fonte: Sites ASA (<https://www.asabrasil.org.br/>) e TSGA (<http://tsga.ufsc.br/>)

O Programa P1MC e sua segunda etapa, o Programa uma Terra e duas Águas (P1+2), trabalharam com a segurança hídrica do semi-árido brasileiro. Inicialmente instalando cisternas para captação de água de chuva, o P1MC procurou utilizar alternativas tecnológicas

simples, mão de obra e matérias-primas locais. Já o P1+2, veio com o intuito de ampliar a atuação do programa anterior em um projeto guarda-chuva. Trabalhou com a Agroecologia e com a Educação Popular (EP) para garantir o acesso e manejo sustentável da terra e da água promovendo a segurança alimentar. (GNADLINGE; SILVA; BRITO, 2007)

O Projeto TSGA curiosamente também teve duas fases, a primeira ocorreu entre os anos de 2007 e 2010 e a segunda entre os anos de 2013 e 2016. O TSGA atuou em parceria com a EMPRAPA e com a EPAGRI considerando as experiências das entidades e das comunidade, capacitando profissionais e formando atores sociais ativos nas tomadas de decisão. Como base metodológica, instalaram-se unidades demonstrativas de Tecnologias Sociais (Filtro Lento, Suinocultura, Rizicultura, Tratamento de Efluentes, Captação de água de chuva, entre outros).

Mais recentemente, Dagnino (2019) ampliou o conceito de Tecnologia Social ao observar suas limitações para compreender a Economia Solidária como uma possível saída para os países periféricos alcançarem um desenvolvimento mais justo e ambientalmente responsável. O termo Tecnologia se transforma em Tecnociência, pois o tipo de conhecimento necessário para superar as crises da sociedade moderna deve se desprender das sombras da apropriação do capital. E o Social evolui para Solidária, pois não procura apenas atender e se adequar as necessidades da sociedade, mas sim acolher de forma respeitosa todos os atores que vierem se envolver com ela (DAGNINO, p.19-20, 2019).

A nova forma de pensar engenharia proposta pela TS deve ser explorada para além de seus resultados empíricos. Como afirma Bava (2004, p.106), existem ganhos em qualidade de vida e na formação dos atores sociais envolvidos. Se para Feire (1998) o ato de educar é uma relação dialógica entre educador-educando, faz-se oportuno questionar quem seria este outro sujeito, ator de uma engenharia social, acolhedora, ecológica.

Fraga, Silveira e Vascellos (2008) trazem em seu artigo a problematização acerca do perfil de engenharia existente hoje e propõe um novo olhar para a engenheira ou engenheiro. Para eles o papel do *engenheiro-educador* seria:

o de atuar não mais como responsável pela solução do problema tecnológico, como esperavam a academia, os trabalhadores e a própria equipe de incubação, mas sim como mediador de processos participativos para solução de problemas tecnológicos. (FRAGA; SILVEIRA; VASCOCELLOS, 2008).

Para ser capaz de atuar deste modo, este sujeito deve reconhecer em si quatro características. Como apresentado por Cruz (2019): empatia, capacidade de dialogar, senso crítico e abertura. Estas características adormecidas podem ser despertadas inicialmente pela compreensão da dimensão política de sua atuação. Assim, as novas engenheiras e engenheiros se apresentarão como mediadores das transformações propostas.

2.3. A ÁGUA E O SUJEITO

Entre o Céu e a Terra, entre o espiritual e o material, entre o denso e o volátil, entre a matéria e a energia, entre o subjetivo e o objetivo, entre a natureza e a cultura está a água em movimento, transportando energia, sais, partículas, por que não informações? Mensagens? Aprendizado?

Assim como a água se conforma a nível molecular para diluir as diversas concentrações de sais que transporta, sem deixar de ser água, ela também o faz quando estimulada por ondas mecânicas, o som é uma delas. Masaru Emoto, japonês que passou parte de sua vida estudando e fotografando cristais de água publicou 5 livros a partir de suas conclusões. Os resultados são impressionantemente belos e contestadores. Revelam uma capacidade da água de interagir em ressonância com as ondas vibracionais a ela expostas. Sendo as novas conformações dos cristais da água mais esbeltas e harmoniosas em pensamentos e palavras amorosas (CHRISTOFIDIS, 2006, p.104).

Isto releva o quão distantes estamos de compreender o real valor da água, e este, nos faz questionar nossa histórica relação com a água. Emoto alerta para a necessidade de uma mudança de tratamento para com todos aqueles que são constituídos de água (plantas, animais, ambientes e pessoas), pois o cuidado com as águas internas e externas estimulam a melhoria da qualidade de vida (CHRISTOFIDIS, 2006, p.105)

Outro caso é o do cientista Jacques Benveniste, que por causa de suas descobertas sofreu uma censura em 1985. Com um artigo publicado na revista Science, Benveniste alegou que a água diluída com doses hipersensíveis (indetectáveis) de homeopáticos carregava consigo as propriedades de tais compostos, como que se lembrasse das substâncias. Assim seria possível transmitir e amplificar estas informações, guardadas no interior das células com um suporte magnético. (CATALÃO, 2006, p.89/90).

A água ainda é signo unívoco do religare com o divino. Uma espécie de sincretismo permeia seu significado. A água benta para os cristãos, o batismo para os judeus. Aparece na bíblia e no corão, nos rituais muçulmanos e indianos. Nas lendas hebraicas e guaranis sobre a origem da vida. Até na mística cultura chinesa e nas ágoras palco de contos mitológicos gregos a água se faz presente. No Brasil, ela se apresenta na forma de Oxum, Nanã, Obá, Iansã e Iemanjá da cosmovisão afro-brasileira e nas principais histórias e rituais das remanescentes etnias indígenas. (CATALÃO, 2014).

Percebe-se, pois, que problematizar a relação entre a água e o sujeito apenas no que tange a origem da vida ou o seu tratamento como recurso necessário para o consumo, se tornam interpretações simplistas e superficiais. De fato, deve-se um novo pacto entre o indivíduo e a natureza, como defende o filósofo Michel Serres (CARVALHO, 2012, p.142) e, ao utilizar as qualidades sensíveis da água como mediadora desse processo, revela-se uma percepção que poderá “umedecer nossa saliva, saciar nossa sede de justiça e fertilizar uma educação para a solidariedade e o amor” (CATALÃO, 2006, p.92).

2.3.1. Qualidades Sensíveis da Água

“O fluxo do rio é uma metáfora inspiradora do trajeto existencial do humano” e é a partir desta metáfora apresentada por Vera Lúcia Catalão (2014) que se iniciará a valorização das qualidades sensíveis da água. Pineau e Jobert fazem uso desta metáfora de forma bastante lúcida e crítica:

Rio acima está a fonte, a nascente. Nascimento, passado e presente agitando-se continuamente nos múltiplos afluentes, chuvas recebidas, terras atravessadas, barragens e estações. A jusante é a distância que separa do fim do rio, onde entrevemos o futuro, com seus projetos e rejeitos, suas aberturas, suas perdas, transformações e ressurgências. As margens são os limites, os diques naturais que contêm as correntes, mas permitem suas formas, sua força, seu colorida e sua paisagem. Fazer sua história de vida é o mesmo que criar seu rio (PINEAU; JOBERT, 1989, p.15/16, *apud* CATALÃO, 2006, p.82/83)

Como enfatizado pelos autores na descrição minuciosa do que o rio encontra ao mover-se desde a nascente até a foz, vive-se sob o reflexo de uma consciência confusa com relação ao trato com as águas. Ao menos, não reconhecemos a dimensão ecológica de nossas ações, que Catalão (2014) aponta como uma consequência do consumo indiscriminado e da aparente abundância das águas nas paisagens.

De início, um aprendizado está justamente na característica talvez mais conhecida de solvente universal que a água possui. Sem distinção, a água aceita todas as contribuições que lhe são oferecidas. É, então, na sua humildade que se encontra sua força (CATALÃO, 2006, p.83). Outro ensinamento que se deve à água está na observação cuidadosa de seu ciclo. O ciclo hidrológico expressa a sua impermanência e plasticidade conforme as condições do ambiente em que ela se encontra (CATALÃO, 2014). Ela é o único elemento que se apresenta em todas as fases em temperaturas onde a vida ainda reside e na sua forma encontra-se a alteridade, como define Hegel quando citado por Schwenk (1982, p.96 *apud* CATALÃO, 2006, p.84): “a água é o elemento de abnegação, do perpétuo ser para os outros”.

Neste movimento incessante a água marca sua presença. Do alto vemos o caminho dos rios ao percorrerem uma bacia hidrográfica. Ao fazer uma comparação direta com nosso sistema circulatório, encontram-se muitas simetrias. O rio principal e seus afluentes ou as artérias e suas veias, possuem as formas similares. Para Theodore Schwenk (1982, p.33, *apud* CATALÃO, 2006, p.86), este movimento que a água possui mostra como a natureza de um ser se exprime, dando desta as cascas rugosas de algumas árvores, que apresentam marcas de um movimento rítmico original congelado, semelhante ao fotografar um rio em movimento.

É ainda no ritmo constante da água de modo a formar vórtices espiralados direcionados aos céus que se repete como um arquetípico de todas as formas da vida (CHRISTOFIDIS, 2006, p.104). Nos embriões, nas sementes, no crescer de uma samambaia, no encontro de correntes, em nossas digitais e até mesmo na via láctea. Por isso, Schwenk (1982) se ocupa em mostrar como a água guarda e repete formas matriciais da vida ao longo de vários capítulos de seu livro.

A valorização das qualidades sensíveis também flui para um caminho complexo do entendimento da vida. Ela revela uma natureza autopoietica em seu ciclo – conceito que Humberto Maturana e Francisco Varela criaram para o fenômeno em que um sistema nutre e cria a si mesmo de maneira autônoma, além de valorizar sentimentos como amor e acolhimento, reforçados pela teoria do amor também de Maturana (2002, *apud* CATALÃO, 2014). Nestes múltiplos aspectos que a água nos transparece, Garel (1999, *apud* CHRISTOFIDIS, 2006, p.108) afirma que a água se expressa em três corpos: o físico, o emocional e o sutil. Fazendo da água um “organismos vivo primitivo”.

A partir das qualidades sensíveis da água apresentadas é que se passa a compreender os fatores que provocaram esta desordem de proporções geopolíticas globais. Catalão (2002, *apud* CATALÃO, 2014) afirma que são nos espelhos d'água poluídos que se encontra a confusão da consciência moderna. A água nutre o imaginário coletivo e é na dimensão da nooesfera que Edgar Morin acredita estar a chave para a mudança. Para Catalão (2014) é neste plano que se pode ressignificar o sentido das águas internas e externas e, ainda, concluir:

a água nos coloca em estado de escuta, seja pela sua capacidade de apreender sentidos e informar processos, seja pelo diálogo com a diferença ou pelo simples acolhimento de todas comunidades de vida. Na curva do rio, a história da humanidade e os mitos de origem se encontram. Fica o convite para atualização desse encontro em ritos modernos que façam dialogar as tradições, a ciência e a experiência cotidiana de homens e mulheres na intenção de devolver, ao planeta Terra, o fluxo e a limpidez da água - matriz, nutriz e motriz de nossas vidas entrelaçadas. (CATALÃO, 2014)

2.3.2. Sujeitos Ecológicos

Em seu livro *Educação Ambiental: a formação do Sujeito Ecológico*, Carvalho (2012) traça o perfil ideal do que seria um *sujeito ecológico*:

O sujeito ecológico agrega uma série de traços, valores e crenças e poderia ser descrito em facetas variadas. Em sua versão política, poderia se apresentar como sujeito heroico, vanguarda de um movimento histórico, herdeiro de tradições políticas de esquerda, mas protagonista de novo paradigma político-existencial (CARVALHO, 2012, p.67).

Se cultivar esses valores éticos e estéticos é uma das aspirações da EA, fazê-los germinar *sujeitos ecológicos* seria, portanto, a realização efetiva do mais profundo processo de aprendizagem. Onde a natureza em constante transformação interage de forma harmoniosa com o humano, que agora se apresenta como virtuoso, consciente de sua voz, ator e intérprete de sua vida. (CARVALHO, 2012, p.76). Confirma a ideia-força de Paulo Freire quando afirma que os humanos (re)criam a natureza e tomam consciência de sua história quando desafiados por ela (FREIRE, 2018, p.83).

O tipo de conhecimento adquirido por este sujeito está “mergulhado na polissemia e na aventura de produzir sentidos, dentro de seu horizonte histórico” (CARVALHO, 2012, p.83). Está fundado em uma sensibilidade ecológica que busca na alteridade uma nova forma de se relacionar com os processos vitais da natureza, respeitando os limites de regeneração e suporte da mesma (CARVALHO, 2012, p.105/106), e com os indivíduos que compartilham

do mesmo espaço-tempo que ele. Assim, assume uma postura de “*deixar ser*” entendida como “restituir, ou dar condições para que ela (natureza ou indivíduo) se revele naquilo que lhe é mais próprio” por Unger (2002, p.123, *apud* CARVALHO, 2012, p.141).

E mais, esta ética ecológica estaria galgada na reflexão sobre si mesmo e a realidade na qual está inserida. Outrossim, não se permitiria estar apático e imóvel diante de uma crise ecológica. O *sujeito ecológico* seria capaz de pronunciar o mundo em todos seus aspectos. Admirando as belezas encontradas no pingar da chuva ou no chiar de um rio e denunciando a opressão dos modos de vida que corroboram com a destruição da natureza e com o desgaste das relações na Sociedade Moderna do consumo. (CARVALHO, 2012, p. 106; FREIRE, 1970, p.92).

Falar de um novo espectro de formação de um sujeito se torna vazio sem problematizar como proceder esta transformação. Como critica Arendt (1989, *apud* CARVALHO, 2012, p.190), como seria possível mudar as atitudes de indivíduos tão enraizados em seus costumes sem cair novamente na reprodução conveniente e normalizadora de condutas pré-estabelecidas?

Entender que a indução ou estimulação de novos comportamentos podem ser meras mudanças pontuais, sem provocar o desenvolvimento de uma atitude ecológica em seu sentido pleno, ajudará na resposta desta pergunta. Assim, uma EA voltada a ter um “ideal de convívio solidário dos sujeitos como parte dessa teia de relações naturais, sociais e culturais que constroem os modos individuais e coletivos de olhar, perceber, usar e pensar o ambiente” se apresenta como um caminho para atingir um ideário ecológico emancipador. Jogando para longe os princípios da “*domesticação*” e do “*adestramento*” que Paulo Freire (1970) e Paula Brügger (1994) denunciam em suas obras (CARVALHO, 2011, p.179-191).

2.3.3. Educação Ambiental

Segundo Mauro Grün (2012, p.119): “A dimensão ética da educação ambiental deveria ser buscada na história recalcada de nosso relacionamento com o ambiente”. Assim o sendo, antes de iniciar a discussão acerca da EA propriamente dita, procura-se entender como a evolução do racionalismo técnico-científico condicionou a Sociedade Moderna, mas principalmente como isso se deu à custa do silêncio de tantas outras vozes também

importantes. Esta visão corrobora para um melhor entendimento dos questionamentos propostos pela EA e anuncia a urgência da mudança de paradigmas (GRÜN, 2012, p.49/50).

A ética antropocêntrica buscou dominar a Natureza e está marcada pelo reducionismo do mundo natural à uma força motriz ou matéria-prima a serem indeterminadamente exploradas conforme um ideal de desenvolvimento e progresso (CARVALHO, 2012, p.94 e p.105). No que tange os processos educativos, este reducionismo negou todo e qualquer conhecimento não científico (CARVALHO, 2012, p. 117/118; GRÜN, 2012, p.44) limitando a pluralidade e a diversidade dos diálogos e enxugando a experiência formativa, como enuncia Nadja Herman em seu livro *Hermenêutica e Educação*:

As diferentes versões do olhar objetivador, seja behaviorismo, tecnicismo ou construtivismo, deixam escapar a experiência dos atores envolvidos no processo, com seus inevitáveis preconceitos e danos e, por consequência, empobrecem a experiência formativa (HERMANN, 2003, p. 84, *apud* CARVALHO, 2012, p.118).

O antropocentrismo está ligado à radicais transformações no entendimento da Natureza ocorridas entre os séculos XVI e XVII. Nesta época houve uma mudança de paradigma que marca o Renascentismo. Há uma supervalorização da ciência como lógica estrutural de como o *homem* enxergava o mundo (GRÜN, 2012, p.29) – aqui o destaque se faz ao homem, pois também a revolução científica objetificou a mulher silenciando seus saberes.

O primeiro sinal de afastamento da Natureza se dá com Galileu Galilei (1564-1642), que difere qualidades primárias, secundárias e terciárias dos objetos. Para ele, destinavam-se as qualidades primárias tudo aquilo que era “real” e passível de quantificação. (GRÜN, 2012, p.23). A Francis Bacon (1561-1626) é atribuída a origem do método científico, mas não bastava a isso, suas contribuições. Como filósofo e político, Bacon lançava-se em discursos otimistas que rapidamente foram domesticando a natureza (GRÜN, 2012, p.32). Carvalho (2012, p. 117) destaca a aproximação de sua oratória com a usada pela Inquisição e cita exemplos como: “devemos dominar a natureza e atrelá-la a nossos desejos”.

“Penso, logo existo” é uma frase mundialmente conhecida enunciada por René Descartes (1596-1650) que marca a legitimação do conhecimento para dentro do mundo humano (CARVALHO, 2012, p.114). Para ele, a unificação da razão veio indelevelmente a partir da objetificação da Natureza, o que o fez ser conhecido como o pai do racionalismo moderno (GRÜN, 2012, p.35). Por fim, Isaac Newton (1642-1727) surge como luz, como alegoricamente versado pelo poeta inglês A. Pope. O pensamento mecanicista teorizado por

Newton foi amplamente aceito e instaura um modelo explicativo reducionista e causal (GRÜN, 2012, p.41/42).

Está aí a gênese da crise ecológica moderna. Percebida insipidamente pelo filósofo Jean-Jacques Rousseau no século XVIII que passou a criticar a forma com que o humano se relacionava com a natureza em sua obra *Emílio* (1762), indo na contracorrente do Renascentismo e do Iluminismo:

Tudo é certo em saindo das mãos do Autor das coisas, tudo degenera nas mãos do homem. Ele obriga a um terá a nutrir as produções de outra; uma árvore a dar frutos de outra; mistura e confunde os climas e estações; mutila seu cão, seu cavalo, seu escravo; transforma tudo, desfigura tudo; ama a desconformidade, os monstros; não quer nada como o fez a natureza, nem mesmo o homem. (ROUSSEAU, 1995, p.9, *apud* CARVALHO, 2012, p.102)

Estes argumentos epistemológicos marcam a narrativa histórica pela qual passou a formulação de um novo modo de ser estar no mundo defendido pela EA como novo paradigma a se construir diante da crise ecológica. Boff procura exemplificar de maneira concisa a evolução do *pensamento complexo*:

A natureza e o universo não constituem simplesmente o conjunto de objetos existentes, como pensava a ciência moderna. Constituem sim uma teia de relações, em constante interação. Os seres que interagem deixam de ser apenas objetos. Eles se fazem sujeitos, sempre relacionados e interconectados, formando um complexo sistema de inter-retorrelações (BOFF, 1997, p.72, *auod* CARVALHO, 2012, p.120).

Esta nova forma de pensar a respeito das relações entre indivíduo, sociedade e ambiente ganharam força como o filósofo Edgar Morin e o físico Fritjof Capra. Trazendo uma abordagem mais holística da realidade onde se reconhece sumariamente que o reducionismo provocou estragos imediatos ao meio ambiente e à estrutura da sociedade moderna. Ainda destaca a dialógica como princípio fundamental da condição humana, onde a *physis* e a bios não exclui um a outra, mas juntas compõe a complexidade da organização da vida. (MOURÃO; BASTOS, 2006, p.77/78; GRÜN, 2012, p.68).

A perspectiva da complexidade se justifica pela premissa que compreende as questões ambientais como inerentemente interdisciplinares e multidimensionais, não sendo possível abordá-las adequadamente por olhares disciplinares e reducionistas. Parte da constatação de que a modernidade avançada tem produzido e colocado, para a sociedade, uma qualidade nova de problemas decorrentes da própria reflexividade do conhecimento e/ou do avanço tecnológico que os saberes especializados e fragmentados não conseguem abarcar (LIMA, 2009).

O autor acima justifica o uso do *pensamento complexo* como horizonte da EA, a qual surge como mediadora da construção social de novas sensibilidades e posturas éticas diante do mundo (CARVALHO, 2012, p.79/80). Pois questiona e expõe a insuficiência da racionalidade moderna para lidar diante da crise ecológica, além de entender que as pretensões científicas de capturar o real têm se estendido a diversos outros campos da vida (CARVALHO, 2012, p.122/123).

O despertar da preocupação acerca da soberania do humano perante a natureza passou a ser interpretada como algo alarmante com as subseqüentes catástrofes ambientais dos anos 50 e 60. Mesmo período em que Rachel Carson lança seu livro *Silent Spring* e inaugura o ideário ecologista (GRÜN, 2012, p.16), o qual se posicionou oposta à tecnocracia entendida por Rosak (1972, p.19, *apud* CARVALHO, 2012, p.47) como: “o ideal de modernização, planejamento, racionalização que busca legitimidade nas formas científicas do conhecimento”.

Tamanha preocupação se refletiu em 1972 na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente realizada em Estocolmo. Tido como o primeiro grande encontro em defesa do meio ambiente, apontou a Educação Ambiental como uma “importante estratégia” para a qualidade de vida. Dando continuidade às recomendações da primeira conferência, a Carta de Belgrado elaborada ao fim do Seminário Internacional de Educação Ambiental realizado em Belgrado, na ex-Iugoslávia no ano de 1975, formula alguns princípios básicos da EA. Em 1977, na Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental em Tbilisi, emerge a interdisciplinaridade e a interdependência como novos valores necessários para uma relação harmoniosa, onde o *socius* e *oikos* sejam homogêneos no despertar do novo indivíduo, ativo e responsável pela construção de um futuro melhor. Sendo este evento apontado como um dos mais decisivos nos rumos que a EA deveria seguir (GRÜN, 2012, p.17).

Publicado em 1989 após anos de estudos acerca dos problemas ambientais, o “Relatório Brundtland”, também conhecido como “Our Common Future” – nosso futuro comum do inglês aponta a necessidade de uma “nova ética global” para suportar as mudanças provocadas pela “Nova Ordem Econômica Internacional”. O “Relatório Brundtland” preparou o terreno para a Rio 92 no Rio de Janeiro, quando se cunha o conceito e os princípios do Desenvolvimento Sustentável com a publicação da “Carta da Terra”. Assim, aprofunda-se a abordagem da situação ecológica global ao falar sobre as funções ecossistemas e a noção de

que águas puras, ares limpos e terras férteis são bens de preocupação comum. Evoca ainda a pluralidade de sujeitos que cada indivíduo deve aperfeiçoar para dar conta dos desafios ambientais, econômicos, políticos sociais e espirituais. (GRÜN, 2012, p.18).

O reflexo destes movimentos internacionais ambientalistas revelou os preceitos biologicistas, conservacionistas e despolitizados que a EA ainda tinha no Brasil dos anos 80 (LIMA, 2009). Este contexto fez com que a EA começasse a dialogar com as lutas sociais (CARVALHO, 2012, p.50) e traz o caráter emancipatório da EA que procura criar condições para que todos os indivíduos possam se apropriar de suas histórias e passar a fazer parte ativamente desse tecido social. Portanto, compreender que as questões de desigualdade social e de degradação do ambiente possuem uma origem comum, reitera quais dos papéis apresentados por Lima que a EA deve seguir:

nesse sentido, pode assumir tanto um papel de conservação da ordem social, reproduzindo os valores, as ideologias e os interesses dominantes socialmente, como um papel emancipatório, comprometido com a renovação cultural, política e ética da sociedade e com o pleno desenvolvimento das potencialidades dos indivíduos que a compõem. (Lima, 2009).

Educar é ser mediador do processo dialógico de ensino-aprendizagem. (CARVALHO, 2012, p.77). Para que este processo se faça de maneira espontânea e criativa, espera-se do educador uma postura de investigador. Onde ele procura entender as motivações pelas quais seus interlocutores chegaram a determinados saberes. Assim sendo, transforma-se também em educando, tomando como imperativos éticos o respeito, a autonomia e a dignidade de cada um. (FREIRE, 1996, p. 66). Deste modo, aprecia-se o caráter transformador que a EA proporciona ao reconhecer a subjetivação como ordem estética de vida (GUATTARI, 2012, p.21).

A EA também se classifica como crítica quando se orienta na “intenção de contribuir para uma mudança de valores e atitudes, formando um *sujeito ecológico* capaz de identificar e problematizar as questões socioambientais e agir sobre elas” (CARVALHO, 2012, p.158/159). Diante disso, passou a posicionar-se contrária a lógica civilizatória hegemônica e alinhar-se com a EP que marcou o trabalho de Paulo Freire. Lima (2009) destaca algumas das pautas desta crítica ao *paradigma moderno*, pois ele:

tende a rejeitar o antropocentrismo e conseqüente subordinação da natureza; a fragmentação e a perda da interdependência inerente à existência; o reducionismo e o objetivismo que acabam sacrificando tanto os aspectos não racionais da realidade quanto toda a subjetividade humana; a pretensão positivista de uma neutralidade ideológica e inalcançável; e o utilitarismo de uma razão que instrumentaliza a exploração e dominação dos seres humanos e da natureza. (LIMA, 2009)

Finalmente, os valores éticos e estéticos de uma educação para a formação de sujeitos ecológicos críticos e ativos, autônomos e acolhedores e inspirados nas qualidades sensíveis da água, preconizados pela EA recém apresentada, auxiliam na formação de um novo perfil de engenharia. Sem o intuito de negar o conhecimento técnico-científico, por entendê-lo como que um afluente ao encontrar o rio principal, esta engenharia estaria além das soluções técnicas-científicas, mas sim se voltaria para a democratização dos saberes e das oportunidades. (CARVALHO, 2012, p.132). Pensada de modo a substituir as práticas de simples reprodução, por práticas inovadoras que transbordem os limites unívocos do *paradigma moderno*, em processo de renovação e em constante adaptabilidade. Práticas que consigam agir de forma transversal entre as três esferas de relação que Guattari (2012) aponta como a expressão da crise ecológica:

"Mais do que nunca a natureza não pode ser separada da cultura e precisamos aprender a pensar "transversalmente" as interações entre ecossistemas, mecanosfera e Universos de referência sociais e individuais" (GUATTARI, 2001, p 25)

Situado no contexto da problemática da água e as cidades apresentados no item 2.1 e se inspirando na água como elemento plástico de acolhimento, o *engenheiro-educador* seria aquele orientado pelos valores da alteridade, respeitando os indivíduos, a natureza e a si próprio. Na sua atuação, baseia-se na TS como forma de transformar o mundo e a realidade dos indivíduos que nele se inserem e com ele se relacionam. Por fim, seria capaz de enxergar o universo pedagógico de suas práticas como ensaiam Fraga, Silveira e Vasconcellos (2008) e conclui Carvalho (2012, p.125):

Dizer que o engenheiro seria um "mediador" significa dizer que seria responsável por transitar entre os saberes acadêmicos e populares para mediar a construção coletiva de tecnologias (...) para que os trabalhadores pudessem introduzir seus valores, interesses e prioridades nessas tecnologias. (FRAGA; SILVEIRA; VASCONCELLOS, 2008).

A EA crítica seria, portanto, aquela capaz de transitar entre os múltiplos saberes: científicos, populares e tradicionais, alargando nossa visão do ambiente e captando os múltiplos sentidos que os grupos sociais lhe atribuem (CARVALHO, 2012, p. 125).

“A água é a melodia de
fundo da vida nas suas
metamorfozes.
Destrói formas existentes
para colocá-las à
disposição de uma nova
criação.
Ata e desata, carrega e
transforma.
Recria sem cessar o
organismo do nosso
planeta.”

Theodore Schwenk

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os questionamentos presentes neste trabalho acadêmico estão orientados de modo a trazer uma reflexão mais abrangente sobre o papel da engenharia na sociedade, incorporando os aspectos ecológicos na atuação e na formação do sujeito que a pratica, procurando explorar o conceito de um *engenheiro-educador*. O que delimita então o escopo deste estudo é a utilização da água como mediadora para chegar à resposta destes questionamentos. Conforme apontam Silveira e Cordoba (2009 *apud* MACHADO, 2016, p.56) a metodologia aplicada no presente TCC pode ser classificada em quatro eixos: quanto aos objetivos (a); quanto à abordagem (b); quanto à natureza (c); e quanto aos procedimentos utilizados (d). Esta classificação auxilia no direcionamento deste estudo e se apresenta sintetizada no Quadro 2.

Quadro 2 - Caracterização da Pesquisa

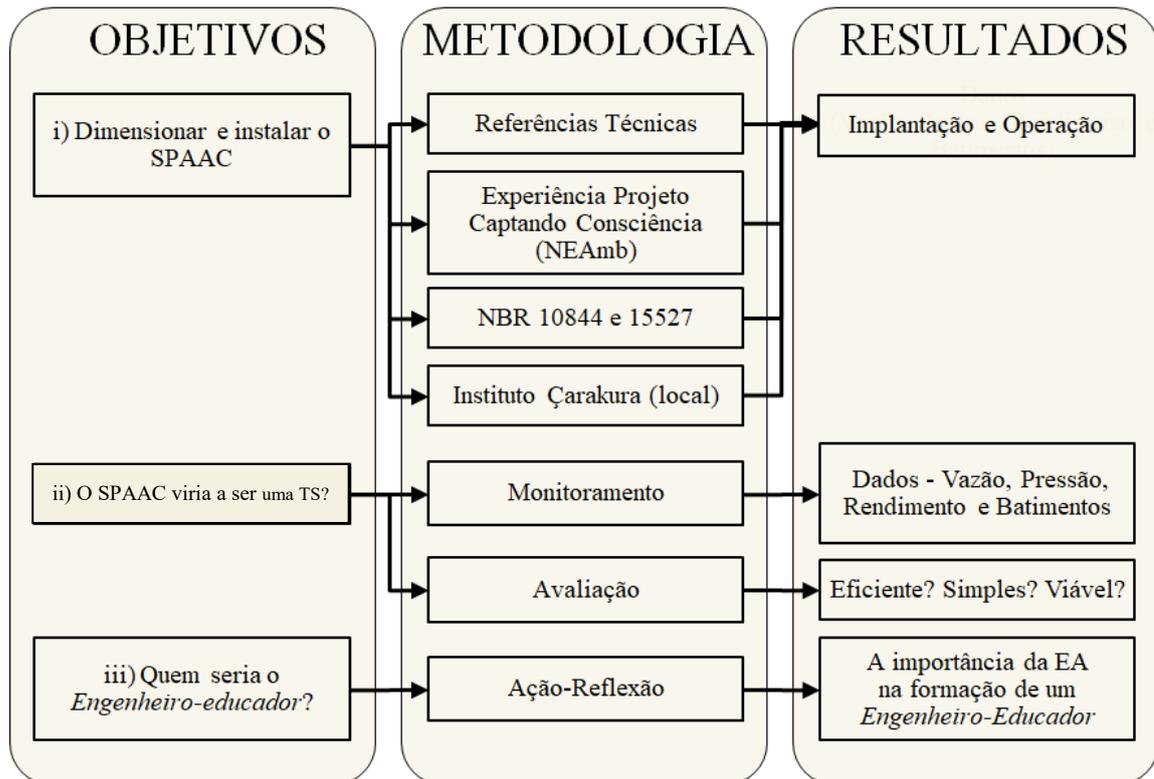
a) Objetivo:	Pesquisa exploratória qualitativa e quantitativa
b) Abordagem:	Sistêmica / Acolhedora / Ecológica
c) Natureza:	Ensaio-Piloto
d) Procedimentos:	Ação-Reflexão / Pesquisa Bibliográfica / Sistema Piloto

Fonte: adaptado de Machado (2016)

A primeira classificação (a) consiste em dimensionar e instalar um SPAAC respeitando os referenciais técnicos e normativos de modo a permitir uma pesquisa exploratória do piloto; a (b) trata da abordagem que delimita o escopo da pesquisa. Ao se inspirar na DUS, na TS e na EA, esta pesquisa procura avaliar o piloto para além dos simples resultados mecânicos de sua eficiência. Ampliar a abordagem é adicionar novas lentes na visão de quem está a executar a ação em engenharia, de modo a incorporar as dimensões sociais, políticas e culturais. A (c) traz a natureza desta pesquisa, sendo enquadrada como um ensaio de um piloto para que, quando aplicado em uma situação real, venha a utilizar a pesquisa-ação (BARBIER, 2002, *apud* CATALÃO, 2006; THIOLENT, 1986). E por fim, a (d) mostra a partir de quais procedimentos conseguirá obter os resultados para poder avaliar o SPAAC enquanto uma possível TS. Por se tratar de um Sistema Piloto, simplificou-se o método MESMIS proposto por Macsera, Astier e Lopez-Ridaura (2000) e o funcionamento do SPAAC foi avaliado apenas seu aspecto técnico, a partir das respostas se ele é eficiente,

simples e viável (TSGA, 2008) com o auxílio do monitoramento e coleta de dados durante a operação para a dimensão quantitativa da avaliação e da Ação-Reflexão, apreciada por Paulo Freire, e da Pesquisa Bibliográfica para dar suporte à dimensão qualitativa da avaliação e à discussão no entorno da formação do *engenheiro-educador*. Na Figura 15, apresenta-se o fluxograma marco metodológico deste TCC.

Figura 15 - Fluxograma organizacional do TCC



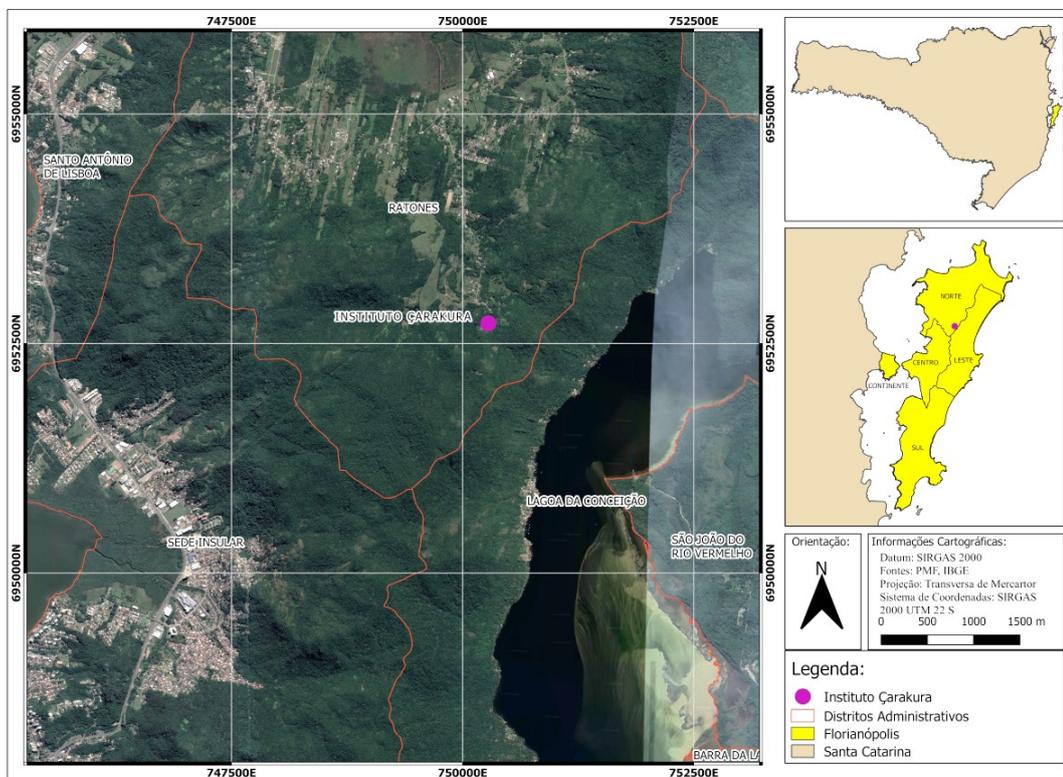
Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Ademais, para auxiliar na execução deste TCC, duas instituições se fazem pertinentes ao alicerçarem o embasamento prático envolvido: o Instituto Çarakura por disponibilizar o espaço físico para a instalação do SPAAC e promover o Saneamento Ecológico e a Educação Ambiental; e o Núcleo de Educação Ambiental da UFSC (NEAmb), ator na extensão universitária, o qual possui quatro frentes de atuação que inspiraram cada etapa deste trabalho. São elas a Agricultura Urbana, a Bioconstrução, a Captação de Água de Chuva e o Conceito Lixo Zero.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O SPAAC foi instalado no sítio sede do Instituto Çarakura, apresentado na Figura 16, localizado no norte da ilha, no bairro Ratores e próximo às nascentes da maior bacia hidrográfica de Florianópolis. O sítio conta com aproximadamente 14 ha de mata nativa e é berço de diversas parcerias com a universidade para tecnologias alternativas de saneamento ecológico. O sistema de captação foi instalado no telhado de um banheiro seco bioconstruído inspirado em um tatu.

Figura 16 - Local de implantação do SPAAC



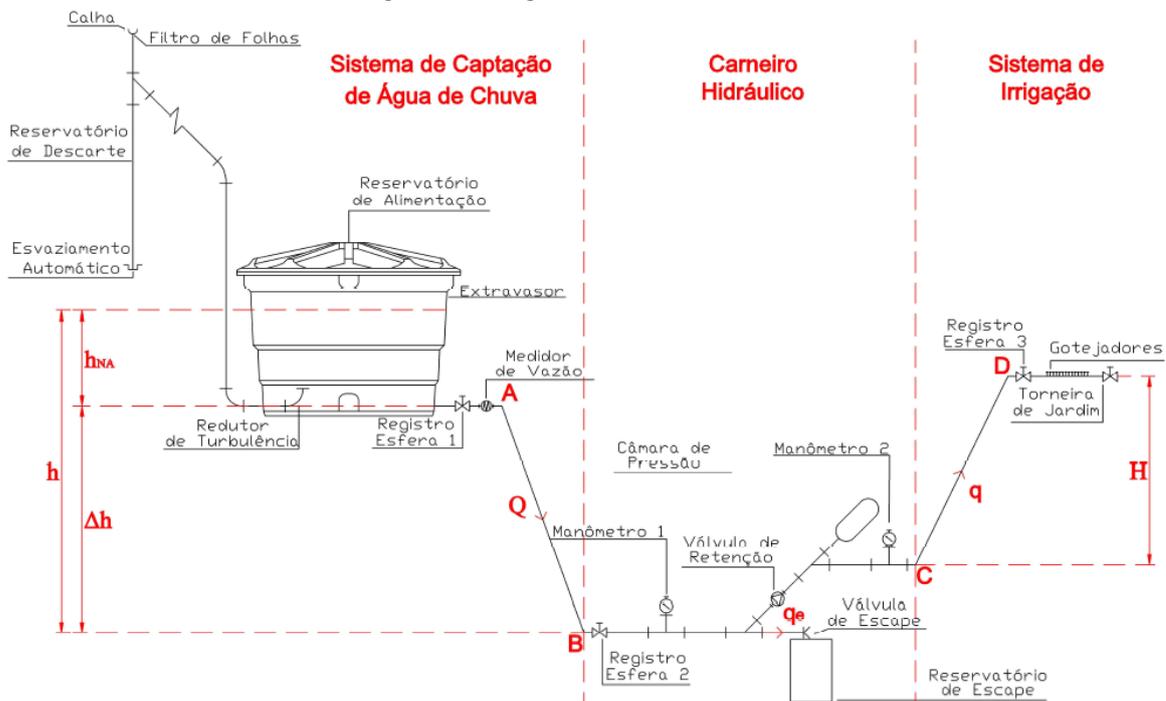
Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

3.2. DESCRIÇÃO DO SPAAC

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) propõe um SPAAC conforme será detalhado na sequência e se apresenta simplificado no diagrama unifilar da Figura 17. O trecho aquém do ponto A representa o sistema de Captação de Água de Chuva, o trecho AB, representa a Tubulação de Alimentação, o trecho BC, representa o Carneiro Hidráulico, o trecho CD, representa a Tubulação de Recalque e o trecho além do ponto D, representa a

irrigação do SAF. Em destaque, são apresentados os parâmetros que serão medidos durante a operação do sistema, são eles: Altura de Alimentação (h); Nível da Caixa d'água (H_{NA}); Desnível entre o Reservatório de Alimentação e o Carneiro Hidráulico (Δh); Altura de Recalque (H); Vazão de Alimentação (Q); Vazão de Escape (Q_e); Vazão de Recalque (q).

Figura 17 - Diagrama Unifilar do Sistema



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

3.2.1. Materiais utilizados

O SPAAC possui como Reservatório de Alimentação uma caixa d'água de 1000 L de polietileno da BakofTec, com 1,02 m de altura e 1,44 m de diâmetro incluindo a tampa; como Reservatório de Descarte, tubos e conexões em PVC de 100 mm montados de modo a formar aproximadamente uma reserva de 0,020 m³ para as primeiras chuvas, acoplado a um sistema de esvaziamento automatizado manufaturado e montado com tela de poliéster # 48 fios, 1 flange 3/4", 1 adaptador de mangueira 3/4" e um pedaço de plástico de polipropileno onde instalou-se 1 gotejador de vazão regulável da série GA-2 da Agrojet; como Reservatório de Escape um balde de 20 L de polipropileno; como condutos verticais e horizontais, tubos e conexões de PVC de 100, 75 e 50 mm de diâmetro; como Filtro de Folhas um modelo manufaturado com uma grelha hemisférica flexível e tela de poliéster # 48 fios; como

Tubulação de Alimentação e Irrigação, tubos e conexões em PEAD de 1” e 3/4”, respectivamente; para controle e operação 3 registros esfera para irrigação da Agrojet, medidor de vazão eletrônico modelo K24 de precisão 0,01 L ou 0,1 L/min e 2 manômetros de precisão de 1 mca; como Carneiro Hidráulico um modelo manufaturado com Extintor de incêndio de 1 L, conexões e válvulas (uma de retenção e uma de pé de crivo modificada) em aço galvanizado de 1”; e para o aproveitamento em irrigação, 40 gotejadores de vazão regulável da série GA-2 da Agrojet.

3.2.2. Dimensionamento

A seguir, apresenta-se o roteiro de como foi concebido o projeto do SPAAC. Quando necessário, respeitou-se as indicações das normas técnicas NBR 10844 e 15527 para o correto dimensionamento, contudo. Utilizou-se da economia de experiências do Projeto Captando Consciência do NEAmb e das referências estudadas para também auxiliar na concepção final do sistema.

Para além do simples dimensionamento das estruturas do piloto, procurou-se de alguma forma incorporar outras dimensões do saneamento para este TCC. Uma vez que ele está embebido nos princípios da Educação, evitou-se comprar peças e materiais novos para a implantação. Portanto, a ampla maioria dos materiais teve sua origem a partir de resíduos de construção civil ou de algum recurso renovável como o bambu. Deste modo, este trabalho acadêmico procurou remediar seus impactos ambientais oriundos dos processos de produção, reciclando e reutilizando materiais ociosos ou mal condicionados.

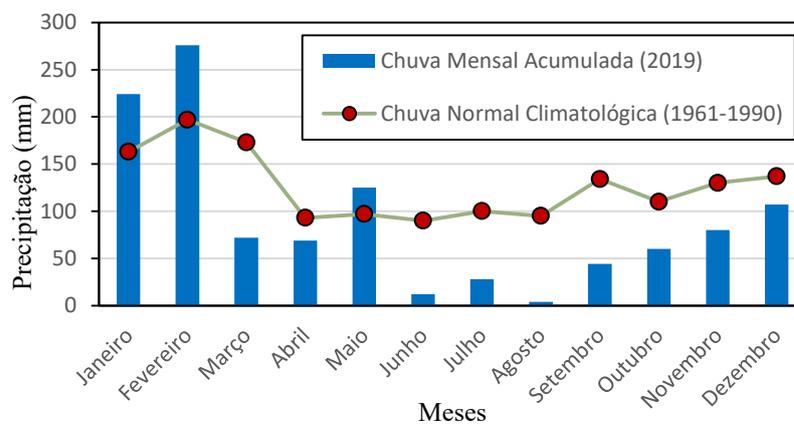
3.2.2.1. Aproveitamento para fins não potáveis

O SPAAC foi dimensionado para o uso na irrigação de um Sistema Agroflorestal (SAF) do Instituto Çarakura. A qualidade da água recomendada para irrigação está resguardada pela instalação dos componentes como Filtro de Folhas e Descarte da primeira chuva (RAINDROOP, 2002). Deste modo, a água que será utilizada para os testes do carneiro hidráulico tem sua origem na água da chuva e seu destino final nutrindo plantas, respeitando o ciclo hidrológico encontrado em ambientes preservados e não se utilizando de água da rede de abastecimento para a geração de dados.

3.2.2.2. Pluviometria

A chuva foi monitorada a partir dos dados disponibilizados pela estação meteorológica convencional de nº 83897 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada nas Latitude e Longitude 27°36'9.00"S e 48°37'13.00"O, respectivamente, a uma altitude de 1,84 m, na cidade de São José, Grande Florianópolis. Estes dados são considerados representativos para a região de estudo e o acesso a eles foi feito através do próprio sistema de informação do INMET.

Figura 18 - Gráfico de Precipitações Médias de Florianópolis



Fonte: Adaptado de INMET (2019)

Na Figura 18, as barras azuis representam a chuva acumulada mensal da mesma estação ao longo do ano de 2019. Percebe-se como o regime de chuva está alterado com relação à normal climatológica (ponto vermelhos), dando destaque à incomum seca durante o inverno e a primavera. Os dados de chuva diária acumulada da normal climatológica foram utilizados para o dimensionamento do SPAAC.

3.2.2.3. Demanda de água

Na prática, a demanda de água para fins de irrigação é bastante sensível às características das plantas, do solo e da sazonalidade da região. Ela estaria, deste modo, diretamente relacionada com os períodos de estiagem, quando a água da chuva não rega naturalmente os 40 m² de SAF. Porém, para fins de dimensionamento, adotou-se o valor de 2 L/m²/dia sob uma frequência de 5 dias/semana apresentados por Tomaz (2013, p.68)

3.2.2.4. Área de Captação

A área de captação escolhida foi o telhado do banheiro seco bioconstruído. Para encontrar o valor da área de captação as dimensões apresentadas na Equação 1 foram medidas conforme apresentado pela NBR10844 (ABNT, 1989).

$$A = C \times \left(L + \frac{Z}{2} \right) \quad \text{Equação 1}$$

Onde, A = área de captação (m²);

C = comprimento da calha (m);

L = largura do telhado (m);

Z = altura do telhado (m).

3.2.2.5. Intensidade de Chuva

Usou-se o ábaco da curva IDF, aplicando a Equação de Chuvas Intensas regionalizadas para Florianópolis (POMPÊO, 1992), para o tempo de retorno de projeto de 25 anos e tempo de duração de chuva de 5 min, conforme sugestões da NBR 10844. A regionalização da IDF para Florianópolis é representada pela Equação 2.

$$I = \frac{K \times T^a}{(t+b)^c} \quad \text{Equação 2}$$

Onde, I = intensidade de chuva (mm/h);

T = tempo de retorno de projeto (anos);

t = tempo de duração de chuva (min).

3.2.2.6. Vazão de Projeto

A partir da Equação 3 do método Racional (ABNT, 2007) se estima a vazão de pico desta área de contribuição, que resultará na altura máxima da lâmina d'água da calha.

$$Q_P = \frac{I \times A}{60} \quad \text{Equação 3}$$

Onde, Q_P = vazão de projeto (l/min);

I = intensidade de chuva (mm/h);

A = área de captação (m²).

3.2.2.7. Coeficiente *runoff* (C)

O Coeficiente *runoff* existe para representar aquele volume de água perdido no sistema devido a evaporações, respingos e infiltrações. (LISBOA, 2011, p.37). Tomaz (2013, p.41) aponta referências que estimam o valor de C entre 0,67 e 0,9, sendo 0,8 o valor adotado já considerando as perdas do primeiro descarte.

3.2.2.8. Calhas e Condutores Verticais e Horizontais

Para as calhas, utilizou-se uma tubulação de 3,0 m de 100 mm cortada longitudinalmente para qual se adotou uma razão de enchimento de 0,5 e uma inclinação de 0,5%, o suficiente para suportar a vazão de projeto conforme a NBR 10844 (ABNT, 1989, Tabela 3, p.6). Os Condutores Verticais foram dimensionados a partir de uma razão de enchimento de 0,67 aplicada para a fórmula de Manning-Strickler conforme aponta a NBR 10844 (ABNT, 1989, Tabela 4, p.9). O método de resolução foi descrito por Porto (2006, p.250/251) e se condensa nas Equação 4 e Equação 5.

$$M = \left(\frac{n \times Q_P}{60000 \times \sqrt{i}} \right)^{\frac{3}{8}} \quad \text{Equação 4}$$

$$D = \frac{M}{K_1} \quad \text{Equação 5}$$

Onde, M:

n = coeficiente de rugosidade (0,011 para PVC);

Q_P = vazão de pico (L/min);

i = declividade (m/m);

I = intensidade de chuva (mm/h);

D = diâmetro do condutor (mm);

K₁ = coeficiente de forma (PORTO, 2006, Tabela 8.1, p.253).

3.2.2.9. Filtro de Folhas

O Filtro de Folhas foi instalado a montante da divisão de fluxo entre o primeiro descarte e o armazenamento. Ele foi confeccionado artesanalmente utilizando um filtro estrela

envolto tela de poliéster fio #48 e inserido do Joelho que recebe e desloca o escoamento das calhas para os condutos verticais.

3.2.2.10. Descarte da Primeira Chuva

O Volume de Descarte foi calculado conforme a Equação 6.

$$V_{descarte} = P \times A \times 10^{-3} \quad \text{Equação 6}$$

Onde, $V_{descarte}$ = volume de descarte (m^3);

P = precipitação de descarte (mm, adotado 2 mm);

A = área de captação (m^2).

Para uma automatização do procedimento de esvaziamento do Reservatório de Descarte, inspirou-se no modelo desenvolvido por DALSSASSO, SENS e GUEDES (2017) e com o auxílio de uma bola de isopor e uma lâmina de polipropileno com um furo de 1,5 mm consolidou-se o sistema de descarte de primeiras chuvas. O sistema começa a encher quando a vazão de água da chuva (Q_{chuva}) captada pela cobertura se iguala a vazão que passa pelo pequeno orifício de saída (q_s). Definiu-se o tempo de esvaziamento do reservatório como 24 h após o término da chuva e conforme a lei dos orifícios descrita por PORTO (2006, p.355) e apresentada na Equação 7, encontrou-se a vazão de saída.

$$q_s = Cd \times S \times \sqrt{2 \times g \times h} \quad \text{Equação 7}$$

Onde, q_s = vazão total dos orifícios (L/min);

Cd = coeficiente de descarga (adotado 0,61);

S = área total dos orifício (m^2);

h = altura do reservatório de descarte (m).

3.2.2.11. Reservatório de Alimentação

O volume do reservatório foi modelado com a ajuda do software Netuno 4 (GHISI, CORDOVA, 2014). Como já havia um volume de reservatório pré-estabelecido pela reutilização de uma caixa d'água de 1000 L, a simulação foi feita para volumes conhecidos, como ilustrado na Figura 19. O Netuno possui recursos para obtenção do potencial de utilização de água pluvial ao fim de sua simulação. Para iniciá-la, o software necessita como

input: (i) a série histórica diária de precipitação (item 3.2.2.2); (ii) a demanda de água diária (item 3.2.2.3); (iii) a área de captação (item 3.2.2.4); (iv) o descarte das primeiras chuvas (3.2.2.10); (v) o coeficiente de escoamento superficial (item 3.2.2.7); e (vi) o volume do reservatório inferior. Nota-se também na Figura 19 os campos número de moradores e percentual de demanda total substituída. Os valores utilizados são uma adaptação para o simulador do Netuno, representando a demanda integral de um SAF.

Figura 19 – Simulação do Netuno 4.0, em destaque os parâmetros de dimensionamento

Carregar dados de precipitação	
Carregar dados de precipitação	Serie_Historica_19
Número de registros	33148
Data inicial (dd/MM/yyyy)	01/01/1961
Descarte escoamento inicial (mm)	2

Área de captação (m²)
13

Demanda total de água (litros per capita/dia)
53 Variável...

Número de moradores
1 Variável...

Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial
100%

Coeficiente de escoamento superficial
0,8 (80% de aproveitamento)

Observações
Simulação_Dimensionamento_SPAAC

Reservatório superior

Reservatório inferior

Simulação para reservatório com volume conhecido
 Simulação para reservatórios com diversos volumes

Simulação

Volume do Reservatório inferior (litros): 1000

Potencial de utilização de água pluvial: 71,76%

Percentual de dias no período de análise em que a demanda de água pluvial é atendida:

- Completamente: 68,22%
- Parcialmente: 6,63%
- Não atende: 25,15%

Valores mensais

Simular

Salvar simulação atual Limpar campos

Análise Econômica

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Em termos construtivos, instalou-se um Redutor de Turbulência, que consiste em uma curva de 90° seguida de outra de 45°, localizado no final do Condutor Vertical. Sua função é evitar que haja um turbilhonamento da matéria sedimentada no fundo do reservatório, mantendo a qualidade da água reservada. A instalação de um Extravasor delimitando o limite do enchimento do reservatório também é recomendada, utilizando uma tela de poliéster na tubulação para evitar que insetos e bichos procurem abrigo dentro do reservatório. A Tomada de água está deslocada do fundo do reservatório para que não haja a remoção de materiais particulados sedimentados.

3.2.2.12. Carneiro Hidráulico

A Figura 20 apresenta como foi feita a montagem do Carneiro Hidráulico. Reutilizou-se um extintor de incêndio com prazo de validade vencido com o volume de 1 L e com diâmetro do bocal de 1” como câmara de compressão (GOUVEA, 2013). Deste modo e conforme observado em referências, optou-se por manter o diâmetro de 1” para todas as demais partes constituintes do Carneiro Hidráulico. A inclinação de 45° e a orientação voltada a acompanhar o fluxo natural foram pensadas a partir das lacunas apresentadas por Bosa *et al.* (2019).

Figura 20 - Detalhes da montagem do carneiro hidráulico



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Ainda na Figura 20, destaca-se a Válvula de Escape, na qual manufacturou-se um sistema automático de fechamento do fluxo utilizando uma válvula pé de crivo de 1”, uma mola, um parafuso e porcas, elementos responsáveis pela regulagem dos batimentos do CH.

3.2.2.13. Sistema de Irrigação

Os gotejadores foram escolhidos pelo seu poder de irrigação. Por não ser objeto de este estudo avaliar a eficiência da irrigação, mas apenas destinar a água recalçada pelo CH para um fim mais nobre, distribuiu-os igualmente espaçados ao longo da extensão do SAF.

3.2.3. Operação

O SPAAC possui uma operacionalidade bastante simples que se resume a abrir e fechar 3 registros esfera. O primeiro, localizado na saída do Reservatório de Alimentação, controla a água da chuva armazenada e alimenta o Carneiro Hidráulico quando aberto – fechar somente em manutenção no sistema. O segundo, posicionada ao fim da tubulação de alimentação, é o registro que aciona a Válvula de Escape e dá partida ao Carneiro Hidráulico. Quando aberto, a água da chuva se direciona até a Válvula de Escape e a partir do golpe de aríete resultante, parte da água escapa e é coletada pelo Reservatório de Escape, e parte segue para Irrigação do SAF – para dar partida ao carneiro, opera-se esse registro abrindo e fechando sucessivamente até que os batimentos se mantenham constantes e igualmente espaçados. O último registro é apenas acionado no momento em que o Carneiro Hidráulico uniformiza seus batimentos, daí então se inicia a operação e as medições. Para melhor ilustrar como é a operação do SPAAC, apresenta-se no quadro 3 a situação do sistema para cada combinação de posições (A – Aberto e F - Fechado) de cada registro.

Quadro 3 - Resumo Operacional do SPAAC

RE1	RE2	RE3	Situação
F	F	F	Desativado
A	F	F	Ativado
A	A	F	Partida
A	A	A	Operação

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

3.3. MONITORAMENTOS

3.3.1. Vazão

Para as estimativas das vazões, utilizou-se da fórmula genérica de vazão apresentada na Equação 8. Ela foi aplicada com os valores do medidor de vazão para encontrar a Vazão de Alimentação (Q) e com o volume medido que escapou pela Válvula de Escape para encontrar a Vazão de Escape (q_e). Mediu-se também o tempo de operação para compor os cálculos.

$$Vazão = \frac{\Delta Volume}{\Delta Tempo} \quad \text{Equação 8}$$

3.3.1.1. Vazão de Alimentação (Q)

Para auferir a Vazão de Alimentação, utilizou-se um medidor de vazão eletrônico modelo K24 em linha. Para medição, anotou-se o valor do volume anterior ao início dos testes e o valor ao final da operação.

3.3.1.2. Vazão de Escape (q_e)

Utilizou-se de um balde de 20 L para coletar o montante de água que escapa pela Válvula de Escape. Conforme apresentado na Equação 8, tem-se com este volume coletado e o tempo de operação a Vazão de Escape. Sendo a variação de volume medida pela altura no Reservatório de Escape após o ensaio, multiplicado pela área da base de 28 cm. Após a operação esta água coletada pode ser usada tanto para irrigação, quanto destinada novamente ao rio localizado próximo ao experimento.

3.3.1.3. Vazão de Recalque (q)

Optou-se por utilizar a água de recalque para fins não potáveis de irrigação. Assim, evita-se o desperdício de água para a obtenção de dados ao mesmo passo que se agua as plantas do SAF. Para a obtenção da Vazão de Recalque aplicou-se o balanço de massa apresentado na Equação 9.

$$q = Q - q_e \quad \text{Equação 9}$$

Onde, q = Vazão de Recalque (L/min);

Q = Vazão de Alimentação (L/min);

q_e = Vazão de Escape (L/min).

3.3.2. Pressão

3.3.2.1. Altura de Alimentação (h)

A Altura de Alimentação é a somatória da variação do nível de água de dentro do Reservatório de Alimentação com o desnível entre o Reservatório de Alimentação e o Carneiro Hidráulico, conforme a Equação 10

$$h = h_{NA} + \Delta h \quad \text{Equação 10}$$

Onde, h = Altura de Alimentação (m);

h_{NA} = Nível de água (m);

Δh = Desnível (m).

3.3.2.2. Onda de Sobrepressão

Cada golpe que o Carneiro Hidráulico executa em seu ciclo, é gerada uma onda de sobrepressão na tubulação de alimentação. A onda de sobrepressão foi medida com o auxílio de um manômetro instalado a jusante do Carneiro Hidráulico.

3.3.2.3. Altura de Recalque (H)

O Carneiro Hidráulico trabalha em pulsos que são sentidos por um manômetro localizado na saída do CH, o momento escolhido para se fazer a leitura da pressão foi a partir do momento em que o sistema entrava em operação constante e a irrigação estava acionada.

3.3.3. Batimento

Durante os ensaios, quando a operação do SPAAC regularizou, usou-se de um cronômetro e de um contador para obter o número de batidas por minuto.

3.3.4. Rendimento

Por se tratar de uma análise de qual a eficiência do SPAAC, o rendimento volumétrico, apresentado na Equação 11, foi escolhido para expressá-la.

$$R = \frac{V - V_e}{V} \times 100 \quad \text{Equação 11}$$

Onde, R = Rendimento do Carneiro Hidráulico (%);

V = Volume de Alimentação (L);

V_e = Volume de Escape (L).

3.3.5. Ensaios e Análise dos dados

Com o intuito de compreender o funcionamento do SPAAC, modificou-se a regulagem da Válvula de Escape a cada ensaio. Deste modo, altera-se a quantidade de água que escapará por ela e, por conseguinte, os parâmetros de operação – vazão, pressão, rendimento e batimentos – se adequarão à nova condição de operação definida.

Utilizou-se duas curvas de regressão para representar os dados coletados com o auxílio do software Excel. A regressão a partir de uma curva polinomial de segundo grau foi escolhida para representar os valores de rendimento e a regressão a partir de uma curva exponencial foi escolhida para representar os valores de pressão. Combinando ambas as curvas, obtém-se um ábaco de onde se consegue tirar as informações de operação do sistema, como a pressão máxima de operação, encontrada quando a Vazão de Recalque é igual a zero ou o ponto de operação ótimo, encontrado no máximo rendimento.

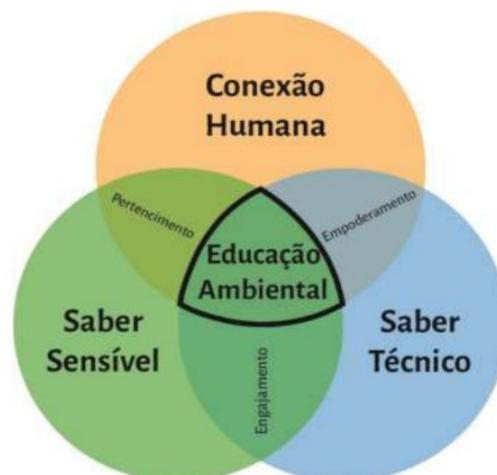
3.4. AÇÃO-REFLEXÃO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Com o intuito de ampliar a abordagem sob a avaliação do SPAAC, utiliza-se como metodologia a prática de Ação-Reflexão (FREIRE, 1996) no contexto de uma atividade de Educação Ambiental proposta na disciplina Fundamentos de Educação Ambiental do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC. A atividade foi dividida em quatro momentos: Apresentação inicial, Dinâmica somos água, Aprendendo com a água e Encerramento. Para auxiliar na Ação-Reflexão, foram criadas duas nuvens de palavras a partir da pergunta “*Cite três características da água*” respondida antes e depois do momento “Aprendendo com a Água”. Utilizou-se o aplicativo mentimeter (www.menti.com) para a geração da nuvem de palavras com as respostas, onde o tamanho de cada palavra corresponde a sua ocorrência.

Esta etapa ainda está orientada de modo a trazer a importância da EA para a formação de um *engenheiro-educador*. Para isto, dois artigos – Fraga, Silveira e Vasconcellos (2008) e Cruz (2019) – foram usados como referencial teórico. Estes autores trabalham a questão de quem seria este sujeito e como seria sua atuação na sociedade. Ademais, como fruto do acúmulo de experiência do NEAmb na formação de educadoras e educadores ambientais, a atividade proposta estará ensejada em três pilares epistemológicos da EA formulados por Fronza, Andrade e Mohedano (2019) e apresentado Figura 21.

Antes de começar a atividade, propõe-se que os presentes se organizem em uma roda nada sala, onde no meio haverá uma bacia com água e algum tipo de aromatizantes. Isto ajudará o grupo a criar unicidade e a esquecer do mundo fora do espaço-tempo proposto na atividade. A “Apresentação inicial” então se dará com uma contextualização e com o pedido para que o resultado desta aula fosse usado no presente trabalho. Na “Dinâmica somos água”, todos em roda dão as mãos e se conectam com as pessoas em seu lado. Os tórax são um átomo de oxigênio, enquanto os punhos representam dois átomos de hidrogênio ligadas às outras moléculas de água. Pede-se para os participantes fecharem os olhos por um minuto, para então começar o exercício para despertar um olhar mais sensível para a água a fim de estimular nossos processos cognitivos a partir dela. Este exercício consiste em uma narração do caminho de uma gota d’água desde a nascente até a foz, percorrendo um rio sinuoso, repleto de belezas e cascatas. Na etapa “Aprendendo com a Água”, utilizou-se de um texto de apoio já elaborado pelo projeto “Captando Consciência” do NEAmb com algumas adequações. Nele as qualidades sensíveis da água são apresentadas trazendo como embasamento teórico as contribuições de Vera Lessa Catalão e seu projeto “Água como matriz ecopedagógica”. Nos slides, apenas fotos (de minha própria autoria) e frases poéticas coma a temática da água para ampliar e embelezar os processos cognitivos dos participantes. Por fim, no “Encerramento”, finaliza-se a atividade com um momento de conversa livre sobre o que se aprendeu durante a atividade.

Figura 21 - Os pilares da Educação Ambiental



Fonte: Fronza, Andrade e Mohedano (2019)

“Águas risonhas, riachos irônicos,
cascatas ruidosamente alegres
parecem ser a linguagem pueril da
natureza. No riacho, quem fala é a
natureza criança.”

Gaston Bachelard

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. IMPLANTAÇÃO DO SPAAC

Inicialmente se procurou instalar o SPAAC na UFSC, nas proximidades dos SAF's do NEAmb, aos quais se direcionaria a irrigação. Houve dificuldades administrativas que impediram a instalação. Em resposta, na sequência, reativou-se um sistema de captação de água de chuva da edificação do departamento de ENS que se apresentava inativo há anos. Desta vez, por problemas técnicos, optou-se por novamente mudar de localidade. Contudo, durante este período, a chuva foi irrelevante e insuficiente para proceder à operação do SPAAC e a coleta de dados. Finalmente, no dia 10/12, finalizou-se a implantação do sistema na sede do Instituto Çarakura, em Ratonos. As imagens apresentadas na Figura 22 mostram o SPAAC instalado junto ao banheiro seco, dando destaque às (1) calhas, ao (2) descarte das primeiras chuvas, aos (3) condutos verticais e horizontais, ao (4) reservatório superior, ao (5) carneiro hidráulico, aos (6) manômetros, ao (7) registro de gaveta, ao (8) SAF, à (9) tubulação de irrigação com gotejador e à (10) muda de *Calophyllum brasiliense*. Na Tabela 3, encontra-se um resumo dos resultados obtidos do dimensionamento.

Tabela 3 - Resumo do dimensionamento

Parâmetro	Unidade	Valor
Demanda de água	L/mês	1600
Área de Captação (A)	m ²	13
Tempo de Retorno (Tr)	anos	5
Tempo de duração (t)	minutos	5
Intensidade de chuva (I)	mm/h	137
Vazão de Projeto (Q _P)	L/min	29
Vazão de saída (q _s)	L/min	9
Volume Reservatório de Alimentação	L	1000
Potencial de aproveitamento	%	72
Volume Reservatório de Descarte	L	20
Altura do Reservatório de Descarte	m	2,60
D _{Reservatório de Descarte}	mm	100
D _{calha}	mm	100
D _{condutores}	mm	50 e 75
Desnível (Δh)	m	2,20
Nível da água (h _{NA})	m	De 0 à 0,55

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Figura 22 - Fotos com os detalhes do SPAAC instalado



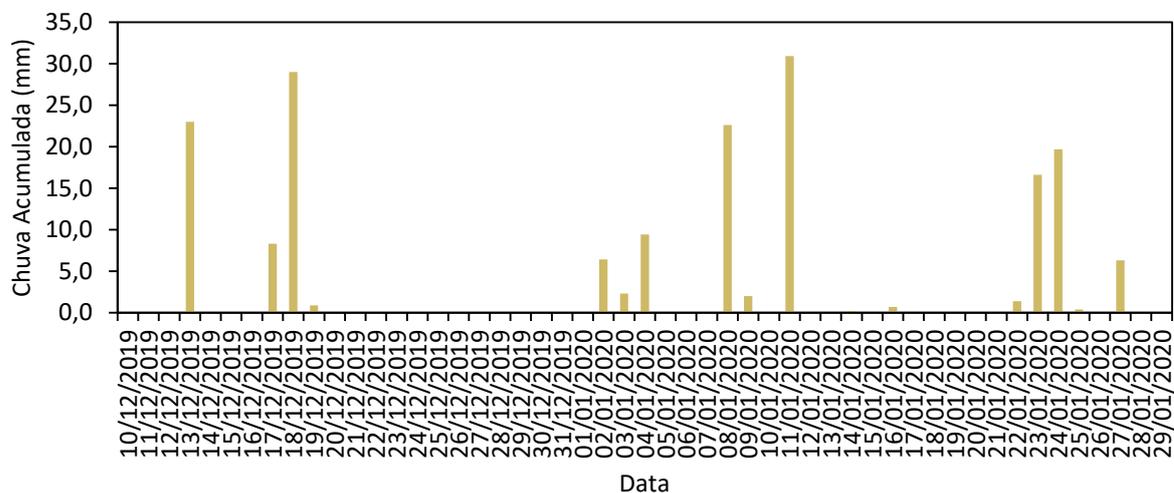
Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

4.2. MONITORAMENTO

4.2.1. Pluviometria

Acompanhou-se a pluviometria durante 51 dias ao longo da execução do estudo e a partir dos dados meteorológicos de chuva acumulada, medida sempre às 12h, disponibilizados pela estação convencional n° 83897 do INMET. Os valores se encontram em forma de gráfico na Figura 23. Contaram-se também os dias totais sem chuva, que totalizaram um valor de 33 dias, o que mostra a importância de aproveitar a água da chuva para regularizar a irrigação do SAF, potencializando seu desenvolvimento.

Figura 23 - Chuva Acumulada (mm) ao longo do estudo



Fonte: Adaptado do INMET (2020)

4.2.2. Vazão

A Tabela 4 apresenta os valores de cada vazão encontrada junto da média, do desvio padrão e da variância. Os valores médios de vazão encontrados foram 11,83, 5,33 e 5,85 L/min para Vazão de Alimentação, Escape e Recalque respectivamente. Os valores de Desvio Padrão e de Variância apontam que as diferentes condições de operação testadas afetam mais a Vazão de Alimentação, tendo um desvio padrão que representa 48% do valor da média. Porém, percebe-se que o CH apresenta condições regulares de funcionamento no que diz respeito à Vazão de Alimentação. Ou seja, as diferentes regulagens da Válvula de Escape influenciaram no Rendimento do CH.

Tabela 4 - Resultados de Vazão encontrados

Ensaio	VOLUME Inicial MV1 Vi,1 (L)	Tempo de Operação ΔT (min)	Altura Re HRe (m)	VOLUME de Escape Ve (L)	VOLUME Final MV1 Vf,1 (L)	Vazão de Alimentação Q (L/min)	Vazão de Escape qe (L/min)	Vazão de Recalque q (L/min)
1	27,73	3,73	0,46	28,32	70,74	11,52	7,59	3,93
2	258,96	2,77	0,37	22,78	291,45	11,74	8,23	3,51
3	291,54	3,13	0,36	22,17	333,88	13,51	7,07	6,44
4	333,88	4,50	0,42	25,86	391,52	12,81	5,75	7,06
5	434,27	1,78	0,08	4,93	451,35	9,58	2,76	6,82
6	480,71	4,12	0,22	13,55	518,51	9,18	3,29	5,89
7	584,31	4,60	0,19	11,70	627,65	9,42	2,54	6,88
8	627,65	3,27	0,37	22,78	666,70	11,95	6,97	4,98
9	8,69	2,72	0,32	19,70	44,20	13,07	7,25	5,82
10	44,20	5,80	0,38	23,40	110,48	11,43	4,03	7,39
11	110,48	4,50	0,22	13,55	147,90	8,32	3,01	5,31
12	0,00	5,87	0,52	32,02	68,00	11,59	5,46	6,13
Média						11,18	5,33	5,85
Desvio Padrão						1,67	2,11	1,22
Variância						2,80	4,43	1,50

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

4.2.3. Pressão

A Tabela 5 apresenta os valores de cada vazão encontrada junto da média, do desvio padrão e da variância. Nesta tabela, os valores de Altura de Alimentação, correspondem à Pressão Inicial M1 e os de Altura de Recalque, correspondem à Pressão Final M2. Os valores observados resultaram em médias de 2,50 mca para a primeira e 8,88 mca para a segunda. A coluna Pressão Final M1 representa as sobrepressões ocasionadas pelo golpe de aríete do CH. Estes valores estão variando entre 0 e 20 mca, sinalizando as diferentes configurações em que a Válvula de Escape foi regulada.

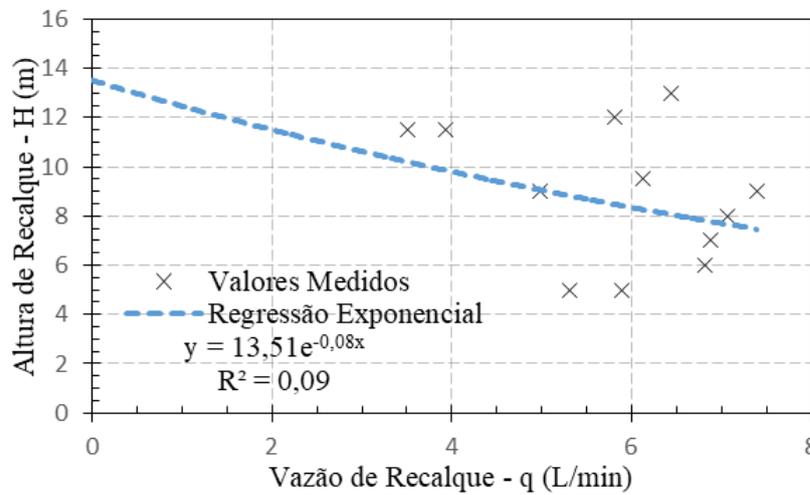
Tabela 5 - Resultados de Pressão encontrados

Ensaio	Pressão Inicial M1 Pi,1 (mca)	Pressão Inicial M2 Pi,2 (mca)	Pressão Final M1 Pf,1 (mca)	Pressão Final M2 Pf,2 (mca)	Altura de Alimentação h (m)	Altura de Recalque H (m)
1	3	10	10-15	11,5	3	12
2	2	11	20-25	11,5	2	12
3	2	12	10-20	13,0	2	13
4	2	13	5-15	8,0	2	8
5	2	10	0-5	6,0	2	6
6	2	7	10-15	5,0	2	5
7	2	11	0-5	7,0	2	7
8	2	5	10-15	9,0	2	9
9	3	7	10-15	12,0	3	12
10	3	12	15-20	9,0	3	9
11	3	9	5-10	5,0	3	5
12	3	9	15-20	9,5	3	10
Média					2,50	8,88
Desvio Padrão					0,15	2,76
Variância					0,02	7,60

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Apresenta-se o Gráfico do Comportamento do CH na Figura 24. Utilizou-se uma regressão exponencial para chegar na curva que melhor representasse os dados medidos. O valor de R^2 se encontra muito baixo, o que pode representar uma má distribuição dos dados com relação à regressão escolhida ou serem reflexo das limitações dos aparelhos de medição utilizados. Outra causa pode ser o fato de não se ter posto em operação o CH por longos períodos. A coleta do volume de escape foi feita com um balde de 20 L, o que limita o tempo de operação.

Figura 24 - Gráfico do Comportamento do Carneiro Hidráulico - Pressão x Vazão



4.2.4. Rendimento

A Tabela 6 apresenta os valores dos rendimentos calculados a partir dos volumes medidos e suas respectivas médias, desvios padrão e variância. O valor de rendimento médio encontrado foi de 54 %. Este valor se apresenta na faixa de valores encontrados nas pesquisas bibliográficas realizadas. Novamente, consegue-se observar a influência da regulagem da Válvula de Escape.

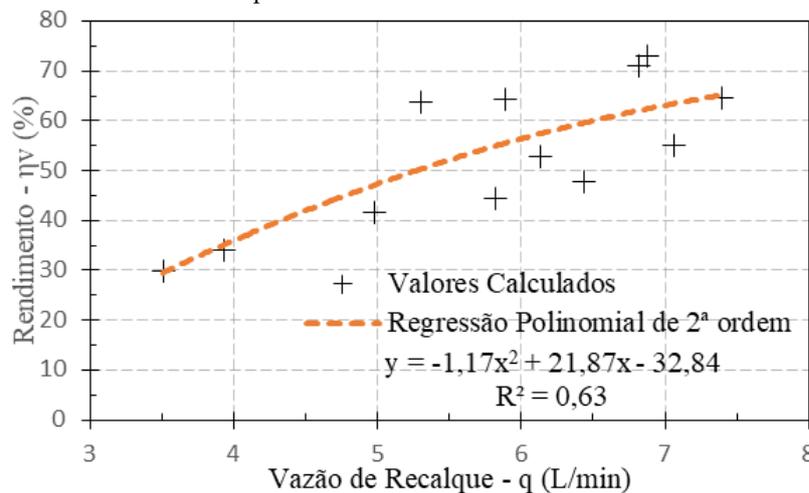
Tabela 6 - Resultados de Rendimento encontrados

Ensaio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Média	Desvio Padrão	Variância
Rendimento Volumétrico η_v (%)	34	30	48	55	71	64	73	42	45	65	64	53	54	14	203

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Na Figura 25, encontra-se a distribuição dos valores calculados de Rendimento e a curva resultante da regressão polinomial de 2ª ordem realizada para procurar representar bem estes dados. Os coeficientes da regressão também se encontram na Figura 25 e o valor de R^2 foi de 0,63.

Figura 25 - Gráfico do Comportamento do Carneiro Hidráulico - Rendimento x Vazão



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

4.2.5. Batimentos

A Tabela 7 apresenta os valores dos batimentos, medidos no momento em que o piloto entrou em operação e relativos ao número de batimentos da Válvula de Escape em um minuto cronometrado, junto da média e do desvio padrão.

Tabela 7 - Resultados de Batimentos encontrados

Ensaio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Média	Desvio Padrão	Variância
Batimentos por minuto BPM	65	70	55	48	79	61	52	55	62	58	77	64	62	37	149

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

4.3. AVALIAÇÃO DO SPAAC

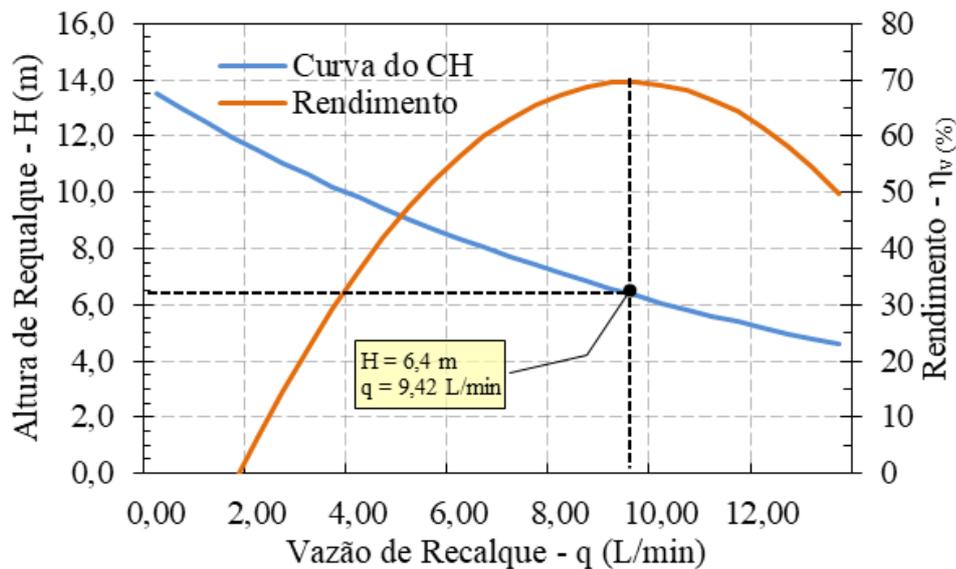
Antas de se iniciar a avaliação do SPAAC como uma possível TS é importante ressaltar que a definição de TS utilizada foi a do TSGA (2008), onde a implantação da solução, seja ela uma tecnologia ou uma metodologia, tem que se adequar às realidades culturais, sociais, econômicas e ecológicas (TSGA, 2008). Reforça-se deste modo a limitação desta pesquisa em avaliar somente o aspecto técnico do sistema piloto. Somente assim,

confirmada de sua eficiência, simplicidade e viabilidade é que se confirmará a potencialidade ou não do SPAAC ser uma TS.

4.3.1. Eficiência

O SPAAC proposto é constituído de três sistemas interligados e a função pela qual o piloto foi proposto – aproveitar a água da chuva para irrigação – foi atingida. O Sistema de Captação de Água da Chuva funcionou bem e, durante as chuvas mais intensas, conseguiu armazenar boas quantias de água, inclusive enchendo a caixa d'água três vezes. Segundo os valores obtidos com a modelagem do reservatório pelo Netuno 4.0, o índice de aproveitamento de água da chuva seria de pelo menos 72%. Valor que, combinado com o regime de chuva de Florianópolis, se encontra bastante satisfatório. O funcionamento do descarte de primeiras chuvas e do filtro folhas também se fez importante para a manutenção da qualidade da água coletada.

Figura 26 - Ábaco Comportamento e Rendimento do CH



Fonte: Elaborado pelo Autor (2020)

Diversas pesquisas têm comprovado a eficiência da captação da água da chuva para atenuar as demandas de água para fins não potáveis e os impactos da urbanização no regime das águas urbanas (MARINOSKI, GHISI, 2008; GHISI, 2018, COMPISANO *et al.*, 2017). Sendo assim, reservou-se a atenção para avaliar a eficiência do Sistema de Bombeamento por

Carneiro Hidráulico, proposto em uma concepção diferente a convencionalmente utilizada. Os valores encontrados para o rendimento deste sistema variaram desde 30 % até 73 %, o que comprova dependência das condições de operação. Na Figura 26 criou-se um ábaco relacionando os gráficos de comportamento do CH com o de seu rendimento, em destaque o rendimento máximo de aproximadamente 70%, cujos valores de pressão e vazão foram 6,4 m e 9,42 L/min, respectivamente, enquadrando o piloto dentro do espectro de valores encontrados nas referências estudadas. Pelo ábaco, na vazão de recalque nula, encontra-se o valor máximo de pressão suportada pelo CH de 13,5 m.

4.3.2. Simplicidade

Em termos de simplicidade, analisou-se o dimensionamento, a instalação e a operação do SPAAC proposto e constatou-se que ele é de fato uma tecnologia simples. As instruções que as Normas Técnicas fornecem, associadas ao programa Netuno 4.0, facilitam o dimensionamento do Sistema de Captação de Água de Chuva, que acaba se simplificando em encontrar a área de captação adequada para a demanda desejada. A instalação solicita conhecimentos básicos de construção civil e bricolagem e a operação se resume na combinação de acionamento de registros esfera.

Porém, reforça-se a necessidade de democratização de soluções de engenharia que as TSs propõem. Assim, ao implantar o piloto em uma escala real, sugere-se a presença de atores sociais ao longo de todo o processo de concepção do projeto. Isto se faz importante para trazer as demandas locais e para emancipação destes atores, os quais serão responsáveis pelas manutenções preventivas – Escorvamento, Limpeza das Calhas e do Reservatório

4.3.3. Viabilidade

Por ser um sistema piloto e construído com a reutilização de materiais ociosos ou mau condicionados, ele já se prova viável. Em uma perspectiva de implementação, as referências apontam paybacks relativamente curtos e benefícios na economia de energia a nível de tratamento e abastecimento de água (GHISI; THIVES; PAES, 2018; MARINOSKI; GHISI, 2018). Com relação ao CH, pouco há de investimento para suas instalação e operação, quando comparado com os valores do SAAC, que representam aproximadamente 60% do

gasto total (vide APÊNDICE C – Quadro de Custos onde se encontra um quadro com os custos hipotéticos do SPAAC).

4.4. AÇÃO-REFLEXÃO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL

A atividade foi realizada no dia 28 de novembro de 2019 durante uma aula da disciplina de Fundamentos de Educação Ambiental. Estavam presentes na aula doze pessoas, as quais participaram dos quatro momentos: Apresentação inicial, Dinâmica somos água, Aprendendo com a Água e Encerramento. Ao longo de todos os momentos procurou-se trazer a corporeidade para a atividade – pelo aroma presente na sala, pelas dinâmicas iniciais e pelas fotos da apresentação - assim como assinalado por Edgar Morin, de modo a transformá-la em um processo de aprendizagem vivencial (MOURÃO e BASTOS, 2006, p.80).

Deste modo, incorporou-se a subjetividade de cada engenheiro presente através do exercício imaginário proposto pela Dinâmica Somos Água, onde cada um, com os olhos fechados, teve que imaginar um rio e seguir nele. A esta altura, os participantes já estavam com a *conexão humana* e o *saber sensível* ativos apenas a espera para apreender novos conceitos cognoscíveis, dando início fixação do *saber técnico* a partir da etapa Aprendendo com a Água (FREIRE, 2019, p.29; FRONZA; ANDRADE; MOHEDANO, 2019). Antes e depois desta etapa fez-se a pergunta “Cite três características da água” com a motivação de ilustrar o potencial de transformação que a EA proporciona. Os resultados finais foram organizados em nuvens de palavras e se encontram na Figura 27.

Figura 27 - Nuvens de Palavras anterior (Esquerda) e posterior (Direita) ao momento teórico



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Comparando a imagem da esquerda - anterior ao momento teórico - com a da direita - posterior ao momento teórico - observa-se claramente diferenças. Na primeira imagem, existe uma grande variedade de palavras, sendo características físico-químicas dentre as mais corriqueiras. Destacam-se as respostas “Abundante”, “Solvente Universal” e “Transparente”. Na imagem da direita, percebe-se a redução no número de palavras e o surgimento de respostas com características sensíveis da água, sem excluir a presença das características físico-químicas. Destacam-se as palavras “Mãe”, “Sentimento” e “Vida”.

São nossos valores éticos e estéticos que organizam nossas águas internas e a forma com que nos relacionamos com as águas externas, tonando este espaço de relações inteligível e familiar (CARVALHO, 2012, p.33). Sobre o exercício de reflexão na ação de EA realizada, a valorização das qualidades sensíveis da água se provou importante para a formação de *sujeitos ecológicos*. Reforçando a necessidade de se aproximar das dimensões emocionais e sensíveis para se ter resiliência em períodos de crises. Não existe cuidado sem conhecer aquilo que se deseja cuidar. A aplicação direta deste aforismo, no contexto da crise nas relações água/cidade, água/engenharia e água/sujeito, revela o diálogo existente entre o *sujeito ecológico* e o *engenheiro-educador*. Orientado a reconhecer e se situar diante da crise ecológica, como quem toma consciência de sua história, o novo *engenheiro-educador* deve se afirmar como um *sujeito ecológico* ativo na mediação dos conflitos e desafios dos tempos modernos, buscando trabalhar com amor, humildade, esperança, alteridade, confiança, criatividade, afetividade em luta da justiça socioambiental.

“A alma do homem assemelha-se à água
Do céu ela vem, ao céu ela retorna
E de novo para a terra desce
eternamente alternando”

Johann Wolfgang Goethe

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Este Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo problematizar a atuação de um *engenheiro-educador*, a partir do dimensionamento, implantação e avaliação de um Sistema Piloto de Aproveitamento de Água de Chuva. O SPAAC se mostrou eficiente, simples e viável, atendendo às demandas do SAF, nutrindo-o e redirecionando a água da chuva para um fim mais nobre. Portanto, ele apresenta uma potencialidade em vir a ser enquadrado como uma Tecnologia Social (TSGA, 2008).

Como toda metodologia possui suas limitações, é válido constatar que os ensaios foram realizados por aparelhos analógicos, o que pode ser uma das causas da alta variação dos dados em alguns parâmetros de operação analisados. Outra situação a ser estudada com mais particularidade é o comportamento do CH durante longos períodos de tempo. Por fim, este foi o teste de um piloto, ou seja, não esteve presente em sua avaliação o caráter de construção e apropriação social. Uma vez comprovado seu bom funcionamento técnico em redirecionar as águas da chuva para fins mais nobres com a irrigação de plantas nativas da Mata Atlântica, em especial a *Calophyllum brasiliense*, pode-se avalia-lo na prática a partir de alguma demanda social em agricultura urbana ou drenagem urbana sustentável.

Para tal, sua implantação deve estar inserida dentro dos princípios da coletividade e da solidariedade de forma a trazer mais pertencimento e capacitação aos contextos em que virá a se inserir. Conversando com o que reitera Freire (1970, p.79): “ninguém educa ninguém, como tampouco ninguém se educa a si mesmo: os homens se educam em comunhão, mediatizados pelo mundo”.

Como fruto da observação dos dados e do convívio durante a operação do SPAAC ao longo dos ensaios, recomenda-se para trabalhos futuros:

- A substituição da Tubulação de Recalque para um diâmetro inferior ao da Tubulação de Alimentação, de preferência para 1/2";
- A instalação de uma tubulação paralela ao carneiro hidráulico que ligue a tubulação de alimentação diretamente com a de recalque para que se operacionalize o escorvamento desta com mais facilidade;
- Automatizar a coleta de dados de pressão e vazão com o auxílio de dataloggers de modo a auxiliar futuras modelagens do sistema;

- O monitoramento da qualidade da água captada o qual não fez parte do escopo deste TCC;
- A aplicação deste piloto em escala real, avaliando-o segundo método MESMIS (MASERA; ASTIER; LÓPEZ-RIDAURA, 2000), para atender a crescente demanda da agricultura urbana e também a agricultura familiar, utilizando a água como mediadora desse processo e valorizando os saberes da comunidade envolvida;
- Fomentar políticas-públicas para a associação do SPAAC como uma alternativa de abastecimento para fins não potáveis e um solução localizada de drenagem urbana, de modo a incorporá-lo como uma ferramenta de gestão das águas urbanas e Engenharia Popular.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS - O ENGENHEIRO-EDUCADOR E AS ÁGUAS FUTURAS

A partir destes aprendizados decorrentes da minha atuação como Educador Ambiental, bem como graduando concluinte do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, percebo o quão importante se faz a nossa atuação. Enquanto sujeitos da nossa história, devemos, através das *práxis*, procurar reverter este quadro alarmante que se prontifica ao pensar na sociedade do consumo, na disponibilidade hídrica, na diversidade étnica-social, na era da pós-verdade, no esvaziamento das utopias e no descompromisso ético.

O ano de 2020 se inicia como uma contagem regressiva no que diz respeito à sustentabilidade do planeta. Acordos, tratados, planos, metas de âmbito internacionais, nacionais, regionais e locais datam como horizonte o ano de 2030. Daqui a 10 anos os 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) serão revisados, ampliados ou restituídos. Podemos identificar, dentre eles, de forma direta ou indireta, a água como elemento de pelo menos 9 objetivos. Daí lança-se a pergunta, será que estaremos no caminho certo? E quem seremos nós, futuros engenheiras e engenheiros, nessa nova década?

Um novo paradigma é clamado por filósofos e educadores como resposta. O ensino-aprendizagem, a ecoformação, a sustentabilidade, o holismo, a complexidade, tecnociência solidária, pedagogia da complexidade ambiental são termos recorrentes nesta busca de um

novo modo de vida. Mas está ainda tímida a reflexão acerca das práticas de engenharia. Ou seja, do local, do contexto, por quê, para quem e por quem estão sendo feitas estas ações. Ao fazê-la, entramos na área de conhecimento da Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) e na construção de um novo perfil de engenharia, que assuma a complexidade das relações que permeia e que compreende a não neutralidade de sua ação.

O ato de implantar uma tecnologia recai necessariamente sobre o princípio básico do educar. Cabe ao técnico – detentor de um “conhecimento” específico – orientar qual caminho irá seguir. Seja puramente entregando um manual com “o que fazer” ou a partir de relações dialógicas de ensino-aprendizagem, quando se preocupa em situar o processo técnico-científico de soluções de problemas ao contexto histórico-cultural da comunidade ou local onde atuará. Assim, como a água de um rio, cuja mata ciliar está preservada e a nascente esbanja riqueza e diversidade, a engenharia não deve se abster de sua renovação natural e permeável aos seus indivíduos pertencentes. Deve deixar de lado os princípios, segmentadores, alienantes e hierárquicos para valorizar os atores sociais - seus saberes e suas necessidades - com quem se relacionará. Deve esquecer a busca incessante pelo *hightec* e objetivar a qualidade de vida, adequando-se a cada realidade.

Em uma situação global onde os ditos “desastres naturais” se tornam cada vez mais frequentes; onde as mudanças climáticas estão cada vez mais evidentes; onde as cidades se afogam entre desigualdade e alagamentos; onde o individual prevalece diante do coletivo; onde o consumo esgota os “recursos” naturais e humanos; onde a obsolescência tecnológica se transforma em novos problemas, devemos parar de obstruir o caminho da água e apreender a integrar-se a ele, precisamos ser mais generosos. Precisamos solidificar mais pontes que barragens. Precisamos estar abertos aos diálogos. Precisamos entender que as minorias são parte do todo e que o todo é um só. Precisamos reverter à especulação imobiliária que sufoca os centros urbanos e plantar mais árvores, hortas, sistemas agroflorestais. Precisamos integrar a Agricultura Urbana com as Águas Urbanas. Precisamos entender que a busca pela justiça social deve ser um projeto político prioritário.

Enxergando suas ações como também educativas, o *engenheiro-educador* passa a tomar consciência de sua posição no mundo como afirma Paulo Freire. Na sua atuação como cidadão, o *engenheiro-educador* é também mais um ator social e deve se envolver nos conselhos comunitários de seu município, bairro ou condomínio. Deve se envolver com

projetos sociais em ONGs para auxiliar na tomada de consciência e de espaços participativos de tomadas de decisão de novos atores sociais. Nas instituições de ensino, o *engenheiro-educador* deve se envolver com a extensão e buscar democratizar seus aprendizados com a sociedade. E de uma vez por todas, esquecer-se do estigma hierárquico criado em cima de sua formação e entender a engenharia mais como uma ferramenta para impulsionar o acesso a direitos básicos, a inclusão social e o desenvolvimento sustentável.

Daí surge o título que nomeia este TCC – e, pois, do projeto em que se inspira – Captando Consciência. Captando no sentido de acolher sem distinções a todos os saberes, transbordando o sentido de captura objetificante de algo; e Consciência por propor uma valorização dos indivíduos que o compuserem, seus conhecimentos ancestrais e seus contextos sociais. Assim, este projeto propõe-se a multiplicar suas abordagens e agir ativamente por uma Engenharia Popular, irrigada de valores éticos e estéticos de alteridade, empatia, abertura, coletividade, sensibilidade e solidariedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABATE, C. **Avaliação do desempenho de um carneiro hidráulico com tubulação de alimentação em aço galvanizado e em PVC.** Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Universidade Federal de São Paulo. Piracicaba, p.35, 2000.

_____; BORTEL, T. A. **Carneiro Hidráulico com tubulação de alimentação em aço galvanizado e em PVC.** Scientia Agricola, v.59, n.1, p.197-203, 2002.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalações prediais de águas pluviais.** NBR 10844 de dezembro de 1989.

_____. **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não-potáveis - Requisitos.** NBR 15527 de 24 de setembro de 2007.

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial.** Porto Alegre: Ambiente Construído, v.8, n. 2, p.53-66, 2008

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUA. **Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil 2019: informe anual.** Brasília: ANA, p.100, 2019. Disponível em: <
<http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf>> Acesso em: ago.2019.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana.** 2a ed. Porto Alegre: ABRH, p.318, 2015.

_____, CARDOSO, A. S. **Rios e Cidades: Uma longa e sinuosa história....** Revista da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: v.20, p.124-153, 2013.

BAVA, S. C. **Tecnologia social e desenvolvimento local.** In: SEIDL, D, CABRAL, S. S. **Tecnologia Social: uma estratégia para o desenvolvimento.** Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, p.103-116, 2004

BEZERRA, S. T. C; CHRISTAN, P.; TEIXEIRA, C. A.; FARAHBAKHS, K. **Dimensionamento de**

reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. Porto Alegre: Ambiente Construído, v.40, n.4, p.219-231, 2010.

BOSA, I. R.; LO MONACO, P. A. V.; HADADDE, I. R. M.; BART, H. T.; ROLDI, V.; VIEIRA, G. H. S.; NETO, A. C. **Efficiency of Hydraulic Ram Pumps Made with Alternative Materials.** Journal of Experimental Agriculture International, v.31, n.4, p.1-7, 2019.

BRÜGGER, P. **Educação ou Adestramento Ambiental?** Florianópolis: Letras Contemporâneas, p.142, 1994.

CAMPISANO, A.; BUTLER, D.; WARD, S.; BURNS, M. J.; FRIEDLER, E.; DEBUSK, K.; Fisher-Jeffes, L. N.; GHISI, E.; RAHMAN, A.; FURUMAI, H.; HAN, M. **Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives.** Water Research, v.115, p.195-209, 2017.

CARARO, D. C.; DAMASCENO, F. A.; GRIFFANTE, G.; ALVARENGA, L. A. **Características construtivas de um carneiro hidráulico com materiais alternativos.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, n.4, p.349-354, 2007

CARVALHO, I. C. M. **Educação Ambiental: A formação do sujeito ecológico.** 6a ed. São Paulo: Cortez, p.255, 2012.

CATALÃO, V. M. L. **As qualidades sensíveis da água.** In: CATALÃO, V. M. L. e RODRIGUES, M. S. (Orgs). **Água como matriz ecopedagógica: um projeto a muitas mãos.** Brasília: Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília, p.82-94, 2006.

_____. **Água, educação e culturas: redes hídricas e simbólicas na teia da vida.** In: de OLIVEIRA, L. C. F. **História Viva: Morro do Pilar – cultura, memória, sustentabilidade e a antecipação do futuro.** Morro do Pilar: Instituto espinhaço, p.316–339, 2014.

CHRISTOFIDIS, D. **Um olhar sustentável sobre a água.** In: CATALÃO, V. M. L. e RODRIGUES, M. S. (Orgs). **Água como matriz ecopedagógica: um projeto a muitas mãos.** Brasília: Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília, p.95-111, 2006.

CRUZ, C. C. **Engenheiro educador: experiência brasileiras de formação do perfil técnico capaz de praticar engenharia popular.** Revista CTS, n.40, v.14, p.81-110, 2019.

DAGNINO, R. **A Tecnologia Social e seus desafios.** In: SEIDL, D, CABRAL, S. S. **Tecnologia Social: uma estratégia para o desenvolvimento.** Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, p.187-209, 2004.

_____. **Tecnociência Solidária: um manual estratégico.** Marília: Lutas Anticapital, p.161, 2019.

_____. **Sobre o marco analítico-conceitual da tecnologia social.** In: SEIDL, D, CABRAL, S. S. **Tecnologia Social: uma estratégia para o desenvolvimento.** Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, p.15-64, 2004.

DAKER, A. **A água na agricultura: manual de hidráulica agrícola. Captação, elevação e melhoramento da água.** 5a ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, v.2, p.379, 1976.

DARDOT, J. P. **Comportamento Hidráulico de Gotejadores Pressurizados por Carneiro Hidráulico.** Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras. Lavras, p. 83, 2012.

DENÍCULI, W. **Hidráulica: Instalações de Recalque.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola, v.2, p.115, 1992.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1970.

_____. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996.

_____. **Extensão ou Comunicação?.** 19a ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, p.128, 2018.

FRONZA, E. E.; ADRADE, I. T.; MOHEDANO, R. A. **Núcleo de Educação Ambiental da UFSC e o Programa de Formação Continuada de Educadoras e Educadores Ambientais para uma**

Cultura da Sustentabilidade. Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental. Rio Grande: v.6, n.2, p.253-274, 2019.

GNADLINGE, J.; SILVA, A. S.; BRITO, L. T. **P1+2: Programa uma terra e duas águas para um Semi-Árido sustentável.** In: BRITO, L. T.; de MOURA, S. B.; GAMA, G. F. **Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro.** Petrolina: EMBRAPA, p.60-77, 2007.

GHISI, E. **Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil.** Building and Environmental, v.41, p.1544-1550, 2006.

_____. **Parameters Influencing the Sizing of Rainwater Tanks for Use in Houses.** Water Resour Manage, v.24, p.2381-2403, 2010.

_____; COLASIO, B. M.; GERALDI, M.; TESTON, A. **Rainwater Harvesting in Buildings in Brazil: A Literature Review.** Proceedings, v.1, n.186, p.1-20, 2017.

_____; CORDOVA, M. M. **Netuno 4.** Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, 2014. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/>>. Acesso em: agosto 2018.

_____; THIVES, L. P.; PAES, R. F. W. **Investment feasibility analysis of rainwater harvesting in a building in Brazil.** Water Science & Technology: Water Supply, v.18, n.4, p.1497-1504, 2018.

GOUVEA, C. A. K.; SILVA, D.; HURTADO, A. L. B.; MACEDO, M. **Aumento de eficiência de um carneiro hidráulico para uso no meio rural.** Espacios, v.34, n.6, p.12, 2013.

GROUP RAINDROPS. **Reaproveitamento da água da chuva.** MASSATO, k.; USHIWATA, C. T.; AFONSO, M. A. A. (Trad.). Curitiba: Organic Trading, p.195, 2002.

GRÜN, M. **Ética e Educação Ambiental: a conexão necessária.** 14a ed. Campinas: Papirus, p.126, 2012.

GUATARRI, F. **As três ecologias.** BITTENCOURT, M. C. F. (Trad.). Campinas: Papirus, p. 56, 2012.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico: série histórica de 1940 a 2010.** Disponível em: <<https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=POP122>> Acesso em: ago.2019.

JQUES, R. C. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações.** Dissertação (mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p.102, 2005.

JARDILINO, J. R. **Paulo Freire: Retalho Biobibliográficos.** 2a ed. São Paulo: Pulsar, p. 104, 2003.

JENNINGS, G. D. **Hydraulic Ram Pumps.** North Carolina Cooperative Extension Service, v.161, n.92, p.4-6, 1996.

LISBOA, M. B. **Proposição e avaliação de tecnologias para sistemas de aproveitamento de água da chuva.** Dissertação (mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p.239, 2011.

LIMA, G. F. **Educação ambiental crítica: do socioambientalismo às sociedades sustentáveis.** São Paulo: Educação e Pesquisa, v.35, n.1, p.145-163, 2009.

MACHADO, R. B. C. S. **Avaliação da Tecnologia Social de Captação de Água da Chuva numa perspectiva agroecológica.** Dissertação (mestrado), Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Universidade Federal da Fronteira Sul, p.133, 2016.

MARINOSKI, A. K; GHISI, E. **Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC.** Porto Alegre: Ambiente Construído, v.8, n.2, p.67-84, 2008.

_____; _____. **Avaliação de viabilidade ambiental e econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial em habitação de baixo padrão: estudo de caso em Florianópolis, SC.** Porto Alegre: Ambiente Construído, v.18, n.1, p.423-443, 2018

_____; SILVA, A. S.; VIEIRA, A. S.; GHISI, E. **Usos finais de água em habitações de interesse social no sul do Brasil.** (Anais). Maceió: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, p.2720-2729, 2014.

_____; RUPP, R. F.; GHISI, E. **Environmental benefit analysis of strategies for potable water savings in residential buildings.** Journal of Environmental Management, v.206, p.28-39, 2018.

MARTINS, R. F. **Avaliação da qualidade das águas de chuva de Florianópolis, Tubarão, Criciúma e São Martinho, com ênfase na caracterização das influências marinhas e continentais simuladas utilizando o modelo hysplit.** Dissertação (mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p.155, 2008.

MASERA, O.; ASTIER, M.; LÓPEZ-RIDAURA, S. **El marco de Evaluación MESMIS.** Sustentabilidad y Sistemas Campesinos. México: GIRA-Mundi-Prensa, p.13-44, 2000.

MEADOWS, D.; MEADOWS, D.; RANDERS, J.; BEHRENS III, W. W. **Limits of Growth.** Massachusetts Institute of Technology, p.205, 1972.

MOURÃO, L.; BASTOS, R. **Educação e Complexidade:** uma reflexão acerca do conceito de ser humano e da prática pedagógica a partir do pensamento complexo. In: CATALÃO, V. M. L. e RODRIGUES, M.S. (Orgs). **Água como matriz ecopedagógica:** um projeto a muitas mãos. Brasília: Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília, p.76-81, 2006.

PALLA, A.; GNECCO, I.; LA BARBERA, P. **The impact of domestic Rainwater harvesting systems in storm water runoff mitigation at the urban block scale.** Journal of Environmental Management, v.191, p.297-305, 2017.

PETRELLA, R. **O manifesto da água.** 2a ed. JOSCELYNE, V. L. M. (Trad.). Petrópolis: Vozes, p.157, 2002.

PETERS, M. R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial** Dissertação (mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p.109, 2006.

POMPÊO, C. A. **Equação de chuvas intensas para Florianópolis**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1992.

_____. **Drenagem Urbana Sustentável**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.5, n.1, p.15–23, 2000.

PORTO, R. M. **Hidráulica Básica**. 4a ed. São Carlos: EESC, p.540, 2006.

ROJAS, R. N. Z. **Modelagem, otimização e avaliação de um carneiro hidráulico**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Universidade Federal de São Paulo. Piracicaba, p.70, 2002.

SANTOS, M. A **Urbanização Brasileira**. São Paulo: Hucitec, p.157, 1993.

SOBIESKI, W.; GRYGO, D.; LIPINSKI, S. **Measurement and analysis of the water hammer in ram pump**. Sadhana, v.41, n.11, p.1333-1347, 2016

SOUZA, E. L.; GHISI, E. **Potable Water Savings by Using Rainwater for Non-Potable Uses in Houses**. Water, v.4, p.607-6028, 2012.

TESTON, A.; TEIXEIRA, C. A.; GHISI, E.; CARDOSO, E. B. **Impacto f Rainwater Harvesting on the Drainage System: Case Study of a Condominium of Houses in Curitiba, Southern Brazil**. Water, v.10, n.1100, p.16, 2018.

THIOLLIENT, M. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. 2a ed. São Paulo: Cortez, p.108, 1986.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva**. São Paulo: Navegar, p.530, 2013.

_____. **Previsão de Consumo de Água**. São Paulo, Editora Navegar, p.183, 2000.

TSGA – TECNOLOGIAS SOCIAIS PARA A GESTÃO DA ÁGUA. **Projeto Tecnologias Sociais para a Gestão da Água**. Cartilha Institucional. Florianópolis, 2008.

TUCCI, C. E. M. **Águas no meio urbano**. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3a ed. São Paulo: Escrituras Editora, p.398-431, 2006

WWAP - WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME. **Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2019: não deixar ninguém para trás, fatos e dados**. UNESCO, 2019.

APÊNDICE A – Slides e Texto de Apoio da Atividade em Educação Ambiental

A seguir, encontra-se a apresentação em slides preparados para a Atividade em Educação Ambiental proposta para trabalhar as qualidades sensíveis da água. O Texto de Apoio encontra-se diluído ao longo deste trabalho, mas ambos materiais podem ser disponibilizados em formato digital quando solicitado.

CAPTANDO CONSCIÊNCIA
Proposta Pedagógica
TCC Rodrigo de Pinho Franco

Fluxo dos momentos

- Momento 1: Apresentação Inicial
- Momento 2: Dinâmica Somos Água
- Momento 3: Aprendendo com a Água
- Momento 4: Encerramento

Peguem seus celulares, entrem no site www.menti.com e usem o código 11 03 97 na caixa de texto. Agora iremos responder apenas as duas primeiras perguntas conforme minhas indicações

Imaginemos um rio...

Imaginemos um rio...

Imaginemos um rio...

A água nutre o imaginário de todos os povos como elemento de mediação entre o mundo material e o universo simbólico
Vera Lessa CATALÃO, 2014

Para que as águas nos revelem o céu é preciso transparência e limpidez. Turvo o espelho, disforme o reflexo, confusa a consciência.
Vera Lessa CATALÃO, 2014

Rio acima está a fonte, a nascente. Nascimento, passado e presente agitando-se continuamente nos múltiplos afluentes, chuvas recebidas, terras atravessadas, barragens e estações. A jusante é a distância que separa o fim do rio, onde entrevemos o futuro, com seus projetos e rejeitos, suas aberturas, suas perdas, transformações e ressurgências. As margens são os limites, os diques naturais que contêm as correntes, mas permitem suas formas, sua força, seu colorido e sua paisagem. Fazer sua história de vida é mesmo que criar seu rio

Gaston PINEAU e Guy JOBERT, 1989



neamb NÚCLEO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL DA UFSC



neamb NÚCLEO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL DA UFSC

Flor de lotus



© Office Masaru Emoto

neamb NÚCLEO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL DA UFSC



O rumor das águas assume com toda naturalidade as metáforas de frescor e claridade. As águas rissonhas, os riachos irônicos, as cascatas ruidosamente alegres parecem ser a linguagem pueril da natureza. No riacho quem fala é a natureza criança. (...) A água é a senhora da linguagem fluída, contínua e rítmica.

Gaston BACHERLARD, 1942

neamb NÚCLEO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL DA UFSC

Vivemos um tempo acelerado e linear, onde aterrassamos contornos e meandros e o tempo presente escorre em linhas retas, sem pouso e sem pausa.

Vera Lessa CATALÃO, 2006



neamb NÚCLEO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL DA UFSC

A água é a melodia de fundo que acompanha incessantemente a vida nas suas metamorfoses. Ela destrói as formas existentes para colocá-las à disposição de uma nova criação. Ela permite a troca das substâncias e as metamorfoses. Ata e satura, cerrava, transforma e recria sem cessar o organismo do nosso planeta

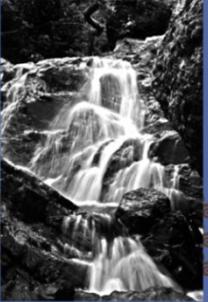
Theodore SCHWENK, 1965



neamb NÚCLEO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL DA UFSC

Não tendo forma, assume todas as formas, curva-se aos relevos, jorra do leito profundo da terra e salta como cascata reluzente e sonora nos braços do abismo. Quando o solo é permeável, infiltra-se para mais tarde ressurgir como olho d'água, geysir ou fonte. Transparente, aceita o colorido das substâncias que nela dissolvemos. Na pintura, permite o jogo das aquarelas, enquanto inodora se oferece ao perfume das essências.

Vera Lessa CATALÃO, 2006



neamb NÚCLEO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL DA UFSC

Somos água, mesmo imersos em mágoa,
Somos chuva, cada pingo uma cura,
Somos rio, independente do desfilé.

Perturbações e propagações,
Para, per, por emoções.

Visto ao microscópio jorra de pressa,
Mas parigo quando o Doce cogita,
Se o futuro for o que for, mais Doce virá!

Perturbações e propagações,
Para, per, por emoções.

Brasilero, indio, mata rio, e cosumo,
Até a última gota do volume morto some,
Água tanto presa, quanto presa.

Perturbações e propagações,
Para, per, por emoções.

Mas eu sou água, vós sois também,
Façamos desta máxima, nossa prática,
Por fim a essa caça que a avança pela 163.

Perturbações e propagações,
Para, per, por emoções.

E como tal, as vezes nos sentimos mal,
Pela carga extra do fim do dia,
Para resiliência ao que se inicia.

Perturbações e propagações,
Para poder ter emoções

Rodrigo Franco, 28 de outubro 2018

neamb NÚCLEO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL DA UFSC

Peguem novamente seus celulares. Agora é a vez da última pergunta.

Depois de responder, escreva uma palavra no papel em branco e deposite na bacia

neamb NÚCLEO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL DA UFSC

Peguem novamente seus celulares. Agora é a vez da última pergunta.

Depois de responder, escreva uma palavra no papel em branco e deposite na bacia



© Office Masaru Emoto

neamb NÚCLEO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL DA UFSC

APÊNDICE B – Dados de Pluviometria

Na sequência, se apresenta o acúmulo de dados disponibilizado pelo INMET.

Estação	Data	Hora	Chuva		Temperatura (°C)	Umidade (%)
			Acumulada (mm)	Dias s/ chuva		
83897	10/12/2019	12	0,0	1	25,8	65
83897	11/12/2019	12	0,0	2	27,4	72
83897	12/12/2019	12	0,0	3	28,9	67
83897	13/12/2019	12	23,0	Dia c/ chuva	25,0	64
83897	14/12/2019	12	0,0	1	23,2	76
83897	15/12/2019	12	0,0	2	24,2	79
83897	16/12/2019	12	0,0	3	25,2	84
83897	17/12/2019	12	8,3	Dia c/ chuva	23,4	78
83897	18/12/2019	12	29,0	Dia c/ chuva	20,7	82
83897	19/12/2019	12	0,9	Dia c/ chuva	23,5	76
83897	20/12/2019	12	0,0	1	26,6	67
83897	21/12/2019	12	0,0	2	26,8	73
83897	22/12/2019	12	0,0	3	27,6	78
83897	23/12/2019	12	0,0	4	25,4	60
83897	24/12/2019	12	0,0	5	26,6	63
83897	25/12/2019	12	0,0	6	28,0	64
83897	26/12/2019	12	0,0	7	28,2	70
83897	27/12/2019	12	0,0	8	28,2	67
83897	28/12/2019	12	0,0	9	29,0	66
83897	29/12/2019	12	0,0	10	26,8	80
83897	30/12/2019	12	0,0	11	28,6	65
83897	31/12/2019	12	0,0	12	28,9	63
83897	01/01/2020	12	0,0	13	27,4	77
83897	02/01/2020	12	6,4	Dia c/ chuva	25,0	84
83897	03/01/2020	12	2,3	Dia c/ chuva	24,0	80
83897	04/01/2020	12	9,4	Dia c/ chuva	24,4	81
83897	05/01/2020	12	0,0	1	24,4	78
83897	06/01/2020	12	0,0	2	25,8	72
83897	07/01/2020	12	0,0	3	27,0	77
83897	08/01/2020	12	22,6	Dia c/ chuva	24,0	94
83897	09/01/2020	12	2,0	Dia c/ chuva	25,2	85
83897	10/01/2020	12	0,0	1	26,3	83
83897	11/01/2020	12	30,9	Dia c/ chuva	25,2	88
83897	12/01/2020	12	0,0	1	26,8	75
83897	13/01/2020	12	0,0	2	20,6	86
83897	14/01/2020	12	0,2	Dia c/ chuva	23,2	93
83897	15/01/2020	12	0,0	1	24,0	81
83897	16/01/2020	12	0,7	Dia c/ chuva	24,8	96
83897	17/01/2020	12	0,1	Dia c/ chuva	20,6	65
83897	18/01/2020	12	0,0	1	20,4	80
83897	19/01/2020	12	0,0	2	24,4	67

Estação	Data	Hora	Chuva Acumulada (mm)	Dias s/ chuva	Temperatura (°C)	Umidade (%)
83897	20/01/2020	12	0,0	3	23,7	82
83897	21/01/2020	12	0,0	4	24,0	80
83897	22/01/2020	12	1,4	Dia c/ chuva	21,4	96
83897	23/01/2020	12	16,6	Dia c/ chuva	20,0	98
83897	24/01/2020	12	19,7	Dia c/ chuva	20,8	91
83897	25/01/2020	12	0,4	Dia c/ chuva	18,2	96
83897	26/01/2020	12	0,0	1	26,4	61
83897	27/01/2020	12	6,3	Dia c/ chuva	23,0	91
83897	28/01/2020	12	0,0	1	22,0	91
83897	29/01/2020	12	0,0	2	23,2	91
Total de				33	dias s/ chuva	

APÊNDICE C – Quadro de Custos

Os valores apresentados nesta tabela são resultado de uma pesquisa de preços pela internet em lojas de materiais de construção civil e jardinagem. O objetivo deste quadro de custo é dar uma noção de preço para a implantação do SPAAC, porém cada sistema possui suas características particulares que devem ser levadas em conta para sua viabilidade econômica. Reforça-se a possibilidade de reutilização de materiais para auxiliar nas economias e no reemprego de resíduos.

Relação de Materiais para o SPAAC				
Quantidade	Material	Valor unitário	Preço	
Sistema de Captação de Água de Chuva				
1	Caixa d'água	1000 L	R\$ 259,90	R\$ 259,90
1	Cola PVC		R\$ 3,50	R\$ 3,50
1	Tela de Poliéster	# 48 fios	R\$ -	R\$ -
1	Grelha Hemisférica Flexível		R\$ 11,90	R\$ 11,90
1	Cap	100 mm	R\$ 9,50	R\$ 9,50
1	Flange	3/4 "	R\$ 11,90	R\$ 11,90
2	Flange	1 "	R\$ 13,90	R\$ 27,80
1	Junção simples 45°	100x75 mm	R\$ 17,90	R\$ 17,90
1	Luva	100 mm	R\$ 5,20	R\$ 5,20
3	Joelho 45°	50 mm	R\$ 2,70	R\$ 8,10
2	Joelho 45°	75 mm	R\$ 5,90	R\$ 11,80
1	Joelho 45°	100 mm	R\$ 6,50	R\$ 6,50
2	Joelho 90°	50 mm	R\$ 1,80	R\$ 3,60
1	Joelho 90°	100 mm	R\$ 6,80	R\$ 6,80
1	Redução	75x50 mm	R\$ 4,80	R\$ 4,80
1	Engate de Mangueira	3/4 "	R\$ 3,00	R\$ 3,00
3	Engate de Mangueira	1 "	R\$ 4,00	R\$ 12,00
3	Abraçadeira	1 "	R\$ 1,10	R\$ 3,30
1	Tubo PVC esgoto 3 m	50 mm	R\$ 25,90	R\$ 25,90
1	Tubo PVC esgoto 3 m	75 mm	R\$ 32,90	R\$ 32,90
1	Tubo PVC esgoto 6 m	100 mm	R\$ 55,90	R\$ 55,90
1	Registro Esfera	1 "	R\$ 12,90	R\$ 12,90
1	Medidor de Vazão K24		R\$ 80,00	R\$ 80,00
			Subtotal:	R\$ 615,10
Carneiro Hidráulico				
1	Extintor de Incêndio automotivo usado		R\$ -	R\$ -
2	Engate de Mangueira	1 "	R\$ 4,00	R\$ 8,00
2	Tê mangueira/rosca	1 "	R\$ 4,00	R\$ 8,00
6	Abraçadeira	1 "	R\$ 1,10	R\$ 6,60

Relação de Materiais para o SPAAC				
Quantidade	Material		Valor unitário	Preço
2	Tê 45° Aço	1 "	R\$ 16,00	R\$ 32,00
1	Válvula de Retenção Aço	1 "	R\$ 44,90	R\$ 44,90
3	Nipple Aço	1 "	R\$ 15,00	R\$ 45,00
1	Válvula Pé de Crivo Aço	1 "	R\$ 44,90	R\$ 44,90
1	Veda rosca		R\$ 11,90	R\$ 11,90
1	Registro Esfera		R\$ 12,90	R\$ 12,90
2	Manômetros Aquamundi		R\$ 15,00	R\$ 30,00
Subtotal:				R\$ 244,20
Sistema de Irrigação				
1	Redução	3/4x1 "	R\$ 4,00	R\$ 4,00
1	União	1 "	R\$ 4,00	R\$ 4,00
4	Abraçadeira	1 "	R\$ 1,10	R\$ 4,40
1	Tubo PEAD rolo 20 m	3/4 "	R\$ 35,00	R\$ 35,00
1	Tubo PEAD rolo 50 m	1 "	R\$ 125,50	R\$ 125,50
1	Registro Esfera	1 "	R\$ 12,90	R\$ 12,90
1	Torneira Jardim	1/2 "	R\$ 4,90	R\$ 4,90
1	Gotejadores Agrojet GA-2 50un		R\$ 30,00	R\$ 30,00
Subtotal:				R\$ 220,70
Total:				R\$ 1.080,00

APÊNDICE D – Planilha de Cálculos

A Planilha de Cálculos utilizada para o tratamento de dados será descrita na sequência. A sequência das colunas representa a rotina seguida desde a coleta dos dados até os cálculos de vazão e rendimento.

Coluna [1]: Dia em que o ensaio foi realizado, de 10/12/2019 a 20/01/2020;

Coluna [2]: Período em que se realizou o ensaio. Manhã: até as 10h e Tarde: depois das 16h. Houve dias em que não ocorreram ensaios como, estando sinalizado na coluna;

Coluna [3]: Contagem dos dias sem e com chuva;

Coluna [4]: Volume de chuva acumulada das últimas 24h coletado 12h disponibilizado pela estação 83897 do INMET;

Coluna [5]: Valor anotado do Medidor de Vazão antes de começar o ensaio;

Coluna [6]: Pressão a montante do CH e anotada antes da operação;

Coluna [7]: Pressão a jusante do CH e anotada antes da operação;

Coluna [8]: Valor das contagens de batimento durante um minuto cronometrado de operação;

Coluna [9]: Pressão a montante do CH e anotada antes da operação;

Coluna [10]: Pressão a jusante do CH e anotada depois da operação;

Coluna [11]: Tempo de operação cronometrado a partir do acionamento do RE2, até seu fechamento;

Coluna [12]: Altura medida no Reservatório de Escape depois da operação;

Coluna [13]: Volume calculado a partir da coluna [12] e da área superficial do Reservatório de Escape;

Coluna [14]: Valor anotado do Medidor de Vazão depois de começar o ensaio;

Coluna [15]: Aplicação da Equação 8 para as colunas [5], [11] e [14];

Coluna [16]: Aplicação da Equação 8 para as colunas [11] e [13];

Coluna [17]: Aplicação da Equação 9 para as colunas [15] e [16];

Coluna [18]: Valor da coluna [6];

Coluna [19]: Valor da coluna [10];

Coluna [20]: Aplicação da Equação 11 para as colunas [5], [13] e [14];

[1] Dia	[2] Período do Ensaio	[3] Dias s/ chuva (dias)	[4] Precipitação (mm)	[5] Volume Inicial MV1 V _{i,1} (L)	[6] Pressão Inicial M1 P _{i,1} (mca)	[7] Pressão Inicial M2 P _{i,2} (mca)	[8] Batimentos por minuto BPM (n° de batidas/min)	[9] Pressão Final M1 P _{f,1} (mca)	[10] Pressão Final M2 P _{f,2} (mca)	[11] Tempo de Operação ΔT (min)	[12] Altura Re H _{Re} (m)	[13] Volume de Escape V _e (L)	[14] Volume Final MV1 V _{f,1} (L)	[15] Vazão de Alimentação Q (L/min)	[16] Vazão de Escape q _e (L/min)	[17] Vazão de Recalque q (L/min)	[18] Altura de Alimentação h (m)	[19] Altura de Recalque H (m)	[20] Rendimento Volumétrico η _v (%)
10/dez		1	0																
11/dez		2	0																
12/dez		3	0																
13/dez	Instalação e Testes Hidráulicos	Dia c/ chuva	23																
14/dez		1	0																
15/dez		2	0																
16/dez		3	0																
17/dez		Dia c/ chuva	8,3																
18/dez	Dia c/ chuva	29																	
19/dez	Dia c/ chuva	0,9																	
20/dez		1	0																
21/dez		2	0																
22/dez		3	0																
23/dez		4	0																
24/dez		5	0																
25/dez		6	0																
26/dez		7	0																
27/dez		8	0																
28/dez		9	0																
29/dez		10	0																
30/dez		11	0																
31/dez	Enchimento da Caixa d'Água	12	0																
01/jan		13	0																
02/jan	Dia c/ chuva	6,4																	
03/jan	Dia c/ chuva	2,3																	
04/jan	Dia c/ chuva	9,4																	
05/jan		1	0																
06/jan		2	0																
07/jan		3	0																
08/jan	Dia c/ chuva	22,6																	
09/jan	Dia c/ chuva	2																	
10/jan		1	0																
11/jan	Dia c/ chuva	30,9																	
12/jan		1	0																
13/jan	Manhã	2	0	0,00	2,68	6	-	0-10	11	-	0,98	60,34	142,77	-	-	-	2,68	11	57,73
	Tarde			142,77	2,65	8	-	15-20	6	-	3,62	222,90	738,27	-	-	-	2,65	6	62,57
14/jan	Manhã	Dia c/ chuva	0,2	0,00	2,68	3	-	15-20	13	-	1,78	109,60	190,66	-	-	-	2,68	13	42,51
15/jan	-	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Manhã			0,00	2,68	0	-	10-15	10	-	0,30	18,47	27,73	-	-	-	2,68	10	33,38
16/jan	Tarde	Dia c/ chuva	0,7	27,73	2,68	10	65	10-15	12	3,73	0,46	28,32	70,74	11,52	7,59	3,93	2,68	11,5	34,14

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]
Dia	Período do Ensaio	Dias s/ chuva (dias)	Precipitação (mm)	VOLUME	Pressão	Pressão	Batimentos	Pressão	Pressão	Tempo de Operação	Altura Re	VOLUME	VOLUME	Vazão de	Vazão de	Vazão de	Altura de	Altura de	Rendimento
				Inicial MV1	Inicial M1	Inicial M2	por minuto	Final M1	Final M2		Re	de Escape	Final MV1	Alimentação	Escape	Recalque	Alimentação	Recalque	Volumétrico
				V _{i,1} (L)	P _{i,1} (mca)	P _{i,2} (mca)	BPM (n° de batidas/min)	P _{f,1} (mca)	P _{f,2} (mca)	ΔT (min)	H _{Re} (m)	V _e (L)	V _{f,1} (L)	Q (L/min)	q _e (L/min)	q (L/min)	h (m)	H (m)	η _v (%)
17/jan	Manhã	Dia c/ chuva	0,1	190,93	2,52	0	-	5-10	11	-	1,01	62,19	258,96	-	-	-	2,52	10,5	8,58
				258,96	2,48	11	140	20-25	12	2,77	0,37	22,78	291,45	11,74	8,23	3,51	2,48	12	29,88
				291,54	2,45	12	55	10-20	13	3,13	0,36	22,17	333,88	13,51	7,07	6,44	2,45	13	47,65
				333,88	2,43	13	48	5-15	8	4,50	0,42	25,86	391,52	12,81	5,75	7,06	2,43	8	55,13
18/jan	-	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
19/jan	-	2	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20/jan	Manhã	3	0	392,41	2,38	6	-	15-20	10	-	0,35	21,55	434,27	-	-	-	2,38	10	48,52
				434,27	2,37	10	79	0-5	6	1,78	0,08	4,93	451,35	9,58	2,76	6,82	2,37	6	71,16
	Tarde			451,35	2,36	4	-	0-5	7	-	0,25	15,39	480,71	-	-	-	2,36	7	47,57
				480,71	2,36	7	61	10-15	5	4,12	0,22	13,55	518,51	9,18	3,29	5,89	2,36	5	64,16
21/jan	Manhã	4	0	538,70	2,33	9	-	10-15	11	-	0,30	18,47	584,31	-	-	-	2,33	11	59,50
				584,31	2,31	11	52	0-5	7	4,60	0,19	11,70	627,65	9,42	2,54	6,88	2,31	7	73,01
Tarde	627,65			2,29	5	55	10-15	9	3,27	0,37	22,78	666,70	11,95	6,97	4,98	2,29	9	41,66	
	-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/jan	-	Dia c/ chuva	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23/jan	-	Dia c/ chuva	16,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24/jan	-	Dia c/ chuva	19,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25/jan	-	Dia c/ chuva	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26/jan	-	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27/jan	-	Dia c/ chuva	6,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28/jan	Manhã	1	0	0,00	2,68	5	-	10-15	7	-	0,12	7,39	8,69	-	-	-	2,68	7	14,97
				8,69	2,68	7	62	10-15	12	2,72	0,32	19,70	44,20	13,07	7,25	5,82	2,68	12	44,51
	Tarde			44,20	2,66	12	58	15-20	9	5,80	0,38	23,40	110,48	11,43	4,03	7,39	2,66	9	64,70
				110,48	2,64	9	77	5-10	5	4,50	0,22	13,55	147,90	8,32	3,01	5,31	2,64	5	63,80
29/jan	Manhã	2	0	0,00	2,63	9	64	15-20	10	5,87	0,52	32,02	68,00	11,59	5,46	6,13	2,63	10	52,91