

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO – UFRPE

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

CARLA DE PAULA GOMES COELHO

**DIRETRIZES GERAIS PARA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM
EDIFÍCIOS PÚBLICOS LOCALIZADOS EM REGIÕES DE
VULNERABILIDADE HÍDRICA**

Recife
2019

CARLA DE PAULA GOMES COELHO

**DIRETRIZES GERAIS PARA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM
EDIFÍCIOS PÚBLICOS LOCALIZADOS EM REGIÕES DE
VULNERABILIDADE HÍDRICA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental. Área de concentração: Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda

Recife
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

C672d Coelho, Carla de Paula Gomes
Diretrizes gerais para gestão dos recursos hídricos em edifícios públicos localizados em regiões de vulnerabilidade hídrica / Carla de Paula Gomes Coelho. – 2019.
124 f. : il.

Orientador: Romildo Morant de Holanda.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Recife, BR-PE, 2019.
Inclui referências, anexo(s) e apêndice(s).

1. Recursos hídricos 2. Abastecimento de água 3.
Escassez 4. Água – Reutilização 4. Indicadores ambientais I. Holanda, Romildo Morant de, orient. II. Título

CDD 628

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

**DIRETRIZES GERAIS PARA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM
EDIFÍCIOS PÚBLICOS LOCALIZADOS EM REGIÕES DE VULNERABILIDADE
HÍDRICA**

Carla de Paula Gomes Coelho

APROVADO EM: 27 de fevereiro de 2019.

Prof. Dr. Vicente de Paulo Silva
Examinador Interno

Prof. Dra. Yenê Medeiros Paz
Examinador Externo

Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda (PPEAMB/UFRPE)
Orientador

Prof. Dr. Jose Ramon Barros Cantalice (PPEAMB/UFRPE)
Coordenador

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu PAI, Antônio Carlos (in memoriam) e a minha MÃE, Cristiana, por serem um exemplo de que o estudo e trabalho são a base para a construção da vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força e coragem concedidas para que eu conseguisse ter perseverança e alcançar o objetivo de concluir este mestrado.

Ao meu orientador Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda, por ter compartilhado seu inestimável conhecimento e me guiado nesta longa caminhada.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE pela oportunidade de cursar este mestrado, especialmente ao Núcleo de Engenharia e à Direção da UAST, por disponibilizar as informações e por fornecer apoio necessário ao desenvolvimento da pesquisa.

Aos amigos, em especial à minha amiga Ana Dulce, pelo auxílio na realização das coletas, leituras, revisões e discussões sempre tão produtivas. Além do estímulo e cobrança para que eu concluísse este trabalho.

E, principalmente, à minha família, especialmente à minha mãe Cristiana, ao meu marido José Raimundo e minhas irmãs Fabíola e Roberta por todo apoio, incentivo e estímulo nos momentos mais difíceis; e à minha filha Carolina por compreender os momentos de ausência necessários para que me dedicasse aos estudos.

Por fim, a todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização desta dissertação, o meu sincero agradecimento.

RESUMO

A água é um recurso natural de caráter renovável e abundante em nosso planeta, porém o uso desse recurso sem considerar os preceitos de sustentabilidade, associado a fatores como o crescimento populacional e o estilo de vida têm resultado num dos maiores problemas da humanidade - a escassez hídrica. No Brasil, apesar de ser um país com grandes reservas hídricas, a disponibilidade desse recurso é bastante heterogênea, possuindo inclusive regiões caracterizadas pela escassez hídrica. Diante desse cenário, o presente trabalho tem por objetivo a elaboração de diretrizes para a gestão de recursos hídricos, tendo como estudo de caso a Unidade Acadêmica de Serra Talha, da Universidade Federal Rural de Pernambuco e para o seu desenvolvimento a metodologia usada está fundamentada em duas etapas. Na primeira etapa foi realizado diagnóstico ambiental da universidade e na segunda foram definidas as diretrizes para gestão dos recursos hídricos. Considerando a necessidade da aplicação de técnicas que fundamentem o planejamento da gestão dos recursos hídricos com foco na sustentabilidade, o diagnóstico ambiental foi desenvolvido a partir da aplicação do modelo PEIR (Pressão – Estado- Impacto- Resposta), que viabilizou a estruturação das informações de forma a identificar os indicadores que necessitam ser monitorados e apontar quais as providências podem ser tomadas a fim de embasar a tomada de decisão dos gestores na elaboração do planejamento e do gerenciamento dos recursos hídricos. Com base na aplicação dessa ferramenta, foi constatado que como resposta aos problemas ambientais decorrentes do atual modelo de gestão da água, deverão ser elaborados e implementados os serviços de monitoramento e manutenção do sistema hidráulico, a fim de corrigir perdas na distribuição; os projetos para implantação de fontes alternativas de abastecimento para usos menos exigentes e de tecnologias mais econômicas, além dos projetos voltados à educação ambiental. Nesse sentido foram desenvolvidos estudos a respeito da potencialidade das possíveis fontes alternativas de abastecimento a serem utilizadas. Já na segunda fase, com base na consolidação objetiva e precisa dos dados obtidos, foram definidas as diretrizes gerais para a gestão dos recursos hídricos. Desta forma, considerando a relevância socioeconômica da universidade e o contexto de escassez hídrica na qual está inserida, o presente trabalho faz-se necessário face à carência de subsídios para políticas de gestão desse recurso. Espera-se que as diretrizes venham a contribuir no combate ao desperdício e na utilização desse recurso de forma eficiente, buscando a implantação do reuso e reaproveitamento de forma a delinear um desenvolvimento de baixo impacto como uma nova estratégia para o modelo de estruturação de um empreendimento sustentável.

Palavras-chave: Escassez hídrica; Indicadores; Fontes alternativas.

ABSTRACT

Water is a natural resource of a renewable and abundant character on our planet, but the use of this resource without considering sustainability principles, associated to factors such as population growth and lifestyle have resulted in one of humanity's greatest problems - water scarcity . In Brazil, despite being a country with large water reserves, the availability of this resource is quite heterogeneous, including regions characterized by water scarcity. In view of this scenario, the present work aims at the elaboration of guidelines for the management of water resources, having as a case study the Academic Unit of Serra Talhada, Federal Rural University of Pernambuco and for its development the methodology used is based on two steps. In the first stage an environmental diagnosis of the university was carried out, and in the second stage, the guidelines for water resources management were defined. Considering the need to apply techniques that support the planning of water resources management with a focus on sustainability, the environmental diagnosis was developed based on the application of the PEIR (Pressure - State - Impact - Response) model, which enabled the structuring of information to identify the indicators that need to be monitored and to indicate what measures can be taken to support management decision making in the planning and management of water resources. Based on the application of this tool, it was stated that in response to the environmental problems arising from the current water management model, the monitoring and maintenance services of the hydraulic system should be elaborated and implemented in order to correct losses in the distribution; the projects to implement alternative sources of supply for less demanding uses and more economical technologies, in addition to projects focused on environmental education. In this sense, studies were carried out regarding the potentiality of possible alternative sources of supply to be used. In the second phase, based on the objective and precise consolidation of the data obtained, the general guidelines for the management of water resources were defined. Thus, considering the socioeconomic relevance of the university and the context of water scarcity in which it is inserted, the present work is necessary due to the lack of subsidies for policies of management of this resource. The guidelines are expected to contribute to combating waste and utilizing this resource efficiently, seeking the implementation of reuse and reuse in order to delineate a low-impact development as a new strategy for the structuring model of an enterprise sustainable development.

Keywords: Water scarcity; Indicators; Alternative sources.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Distribuição de água no planeta.....	18
Figura 02 - Classificação dos países quanto ao risco de escassez hídrica.....	20
Figura 03 - Visão esquemática de uma membrana OR.....	26
Figura 04 - Mapa de localização do município de Serra Talhada.....	31
Figura 05 - Imagem aérea da Unidade.....	34
Figura 06 - Via principal interna.....	34
Figura 07 - Blocos de Professores e laboratórios.....	34
Figura 08 - Blocos de Salas de aula.....	34
Figura 09 - Esquema do modelo PEIR.....	36
Figura 10 - Coberta com superfície inclinada.....	38
Figura 11 - Recipientes utilizados para as coletas.....	40
Figura 12 - Balde graduado.....	42
Figura 13 - Bombonas utilizadas para coletas.....	42
Figura 14 - Coleta implantada.....	42
Figura 15 - Coleta implantada.....	42
Figura 16 - Registro dos dados.....	42
Figura 17 - Medição do volume.....	43
Figura 18 - Modelo da planilha de anotações.....	43
Figura 19 - Parâmetros e indicadores.....	44
Figura 20 - Coberta em fibrocimento dos blocos de salas de aula.....	52
Figura 21 - Coberta em fibrocimento da passarela de ligação.....	52
Figura 22 - Coberta em telha cerâmica dos blocos da pós graduação.....	53
Figura 23 - Coberta metálica da quadra.....	53
Figura 24 - Poço 01.....	59
Figura 25 - Poço 02.....	59
Figura 26 - Esquema do Sistema de dessalinização adotado pela PAD.....	64
Figura 27 - Esquema das diretrizes administrativas.....	90
Figura 28 - Esquema das diretrizes técnicas.....	92

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Médias mensais de precipitação pluviométricas de Serra Talhada-PE para o período de junho de 1998 a junho de 2018.....	52
Gráfico 2 - Percentual equivalente dos equipamento de ar condicionado por modelo	70
Gráfico 3 - Consumo de água potável no período de chuvas	86
Gráfico 4 - Consumo de água potável no período de estiagem	86
Gráfico 5 - Potencialidade do fornecimento de água de reúso no período de chuvas	87
Gráfico 6 - Potencialidade do fornecimento de água de reúso no período de estiagem.....	87

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Disponibilidade hídrica per capita no Brasil	21
Quadro 2 - Edifícios construídos na UAST.....	33
Quadro 3 - Coeficiente de Runoff médios de acordo com o material	39
Quadro 4 - Pontos de coleta das águas dos poços	40
Quadro 5 - Estimativa de consumo de água no campus	48
Quadro 6 - Classificação da água quanto aos valores de condutividade elétrica	60
Quadro 7 - Distribuição de utilização de diferentes técnicas de deposição do concentrado	62
Quadro 8 - Custo da água dessalinizada de acordo com a fonte de água e a capacidade de instalação	65
Quadro 9 - Custo do m ³ da água por tipo de fonte	67
Quadro 10 -Pontos de coleta das águas dos drenos	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização dos edifícios da UAST.....	46
Tabela 2 - Médias mensais de precipitação pluviométricas de Serra Talhada-PE para o período de junho de 1998 a junho de 2018.....	51
Tabela 3 - Área e tipo de cobertura das edificações	54
Tabela 4 - Capacidade de captação de água de chuva – Zona 1.....	56
Tabela 5 - Capacidade de captação de água de chuva – Zona 2.....	56
Tabela 6 - Capacidade de captação de água de chuva – Zona 3.....	57
Tabela 7 - Capacidade total de captação de água de chuva.....	57
Tabela 8 - Quantificação dos equipamentos por tipologia	69
Tabela 9 - Análise estratificada dos equipamentos por tipologia.....	70
Tabela 10 - Dados da primeira coleta (mês de agosto) para avaliação do volume gerado.....	72
Tabela 11 - Dados da segunda coleta (mês de dezembro) para avaliação do volume gerado.....	73
Tabela 12 -Dados dos pontos de coleta para análise qualitativa da água proveniente dos drenos ar condicionado.....	74
Tabela 13 - Resumo do volume total de água gerado pelos equipamentos de ar no período estiagem.....	75
Tabela 14 - Resumo do volume total de água gerado pelos equipamentos de ar no período chuvoso.....	75
Tabela 15 - Estimativa do consumo de água não potável para lavagem de piso.....	78
Tabela 16 - Volume de água não potável consumido por tipologia de edificação.....	80
Tabela 17 - Volume de água não potável produzido por zona	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A3P - Agenda Ambiental na Administração Pública
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA- Agência Nacional de Águas
APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima
ARPE - Agência Reguladora de Pernambuco
Compesa - Companhia Pernambucana de Saneamento
CNA - Conselho Nacional de Águas de Portugal
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra Secas
FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFES - Instituições Federais de Ensino Superior
MIN - Ministério da Integração Nacional
MMA - Ministério do Meio Ambiente
MS - Ministério da Saúde
NBR - Normas Brasileiras
OMS - Organização Mundial de Saúde
ONU - Organização das Nações Unidas
PAD - Programa Água Doce
PLS - Plano de Gestão de Logística Sustentável
PNRH - Plano Nacional de Recursos Hídricos
SGA - Sistema de gestão Ambiental
Singreh - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
TCU - Tribunal de Contas da União
UAG - Unidade Acadêmica de Garanhuns
UAST - Unidade Acadêmica de Serra Talhada
UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco
UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivo Geral	17
2.2 Objetivos Específicos	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
3.1 Recursos hídricos: disponibilidade e escassez.....	18
3.2 Indicadores Ambientais	22
3.3 Fontes alternativas de abastecimento	22
3.3.1 Águas Pluviais	23
3.3.2 Águas Subterrâneas	24
3.3.3 Reúso de água proveniente dos aparelhos de ar condicionado.....	27
3.4 Legislação Ambiental.....	28
4. METODOLOGIA.....	31
4.1 Caracterização da área de estudo.....	31
4.2 Caracterização da Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST).....	32
4.3 Identificação dos indicadores a serem avaliados através da aplicação do modelo PEIR (Pressão- Estado – Impacto – Resposta).....	35
4.4 Estudo das fontes alternativas para abastecimento e suas potencialidades	37
4.4.1 Águas Pluviais	37
4.4.2 Águas subterrâneas	40
4.4.3 Reúso de água proveniente dos aparelhos de ar condicionado.....	41
5. RESULTADOS	44
5.1 Identificação dos indicadores a serem avaliados através da aplicação do modelo PEIR (Pressão- Estado – Impacto – Resposta).....	44
5.2 Fontes alternativas para abastecimento e suas potencialidades.....	50
5.2.1 Águas Pluviais	50
5.2.2 Águas subterrâneas	58
5.2.3 Reúso de água proveniente dos aparelhos de ar condicionado.....	68
5.2.4 Potencialidade das fontes alternativas de abastecimento	77
5.3 Diretrizes Gerais - plano de ações para a gestão integrada e uso racional dos Recursos Hídricos no Campus Universitário da UAST	88
5.3.1 Diretrizes Administrativas/ Gerenciais.....	89
5.3.2 Diretrizes Técnicas	91
6. CONCLUSÕES	97
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
ANEXO 01 – Análise físico- química da água do poço 01.....	109
ANEXO 02 – Análise físico- química da água do poço 02.....	110
ANEXO 03 – Relatório da análise microbiológica dos poços.	111
ANEXO 04 – Análise físico- química das águas do aparelho de ar condicionado tipo Split.	112

ANEXO 05 – Análise físico- química das águas do aparelho de ar condicionado tipo janela.	113
APÊNDICE A – Planta de zoneamento da UAST	115
APÊNDICE B – Tabelas de levantamento da quantidade e especificações dos equipamentos de ar condicionado existentes na Universidade.....	117
APÊNDICE C – Tabelas de cálculo do volume de água gerado pelo funcionamento dos equipamentos de ar condicionado.....	120

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com a gestão dos recursos naturais é um tema crescente, pois em um mundo no qual os governos dos países não adotam medidas efetivas de mudanças comportamentais ambientais significativas, de forma a evitar impactos ao meio ambiente, fica a questão quanto à possibilidade da sustentabilidade (WWI, 2013). Como consequência da ação degradadora da humanidade, convive-se atualmente com problemas ambientais que não podem ser compreendidos de forma isolada. Esse novo paradigma tem a visão integrada e busca a manutenção do equilíbrio entre os aspectos socioeconômicos e ambientais (SILVA et al., 2013).

Apesar da água ser um recurso natural renovável e abundante em nosso planeta, ocupando cerca de 70% da superfície terrestre, fatores como o crescimento populacional, os atuais padrões de consumo e a urbanização influenciam no aumento da demanda por esse recurso e consequentemente na redução de sua disponibilidade (MOURA; SILVA, 2017). Como reflexo do desequilíbrio entre a disponibilidade e a demanda por água doce, diversas regiões já enfrentam a escassez hídrica, um dos maiores problemas mundiais da atualidade (UNESCO, 2017). A ONU, reiteradamente, vem alertando sobre a vulnerabilidade hídrica nas várias regiões do globo, estima-se que a população das áreas que apresentam risco de escassez de água seja atualmente de 3,6 bilhões e que até o ano de 2050 essa população esteja entre 4,8 e 5,7 bilhões de habitantes (UNESCO; ONU, 2018).

Segundo o Conselho Nacional de Águas de Portugal (CNA), a quantidade de água disponível no planeta, desde que bem gerida, é suficiente, independente do crescimento demográfico; mas, para que esse recurso não se torne um fator limitante para o desenvolvimento, tem que ser realizada uma gestão de forma integrada, sendo necessário realizar mudanças no modelo tradicional de planejamento, abastecimento e uso de água (BORDALO, 2012).

No modelo tradicional o planejamento de abastecimento consiste na preocupação da manutenção do fornecimento de água potável para todos os fins, sendo caracterizado pela busca de novos mananciais, independente da distância e da infraestrutura e recursos necessários para a captação (BORDALO, 2012). As atividades humanas utilizam esse recurso sem considerar a sua capacidade de renovação resultando no problema da baixa disponibilidade hídrica (VOISIN et al. 2017).

Ao reconhecer a água como um bem escasso, dotado de valor econômico transita-se da percepção d'água como bem em abundância na natureza, para a percepção da sua finitude. Diante desse cenário, é imprescindível que sejam realizadas intervenções concretas de forma a

promover a gestão desse recurso a partir da implantação de práticas sustentáveis, com mudanças no modelo de consumo nas diversas atividades, uso de fontes alternativas de abastecimento, implantação de medidas de monitoramento e controle do consumo (GRAFTON et al., 2011; HENKES, 2014).

Devem ser implantadas soluções técnicas sustentáveis e elaboradas estratégias para mudanças comportamentais, a fim de promover a redução do consumo da água (GRAFTON et al., 2011). Dessa forma, será possível respeitar a capacidade de renovação desse recurso natural, pois estamos diante de um grande paradoxo entre a abundância e a inacessibilidade desse recurso, situação explicada pela geografia política e pela geoeconomia (WWI, 2013; BORDALO, 2012).

Essa mudança produz uma série de consequências expressas na Lei Federal n. 9.433/97 (Lei de Águas), que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), estabelecendo como um de seus fundamentos a gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos. Segundo esta lei, a gestão de recursos hídricos deverá ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades, pois a fim de que a gestão sustentável dos recursos hídricos possa ser implementada de forma efetiva, esta deve ser abordada em uma dimensão global (HOEKSTRA, 2011).

O maior desafio consiste em implantar essas mudanças de hábitos a partir incorporação dos conceitos de Responsabilidade Socioambiental, e da transformação do discurso em ações com o uso da melhor tecnologia existente. É fundamental que não apenas os governantes, mas também as grandes empresas tenham consciência quanto à relevância do seu papel nas questões que remetem à Responsabilidade Socioambiental (RSA).

Nesse contexto as Universidades desempenham papel relevante devido aos aspectos sociais, por ser um ambiente formador de opinião e gerador de conhecimento, tecnologia e inovação, e aos aspectos técnicos por ser caracterizado como um grande consumidor de recursos hídricos (CASADO et al., 2012). As grandes empresas privadas do mundo já normatizaram a adoção de práticas sustentáveis em suas atividades e realizam a gestão dessas através de sistemas de indicadores e ferramentas de avaliação (FONSECA et al. 2011).

Dentre as ferramentas de gestão o uso de indicadores ambientais possibilita a estruturação de informações, a fim de embasar a tomada de decisão dos gestores na elaboração do planejamento e do gerenciamento dos recursos naturais. Com base na aplicação de metodologia para definição de indicadores é possível realizar a caracterização dos sistemas e identificação das necessidades e relevâncias (CARVALHO; CURI, 2016).

A partir da caracterização dos sistemas foi possível identificar a relevância de indicadores como o elevado consumo de água e a baixa disponibilidade hídrica, tornando fundamental o desenvolvimento de estudos a respeito das fontes e tecnologias alternativas que possibilitem suprir a demanda água de forma sustentável (ARAÚJO, 2013).

Em regiões de vulnerabilidade hídrica o uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento de fontes alternativas de abastecimento de água, tais como águas pluviais, águas subterrâneas e, no caso específico, águas provenientes de equipamentos, se constitui em medidas fundamentais na estratégia para a solução da escassez de água (HESPANHOL, 2001).

Neste sentido, sob o ponto de vista de prevenção de possíveis desastres ambientais, vinculados diretamente a questões de escassez hídrica, é necessário compreender que processos e fenômenos naturais, além de antropogênicos podem aumentar a crise no abastecimento de água, agravando o quadro de vulnerabilidade hídrica. Para entender o desastre, deve-se conhecer não só os riscos a que as comunidades estão expostas, mas também o nível de vulnerabilidade, assim como as diversas formas de evitar desperdícios e de promover melhor aproveitamento dos recursos hídricos que estão disponíveis (SORIANO et al., 2016). Para tanto, compreender a questão a luz de indicadores, desenvolver estudos a respeito das fontes e tecnologias alternativas que possibilitem suprir a demanda água de forma racional e definir diretrizes são ações fundamentais para o estabelecimento de um modelo de gestão sustentável.

Diante desse cenário, o objetivo deste estudo consiste em elaborar diretrizes gerais para a gestão integrada de recursos hídricos para edifícios públicos localizados em área de vulnerabilidade hídrica, com ênfase no uso de fontes alternativas e no processo de conscientização, tendo como referencial o estudo de caso em uma Instituição Federal de Ensino Superior-IFES localizada em região semiárida do Nordeste, a Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UAST/UFRPE).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver diretrizes gerais para a gestão dos recursos hídricos em edifícios públicos localizados em região de vulnerabilidade hídrica.

2.2 Objetivos Específicos

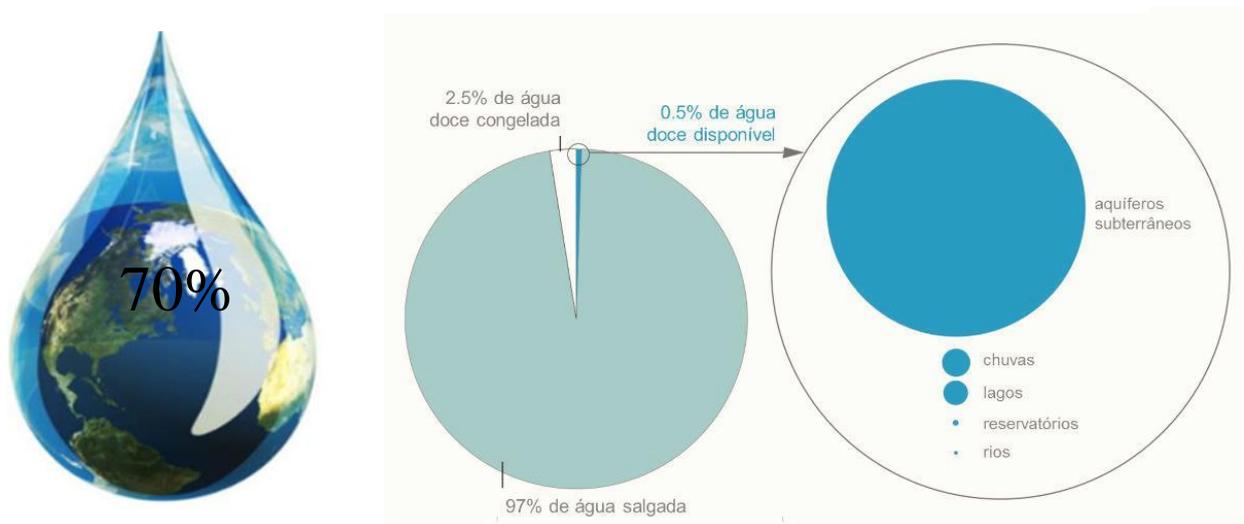
- Identificar os indicadores ambientais a serem avaliados;
- Avaliar a potencialidade do reúso de águas pluviais, águas subterrâneas e águas provenientes dos aparelhos de ar condicionado, enquanto fontes alternativas de abastecimento;
- Desenvolver plano de ações para a gestão integrada e uso racional dos Recursos Hídricos no Campus Universitário da UAST.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Recursos hídricos: disponibilidade e escassez

A água é um recurso natural renovável, essencial à vida, à conservação dos ecossistemas e ao crescimento econômico e social (WOLKMER; PIMMEL, 2013). Mesmo ocupando cerca de 70% da superfície do planeta, apenas 3,0% desse volume é de água doce (PINTO, 2017), sendo 2,5% de água doce congelada e 0,5 de água doce disponível (UN-WATER, 2006) (Figura 01). Aproximadamente 68,7% da água doce existente encontra-se congelada (calotas polares, icebergues, etc), cerca de 30,1% é água subterrânea e apenas 0,4% é superficial. Enquanto maior fonte de água doce disponível, as águas subterrâneas são responsáveis pelo abastecimento de água potável de cerca de 1,5 bilhões de pessoas.

Figura 01- Distribuição de água no planeta



Fonte: Adaptado pela autora (2018)

Associado ao reduzido percentual de água doce disponível, fatores como o crescimento populacional, os atuais padrões de consumo, a urbanização a poluição das fontes, as mudanças climáticas e a má gestão desse recurso, têm resultado no agravamento do problema da disponibilidade hídrica (MOURA; SILVA, 2017; CGEE, 2014). Segundo a Agência Nacional de Águas - ANA, a disponibilidade hídrica pode ser definida como a vazão que, mesmo nos períodos secos, estará disponível na maior parte do tempo (ANA, 2016).

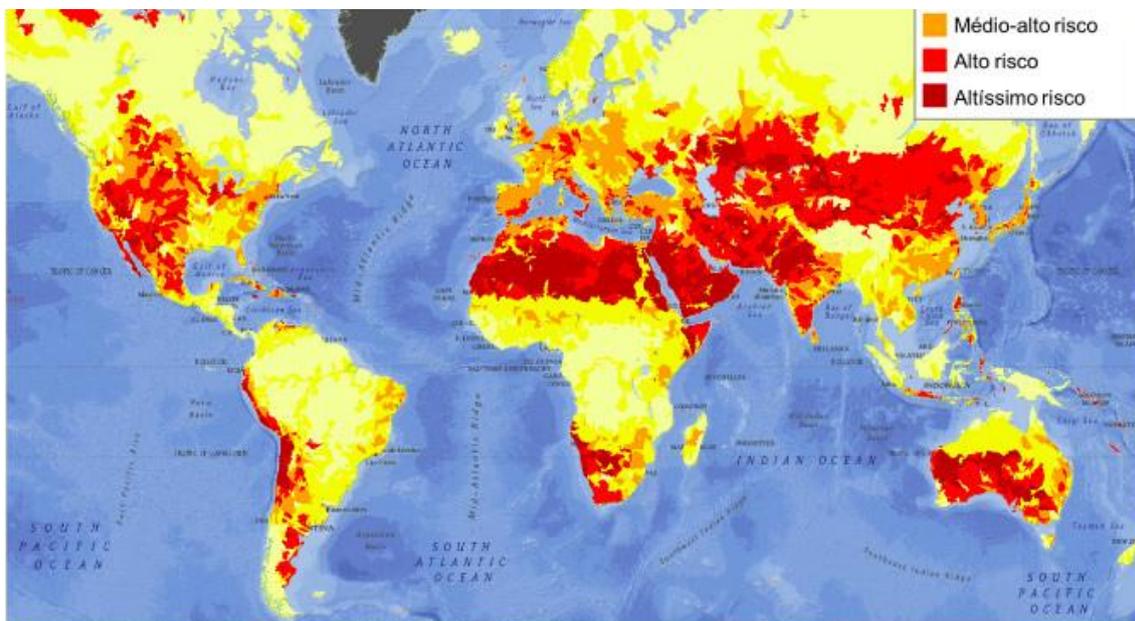
Em 1804, foi alcançado o primeiro bilhão de pessoas no planeta (WWI, 2013); hoje na população mundial já são quase 7,6 bilhões e estimativas indicam que em 2030 serão 8,6 bilhões

e em 2050 serão 9,8 bilhões de pessoas (ONU BR, 2017). Esse crescimento demográfico resulta na necessidade do aumento da produção de alimentos, o que impacta de forma direta e significativa na demanda por água, pois o setor agrícola responsável por 70% do consumo de água doce do planeta. Já os atuais padrões de consumo e o processo de urbanização resultam no aumento da demanda hídrica pelos setores industriais e da geração de mais energia, setores responsáveis impõem uma forte pressão sobre os recursos hídricos locais (UNESCO, 2017). Em decorrência destes aspectos, estudos demonstram que a demanda por água tem crescido a uma taxa anual de 1%, em consequência esse recurso se torna cada vez mais escasso (UNESCO, 2017).

Essa escassez pode ser caracterizada pelos seguintes aspectos: a falta de disponibilidade de água para atender à demanda, a capacidade de armazenamento, a distribuição e a capacidade de cada região fornecer e gerenciar os serviços de água. A escassez de água ocorre quando a demanda por este recurso excede a sua oferta em determinada região (FAO, 2007).

Conforme estudos das Organizações das Nações Unidas (ONU), os países podem ser classificados de acordo com o risco de escassez, que vai de baixo até altíssimo risco (Figura 02). O Brasil, apesar de ser um país com grandes reservas hídricas, ao possuir cerca de 12% das reservas mundiais, a disponibilidade desse recurso é bastante heterogênea (ANA, 2016). Com 8.547.403,5 km², o Brasil é o quinto país do mundo em extensão territorial e em decorrência desse aspecto, da configuração geográfica e da altitude o país possui ampla diversificação climática, de temperatura e de precipitação, como consequência o país apresenta áreas com diferentes classificações, que vão de baixo, baixo-médio e médio-alto risco de escassez de água (ANA, 2016).

Figura 02- Classificação dos países quanto ao risco de escassez hídrica



Fonte: World Resources Institute (2014)

Outra classificação existente trata da disponibilidade hídrica das diversas regiões do planeta e foi estabelecida pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Essa classificação considera como parâmetro a disponibilidade hídrica per capita e avalia para efeito do cálculo a oferta volumétrica existente para suprir o abastecimento das populações. Sendo classificada como:

- **Abundante:** a região que pode disponibilizar mais de 20 mil m³/habitante/ano;
- **Muito rica:** a região que pode disponibilizar mais de 10 mil m³/habitante/ano;
- **Rica:** a região que pode disponibilizar mais de 5 mil m³/habitante/ano;
- **Situação limite:** a região que pode disponibilizar mais de 2,5 mil m³/habitante/ano;
- **Pobre:** a região que pode disponibilizar menos de 2 mil m³/habitante/ano;

No território do Brasil passam cerca de 260.000 m³/s de água, porém em decorrência de seus aspectos geográficos, 205.000 m³/s dessa vazão estão localizados na bacia do rio Amazonas, restando apenas 55.000 m³/s de vazão média para as demais regiões do território (ANA, 2016).

Mais um fator relevante quando se analisa a disponibilidade hídrica no Brasil é a relação densidade demográfica x concentração dos recursos hídricos, pois enquanto na região Norte, que possui apenas 5% da população do país, estão concentrados aproximadamente 68,5% dos recursos hídricos do Brasil (bacia do rio Amazonas); na Região Nordeste, que possui

aproximadamente 35% da população concentram-se apenas 3,3% dos recursos do país, resultando em áreas afetadas pelo problema da escassez de água (ANA, 2010).

Na região nordeste, em especial no semiárido, os aspectos hidrogeológicos, associados aos reduzidos índices pluviométricos (que variam de 200 a 700 mm por ano, enquanto a média nacional é superior a 1.000mm e na região da Amazônia superior a 2.000mm) e aos elevados índices de evapotranspiração, contribuem de forma efetiva para os baixos valores de disponibilidade hídrica (ANA, 2016; TUCCI, HESPANHOL E NETTO, 2001). Diante desse quadro, fica comprovado que a vulnerabilidade hídrica das regiões do semiárido brasileiro é uma realidade atestada por vários estudos já realizados pela Agência Nacional de Águas – ANA.

Quanto ao estado de Pernambuco, esse apresenta uma disponibilidade hídrica per capita de apenas 1.320 m³/hab./ano, sendo considerado como o estado em situação mais crítica do país (Quadro 01) (ANA, 2010). De acordo com o Centro Panamericano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente, quando um país dispõe de menos de 1.000 m³/pessoa/ano de água fica caracterizada a escassez hídrica, e se esta disponibilidade estiver entre 1.000 e 1.700 m³/pessoa/ano já indica uma “tensão hídrica”.

Quadro 1- Disponibilidade hídrica per capita no Brasil

Disponibilidade hídrica per capita (m ³ /hab/ano)	Estado	Disp. hídrica Per capita por Estado (m ³ /hab/ano)	Disponibilidade hídrica per capita (m ³ /hab/ano)	Estado	Disp. hídrica Per capita por Estado (m ³ /hab/ano)
Riquíssimo > 20.000	RR	1.747.010	Rico > 5.000	PI	9.608
	AM	878.929		ES	7.235
	AP	678.929	Situação adequada > 2.500	BA	3.028
	AC	369.305		SP	2.913
	MT	258.242		Pobres < 2.500	CE
	PA	217.058	RJ		2.315
	TO	137.666	RN		1.781
	RO	132.818	DF		1.752
	MS	39.185	AL		1.751
	GO	39.185	SE		1.743
RS	20.798	Situação crítica < 1.500	PB	1.437	
Muito rico > 10.000	MA		17.184	PE	1.320
	SC		13.662		
	PR		13.431		
	MG	12.325			

Fonte: ANA, 2010

3.2 Indicadores Ambientais

No processo de gestão é fundamental que sejam adotadas ferramentas capazes de transformar o conceito abstrato da sustentabilidade numa realidade operacional. A ISO 14031, têm subsidiado modelos para avaliação de desempenho ambiental baseado em indicadores ambientais gerenciais e operacionais (CAMPOS; MELO, 2008).

Indicadores ambientais são parâmetros considerados isoladamente ou combinados entre si, utilizados como base de informações em estudos ambientais. Estes têm por objetivo identificar os impactos das ações humanas sobre o meio ambiente e facilitar a compreensão das informações, a partir da criação de critérios normalizados que podem revelar a situação atual de uma instituição ou atividade sobre o meio (SILVA; CORREIA; CÂNDIDO, 2010).

A fim de realizar a análise da sustentabilidade dos recursos hídricos, existem vários modelos de indicadores que podem ser aplicados. A escolha do modelo do indicador ambiental encontra-se associado com os benefícios que cada ferramenta pode proporcionar, levando-se em consideração o caso em estudo.

O Modelo Pressão-Estado-Resposta (PER) destaca-se, sendo o mais adotado nos estudos ambientais e tem como fundamento a abordagem dos problemas, considerando a relação de causa efeito. Como variantes do PER, surgiram três modelos: FER, PEIR e FPEIR. Estes incluem outros parâmetros como: o que “está por trás” das pressões (F- Força Motriz) e qual o impacto da degradação causada (I- Impacto) (PNUMA, 2002). Para o processo de avaliação em questão, propõe-se a utilização do modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR), esse modelo PEIR visa possibilitar a análise dos impactos decorrentes das ações antrópicas sobre os recursos hídricos através do uso de indicadores com dimensões ambientais, sociais, econômicas e políticas, e realiza estudo através da relação entre os parâmetros Pressão-Estado-Impacto-Resposta.

3.3 Fontes alternativas de abastecimento

Consideram-se fontes alternativas de água as que não estão sob concessão ou não sofrem cobrança do seu uso pelos órgãos públicos. No Brasil são classificadas como fontes alternativas de abastecimento as que não estão inseridas no sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos (PETERS, 2006).

Diante do agravamento do problema da escassez hídrica, torna-se fundamental a busca por fontes e tecnologias alternativas que possibilitem suprir a demanda por esse recurso natural de forma sustentável (ARAÚJO, 2013).

3.3.1 Águas Pluviais

A captação e uso de água das chuvas é uma fonte alternativa de abastecimento de baixo custo, podendo até, se devidamente tratada, ser utilizada para consumo humano. O aproveitamento da água de chuva para abastecimento humano vem desde a antiguidade, e já é utilizada por povos em diversas regiões do planeta (PETERS, 2006). Por ser considerado meio eficaz na redução do problema da escassez hídrica, o manejo e o aproveitamento da água de chuva para fins industriais, agrícola e doméstico estão tendo destaque em todo o mundo (PETERS, 2006).

A configuração de um sistema de aproveitamento de água de chuva é variável, podendo ser simples ou sofisticado tecnologicamente, a depender do recurso financeiro e do fim para o qual a água será utilizada. Nos sistemas mais simples a configuração possui os seguintes elementos: área de captação (coberta ou piso), sistemas de condução (calhas, tubos de queda e condutores horizontais), unidade de tratamento da água (reservatórios de autolimpeza, filtros, desinfecção) e reservatório de acumulação, podendo ainda possuir tubulação de recalque, reservatório superior e rede de distribuição (SANTOS, 2002).

É na superfície de captação onde ocorre a maior parte da contaminação das águas pluviais. Diversos materiais e substâncias localizadas nessa superfície, como folhas, galhos, revestimentos da coberta, fezes de aves e roedores, dentre outros, são carregadas junto com a água, resultando na sua contaminação, o que torna necessário o descarte da primeira água de chuva. Devido a essa possibilidade de contaminação, é necessário um controle da qualidade e acompanhamento do funcionamento do sistema de utilização da água de chuva, de forma não comprometer a vida útil do sistema e de garantir segurança à saúde dos usuários (PETERS, 2006).

A fim de realizar uma análise quanto à viabilidade da implantação de um sistema de captação de águas pluviais se faz necessário um estudo comparativo entre as vantagens e desvantagens desse sistema.

As vantagens decorrentes da implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais possuem caráter ambiental e econômico. Sob o aspecto ambiental são duas as principais vantagens da implantação do sistema, a primeira é que enquanto fonte alternativa de abastecimento possibilita a adoção de água de reúso para usos menos nobres, e consequentemente contribui com a redução do consumo de água doce potável proveniente da rede pública de abastecimento (BERTOLO, 2006), a segunda é a diminuição do escoamento superficial através do armazenamento das águas e o consequente controle de inundações em ambientes urbanos (BERTOLO, 2006; OLIVEIRA, 2008). Quanto ao caráter econômico

decorre da redução do consumo da água proveniente da rede de água pública (BERTOLO, 2006).

Já as desvantagens decorrem dos aspectos quantitativos, pelo fato do volume a ser captado no sistema depender da variabilidade temporal das precipitações, e qualitativo, pela necessidade de o sistema de armazenamento oferecer uma segurança operacional do tratamento a ser implementado em função do uso a que se destina. Os critérios de qualidade para o aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis são baseados em requisitos de usos específicos, em considerações estéticas e ambientais e na proteção da saúde pública (RAMOS, 2005).

3.3.2 Águas Subterrâneas

No semiárido do Nordeste brasileiro, como solução alternativa de prevenção à escassez de água, por volta de 1870 foi iniciada a implantação de açudes para represamento das águas de chuva e, a partir de 1975, o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) orientou que além da criação dos açudes deveria ser incentivada a perfuração de poços na região. Porém, a perfuração de poços nessa região não é capaz de suprir de forma direta o problema da escassez hídrica, pois os teores de sais encontrados em 80% dos poços perfurados no Nordeste estão muito acima dos aceitáveis pela OMS para o consumo humano.

A salinidade das águas naturais é influenciada por fatores como clima, características geológicas, tipos de solos e distância em relação ao mar (SOUZA, 2006), sendo uma característica das águas subterrâneas encontradas nas zonas semiáridas, devido a sua constituição natural. Na região em estudo existe uma predominância de água salobra em 54% dos poços amostrados, apresentando percentual de salinidade superior a 1000mg/l (padrão de concentração aceitável para o consumo humano de acordo com a OMS).

A Resolução N°357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, considera que as águas podem ser classificadas de acordo com o percentual de salinidade, e adota as seguintes definições: águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5; águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 % e inferior a 30 % ; águas salgadas: águas com salinidade igual ou superior a 30% (CONAMA, 2005).

Desta forma, a fim de tornar essa água potável, esta deve passar por um processo de dessalinização, para que seja feita a remoção da excessiva concentração de sais presente (ARAÚJO, 2013). Em todo o mundo a tecnologia da dessalinização é aceita como solução para atendimento à demanda de água de uma forma ampla. A tecnologia da dessalinização é formada

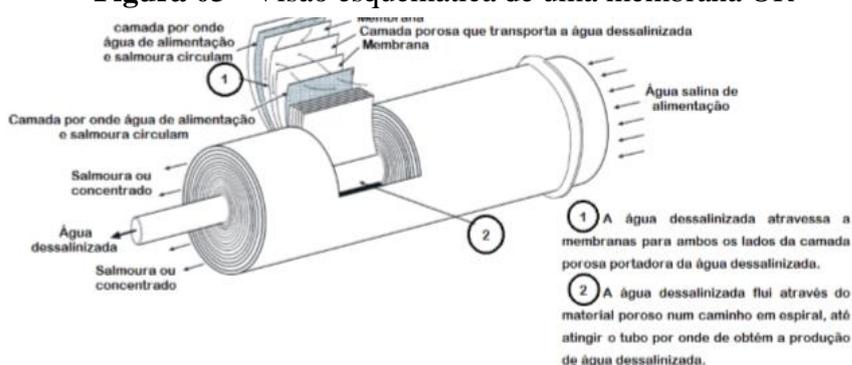
basicamente por um dispositivo que realiza a separação da água salgada em dois fluxos: um de água doce (com baixa concentração de sais) e outro contendo o concentrado remanescente (sais dissolvidos) (SOUZA, 2006).

Genericamente os processos de dessalinização podem ser separados em dois grandes grupos: os processos térmicos e a tecnologia de membranas (GUERREIRO, 2009). Os processos térmicos para dessalinização são os mais utilizados no mundo para geração de água doce a partir de água salgada. (SOUZA, 2006). Esse processo equivale ao ciclo natural da água, pois a água salgada aquece, evapora, condensa e precipita sob a forma de água potável. Para que a água salgada evapore ela deve ser submetida a temperatura adequada, conseqüentemente esse processo consome muita energia, por isso essa técnica é muito aplicada em regiões do Oriente médio, onde o petróleo para produzir energia elétrica é abundante (GUERREIRO, 2009).

Já na tecnologia de membranas, a separação dos sais da água é realizada através do recurso da membrana, os métodos que utilizam essa tecnologia são: Microfiltração; Ultra filtração; Nano filtração (NF); Osmose Reversa / inversa (OI/OR); Electrodiálise (ED) e Electrodiálise Reversível (EDR). Essa tecnologia apresenta baixo custo para processos em grande escala e simplicidade, por isso ocupa atualmente o primeiro lugar em termos de capacidade de produção instalada, correspondendo a cerca de 65% das plantas de dessalinização do no mundo (TORRI, 2015).

O funcionamento de um sistema de dessalinização por osmose reversa consiste de forma mais simplificada na captação a partir do uso de bombas; o pré-tratamento; o tratamento propriamente, onde a água vai para um recipiente de pressão fechado que possui uma membrana semipermeável, pela qual a água passará a fim de que os sais e demais sólidos dissolvidos sejam retidos, como uma parte da água passa através da membrana, a água remanescente aumenta a concentração de sal, sendo necessário que um parte desta água seja escoada de forma controlada para ser consumida neste fluxo de salmoura, a fim de evitar problemas como precipitação de sais supersaturados e aumento da pressão osmótica através das membranas; e uma válvula para controle da descarga do rejeito salino (concentrado) (Figura 03) (SOUZA, 2006).

Figura 03 - Visão esquemática de uma membrana OR



Fonte: Desalinations methods for producing drinking water

Nesse processo a pressão aplicada depende do grau de salinidade presente na água de origem e da configuração do próprio sistema de osmose (WHO, 2007), de forma a garantir a eficácia da remoção dos sólidos dissolvidos (STD). Sugere-se, que para águas salobras a pressão aplicada seja de 0,97 a 2,76 Mpa, enquanto que para água salgada seja necessário atingir pressões superiores a 8,27 Mpa (YOUNOS T. E TULOU K. E., 2005).

Um sistema de dessalinização é constituído basicamente por cinco etapas, que independem da origem da água e do tipo de estação de dessalinização, são elas: captação de água, Pré-Tratamento, Dessalinização, Pós-Tratamento e Gestão do Concentrado e outros Resíduos Gerados (NRC, 2008).

Captação: É na etapa de captação que a água é extraída da fonte para ser ligada ao sistema (NRC, 2008). As águas que abastecem unidades de dessalinização podem ser de origem superficiais, como mares e oceanos, ou subterrâneas. De maneira geral a água de origem subterrânea é de melhor qualidade, pois sofre um tipo de pré-filtração no solo, além de não estar muito exposta aos contaminantes (WHO, 2007). Existem dois tipos diferentes de estrutura de captação: as estruturas abertas (utilizadas para as águas superficiais) e as estruturas para as águas subterrâneas (ARAÚJO, 2013).

Pré- tratamento: após a captação a água é encaminhada para um pré-tratamento, nessa etapa ocorre a remoção de sólidos em suspensão e o controle de elementos que possam interferir no funcionamento da unidade de dessalinização. A depender do tipo de processo de dessalinização a ser utilizado, os parâmetros adotados para o pré-tratamento da água são diferentes. Para os processos térmicos os metais presentes na água é o aspecto mais importante, mas a areia e outros sólidos suspensos são relevantes, devendo ser retirados. Já nos processo que usam membrana, o pré-tratamento tem que ser bastante eficiente, e garantir a remoção dos metais e demais

partículas (NRC, 2008). Após essa etapa a água deve apresentar as seguintes características: baixa concentração de SDT; reduzida atividade biológica; baixa concentração de metais pesados; ausência de elementos com potencial oxidante; baixo potencial de incrustação orgânica.

Dessalinização: é a etapa do processo que consiste na remoção dos sólidos dissolvidos, principalmente sais e outros constituintes inorgânicos (ARAÚJO, 2013).

Pós-tratamento: consiste no tratamento da água, a fim de evitar a corrosão das tubulações, através da adição de produtos químicos, além de outros ajustes necessários a água atender os padrões de potabilidade (ARAÚJO, 2013).

Gestão do concentrado e outros resíduos: o processo de dessalinização resulta na geração de dois produtos: a água para consumo e o concentrado salino, ou água de rejeito (concentrado salino) (MEZHER ET AL., 2011). O concentrado é o fluxo oriundo do processo, que contém uma concentração de SDT maior que 36.000mg/l, e que muitas vezes representa o produto de maior volume resultante do processo (MEZHER ET AL., 2011; YOUNOS, 2005).

No estudo de viabilidade da implantação de um sistema de dessalinização devem ser avaliados fatores como as condições ambientais para a deposição do rejeito, custo de energia, tamanho da planta e qualidade da água a ser tratada, pois estão diretamente ligados ao custo de produção de água de uma unidade de dessalinização (ZHOU, 2005).

3.3.3 Reúso de água proveniente dos aparelhos de ar condicionado

Em edifícios de uso público ou coletivo de grande porte, localizados em regiões semiáridas, onde as elevadas temperaturas são predominantes, os aparelhos de ar condicionado são utilizados em larga escala a fim de promover o conforto ambiental para os usuários. O princípio de funcionamento desses equipamentos consiste na troca de temperatura do ambiente por meio da passagem do ar pela serpentina do evaporador, que por contato sofre queda de temperatura baixando a umidade relativa do ar. Nesse processo a condensadora retira a umidade do ambiente em que está instalado, realizando a condensação, que resulta na geração da água que é retirada do aparelho através de drenos (MEDINA FILHO *et al.*, 2016).

De acordo com Mota, Oliveira e Inada (2011) essa água possui padrão de qualidade superior a água desmineralizada comercial e a água tratada, podendo ser utilizada para diversos fins.

O volume de água resultante do processo é variável, tendo como condicionantes a marca e capacidade do equipamento, bem como a época do ano, que influencia na umidade do ar. O problema é que geralmente essa água é desperdiçada, sendo drenada para o solo ou para a rede

coletora de águas pluviais, enquanto poderia ser direcionada para um sistema de coleta, armazenamento e rede de abastecimento destinada a usos menos nobres, como irrigação, vasos sanitários, lavagem de piso e veículos, a depender do volume e da qualidade da água produzida.

3.4 Legislação Ambiental

A partir de 1981, com a publicação da Lei nº 6.938, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, é que foram iniciadas ações voltadas à conservação ambiental no Brasil. A Constituição Federal de 1988 prevê no art. 225 que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988).

Outro marco relevante para a preservação do meio ambiente foi a publicação da Lei de Crimes Ambientais - nº 9.605, em 1998, quando foram definidas sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente (Ministério do Meio Ambiente - MMA, 2009).

Já sob o aspecto da gestão dos recursos hídricos, as previsões legais tiveram início em 1997, quando entrou em vigor a Lei n.9.433, também denominada Lei das águas, que instituiu a Política nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) (Ministério do Meio Ambiente - MMA, 2009). A partir dessa lei é que foi definida a estrutura jurídico-administrativa do sistema nacional de Recursos Hídricos e concretizada a gestão organizada por bacias hidrográficas em todo o território nacional, garantindo o envolvimento dos usuários de água, da sociedade civil e do governo a participação na gestão dos recursos hídricos, a partir do envolvimento desses atores nos comitês da bacia hidrográfica (MALHEIROS, PROTA, RINCÓN, 2013).

A Lei n.9.433 teve por base o modelo e a experiência francesa. Na França, visando assegurar o recurso em longo prazo foi criada a “Grande Lei das Águas” de 16 de dezembro de 1964, tornando o país pioneiro com um modelo de descentralização através dos comitês de bacia, trazendo a participação de vários segmentos sociais, preocupação com o uso múltiplo, quantidade e qualidade, além da cobrança pelo uso.

O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instrumento aprovado em 2006 pelo Conselho Nacional de Recursos, é constituído por metas, diretrizes e programas que orientam a gestão das águas no Brasil. Nesse plano os objetivos específicos são: “1) a melhoria das disponibilidades hídricas, superficiais e subterrâneas, em qualidade e quantidade; 2) a redução dos conflitos reais e potenciais de uso da água, bem como dos eventos hidrológicos críticos e

3) a percepção da conservação da água como valor socioambiental relevante” (Ministério do Meio Ambiente- MMA, 2006). Essa Lei também determina que a gestão desse recurso deve ser realizada a partir do uso informações baseadas em indicadores (BRASIL, 2011) e em seu art. 2º estabelece como sendo princípios que determinam as diretrizes para o gerenciamento da água:

São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos: I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais; IV - incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais.

Já em 2007, a lei nº 15.445/07 preconiza as diretrizes nacionais para o saneamento básico e no art. 11º determina que:

São condições de validade dos contratos que tenham por objeto a prestação de serviços públicos de saneamento básico: [...] II - a inclusão, no contrato, das metas progressivas e graduais de expansão dos serviços, de qualidade, de eficiência e de uso racional da água, da energia e de outros recursos naturais, em conformidade com os serviços a serem prestados. (BRASIL, 2007).

Desta forma, tanto a lei nº. 6.938/81 quanto as lei nº. 9.433/97 e nº. 15.445/07 estabelecem o uso racional e a conservação da água como sendo objetivos para a preservação dos recursos hídricos.

Na esfera da administração pública brasileira, a adoção de práticas de gestão sustentável teve início em 2009, com a Agenda Ambiental da Administração Pública-A3P, programa do Ministério do Meio Ambiente que objetiva estimular os órgãos públicos do país a implementarem práticas de sustentabilidade e ganhou impulso em 2012, quando o Governo Federal publicou o Decreto n.º 7.746 (BRASIL, 2012), que determina que os órgãos da administração pública federal elaborem e implementem o Plano de Gestão de Logística Sustentável -PLS (LUIZ et al., 2015).

A agenda A3P se destina aos órgãos públicos das três instâncias: federal, estadual e municipal dos poderes executivo, legislativo e judiciário. A adesão à agenda é voluntária, mas é crescente a adesão ao programa por dois motivos:

- Nos tempos atuais, adotar uma agenda ambiental é uma necessidade;
- A implementação de práticas sustentáveis por parte da administração pública é uma exigência da sociedade (MMA, 2009).

A elaboração do PLS foi regulamentada pela Instrução Normativa nº 10/2012 (BRASIL, 2012) e tem por objetivo induzir os órgãos da administração pública a incorporar às suas

atividades práticas de sustentabilidade e otimização de gastos, estabelecendo os temas obrigatórios a serem tratados, orientando como conceber o Plano de Ações Socioambientais e sugerindo alguns programas e iniciativas governamentais que devem ser observados (BRASIL, 2012). Já em 2017, foi publicado o Acórdão TCU 1056 (BRASIL, 2017), que determina prazos para que a Administração Pública Federal cumpra de forma efetiva a implantação de medidas voltadas a práticas sustentáveis.

4. METODOLOGIA

De acordo com Gil (2008), a pesquisa é definida como sendo o processo sistemático e formal de desenvolvimento do método científico, cujo objetivo consiste em utilizar procedimentos a fim de solucionar problemas. Com o objetivo de realizar levantamento estruturado das informações necessárias ao conhecimento mais aprofundado do tema objeto do estudo e à caracterização e diagnóstico da área estudada, foi realizada pesquisa científica. Para a coleta de dados estão sendo adotados três tipos de procedimentos de pesquisa: a bibliográfica, através de consulta a documentos impressos, como livros, artigos, teses; a documental, a partir de pesquisa a documentos não só impressos, tais como fotos, sites, plantas, mapas, documentos legais; a de campo, a partir da aplicação de check-list, realização de registros fotográficos e conferência/levantamento *in loco* de mapas e plantas.

4.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido na Unidade Acadêmica de Serra Talhada - UAST, localizada no município de Serra Talhada, que possui área territorial de 2.980,00 km², situa-se a uma altitude de 429 metros e está a 515 km de distância da capital do estado de Pernambuco, a cidade do Recife (Figura 04). Conforme o último senso geográfico, realizado em 2010, o município de Serra Talhada tem uma população de 79.232 pessoas e estima-se que essa população seja de 85.568 pessoas ao final de 2017 (CPRM, 2005; IBGE, 2010).

Figura 04 - Mapa de localização do município de Serra Talhada



Fonte: Adaptado autora (2018)

De acordo com a classificação de Köppen, o clima dessa região enquadra-se no tipo Bwh, denominado semiárido quente, com chuvas de verão. A temperatura média anual é de 25,2 °C e tem o período chuvoso que tem início em novembro e término em abril.

Quanto ao aspecto dos recursos hídricos, Serra Talhada está inserido nos domínios da bacia hidrográfica do rio Pajeú. A maioria dos rios e riachos que compõem a bacia hidrográfica estão submetidos ao regime fluvial semiárido, logo têm regime de escoamento intermitente.

Sob o aspecto hidrogeológico o município de Serra Talhada está situado em grande parte (cerca de 80%) em um grande complexo cristalino de rochas e em menor parte em regiões sedimentares. As rochas do embasamento cristalino afloram na maior parte da área constituindo superfícies mais ou menos contínuas, com composição variada e idade diversa. No que trata das águas subterrâneas, segundo a CPRM (2005) existem 313 pontos d' água, sendo 22 poços escavados e 291 poços tubulares. Nas áreas do cristalino o meio aquífero apresenta baixa permeabilidade em decorrência formação geológica e os volumes de água subterrânea armazenados são variáveis e dependem extremamente da trama de fraturas. Nesse tipo de formação geológica os poços apresentam profundidades máximas em torno de 60 a 80 metros e as vazões são geralmente baixas, em média 2,0 a 5,0 m³ /h (CPRM, 2005).

Com relação às áreas de rochas sedimentares, por se tratar de um sistema semi-confinado, é capaz de fornecer vazões médias de 25 m³/h água e água de boa qualidade, sendo a máxima observada de 300 m³/h. Nesse tipo de formação os poços apresentam profundidades entre 80 e 280 metros e são importante fonte de água potável para abastecimento.

No município de Serra Talhada o problema da baixa disponibilidade hídrica é bastante crítico, visto que a maior parte dos rios seca durante o período de estiagem (ANA, 2016) e que as águas subterrâneas apresentam elevado percentual de salinidade. De acordo com análises laboratoriais realizadas, existe uma predominância de água salobra em 54% dos poços amostrados, apresentando percentual de salinidade superior ao padrão de concentração aceitável para o consumo humano, que, de acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), é de no máximo 1000mg/l (CPRM, 2005).

4.2 Caracterização da Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST)

As Universidades desempenham papel relevante quanto à Responsabilidade Socioambiental (RSA), pois, além dos aspectos sociais, por ser um ambiente formador de opinião e gerador de conhecimento, tecnologia e inovação, também existem os aspectos técnicos, como as elevadas dimensões e número de usuários, sendo caracterizado como um grande consumidor de recursos hídricos (CASADO et al., 2012). Portanto, estas devem ser

consideradas como de alto potencial quanto à necessidade de implantação de ações que visem o uso sustentável desse recurso natural.

Nesse contexto, encontra-se a Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UAST/UFRPE), cuja sede se localiza em Recife-PE, e teve a origem datada de 1912. Só em 2005, através do Programa de Expansão do Sistema Federal do Ensino Superior, foi dado início ao processo de interiorização, sendo criadas as Unidades Acadêmicas de Garanhuns (UAG) e de Serra Talhada (UAST) (UFRPE, 2013).

A UAST foi instalada em agosto de 2006, no Centro de Treinamento e Pesquisa em Pequena Irrigação (CTPPI), Campus avançado da UFRPE, localizado na Fazenda Saco, no município de Serra Talhada – PE. Atualmente o campus da UAST é composto pelos antigos edifícios (11 blocos) que faziam parte do Centro de Treinamento e mais os edifícios novos (Quadro 2), construídos a fim de promover o pleno funcionamento das atividades acadêmicas e administrativas da unidade (Figuras 05, 06, 07 e 08).

Quadro 2 – Edifícios construídos na UAST

Edifício/ tipologia	Número de blocos
Bloco A – Oficina/garagem	1
Bloco B – acadêmico e administrativo	1
Bloco C - acadêmico e administrativo	1
Bloco D – Administrativo	1
Bloco E - Auditório	1
Bloco F- acadêmico e administrativo	1
Bloco G- acadêmico e administrativo	1
Bloco H - acadêmico e administrativo	1
Bloco Laboratórios antigos	1
Bloco vestiários	1
Bloco Aquicultura	1
Bloco Ecologia e Sistemas aquáticos	1
Casa 01- Pós graduação e biotério	1
Casa 02- Pós Graduação	1
Blocos de Sala de Aula	3
Cantina	1
Bloco Administrativo/ Prefeitura Universitária	1
Galpão Almoxarifado	1
Galpão de transportes	1
Galpão Fábrica Ração	1

Quadra Poliesportiva Coberta	1
Galpão Hidráulica	1
Bloco para Professores	2
Bloco de Laboratórios	2
Casa de Estudante	2
Biblioteca e Auditório	1

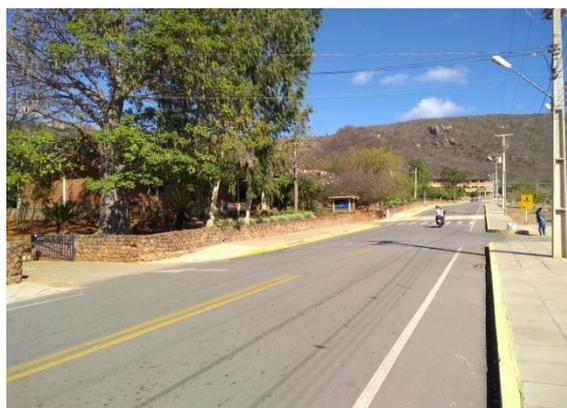
Fonte: UFRPE (2017)

Figura 05 – Imagem aérea da Unidade



Fonte: Google earth (2017)

Figura 06 – Via principal interna



Fonte: Autora (2018)

Figura 08 – Blocos de Salas de aula



Fonte: Autora (2018)

Figura07 – Blocos de Professores e laboratórios



Fonte: Autora (2018)

O público atual da UAST é de 220 docentes efetivos, 67 técnicos administrativos, 504 alunos no turno da manhã, 368 alunos no turno da tarde e 1197 alunos no turno da noite, totalizando um público fixo de 2356 pessoas diariamente.

Quanto ao abastecimento de água, este é realizado pela concessionária estadual - Compesa, existindo como fonte secundária apenas dois poços, que são utilizados para áreas de irrigação e criação de animais. De acordo com o Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento

por Água Subterrânea Diagnóstico do Município de Serra Talhada esses dois poços são do tipo tubular, com bombeamento e profundidade de 25 e 60 metros (CPRM, 2005).

Em virtude da escassez dos recursos hídricos, assim como toda a região, a universidade sofre com os regimes de racionamento, sendo necessário complementar o abastecimento através de carros pipa em muitos períodos, para que seja possível suprir a demanda de água do campus.

4.3 Identificação dos indicadores a serem avaliados através da aplicação do modelo PEIR (Pressão- Estado – Impacto – Resposta)

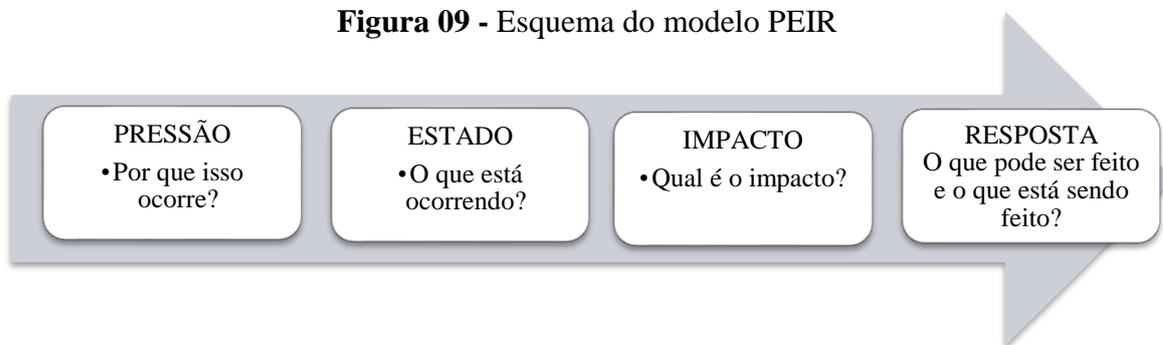
Com base nas informações preliminares obtidas a partir de levantamento de dados primários, de pesquisa de campo e de pesquisa bibliográfica, foi verificado que a implantação e funcionamento da unidade acadêmica refletem como principal impacto ambiental a pressão sobre os recursos hídricos. Nesse sentido o estudo da sustentabilidade e da gestão dos recursos hídricos no Campus de Serra Talhada da UFRPE necessita que sejam identificados os indicadores a serem monitorados, verificando as fragilidades, a fim de proporcionar subsídio para a tomada de decisões voltadas à nova postura comportamental, implantação de medidas preventivas e mitigadoras.

Indicadores ambientais são parâmetros considerados isoladamente ou combinados entre si, utilizados como base de informações em estudos ambientais. Estes têm por objetivo identificar os impactos das ações humanas sobre o meio ambiente e facilitar a compreensão das informações, a partir da criação de critérios normalizados que podem revelar a situação atual de uma instituição ou atividade sobre o meio (SILVA; CORREIA; CÂNDIDO, 2010). A fim de realizar a análise da sustentabilidade dos recursos hídricos, existem vários modelos de indicadores que podem ser aplicados. A escolha do modelo do indicador ambiental encontra-se associado com os benefícios que cada ferramenta pode proporcionar, levando-se em consideração o caso em estudo.

O Modelo Pressão-Estado-Resposta (PER) caracteriza-se por ser um modelo estrutural e operacional, capaz de estabelecer cenários futuros decorrentes das práticas da atualidade, possibilitando a geração de informações relevantes no processo de planejamento, medidas corretivas e tomada de decisões (SILVA et al., 2015; CEREZINI et al., 2017). Para o processo de avaliação em questão, propõe-se a utilização do modelo Pressão-Estado- Impacto-Resposta (PEIR).

O modelo PEIR demonstra-se bastante eficaz, pois não resulta na identificação apenas do problema, mas também das pressões exercidas no ambiente, a sua causa e quais as medidas que podem ser tomadas para reverter esse impacto, ou seja, confere toda uma análise do problema (BARCELLOS, 2013). Neste, os indicadores têm por objeto responder a quatro questionamentos: como o meio se encontra naquele momento (Estado); por que isso ocorre/quais as pressões das atividades antrópicas (Pressão); quais os impactos negativos gerados (Impacto) e quais as providências que podem ser tomadas a fim de mitigar os problemas ambientais (Resposta) (Figura 09). Dessa forma, a fim de realizar a determinação dos indicadores ambientais a serem considerados na gestão dos recursos hídricos na UAST, será aplicado o modelo PEIR.

Figura 09 - Esquema do modelo PEIR



Fonte: Adaptado de SEPÚLVEDA (2015)

a) **Pressão**

Para esse parâmetro, foram utilizados como indicadores os dados relativos ao consumo de água nos diversos usos e a geração de efluentes. A fim de quantificar esses indicadores, devem ser considerados aspectos como a quantidade de usuários diários do campus universitário e a caracterização dos pontos de consumo de água e de geração de efluentes.

b) **Estado**

Para avaliação do estado atual, foram considerados os aspectos quantitativos e qualitativos, ou seja, a disponibilidade hídrica (fontes de abastecimento) e a qualidade das águas.

c) **Impacto**

Com objetivo de avaliar o impacto, foi identificado se ocorre poluição de mananciais, devido ao lançamento de efluentes, conseqüente redução da disponibilidade hídrica.

d) **Resposta**

Como resposta aos problemas ambientais decorrentes do atual modelo de gestão dos recursos hídricos, em consonância com os objetivos e orientações da Política Nacional de Recursos Hídricos, foram desenvolvidos estudos necessários ao estabelecimento das diretrizes para a

gestão sustentável da água em região de vulnerabilidade hídrica, consistindo nas seguintes etapas:

- a) Estudo das fontes alternativas para abastecimento e suas potencialidades;
 - Estudo para o uso de águas pluviais;
 - Estudo a respeito das fontes das águas subterrâneas;
 - Reúso de água proveniente dos aparelhos de ar condicionado;
- b) Elaboração de diretrizes de caráter técnico, baseadas nos estudos acima citados e na implantação de monitoramento e no uso de tecnologias mais econômicas, e de diretrizes de caráter gerencial, baseadas na definição do papel dos atores envolvidos e na implementação de projetos educação ambiental e capacitação voltados ao uso racional da água.

4.4 Estudo das fontes alternativas para abastecimento e suas potencialidades

Diante da necessidade de realizar estudos voltados ao uso racional e sustentável dos recursos hídricos, foram realizados estudos com o objetivo de avaliar quais as fontes alternativas de abastecimento que apresentam potencial para serem implantadas ou ampliadas na UAST-UFRPE.

Quando se trata de uso de fontes alternativas é fundamental que sejam analisados os aspectos quantitativos e qualitativos da água proveniente dessas fontes. O padrão de qualidade da água admissível varia de acordo com o uso ao qual se destina. A Portaria MS nº 2914 de 2011, BRASIL (2011), define os parâmetros de qualidade para o consumo humano e de potabilidade. A Resolução 357/2005, BRASIL (2005), do CONAMA alterada pelas Resoluções 410/2009, BRASIL (2009) e 430/2011, BRASIL (2011) em seu paragrafo II – classifica os corpos de água segundo a qualidade de água e o uso ao qual se destinam.

4.4.1 Águas Pluviais

A fim de realizar o estudo quanto à potencialidade do reúso de águas pluviais nos edifícios da UAST, com o objetivo de promover a redução do consumo de água potável, devem ser considerados dois parâmetros básicos: o consumo do empreendimento e a capacidade de captação da água de chuva.

Consumo do empreendimento

De acordo com levantamento de dados, os registros mensais do campus (análise histórica das contas de água) demonstram que o consumo de água e a geração de efluentes são variáveis de acordo com a época do ano, devido a aspectos como férias e época de provas, apresentando média de 564m³/mês e máximo de 813m³/mês, porém como o regime de abastecimento do campus sofre com racionamento bastante rigoroso, esses registros não representam a realidade, uma vez que o abastecimento é complementado por carros pipa e por dois poços (que não possuem hidrômetro), não existindo registro exato do consumo mensal.

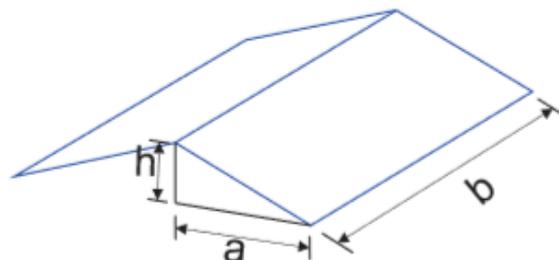
Desta forma, a fim de realizar o levantamento do consumo real de água da no campus foram levantados os dados referentes às tipologias das edificações existentes no campus, da população em cada tipologia e do consumo per capita. Com o objetivo de avaliar a potencialidade das águas pluviais para fins de abastecimento foi calculada a demanda por água não potável, com base em parâmetros específicos dos usos e tipologias das edificações.

Capacidade captação da água de chuva

Para o cálculo da área de captação da coberta existem alguns métodos a serem aplicados, merecendo destaque o estabelecido pela ABNT NBR 10844/1989 (figura 10) e o método prático inglês previsto na ABNT NBR 15527/2007, que desconsidera a inclinação e estabelece que o valor da área de captação A (m²) corresponde ao valor numérico da área de coleta em projeção.

Figura 10 - Coberta com superfície inclinada

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b$$



Fonte: ABNT NBR 10844 (1989)

No objeto de estudo, para o cálculo da capacidade captação da água de chuva a metodologia utilizada teve como direcionamento as diretrizes da NBR 15527 (ABNT, 2007), que determina que esse cálculo deve ser realizado através da seguinte equação:

Equação 1 - Cálculo da capacidade de captação de água

$$V = P \times A \times C \times n \text{ fator de captação}$$

Fonte: ABNT NBR 15527 (2007)

Onde V (L) é o volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável; P (mm) é a precipitação média anual, mensal ou diária; A (m²) é a área de captação; e C é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura (run off); η fator de captação é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e o desvio de escoamento inicial, caso seja utilizado.

Dessa forma, a avaliação da capacidade de captação de água de chuva ocorreu através do estudo e levantamento dos dados pluviométricos e das dimensões e características da estrutura física das edificações que compõem a Universidade. A metodologia consistiu nas seguintes etapas: na primeira etapa foi realizada coleta de informações através de pesquisas bibliográficas, para identificação dos índices pluviométricos do município (P), na segunda etapa foi realizada pesquisa bibliográfica e de campo para identificação da área de captação (A), do coeficiente de escoamento (C) e do η fator de captação.

As informações relativas à precipitação pluviométrica foram obtidas a partir de pesquisa bibliográfica baseada nos dados de precipitações mensais da série temporal referente ao período de 01 de junho de 1998 a 01 de junho de 2018 (totalizando 21 anos de dados). Os dados foram obtidos no site da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC).

Os cálculos referentes à área de captação foram realizados a partir do levantamento das dimensões e características das edificações da Universidade. Inicialmente foi feita pesquisa junto ao setor de engenharia da Universidade, a fim de obter as plantas das edificações existentes, em seguida foi realizado levantamento em campo a fim de conferir as medidas das edificações existentes com os projetos e avaliar o tipo de cobertura, com o objetivo de efetuar o cálculo da área de captação das edificações nas quais seja possível instalar sistema de captação de águas pluviais. As dimensões das coberturas foram calculadas através do uso de software gráfico (Autocad) e da aplicação de equações previstas em norma. Quanto ao coeficiente de escoamento Runoff (C), de acordo com a ABNT NBR 15527/2007 este representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado e varia conforme a superfície (Quadro 3).

Quadro 3 - Coeficiente de Runoff médios de acordo com o material

Material	Coeficiente de Runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: Tomaz (2009)

4.4.2 Águas subterrâneas

As águas subterrâneas costumam ser adotadas como solução alternativa para o abastecimento, porém a região é caracterizada por possuir águas subterrâneas salobras, apresentando percentual de salinidade superior a 1000mg/l (padrão de concentração aceitável para o consumo humano de acordo com a OMS). Para tornar essa água potável é necessário submetê-la ao processo de dessalinização, a fim de que seja feita a remoção da excessiva concentração de sais presente (ARAÚJO, 2013).

Com o objetivo de analisar a potencialidade do uso de poços como fonte de abastecimento, foi realizado estudo qualitativo, através de coleta de amostras e armazenamento em recipientes fornecidos pelo laboratório (figura 11), para análise laboratorial dos parâmetros físico químicos e microbiológicos, sendo coletada uma amostra de cada um dos dois poços existentes na unidade (Quadro 4). A partir dos resultados obtidos é que foi analisada qual a melhor solução técnica a ser adotada como forma de tratamento a fim de viabilizar o uso das águas subterrâneas, de forma que essa água atenda aos parâmetros necessários para consumo humano.

Quadro 4 - Pontos de coleta das águas dos poços

Identificação do ponto	Descrição do ponto	Temperatura/ umidade	dados da coleta	
			Data/hora	Volume coletado (litros)
Ponto 01	Poço 01 – Administrativo Local da coleta: torneira banheiro bloco administrativo novo	37 °C 28%	09/08/2018 14:30	1,5
Ponto 02	Poço 02 – Zootecnia Local da coleta: torneira - boca do poço	37 °C 28%	09/08/2018 15:00	1,5

Fonte: Autora (2018)

Figura 11 - Recipientes utilizados para as coletas



Fonte: Autora (2018)

4.4.3 Reúso de água proveniente dos aparelhos de ar condicionado

O princípio de funcionamento dos equipamentos de ar condicionado consiste na troca de temperatura do ambiente por meio da passagem do ar pela serpentina do evaporador que por contato sofre queda de temperatura baixando a umidade relativa do ar. Nesse processo a condensadora retira a umidade do ambiente em que está instalado, realizando a condensação, que resulta na geração da água que é retirada do aparelho através de drenos (MEDINA FILHO *et al.*, 2016).

Considerando a elevada área construída da Universidade, quase em sua totalidade climatizada, é muito grande o número de aparelhos de ar condicionado utilizados na unidade, sendo necessário realizar estudo quantitativo e qualitativo das águas provenientes desses equipamentos. Para que os dados obtidos pudessem representar a realidade, o estudo consistiu nas seguintes etapas:

- Levantamento cadastral do número de equipamentos existentes, através de obtenção de dados junto aos setores de engenharia e manutenção da universidade e de pesquisa de campo.
- Análise dos dados para estratificação por tipologia;
- Escolha dos aparelhos a serem estudados através de amostragem aleatória baseada nos dados da estratificação;
- Realização de coleta, por período registrado, da água dos aparelhos escolhidos. Essa coleta foi realizada duas vezes, sendo uma na época de chuvas e outra na época de estiagem, pois fatores como a temperatura e a umidade interferem de forma direta no volume gerado.
- Realização de estudo quantitativo, a partir de identificação do volume gerado, e qualitativo, a partir da análise laboratorial da água proveniente dos drenos.

Na coleta para o estudo quantitativo das águas provenientes dos drenos dos aparelhos de ar condicionado foram utilizadas bombonas plásticas com capacidade de 20 litros devidamente identificadas, a fim de evitar interferências, e para a medição do volume um balde graduado (figuras 12 e 13). As datas das realizações das coletas ocorreram nos dias 08 e 09 de agosto de 2018 (período de estiagem) e nos dias 19 e 20 de dezembro (período de chuvas) e os pontos de coleta (figuras 14 e 15) foram escolhidos em função da amostragem aleatória baseada nos dados da estratificação.

Em cada ponto de coleta também foi medida a temperatura e umidade do ar de cada ambiente através do uso de um termoigrômetro digital. Objetivando facilitar a coleta de

campo foram montadas tabelas que foram preenchidas com dados como: ponto da coleta, temperatura e umidade no ambiente, data e hora de início e final da coleta, a fim de viabilizar o cálculo do volume gerado por hora (figuras 16, 17 e 18).

Baseado nessas informações foi possível desenvolver estudos a fim de avaliar a viabilidade e a potencialidade dessa fonte alternativa de abastecimento, e propor quais as formas e destinos mais adequados ao seu uso.

Figura 13 - Bombonas utilizadas para coletas



Fonte: Autora (2018)

Figura 12 - Balde graduado



Fonte: Autora (2018)

Figura 15 – Coleta implantada

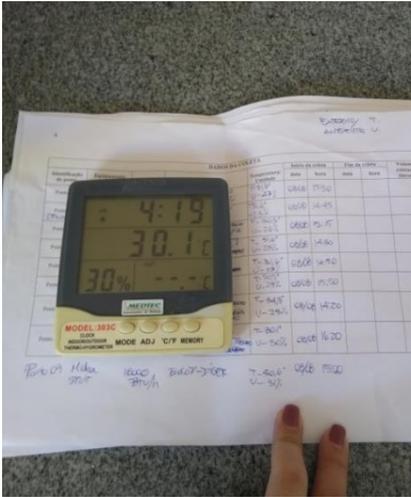


Fonte: Autora (2018)

Figura 14 – Coleta implantada



Fonte: Autora (2018)

Figura 16 – Registro dos dados

Fonte: Autora (2018)

Figura 17 – Medição do volume

Fonte: Autora (2018)

Figura 18 - Modelo da planilha de anotações

PLANILHA DE COLETA DE DADOS											
Identificação	Equipamento modelo	Capacidade	Local de coleta	Temp. (°C) umidade (%)	Inicio da coleta		Fim da coleta		Tempo real de funcionamento (horas)	Volume coletado (litros)	Vazão (litros/h)
					data	hora	data	hora			
Ponto 01											
Ponto 02											

Fonte: Autora (2018)

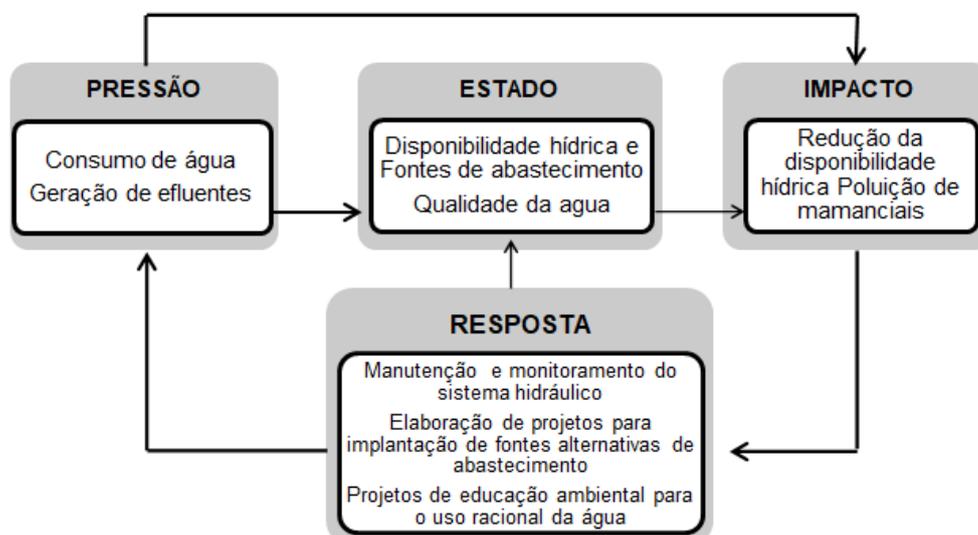
5. RESULTADOS

5.1 Identificação dos indicadores a serem avaliados através da aplicação do modelo PEIR (Pressão- Estado – Impacto – Resposta)

A utilização de indicadores para o estabelecimento de processos gerenciais vinculados a sustentabilidade é uma necessidade para que se possa quantificar a eficiência e eficácia de medidas operacionais, educacionais, gerenciais e construtivas. Para Silva et al. (2012), estes deveriam fazer parte do próprio planejamento estratégico, entretanto esta aplicação vem ocorrendo de maneira equivocada, havendo possibilidade de impacto danoso ao sistema em avaliação, havendo necessidade de evolução tanto na perspectiva conceitual quanto operacional.

Apesar de existirem indicadores tradicionais, como o estudo econométrico derivado da valoração da água (CARMO et al., 2008), assim como a métrica direta da água utilizada, outros parâmetros devem ser observados para que se compreenda melhor o uso deste recurso. Este modelo é relevante para a identificação dos indicadores necessários para o monitoramento da gestão, entretanto se faz mister que estes sejam bem estudados e periodicamente dimensionados, para o acompanhamento da evolução ao longo do tempo. Com base na visita técnica realizada no mês de setembro de 2017 e nas pesquisas, foi possível levantar os dados necessários para aplicação do modelo e obtenção dos indicadores, que foram agrupados em quatro grupos inter-relacionados (Figura 19), a partir da resposta aos questionamentos para cada parâmetro.

Figura 19 - Parâmetros e indicadores



Fonte: Adaptado de Cerezini et al. (2017)

Determinação e caracterização dos Indicadores

Pressão

Para esse parâmetro, foram utilizados como indicadores os dados relativos ao consumo de água nos diversos usos e na geração de efluentes.

A análise dos registros mensais do campus (análise histórica das contas de água) demonstram que o consumo de água e a geração de efluentes são variáveis de acordo com a época do ano, devido a aspectos como férias e época de provas, apresentando média de 564m³/mês e máximo de 813m³/mês, porém como o regime de abastecimento do campus sofre com racionamento bastante rigoroso, esses registros não representam a realidade, uma vez que o abastecimento é complementado por carros pipa e por dois poços (que não possuem hidrômetro), não existindo registro do valor exato do consumo mensal.

Desta forma, fim de realizar o levantamento do consumo total de água da no campus foram considerados os seguintes aspectos:

- Em decorrência dos longos períodos de estiagem, o regime de abastecimento de água pela rede pública é intermitente, caracterizado por racionamento intenso, podendo chegar a mais de 10 dias sem água, tornando necessário que a universidade complemente seu abastecimento através de carros pipa;
- Não existe medição individualizada nas edificações, apenas uma a medição única na entrada do campus que, devido ao regime de abastecimento, não representa o consumo real do campus;
- O funcionamento de um campus universitário é caracterizado por diversos pontos de consumo com usos diferenciados (bloco de salas de aula, laboratórios, bloco administrativo, restaurante/lanchonete, vestiários, áreas experimentais de plantação e criação de animais);

Considerando esses aspectos, a fim de quantificar esse indicador foram considerados dados relativos a quantidade de usuários diários do campus universitário e a quantificação e caracterização dos pontos de consumo de água e de geração de efluentes.

No que se refere ao número de usuários, existe atualmente na Unidade um público diário de 2.356 pessoas. Quanto aos pontos de consumo, além das áreas de pesquisa, onde existe criação de animais e irrigação de culturas; também devem ser consideradas as edificações, sendo relevante a área construída e tipologia de cada edificação. Atualmente o campus possui estrutura física composta das seguintes edificações (Tabela 1).

Tabela 1 – Caracterização dos edifícios da UAST

Edifício/ tipologia	Numero de blocos	Área construída por bloco (m²)	Área construída (m²)
Bloco A – Oficina/garagem	1	286,90	286,90
Bloco B – Administrativo e acadêmico	1	316,15	316,15
Bloco C – Administrativo e acadêmico	1	316,05	316,05
Bloco D – Administrativo	1	361,17	361,17
Bloco E - Auditório	1	273,56	273,56
Bloco F– Administrativo e acadêmico	1	356,00	356,00
Bloco G– Administrativo e acadêmico	1	314,58	314,58
Bloco H– Administrativo e acadêmico	1	314,58	314,58
Bloco Laboratórios antigos	1	172,51	172,51
Bloco Aquicultura	1	91,35	91,35
Bloco Ecologia e Sistemas aquáticos	1	27,83	27,83
Casa 01- Pós graduação e biotério	1	162,65	162,65
Casa 02- Pós Graduação	1	243,58	243,58
Blocos de Sala de Aula	3	1800,00	5400,00
Cantina	1	257,81	257,81
Bloco Administrativo/ Prefeitura Universitária	1	260,00	260,00
Galpão Almoarifado	1	323,50	323,50
Galpão de transportes	1	1026,64	1026,64
Galpão Fábrica Ração	1	300,00	300,00
Quadra Poliesportiva Coberta	1	1317,92	1317,92
Galpão Hidráulica	1	300,00	300,00
Bloco para Professores	2	1712,70	3425,40
Bloco de Laboratórios	2	1712,70	3425,40
Casa de Estudante	2	676,60	1.353,20
Biblioteca e Auditório	1	1623,72	1623,72
Área construída total			22.250,50

Fonte: Autora (2017)

Para o cálculo mais exato da demanda total do campus, deve ser somado ao volume decorrente do cálculo da relação pessoa x consumo per capita, o consumo de pontos específicos como a cantina/restaurante e a residência estudantil. Desta forma, para o cálculo do consumo foram considerados os seguintes parâmetros:

- De acordo com o a Norma Técnica N°01 da Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos – CPRH para edifícios de uso escolar, escritório e público, o consumo per capita

é de 50 l/dia. Considerando que a população atual da unidade é de 2356 pessoas, a demanda por água dos edifícios do *campus* é de aproximadamente 117.800 l/dia, ou seja, 2356m³/mês (considerando apenas 20 dias úteis);

- No caso das residências estudantis, é importante observar que o consumo residencial sofre grandes variações decorrentes de vários fatores como: aspectos sócio econômicos, disponibilidade hídrica e qualidade de água fornecida. De acordo com estudos desenvolvidos, verifica-se uma tendência à consumo maior pela população de renda mais elevada, sendo adotado em um consumo per capita de 150 l/dia para uso residencial, porém, no caso em estudo trata-se de residência estudantil, que é parte integrante dos Programas de Assistência ao Educando desenvolvidos pela Universidade, cujo objetivo consiste em promover a permanência do estudante da Universidade, comprovadamente carente de recursos financeiros. Desta forma, como os moradores das residências estudantis são de baixa renda e de uma região semiárida, será adotado como parâmetro para o consumo per capita das residências o valor da séria história (l/h/dia) fornecido pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (BRASIL, 2014), que para o município de Serra Talhada é de aproximadamente 102 l/hab./dia.

Assim, considerando que existem duas casas, cada uma tem capacidade para 54 habitantes, essas edificações juntas apresentarão um consumo de 11.016 l/dia ou 330.480 l/mês, o equivalente a 330 m³/mês;

- A licitação da obra para construção do restaurante universitário está em fase final de tramitação, e em breve devem ser iniciadas as obras. Considerando que este projeto foi calculado a fim de atender à demanda de toda a comunidade acadêmica, ou seja 2.356 pessoas, com capacidade de expansão para médio prazo e que conforme Norma Técnica N°01 da CPRH, no caso da tipologia de restaurantes deve ser considerado o consumo de 25 l/refeição, a previsão é que de imediato essa edificação irá apresentar um consumo de 58.900 l/dia;
- Atualmente a universidade possui áreas com plantações de experimentos. Segundo pesquisas realizadas pela Agência Nacional de Águas, somente a agricultura é responsável por aproximadamente 70% do consumo de toda a água no Brasil, e também é recordista de desperdício na irrigação. Sendo a agricultura o setor responsável pelos maiores índices de desperdício de água tanto no Brasil quanto no mundo (REBOUÇAS, 2006), mas o consumo de água na agricultura é variável de acordo com a espécie vegetal cultivada e o sistema de irrigação adotado. Desta forma, não tem como quantificar exatamente o volume de água utilizado para esse uso na universidade, pois apesar de se

tratar de pesquisas com prazo determinado, não há como prever quais as características das futuras pesquisas a serem implantadas (cultura, método de irrigação, área de plantação).

- Nas áreas experimentais do curso de zootecnia são criados animais, merecendo destaque para a criação de suínos. Porém, o volume necessário para o dessedentação animal e para a limpeza das instalações é muito elevado. Uma vaca de leite, dependendo de sua produção, tamanho corporal, estágio fisiológico, condição de clima, ingestão de sal, proteína na dieta, disponibilidade de bebedouros e principalmente qualidade da água poderá consumir entre 40 e 170 litros de água por dia (PIRES et al., 2010). Já um suíno o animal consome entre 4,48 e 8,86 litros de água ao dia (GUERINI et al., 2015). Quanto à limpeza das instalações de uma área de criação estima-se que o volume de água consumido seja de aproximadamente 25 litros/m² de limpeza (CCPR-MG, 2004). Considerando que de acordo com o levantamento de campo foi identificado que por necessitar de grandes volumes as áreas experimentais são abastecidas por poço, estes pontos de consumo não serão considerados no cálculo como local a ser abastecido por água potável, pois devemos considerar a manutenção do abastecimento através de poço. A partir desses parâmetros, no que se refere ao consumo de água no campus, pode-se

considerar o seguinte quadro-resumo (Quadro 5):

Quadro 5 - Estimativa de consumo de água no campus

ESTIMATIVA DE CONSUMO				
Ponto de consumo	Unidade de referência	Consumo/unidade	Consumo total/ponto (l/dia)	Consumo (m³/mês)
Edifícios administrativos e acadêmicos	2356 pessoas	50 l/pessoa/dia	117.800 l/dia 117,8 m ³ /dia	2.356,00
Residências estudantis	108 pessoas	102 l/pessoa/dia	11.016 l/dia 11 m ³ /dia	330,00
Restaurante Universitário	2000 refeições	25 l/refeição	50.000 l/dia 50,00 m ³ /dia	1.000,00 *
CONSUMO TOTAL				2.686,00
*No total do consumo não foi considerado o valor referente ao restaurante universitário, pois o mesmo ainda não está construído.				

Fonte: Autora (2018)

Quanto ao efluente gerado, devido à unidade não ser atendida por rede coletora de esgoto, todo o efluente gerado é tratado através de sistemas individuais e destino final de esgoto (sistemas fossa- sumidouro ou fossa-filtro), mas que representam sempre um problema sob o

aspecto técnico, pois considerando que a área apresenta terreno caracterizado por solo raso e formações rochosas, torna-se complicado solucionar o destino final do efluente tratado.

Estado

Para avaliação do estado atual, devem ser considerados os aspectos quantitativos e qualitativos, ou seja, a disponibilidade hídrica (fontes de abastecimento) e a qualidade das águas. O abastecimento é realizado através da Companhia Pernambucana de Saneamento - Compesa. Como a região é afetada pela baixa disponibilidade hídrica, por longos períodos o abastecimento é complementado através de carros pipa. A unidade também possui dois poços, utilizados apenas para criação de animais e irrigação. Como o abastecimento é realizado por água proveniente da concessionária, esta atende aos padrões de potabilidade; sob o ponto de vista qualitativo a água dos poços precisa ser realizado o levantamento da vazão e a análise laboratorial, a fim de avaliar o padrão de qualidade e o potencialidade para uso em outras atividades.

Impacto

Com objetivo de avaliar o impacto, foi identificado se ocorre poluição de mananciais, devido ao lançamento de efluentes, conseqüente redução da disponibilidade hídrica. Quanto à poluição de mananciais, pela inexistência de curso de água no terreno, não ocorre poluição. Já no que trata da disponibilidade hídrica, considerando os baixos índices pluviométricos da região, as altas temperaturas e a elevada demanda por água na unidade, existe um desequilíbrio, resultando na redução da disponibilidade desse recurso natural.

De acordo com as recomendações de Carmo et al. (2008), a incorporação de água como um ativo comercial, denotando valor a este, gera conflitos inter-setoriais. Outrossim, este ativo, abundante em partes do Brasil, ainda necessita de melhores formas de controle do acesso e de uso, visto que tal recurso é transferido indiretamente para outros países na forma de *commodities*, suprimindo a demanda destes por recurso agropecuários indispensável ou com baixa produção local. Neste sentido, para os autores, a adoção do conceito de "água virtual" (água demandada para produção de determinada *commodity*) pode ser positivo, auxiliando na criação de um amplo quadro legal para a proteção e racionalização do uso da água, auxiliando o estudo da gestão deste recurso, indo além do indicador vazão da água utilizada, especialmente no que tange aos setores que apresentam maior demanda hídrica, como agropecuária e indústria. Este é um fato relevante, sendo fonte de conflito potencial entre os diversos setores de consumidores e produtores. Por parte dos Institutos de Ensino Superior, apesar de serem demandadores diretos de baixa vazão *per capita*, estimulam setores demandadores de água, visando suprir outras demandas da própria comunidade acadêmica.

Resposta

Como resposta aos problemas ambientais decorrentes do atual modelo de gestão dos recursos hídricos, deverão ser elaborados e implementados os serviços de monitoramento e manutenção do sistema hidráulico, a fim de corrigir perdas na distribuição; os projetos para implantação de fontes alternativas de abastecimento, para usos menos exigentes e de tecnologias mais econômicas; e dos projetos voltados à redução do uso de água potável e de educação ambiental, a fim de contribuir na melhoria de gestão desse recurso. Para além destes pontos, Soriano et al. (2016) assinalam a necessidade de que sejam implantadas ações preventivas para atuação nos diversos estágios de gerenciamento de risco de desastres (prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação), buscando o desenvolvimento de estratégias que diminuam a condição de risco devido à questões hídricas.

5.2 Fontes alternativas para abastecimento e suas potencialidades

5.2.1 Águas Pluviais

Para o cálculo da capacidade de captação de água pluvial foram aplicadas as diretrizes previstas na NBR 15527 (ABNT, 2007), sendo utilizada a equação 1.

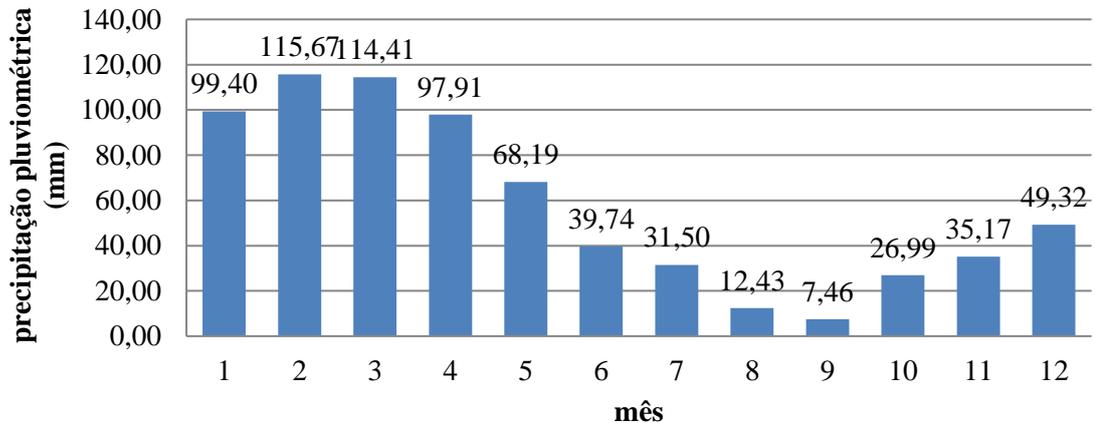
Desta forma, para o cálculo do volume de chuva aproveitável (V), inicialmente foi realizado levantamento dos dados referentes a precipitação média (P). A base de dados utilizada é composta da série temporal do total de precipitação mensal referentes ao período de 01 de junho de 1998 a 01 de junho de 2018 (totalizando 21 anos) e os dados foram obtidos no site da Agência Pernambucana de Águas e Clima - APAC (Tabela 2) (gráfico 1).

Tabela 2 - Médias mensais de precipitação pluviométricas de Serra Talhada-PE para o período de junho de 1998 a junho de 2018

Posto Meteorológico	Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Serra Talhada (IPA)	1998	-	-	-	-	-	13,4	12,2	11,2	-	-	7,8	38,6
Serra Talhada (IPA)	1999	71,1	52,8	81,3	25,2	65,5	1,4	28	-	-	26,2	118,6	99,2
Serra Talhada (IPA)	2000	34,1	171,4	93,3	174,5	16,4	32,9	22,7	17,6	11,3	-	10,2	104,2
Serra Talhada (IPA)	2001	20,2	142,9	189,4	10,8	29,8	56,5	57,7	-	-	13	15,2	68,8
Serra Talhada (IPA)	2002	197,8	22,1	140,4	25,2	66,2	11,2	55,5	-	-	3,4	-	14
Serra Talhada (IPA)	2003	162,3	144,8	109,1	93,5	56,4	-	-	-	-	2,4	61	-
Serra Talhada (IPA)	2004	490,7	195,4	31,6	78,8	70,7	29,5	27,9	23,9	2,3	-	11,4	30,5
Serra Talhada (IPA)	2005	52,4	44,7	234,9	63	77	88,4	16,7	23	-	-	-	94,7
Serra Talhada (IPA)	2006	9	146,1	194,9	174,6	39,2	23,4	21,3	0,3	7,7	3,4	17,9	-
Serra Talhada (IPA)	2007	4,4	352,1	185,1	54,2	52,5	-	-	-	-	-	-	-
Serra Talhada (IPA)	2008	-	-	-	-	-	32,1	38,2	2,5	-	-	-	4
Serra Talhada (IPA)	2009	138,3	173,3	102	179	370,3	28,9	-	27,2	-	52	10,6	25,4
Serra Talhada (IPA)	2010	135,1	117,1	6,9	138,2	27,3	44,9	20,4	-	0,8	93,6	-	97,7
Serra Talhada (IPA)	2011	75,8	5,8	180,1	151,6	116,4	-	13,2	20,3	-	31,7	38	11,2
Serra Talhada (IPA)	2012	-	132,5	4,2	-	14	-	8,8	1,2	-	-	1,6	1
Serra Talhada (IPA)	2013	87,6	16,3	23,7	128,7	55	28,4	42,6	-	-	-	-	216
Serra Talhada (IPA)	2014	35,8	122	160,2	77,9	109,9	8,6	27,3	17,5	-	17,2	126,1	6,1
Serra Talhada (IPA)	2015	28,6	65,1	116,7	37,9	23,5	41,9	63,1	3,2	-	-	-	15,4
Serra Talhada (IPA)	2016	184,6	27,2	120,5	37,3	38,9	19,9	-	-	15,2	-	-	-
Serra Talhada (IPA)	2017	31,1	112,8	100,7	143,6	31,6	174,4	48,4	1,3	-	-	3,6	11,6
Serra Talhada (IPA)	2018	30,3	153,4	98,8	168,3	35,1	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA MENSAL DE PRECIPITAÇÃO (mm)		99,40	115,67	114,41	97,91	68,19	39,74	31,50	12,43	7,46	26,99	35,17	49,32

Fonte: APAC

Gráfico 1 - Médias mensais de precipitação pluviométricas de Serra Talhada-PE para o período de junho de 1998 a junho de 2018



Fonte: Autora (2018)

A partir da análise dos dados, pode-se observar que o município apresenta precipitações médias anuais em torno de 698 mm, concentradas principalmente entre os meses de janeiro a maio. Com base na série histórica de precipitação, percebe-se uma elevada variabilidade em relação ao total anual, apresentando um padrão sazonal de precipitação. Segundo Dos Santos (2012) a variação da pluviosidade média mensal resulta da heterogeneidade temporal da distribuição da precipitação na região semiárida de Pernambuco.

Para o cálculo da área de captação A (m^2) das edificações, após pesquisa de dados e foi realizado levantamento de campo, sendo verificado que a UAST possui várias edificações sendo todas caracterizadas por possuírem coberta com superfície inclinada, sendo a maior parte com material do tipo fibrocimento (similar ao antigo cimento amianto), exceto duas edificações onde funcionam a pós-graduação, que possuem coberta em telha cerâmica e a quadra poliesportiva que possui telha metálica (figuras 20, 21, 22 e 23).

Figura 21 - Coberta em fibrocimento da passarela de ligação



Fonte: Autora (2018)

Figura 20 - Coberta em fibrocimento dos blocos de salas de aula



Fonte: Autora (2018)

Figura 23 - Coberta metálica da quadra

Fonte: Autora (2018)

Figura 22 - Coberta em telha cerâmica dos blocos da pós graduação

Fonte: Autora (2018)

Durante a análise das plantas e levantamento de campo foi constatado que, devido a elevada extensão do terreno, quantidade e locação das edificações (Tabela 3), seria melhor fazer um zoneamento de forma a agrupar os edifícios, o que resultou em três zonas (conforme planta do apêndice A). Este agrupamento visa realizar o estudo do volume por setor, o que simplifica a viabilidade de uma futura implantação do sistema de captação e distribuição das águas de reúso e o dimensionamento dos reservatórios de armazenamento.

Conforme levantamento de campo também foi identificada a complexidade em se obter os dados necessários ao cálculo da área de captação da cobertura considerando a superfície inclinada, conforme estabelecido na ABNT NBR 10844/1989. Desta forma, esse parâmetro foi calculado de acordo com o método prático inglês previsto na ABNT NBR 15527/2007, que estabelece que o valor da área de captação A (m^2) corresponde ao valor numérico da área de coleta em projeção.

Tabela 3 – Área e tipo de cobertura das edificações

	Edifício/ tipologia	Área de cobertura	Tipo da cobertura
ZONA 01	Bloco A – Oficina/garagem	370,00	Superfície inclinada; Tipo kalhetão em fibrocimento;
	Bloco B – Administrativo e acadêmico	368,44	Superfície inclinada; Tipo kalhetão em fibrocimento;
	Bloco C – Administrativo e acadêmico	368,44	Superfície inclinada; Tipo kalhetão em fibrocimento;
	Bloco D – Administrativo	361,17	Superfície inclinada; Tipo kalhetão em fibrocimento;
	Bloco E - Auditório	319,03	Superfície inclinada; Tipo kalhetão em fibrocimento;
	Bloco F– Administrativo e acadêmico	414,86	Superfície inclinada; Tipo kalhetão em fibrocimento;
	Bloco G– Administrativo e acadêmico	366,73	Superfície inclinada; Tipo kalhetão em fibrocimento;
	Bloco H– Administrativo e acadêmico	366,73	Superfície inclinada; Tipo kalhetão em fibrocimento;
	Bloco Laboratórios antigos	172,51	Superfície inclinada; Tipo kalhetão em fibrocimento;
	Bloco Aquicultura	91,35	Superfície inclinada; Tipo ondulada 8mm em fibrocimento;
	Bloco Ecologia e Sistemas aquáticos	27,83	Superfície inclinada; Tipo ondulada 8mm em fibrocimento;
	Casa 01- Pós graduação e biotério	190,16	Cerâmica tipo canal
	Casa 02- Pós Graduação	276,41	Cerâmica tipo canal
	Blocos de Sala de Aula	2.370,00	Superfície inclinada; Tipo kalhetão em fibrocimento;
	ÁREA TOTAL DE COBERTA ZONA 01	6.063,66	
ZONA 02	Cantina	257,81	Superfície inclinada; Tipo kalhetão em fibrocimento;
	Bloco Administrativo/ Prefeitura Universitária	312,00	Superfície inclinada; Tipo ondulada 8mm em fibrocimento;
	Galpão de transportes	1.101,07	Superfície inclinada; Tipo kalhetão em fibrocimento;

	Galpão Almoarifado	367,07	Superfície inclinada; Tipo calhetão em fibrocimento;
	Galpão Fábrica Ração	384,00	Superfície inclinada; Tipo calhetão em fibrocimento;
	ÁREA TOTAL DE COBERTA ZONA 02	2.421,95	
ZONA 03	Quadra Poliesportiva Coberta	1.317,92	Superfície inclinada; Telha metálica;
	Galpão Hidráulica	384,00	Superfície inclinada; Tipo calhetão em fibrocimento;
	Blocos para Professores	1.315,80	Superfície inclinada; Tipo calhetão em fibrocimento;
	Blocos de Laboratórios	1.315,80	Superfície inclinada; Tipo calhetão em fibrocimento;
	Casas de Estudante	1.666,60	Superfície inclinada; Tipo calhetão em fibrocimento;
	Biblioteca e Auditório	1.623,72	Laje plana impermeabilizada;
	ÁREA TOTAL DE COBERTA ZONA 03	7.623,84	
	ÁREA TOTAL DE COBERTA DO CAMPUS/ ÁREA DE CAPTAÇÃO	16.109,45	

Fonte: Autora (2018)

Para o cálculo do coeficiente de escoamento superficial da cobertura (C), considerando o tipo de cobertura encontrado nas edificações adotou-se o coeficiente do cimento amianto, para quase todos os edifícios, por possuírem características semelhantes às de fibrocimento. Apenas para as casas 01 e 02 (Pós-Graduação) é que foi adotado o coeficiente das telhas cerâmicas, que assim como às de fibrocimento é de 0,8 a 0,9. Quanto ao coeficiente de eficiência do sistema foi adotado 0,95.

Considerando que, dizer que em uma região choveu 100 mm significa que em uma área de 1 m² a lâmina de água formada pela chuva que caiu apresenta uma altura de 100 milímetros, esse volume pode ser obtido calculando o volume do paralelepípedo de 1 m² de área da base e altura de 100 mm = 0,1 metros. Assim, uma vez que 1m³= 1000 litros, uma chuva de 100 mm equivale a um volume em litros, de: $V = 0,1 \times 1000 = 100$ litros.

Desta forma, baseando-se na ABNT 15527/2007, para o cálculo da capacidade de captação de água foram considerados os seguintes parâmetros: dados da média histórica de precipitação mm/mês; cálculo das áreas de cobertura para captação por zona; coeficiente de Runoff para o tipo de telha existente de 0,8 e o coeficiente de eficiência de é de 0,95. Com base nessess parâmetros verificou-se a seguinte capacidade captação por zona (Tabelas 4, 5, 6 e 7).

Tabela 4 - Capacidade de captação de água de chuva – Zona 1**CÁLCULO DA CAPACIDADE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA – ZONA 01**

Mês	Precipitação média mensal (P) mm/mês	Área de captação (A) m ²	Coefficiente de escoamento superficial (C)	Coefficiente de eficiência do sistema (n)	Volume de chuva aproveitável (V) litros	Volume de chuva aproveitável (V) m ³
Jan	99,4	6.063,66	0,8	0,95	458.073,13	458,07
Fev	115,67	6.063,66	0,8	0,95	533.051,50	533,05
Mar	114,41	6.063,66	0,8	0,95	527.244,94	527,24
Abr	97,91	6.063,66	0,8	0,95	451.206,64	451,21
Mai	68,19	6.063,66	0,8	0,95	314.245,54	314,25
CAPACIDADE TOTAL DE CAPTAÇÃO PERÍODO DE CHUVAS					2.283.821,75	2.283,82
Jun	39,74	6.063,66	0,8	0,95	183.137,08	183,14
Jul	31,5	6.063,66	0,8	0,95	145.164,02	145,16
Ago	12,43	6.063,66	0,8	0,95	57.282,18	57,28
Set	7,46	6.063,66	0,8	0,95	34.378,53	34,38
Out	26,99	6.063,66	0,8	0,95	124.380,22	124,38
Nov	35,17	6.063,66	0,8	0,95	162.076,78	162,08
Dez	49,32	6.063,66	0,8	0,95	227.285,38	227,29
CAPACIDADE TOTAL DE CAPTAÇÃO PERÍODO DE ESTIAGEM					933.704,20	933,70

Tabela 5 - Capacidade de captação de água de chuva – Zona 2**CÁLCULO DA CAPACIDADE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA – ZONA 02**

Mês	Precipitação média mensal (P) mm/mês	Área de captação (A) m ²	Coefficiente de escoamento superficial (C)	Coefficiente de eficiência do sistema (n)	Volume de chuva aproveitável (V) litros	Volume de chuva aproveitável (V) m ³
Jan	99,4	2.421,95	0,8	0,95	182.963,79	182,96
Fev	115,67	2.421,95	0,8	0,95	212.911,69	212,91
Mar	114,41	2.421,95	0,8	0,95	210.592,43	210,59
Abr	97,91	2.421,95	0,8	0,95	180.221,17	180,22
Mai	68,19	2.421,95	0,8	0,95	125.516,11	125,52
CAPACIDADE TOTAL DE CAPTAÇÃO PERÍODO DE CHUVAS					912.205,19	912,21
Jun	39,74	2.421,95	0,8	0,95	73.148,70	73,15
Jul	31,5	2.421,95	0,8	0,95	57.981,48	57,98
Ago	12,43	2.421,95	0,8	0,95	22.879,68	22,88
Set	7,46	2.421,95	0,8	0,95	13.731,49	13,73
Out	26,99	2.421,95	0,8	0,95	49.680,01	49,68
Nov	35,17	2.421,95	0,8	0,95	64.736,79	64,74
Dez	49,32	2.421,95	0,8	0,95	90.782,44	90,78
CAPACIDADE TOTAL DE CAPTAÇÃO PERÍODO DE ESTIAGEM					372.940,58	372,94

Fonte: Autora (2018)

Tabela 6 - Capacidade de captação de água de chuva – Zona 3

CÁLCULO DA CAPACIDADE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA – ZONA 03

Mês	Precipitação média mensal (P) mm/mês	Área de captação (A) m ²	Coefficiente de escoamento superficial (C)	Coefficiente de eficiência do sistema (n)	Volume de chuva aproveitável (V) litros	Volume de chuva aproveitável (V) m ³
Jan	99,4	7.623,84	0,8	0,95	575.935,37	575,94
fev	115,67	7.623,84	0,8	0,95	670.205,68	670,21
mar	114,41	7.623,84	0,8	0,95	662.905,09	662,91
abr	97,91	7.623,84	0,8	0,95	567.302,13	567,30
mai	68,19	7.623,84	0,8	0,95	395.100,93	395,10
CAPACIDADE TOTAL DE CAPTAÇÃO PERÍODO DE CHUVAS					2.871.449,20	2.871,45
jun	39,74	7.623,84	0,8	0,95	230.258,27	230,26
jul	31,5	7.623,84	0,8	0,95	182.514,73	182,51
ago	12,43	7.623,84	0,8	0,95	72.020,89	72,02
set	7,46	7.623,84	0,8	0,95	43.224,12	43,22
out	26,99	7.623,84	0,8	0,95	156.383,26	156,38
nov	35,17	7.623,84	0,8	0,95	203.779,14	203,78
dez	49,32	7.623,84	0,8	0,95	285.765,92	285,77
CAPACIDADE TOTAL DE CAPTAÇÃO PERÍODO DE ESTIAGEM					1.173.946,33	1.173,95

Fonte: Autora (2018)

Tabela 7 - Capacidade total de captação de água de chuva

CÁLCULO DA CAPACIDADE MÉDIA DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA - ANUAL

Zona	Precipitação média anual (P) mm/ano	Área de captação (A) m ²	Coefficiente de escoamento superficial (C)	Coefficiente de eficiência do sistema (n)	Volume de chuva aproveitável (V) litros ; m ³
01	698	6.063,66	0,8	0,95	3.216.650,35 litros 3.216,65 m ³
02	698	2.421,95	0,8	0,95	1.284.796,03 litros 1.284,79 m ³
03	698	7.623,84	0,8	0,95	4.044.294,64 litros 4.044,29 m ³
TOTAL					8.545,74 m³

Fonte: Autora (2018)

A partir da análise dos dados obtidos com base no cálculo da capacidade captação, fica evidenciado que a implantação de um sistema de coleta de águas pluviais na universidade resultaria na captação de um volume representativo de água. Além do cálculo da capacidade captação ao da água de chuva, a fim de avaliar a potencialidade desse recurso, também foi necessário levantar as características das instalações físicas existentes.

De acordo com dados obtidos no levantamento de campo foi verificado que os telhados das edificações apresentam bom estado de conservação, sendo possível a instalação de calhas

para a coleta das águas pluviais. Também foi observado que os Blocos A ao H da zona 01 já possuem calha e rede de coleta de águas pluviais, que hoje são encaminhados para um grande reservatório inferior, mas esse não está funcionando pois sua estrutura apresenta grandes rachaduras que resultam em vazamentos. Durante os levantamentos documentais e de campo foi igualmente observado que o terreno apresenta topografia acidentada e elevada extensão.

Desta forma, partindo do zoneamento que foi estabelecido, é possível a construção de três redes distintas de coleta de águas pluviais que sejam direcionados a reservatório inferiores sem a necessidade de estações elevatórias, pois o terreno conta com uma declividade natural acentuada, sendo possível tirar partido dessa característica para fazer com que o sistema de coleta funcione por gravidade, sendo necessária apenas a construção de um castelo de água, a fim de abastecer a rede de distribuição de água de reúso, destinada a fins secundários. Assim, as estruturas poderão ser dimensionadas de modo a demandar um menor consumo de energia, apresentado maior viabilidade técnica e financeira de implantação.

Já os dados referentes às instalações físicas da universidade e ao cálculo da capacidade captação da água de chuva, demonstram que, por se tratar de região semiárida, caracterizada pela escassez de recursos hídricos e conseqüente baixa disponibilidade hídrica, apesar de apresentar baixos índices de precipitações pluviométrica, com médias em torno de 698 mm/ano, devido ao fato de a universidade possuir elevadas áreas de captação, as águas pluviais apresentam elevado potencial, podendo o campus obter no mês mais chuvoso um volume de chuva aproveitável de aproximadamente 1.415 m³.

Quanto à real potencialidade desse recurso enquanto fonte de abastecimento, somente a partir do cruzamento das informações referentes à potencialidade das fontes alternativas com o consumo de água não potável é que será possível fazer um estudo conclusivo.

5.2.2 Águas subterrâneas

A partir do levantamento de campo foi identificado que a unidade possui dois poços em funcionamento (Figuras 24 e 25) porém, atualmente nestes poços não existe monitoramento da quantidade nem da qualidade da água, pois não possuem hidrômetro para o acompanhamento do controle efetivo da vazão, nem a água é submetida a análises laboratoriais. Esses poços são utilizados para abastecer a área pesquisas com irrigação (poço 01) e para abastecer o setor de zootecnia, possuindo o primeiro uma vazão de aproximada de 2000 l/hora e o segundo uma vazão de 800 l/hora.

Figura 24 - Poço 01

Fonte: Autora (2018)

Figura 25 -Poço 02

Fonte: Autora (2018)

Considerando que o conhecimento da qualidade da água é essencial para a definição do tratamento mais adequado e da viabilidade de seu uso (MAY, 2004), foram coletadas amostras para análise laboratorial dos parâmetros físico- químicos e microbiológicos.

De acordo com a resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 2005, os parâmetros são definidos em limites aceitáveis das substâncias presentes de acordo com o uso da água. Dessa forma, legislações como o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº05/ 2017 do Ministério da Saúde e a resolução 357 do CONAMA tratam do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e estabelecem os padrões microbiológico, físico e químico a serem atendidos.

Na avaliação da qualidade da água as impurezas são retratadas por suas características físicas, químicas e microbiológicas, sendo possível classificar a água por seu conteúdo mineral, caracterizar a sua potabilidade e presença de substâncias tóxicas. (MESTRINHO, 2013).

Os aspectos físicos da água são avaliados a partir dos parâmetros: turbidez, cor, odor, condutividade elétrica, salinidade e sólidos. Nas características químicas são analisados: pH, acidez, alcalinidade, dureza, metais pesados, etc. Nas características microbiológicas são analisados: a contaminação por dejetos humanos e de animais, coliformes fecais e coliformes termotolerantes.

Após a análise físico-química e microbiológicas das águas provenientes dos poços existentes no Campus (anexos 01, 02 e 03), constatou-se que quanto aos aspectos microbiológicos a água do poço 1, do ponto de vista microbiológico, está fora dos padrões de potabilidade exigidos pela portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde que dispõe sobre a

qualidade da água para o consumo humano, enquanto a mostra do poço 2 apresentou resultado negativo para o teste realizado, atendendo aos padrões exigidos pela referida portaria.

Quanto aos aspectos físico-químicos a água atende aos valores máximos permitidos para consumo humano pela resolução do pela Portaria nº 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde, com exceção dos parâmetros referentes à dureza total e ao manganês. Também foi observada elevada condutividade elétrica, parâmetro que não possui valor máximo de referência normatizado, mas que interfere de forma direta na qualidade da água.

A condutividade elétrica é a capacidade de uma substância conduzir a corrente elétrica e está diretamente ligada ao teor de sais dissolvidos sob a forma de íons. É um parâmetro importante para controlar e determinar o estado e a qualidade de água (Quadro 6), capaz de mostrar modificações na composição dos corpos d'água, mas que não especifica quantidades e componentes (PIÑEIRO DI BLASI et al., 2013). Valores elevados da condutividade elétrica indicam que a água tem sabor desagradável, e podem causar problemas digestivos.

Quadro 6 - Classificação da água quanto aos valores de condutividade elétrica

Condutividade	Mineralização	Qualidade da água
< 100 $\mu\text{S/cm}$	Muito fraca	Excelente
100 $\mu\text{S/cm}$ - 200 $\mu\text{S/cm}$	Fraca	Excelente
200 $\mu\text{S/cm}$ - 400 $\mu\text{S/cm}$	Pouco acentuada	Excelente
400 $\mu\text{S/cm}$ - 600 $\mu\text{S/cm}$	Média	Boa
600 $\mu\text{S/cm}$ - 1000 $\mu\text{S/cm}$	Importante	Utilizável
>1000 $\mu\text{S/cm}$	Excessiva	Difícilmente utilizável
>1500 $\mu\text{S/cm}$	Excessiva	Não utilizável na rega

Fonte: Mendes e Oliveira (2004)

Os Sólidos totais dissolvidos (STD) correspondem ao peso total de minerais constituintes na água, por unidade de volume e estão relacionados diretamente com a condutividade elétrica (MESTRINHO, 2013; ARAÚJO E OLIVEIRA, 2013). Esse parâmetro é usado em laboratório de rotina como medida da salinidade da água e/ ou dos efeitos causados por alguma atividade antrópica que afete um corpo d'água (VAN NIEKERK et al., 2014).

Segundo o padrão de potabilidade da Organização Mundial da Saúde (OMS), o limite máximo permissível de STD (Sólidos Totais Dissolvidos) na água é de 1.000mg/L.

Quanto a classificação das águas, de acordo com resolução nº 357, de 17 de março de 2005 do CONAMA ambas as amostras foram classificadas como salobra, uma vez que apresentaram valores compreendidos entre (501 a 1.500 mg/l). Observou-se que apesar de salobras as amostras de água tanto do Poço 1 quanto do Poço 2 atenderam ao estabelecido pela Portaria nº 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde, uma vez que apresentaram resultados de

concentração de 877 mg/l e 811 mg/l respectivamente, atendendo ao valor máximo permitido que é de 1000 mg/L.

No que diz respeito à dureza total refere-se a concentração de cátions multimetálicos em solução, sendo influenciada pela geologia da bacia de drenagem. As principais fontes de dureza são a dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio, exemplificando, as rochas calcárias e os despejos industriais (VON SPERLING, 2007). A partir da concentração dos íons, no que se refere a dureza a água pode ser classificada em:

I - Água branda – 0 a 40 mg/l

II – Água moderada – 40 a 100 mg/l

III – Água dura – 100 a 300 mg/l

IV- Água muito dura – 300 a 500 mg/l

V – Água extremamente dura – acima de 500 mg/l

A análise das amostras dos poços apresentaram valor da dureza total de 616,20 mg/l e 562 mg/l, valores acima dos 500 mg/l estabelecidos pela portaria, possivelmente decorrente da caracterização do tipo de solo, que apresenta elevados teores de cálcio e magnésio.

Quanto ao manganês, é considerado tóxico e está classificado como metal pesado. O acúmulo desse material no corpo humano, devido à ingestão de água com concentração excessiva, pode causar graves problemas de saúde. As amostras analisadas dos poços apresentaram resultados de 0,2 e 0,3 mg/l, acima do valor máximo de 0,1 mg/l previsto na portaria do MS.

Desta forma, considerando os parâmetros apresentados, para que essas águas atendam aos padrões exigidos e tornem-se potável é necessário que antes de utilizá-las para consumo humano elas passem por um tratamento capaz de remover o manganês e de reduzir a concentração de sais nela presente, a fim de reduzir de forma significativa a salinidade e conseqüentemente a condutividade elétrica e a dureza total. O resultado esperado pode ser alcançado de duas formas distintas:

- Combinação de dois tratamentos: o abrandamento, que pode ser por precipitação química ou por troca iônica (utilizado para a redução da dureza) e filtro desferrizador (para a retirada do manganês);
- Tratamento por osmose reversa: tecnologia que consiste em um processo de filtração físico-químico, no qual a água passa por uma membrana semipermeável capaz de reter grande parte dos componentes orgânicos e até 99,7% dos sais dissolvidos (FARRUGIA, 2013). Essa tecnologia, além da dessalinização também tem outras aplicações como produção de produtos químicos e processo de hemodiálise, pois a osmose reversa

garante que a água tratada apresente grau de pureza mais elevado que outros tratamentos.

Tratamento por Osmose Reversa

Um dos fatores determinantes no estudo de viabilidade da implantação de um sistema de dessalinização é a existência de condições adequadas para a deposição da água de rejeito (WHO, 2007). A disposição do rejeito ou concentrado gerado pelo processo de dessalinização de águas é o principal problema ambiental. A disposição desse rejeito em local inadequado resulta em impactos ambientais como: erosão e salinização do solo, alteração da flora, salinização de águas superficiais e subterrâneas, proliferação de algas e microorganismos, isto deve-se ao fato de que a água de rejeito gerada no processo corresponde a aproximadamente 60% da água bruta inicialmente tratada por osmose reversa e possui uma concentração de sais superior à salinidade da água original (ANDERS et al., 2016).

Além do concentrado salino, esse processo gera outros resíduos, produtos de limpeza, reagentes, e outras partículas, que deveriam ter tratamento específico (neutralizados, reutilizados ou eliminados) (MALMROSE et al., 2004), mas geralmente são descartados juntamente com a água de rejeito/ concentrado, aumentando o impacto ambiental (MEZHER et al., 2011).

Para a deposição adequada do concentrado podem ser utilizadas diferentes técnicas (Quadro 7), apesar da descarga em águas superficiais ser a técnica que se apresenta mais prejudicial ao meio ambiente, é a opção mais utilizada devido aos seus baixos custos (MÜNK, 2008).

Quadro 7 - Distribuição de utilização de diferentes técnicas de deposição do concentrado

Método de Deposição do Concentrado	Frequência de Utilização (% de unidades de dessalinização)
Descarga de Águas Superficiais	45
Descarga em Esgoto - ETAR	42
Injeção em Poços Profundos	9
Lagoas de Evaporação	2
Irrigação por Spray	2
Técnica ZLD ("Zero Liquid Discharge")	0

Fonte: WHO (2007)

Diante deste problema, com o objetivo de minimizar os impactos ambientais decorrentes do processo de dessalinização, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) desenvolveu um projeto que passou a fazer parte do programa do Ministério do Meio Ambiente-MMA, o Programa Água Doce – PAD.

Esse programa tem por objetivo a implantação de uma política pública permanente de acesso à água de boa qualidade, destinada ao consumo humano das populações de baixa renda atingidas pelo problema da escassez hídrica nas regiões do semiárido, promovendo e disciplinando a implantação, a recuperação e a gestão de sistemas de dessalinização através do processo de osmose reversa.

O diferencial desse programa consiste em ter incorporado ao seu escopo a preocupação com o uso sustentável do rejeito decorrente do processo, desta forma, o sistema integrado de dessalinização é composto das seguintes etapas: Captação: a partir do uso de bombas; Pré-tratamento; tratamento propriamente, onde a água vai para um recipiente de pressão fechado que possui uma membrana semipermeável, resultando em dois fluxos distintos (um de água tratada e um de rejeito salino (concentrado) que é enviado para tanques de criação de tilápia e, após ser enriquecido com matéria orgânica do pescado, o efluente é aproveitado para a irrigação da erva sal (*Atriplex nummularia*), e finalmente o uso da forragem na produção de feno para a engorda de ovinos e/ou caprinos (Figura 26) (MMA/PAD, 2010).

A formação de meio líquido para a criação de tilápias, espécies que são capazes de crescer e reproduzir tanto em águas doces como em águas salgadas, consiste na escavação e impermeabilização do solo para a construção de viveiros, que receberão o concentrado oriundo do processo de dessalinização e as tilápias (PORTO et al., 2004).

Já o cultivo irrigado de plantas halófilas, como a erva-sal (*Atriplex numulária*), deve-se ao fato de que essa espécie tem se mostrado com grande potencial forrageiro, principalmente quando irrigada com a água salobra, e possui como principais características suportar altos níveis de salinidade do complexo solo-água-planta e acumular significativas quantidades de sais em seus tecidos, fazendo com que essas espécies funcionem como um dessalinizador biológico do solo (PORTO et al., 2004).

No que se refere à engorda de animais, a caprino-ovinocultura é a atividade de sequeiro do semiárido que apresenta maior capacidade de sustentabilidade, porém, nas épocas de grandes estiagens os animais sofrem grande perda de peso, devido à falta de disponibilidade de forragem. Diante desse cenário, surge o cultivo da erva-sal (*Atriplex numulária*) como fonte de alimento para esses animais (PORTO et al, 2004).

Figura 26 – Esquema do Sistema de dessalinização adotado pela PAD



Fonte: MMA/PAD (2010)

Estudos concluem ser viável no semiárido a adoção dessa solução para o tratamento efluente do rejeito, o que possibilita o uso sustentável do processo de dessalinização para abastecimento, e ainda gera oferta de alimento e incremento nas atividades socioeconômicas da região. No caso específico da UAST, por se tratar de uma instituição que possui cursos direcionados a área rural, tais como agronomia, zootecnia e pesca, seria perfeitamente aplicável a utilização sustentável da água de rejeito para fins como a criação de tilápias, alimentação de animais ou cultivo irrigado de algumas espécies.

Além da possibilidade dessa solução para a água de rejeito, não deve ser descartada a possibilidade do uso dessa água para pontos de consumo nos quais não seja necessário alimentar com água potável, tais como os vasos sanitários. Desta forma, independente da solução a ser adotada, quanto ao aspecto ambiental a implantação de um sistema de dessalinização não resultaria em grandes impactos, já sob os aspectos técnicos e financeiros, se faz necessário a realização de avaliação do custo x benefício da instalação e operação do sistema de dessalinização e tratamento por osmose reversa.

Estudo comparativo entre o valor do m³ da água proveniente do processo de dessalinização e das fontes convencionais

A fim de realizar um estudo comparativo entre o valor do m³ da água proveniente do processo de dessalinização e das fontes convencionais (rede de abastecimento e carro pipa) devem ser considerados vários aspectos referentes a cada caso especificamente.

O custo da água dessalinizada sofre influência direta de aspectos como o tamanho das instalações (planta), a natureza da água e o tipo da fonte de energia utilizada para alimentar o sistema. No que se refere ao tamanho da planta, a capacidade de produção interfere no custo pois quanto maior as instalações e capacidade de geração, o valor é proporcionalmente menor. Quanto a interferência da natureza da água no custo do processo de dessalinização, o custo do

processo para a água do mar é 3 a 5 vezes superior ao custo da dessalinização da água salobra, já que quanto maior a quantidade de sais a serem removidos mais elevado é o valor do processo (Quadro 8).

Quadro 8 - Custo da água dessalinizada de acordo com a fonte de água e a capacidade de instalação

Natureza da água de alimentação	Capacidade de produção (m ³ /dia)	Custo (€/m ³)
Água salobra	< 1.000	0,63 – 1,06
	5.000 – 60.000	0,21 – 0,43
Água do mar	< 1000	1,78 – 9,00
	1.000 – 5.000	0,56 – 3,15
	12.000 – 60.000	0,35 – 1,30
	> 60.000	0,40 – 0,80

Fonte: Adaptado de The economics of desalination for various uses

Quanto ao custo com a energia elétrica, por se tratar de um sistema autônomo, a melhor opção para o fornecimento de energia é através de energia solar, pois as condições climáticas das regiões semiáridas e ensolaradas são favoráveis ao uso desse tipo de energia renovável. Os processos de dessalinização alimentados por energia solar são usualmente divididos em duas categorias: sistemas diretos e indiretos (GAIO, 2016).

Os sistemas diretos são aqueles em que o processo de dessalinização e o ganho de calor ocorrem naturalmente no mesmo dispositivo, tal como acontece na destilação solar, já os sistemas indiretos estão divididos em dois subsistemas: a unidade de dessalinização e a unidade de produção de energia. Nessa categoria os sistemas que utilizam dispositivos fotovoltaicos geram eletricidade, sendo, portanto, ideais para funcionar com os processos de dessalinização por osmose reversa. Embora no processo de dessalinização o uso de fontes de energia renovável seja mais caro que o uso das fontes convencionais, o custo é equilibrado pelos seus benefícios ambientais (GAIO, 2016).

Para efeito de cálculo do custo da água obtida pelo processo de dessalinização através de osmose reversa, esse valor pode ser dividido em duas partes, que somadas resultará no custo total mensal ou por volume de água produzida: Custo de depreciação ou amortização (referente a implantação) e custo de operação (SALES et al, 2017).

Custo de depreciação ou amortização

É o custo referente a implantação da unidade, é o valor da compra (importação) do equipamento de dessalinização, dos equipamentos auxiliares e da instalação. Esse custo

dividido por 120 meses (10 anos), que corresponde ao tempo de vida útil da unidade, e pelo volume total de metros cúbico produzidos, resultando no valor mensal ou R\$/m³/mês.

De acordo com o porte do sistema, conforme dados do Ministério do Meio Ambiente, o custo de implantação de uma Unidade Demonstrativa Sistema de Produção Integrado é estimado em aproximadamente R\$ 300.000,00 (trezentos mil reais), incluindo a construção de toda a estrutura: Sistema de dessalinização, 2 tanques para criação de tilápia, 1 tanque para reciclagem do concentrado enriquecido em matéria orgânica (1 hectare) e uma área irrigada para cultivo da erva sal ou outras culturas Biossalinas (1 hectare), além de uma área para a fenação.

Já a implantação do Sistema Simples de Dessalinização é estimada no valor de R\$ 120 mil a R\$ 150 mil, a exemplo do sistema implantado pelo Governo do Estado do Ceará, através da Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (Semarh), que com investimento de R\$ 120 mil, concluiu em janeiro de 2018 a obra para a implantação de um sistema de dessalinização na cidade de Panon II- Ceará, que atende a uma população de aproximadamente 2000 (duas mil) pessoas.

Dessa forma, para o cálculo do custo de amortização para o tempo de 120 meses deve ser considerado um valor mensal de aproximadamente R\$ 1.000,00 (um mil reais) para um Sistema Simples de Dessalinização, ou de R\$ 2.500,00 (dois mil e quinhentos reais) para uma Unidade Demonstrativa Sistema de Produção Integrado.

Custo de operação

É o custo anual ou mensal da operação do sistema, incluindo peças de reposição, energia elétrica, produtos químicos e mão de obra especializada. Esse valor pode ser mensal ou em R\$/m³/mês.

Os custos referentes à operação de uma central de dessalinização são variáveis de acordo com o uso, frequência e qualidade da manutenção tipo do problema que surgir. Esse custo é composto por: mensais (energia elétrica, salário do operador, manutenção da bomba e da tubulação); semestrais (anti-incrustante para membranas e limpeza química); trimestrais (técnico) e; troca de membranas, pois a vida útil de uma membrana é de em torno de cinco anos (a depender do manuseio e operações) no valor aproximado de R\$ 15.000,00 (quinze mil reais). A esses gastos de operação e manutenção resultam em média R\$ 18.603,50/ano, que somados ao valor mensal correspondente a troca de membranas resultam em aproximadamente R\$ 1.800,00/ mês (SALES et al., 2017).

Desta forma, somando-se os valores do custo de implantação e de operação de uma central de dessalinização do modelo Unidade Demonstrativa Sistema de Produção Integrado, temos

um custo mensal por volta de R\$ 4.300,00 (quatro mil e trezentos reais). No caso do estudo em questão existem dois poços que somadas as vazões representam 2800 l/h, o equivalente a 67.200 l/dia. Considerando a capacidade máxima de produção de aproximadamente 2.016 m³/mês (para 24 h e 30 dias mensais) e que a perda do volume de água durante o processo de osmose reversa corresponde a 60%, temos um volume mensal produzido de aproximadamente 806m³/mês. Assim, dividindo-se o valor do custo mensal pela produção de água tratada (instalação mais operação) pelo volume mensal produzido, o valor do m³ da água tratada por osmose reversa fica de R\$ 5,33 /m³.

Já os valores das tarifas aplicadas pela concessionária responsável pelo serviço de abastecimento – Compesa, são regulamentadas conforme Resolução ARPE N 131/2018 (anexo 6), que estabelece que para a categoria de órgão público o valor do m³ da água é de R\$ 58,72 até 10 m³ e mais R\$ 8,91 /m³ adicional.

No que se refere ao valor da água fornecida por caminhão pipa, o valor de cada pipa d'água é calculado em função do volume transportado (V), da distância percorrida pelo carro-pipa cheio entre o manancial e o ponto de abastecimento, cisterna, (D) e das condições de trafegabilidade da estrada (IM – índice multiplicador⁶³). Esse cálculo do valor a ser pago é chamado Momento de Transporte (MT) que é expresso pela seguinte fórmula: $MT = V \times D \times IM$, significa dizer que o valor do litro de água é variável em virtude do MT. A fim de auxiliar no combate à seca, o Governo federal tem um programa denominado Operação Carro pipa, que consiste na distribuição de carros pipa para abastecimento das regiões semiáridas. Nesse programa o custo de oito mil litros de água é de R\$ 320,00 (trezentos e vinte reais), porém como nem todos conseguem se cadastrar para ser atendido através dessa operação, a solução na maior parte dos casos é comprar água fornecida por um carro-pipa particular, que cobra o valor aproximado de R\$ 350,00 pelos mesmos oito mil litros (8m³) de água, o que equivale ao custo de R\$ 43,75 / m³ (AZÊVEDO, 2017).

Com base nos dados acima, temos o seguinte estudo comparativo entre o custo do m³ da água proveniente dessas distintas fontes para o abastecimento (Quadro 9):

Quadro 9 - Custo do m³ da água por tipo de fonte

Fonte	Valor (R\$/m ³)
Água tratada por osmose reversa proveniente dos poços	1,06 (Euros) – equivalente a 4,60 (R\$), conforme quadro 8 5,33 (R\$) – cálculo da autora
Água tratada fornecida pela Compesa - rede de abastecimento	8,91 (R\$)
Água fornecida através de carro pipa da Compesa	2,25 (R\$) - órgão público 16,12 (R\$) - consumidor comum
Água fornecida através de carro pipa particular	43,75 (R\$)

Fonte: Autora (2018)

A partir da análise desses valores, percebe-se que apenas o valor do m³ da água fornecida pelo pipa da Compesa (R\$ 2,25) é a única inferior ao da água tratada pela O.R, porém é necessário considerar que, em se tratando de uma região caracterizada por escassez hídrica, o abastecimento por carro pipa não é suficiente para atender a demanda existente, tornando necessária a compra de pipas particulares, que possuem valor muito superior e que muitas vezes fornecem água de fonte desconhecida e qualidade questionável.

Desta forma, considerando as soluções técnicas desenvolvidas para o problema ambiental decorrente a disposição inadequada do rejeito e estudo comparativo do valor do m³, fica demonstrada a viabilidade técnica e financeira da implantação de um sistema de tratamento por osmose reversa para as águas provenientes dos poços.

Cabe salientar que somada a viabilidade técnica e financeira, devem ser consideradas as seguintes vantagens de do tratamento por osmose reversa:

- Autonomia no abastecimento;
- Garantia do fornecimento de água boa de qualidade;
- Independência do ciclo de chuvas;
- A tecnologia tem avançado e o preço se tornou competitivo.

Quanto às desvantagens, já solucionada a questão ambiental o maior problema consiste na operação e adequada manutenção do sistema, que podem resultar na ineficácia ou sucesso do tratamento. A exemplo da ilha de Fernando de Noronha, seria necessária a realização de um contrato de operação e manutenção (incluindo mão de obra e peças de reposição) com uma empresa especializada, pois se tratando de um órgão público a inexistência de um contrato como este pode resultar em problemas operacionais graves no sistema e na consequente ineficiência do tratamento.

Desta forma, a partir da análise dos estudos desenvolvidos, fica comprovado que, conforme disse Robson, a dessalinização das águas salobras é uma tecnologia concreta de desenvolvimento regional no semiárido do Nordeste brasileiro (Robson, 2017).

5.2.3 Reúso de água proveniente dos aparelhos de ar condicionado

Levantamento cadastral do número de equipamentos existentes

A partir da análise dos dados obtidos junto aos setores de engenharia e de manutenção e do levantamento de campo, foram montadas tabelas por edificação na qual foram identificados o edifício, a sala, o tipo de equipamento (ar de janela ou Split), modelo e a capacidade frigorífica

- BTU (conforme tabelas do apêndice B), sendo constatado que na unidade encontram-se instalados um total de 300 (trezentos) equipamentos.

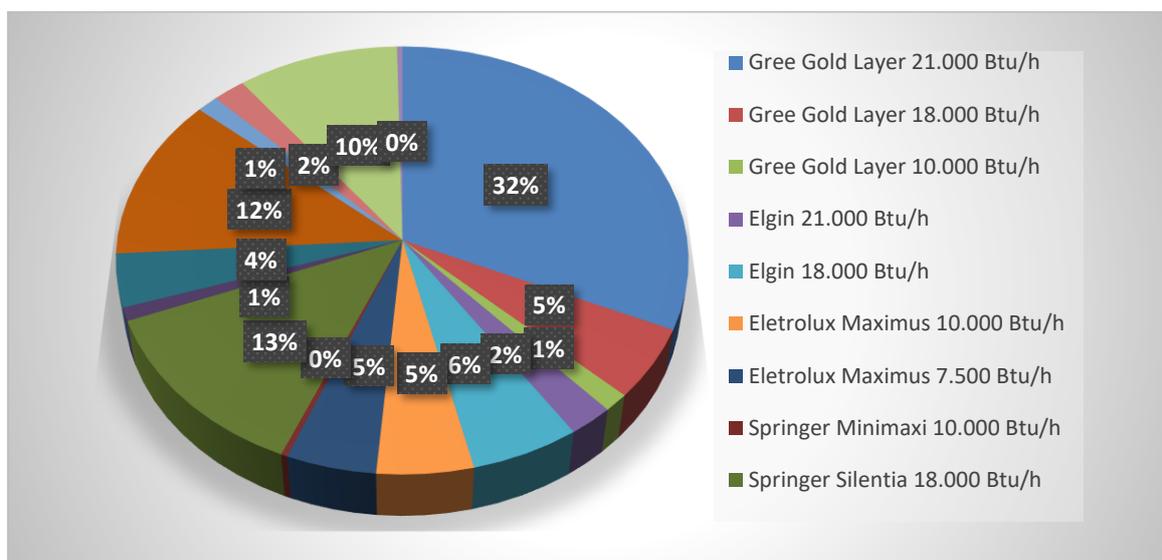
Análise dos dados para estratificação por tipologia

Com base na análise dados do levantamento cadastral, foi identificada a existência de 16 modelos diferentes. Dessa forma, foi realizada a estratificação por tipologia dos equipamentos, a fim de identificar os equipamentos que existem em maior quantidade (Tabela 8 e Gráfico 2).

Tabela 8 - Quantificação dos equipamentos por tipologia

EQUIPAMENTOS TIPO ACJ					
ITEM	TIPO	MODELO	CAPACIDADE FRIGORÍFICA	QUANTIDADE	PERCENTUAL EQUIVALENTE
1	ACJ	Gree Gold Layer	21.000 Btu/h	95	32%
2	ACJ	Gree Gold Layer	18.000 Btu/h	16	5%
3	ACJ	Gree Gold Layer	10.000 Btu/h	4	1%
4	ACJ	Elgin	21.000 Btu/h	7	2%
5	ACJ	Elgin	18.000 Btu/h	17	6%
6	ACJ	Eletrolux Maximus	10.000 Btu/h	15	5%
7	ACJ	Eletrolux Maximus	7.500 Btu/h	14	5%
8	ACJ	Springer Minimaxi	10.000 Btu/h	1	0%
9	ACJ	Springer Silentia	18.000 Btu/h	38	13%
TOTAL EQUIPAMENTOS ACJ				207	69%
EQUIPAMENTOS TIPO SPLIT					
ITEM	TIPO	MODELO	CAPACIDADE FRIGORÍFICA	QUANTIDADE	PERCENTUAL EQUIVALENTE
1	Split Hi-Wall	Midea	12.000 Btu/h	3	1%
2	Split Hi-Wall	Midea	18.000 Btu/h	12	4%
3	Split Hi-Wall	Eletrolux Eco turbo	12.000 Btu/h	37	12%
4	Split Piso – Teto	Eletrolux CI36F	36.000 Btu/h	4	1%
5	Split Hi Wall	Samsung Smart Inverter	24.000 Btu/h	6	2%
6	Split Piso – Teto	Carrier Eco Saver Puron	36.000 Btu/h	30	10%
7	Split Hi-Wall	Consul Bem Estar	12.000 Btu/h	1	0%
TOTAL EQUIPAMENTOS SPLIT				93	31%

Fonte: Autora (2018)

Gráfico 2 - Percentual equivalente dos equipamento de ar condicionado por modelo

Fonte: Autora (2018)

Seleção dos aparelhos a serem estudados por amostragem aleatória

A partir dos dados da tabela da estratificação por tipologia, para a escolha dos equipamentos a serem estudados foram considerados os modelos mais representativos, chegando-se ao total de 06 modelos tipo janela e dois tipos Split, que juntos representam 262 equipamentos, ou seja, 88% da quantidade total de equipamentos instalados na unidade (Tabela 09).

Tabela 9 - Análise estratificada dos equipamentos por tipologia

ITEM	TIPO	MODELO	CAPACIDADE FRIGORÍFICA	QUANTIDADE	PERCENTUAL EQUIVALENTE
EQUIPAMENTOS ACJ					
1	ACJ	Gree Gold Layer	21.000 Btu/h	95	32%
2	ACJ	Gree Gold Layer	18.000 Btu/h	16	5%
3	ACJ	Elgin	18.000 Btu/h	17	6%
4	ACJ	Eletrolux Maximus	10.000 Btu/h	15	5%
5	ACJ	Eletrolux Maximus	7.500 Btu/h	14	5%
6	ACJ	Springer Silentia	18.000 Btu/h	38	13%
EQUIPAMENTOS TIPO SPLIT					
7	Split Hi-Wall	Eletrolux Eco turbo	12.000 Btu/h	37	12%
8	Split Piso – Teto	Carrier Eco Saver Puron	36.000 Btu/h	30	10%
TOTAL EQUIPAMENTOS				262	88%

Fonte: Autora (2018)

A partir da identificação dos modelos a serem analisados, houve uma pesquisa baseada no levantamento cadastral a fim de identificar em que locais estão instalados esses equipamentos, de forma a escolher os de mais fácil acesso, sendo escolhidos os pontos de coleta conforme Quadro 10.

Após a identificação dos locais, as coletas foram implantadas e os resultados obtidos registrados em planilha (Tabela 10).

Quadro 10 - Pontos de coleta das águas dos drenos

PONTOS DE COLETA			
Identificação	Equipamento modelo	Capacidade	Local de coleta
Ponto 01	ACJ - Gree Gold Layer	21.000 Btu/h	Bloco de Sala de Aula 02 - Térreo – Sala de Aula 02
Ponto 02	ACJ - Gree Gold Layer	18.000 Btu/h	Bloco F - Biblioteca
Ponto 03	ACJ - Elgin	18.000 Btu/h	Bloco B- Lab. Microbiologia
Ponto 04	ACJ- Eletrolux Maximus	10.000 Btu/h	Bloco F - Biblioteca
Ponto 05	ACJ- Eletrolux Maximus	7.500 Btu/h	Bloco D- Sala NTI Servidor
Ponto 06	ACJ - Springer Silentia	18.000 Btu/h	Bloco Professores 2 Térreo - Sala 01
Ponto 07	Split Hi Wall Eletrolux Eco turbo	12.000 Btu/h	Bloco E - sala de Estudo
Ponto 08	Split Piso - Teto Carrier Eco Saver Puron	36.000 Btu/h	Bloco de Laboratórios 02 Térreo – Lab. Téc. Pescado
Ponto 09	Split Hi Wall Midea Live	18.000 Btu/h	DIGER- Diretoria Geral

Fonte: Autora (2018)

- OBS: Na ocasião da primeira coleta de campo foi acrescentado o ponto 09, por se tratar de um modelo que está sendo instalado em substituição à alguns equipamentos mais antigos.

Tabela 10 - Dados da primeira coleta (mês de agosto) para avaliação do volume gerado											
Identificação	Equipamento modelo	Capacidade	Local de coleta	Temperatura (°C) umidade (%)	Início da coleta		Fim da coleta		Tempo real de funcionamento (horas)	Volume coletado (litros)	Vazão (litros/h)
					Data	Hora	Data	hora			
Ponto 01	ACJ Gree Gold Layer	21.000 Btu/h	Bloco de Sala de Aula 02 Térreo – Sala de Aula 02	31,7 °C 26%	08/08/2018	15:30	09/08/2018	12:00	10	13	1,3
Ponto 02	ACJ Gree Gold Layer	18.000 Btu/h	Bloco F - Biblioteca	31,6 °C 23%	08/08/2018	14:30	09/08/2018	13:30	12,5	9,5	0,76
Ponto 03	ACJ Elgin	18.000 Btu/h	Bloco B- Lab. Microbiologia	30,3 °C 26%	08/08/2018	15:15	09/08/2018	13:45	8,5	3	0,36
Ponto 04	ACJ- Eletrolux Maximus	10.000 Btu/h	Bloco F - Biblioteca	31,6 °C 23%	08/08/2018	14:40	09/08/2018	13:40	12,5	0	0
Ponto 05	ACJ- Eletrolux Maximus	7.500 Btu/h	Bloco D- Sala NTI Servidor	31,6 °C 23%	08/08/2018	14:50	09/08/2018	14:50	24	2	0,08
Ponto 06	ACJ - Springer Silentia	18.000 Btu/h	Bloco Professores 2 Térreo - Sala 01	30,5 °C 29%	08/08/2018	15:50	09/08/2018	15:50	3	0	0
Ponto 07	Split Hi Wall Eletrolux Eco turbo	12.000 Btu/h	Bloco E - sala de Estudo	34,3 °C 23%	08/08/2018	14:20	09/08/2018	13:20	12,5	12,5	1
Ponto 08	Split Piso – Teto Carrier Eco Saver Puron	36.000 Btu/h	Bloco de Laboratórios 02 Térreo – Lab. Téc. Pescado	30,1 °C 30%	08/08/2018	16:20	09/08/2018	09:20	17	10	0,6
Ponto 09	Split Hi Wall Midea Live	18.000 Btu/h	Diretoria Geral	30,6 °C 31%	08/08/2018	15:00	09/08/2018	15:00	9	3	0,33

Fonte: Autora (2018)

Tabela 11 - Dados da segunda coleta (mês de dezembro) para avaliação do volume gerado

Identificação	Equipamento modelo	Capacidade	Local de coleta	Temperatura(°C) umidade (%)	Início da coleta		Fim da coleta		Tempo real de funcionamento (horas)	Volume coletado (litros)	Vazão (litros/h)
					Data	hora	Data	hora			
Ponto 01	ACJ Gree Gold Layer	21.000 Btu/h	Bloco de Sala de Aula 02 Térreo – Sala 02	31,9 °C 26%	19/12/2018	14:35	20/12/2018	09:10	3	2	0,67
Ponto 02	ACJ Gree Gold Layer	18.000 Btu/h	Bloco F - Biblioteca	27,6 °C 31%	19/12/2018	14:00	20/12/2018	08:30	7,5	2	0,27
Ponto 03	ACJ Elgin	18.000 Btu/h	Bloco B- Lab. Microbiologia	31,3 °C 31%	19/12/2018	14:10	20/12/2018	08:40	3,0	1,5	0,50
Ponto 04	ACJ- Eletrolux Maximus	10.000 Btu/h	Bloco F - Biblioteca	27,6 °C 31%	19/12/2018	13:40	20/12/2018	08:40	7	0	0
Ponto 05	ACJ- Eletrolux Maximus	7.500 Btu/h	Bloco D- Sala NTI Servidor	28,6 °C 31%	19/12/2018	13:15	20/12/2018	08:15	19	6,5	0,34
Ponto 06	ACJ - Springer Silentia	18.000 Btu/h	Bloco Professores 2 Térreo - Sala 01	32,4 °C 32%	19/12/2018	14:25	20/12/2018	08:50	3	0	0
Ponto 07	Split Hi Wall Eletrolux Eco turbo	12.000 Btu/h	Bloco E - sala de Estudo	28,6 °C 30%	19/12/2018	13:30	20/12/2018	08:30	7,5	12,5	1,67
Ponto 08	Split Piso – Teto Carrier Eco Saver Puron	36.000 Btu/h	Bloco de Laboratórios 02 Térreo – Lab. Téc. Pescado	33,3 °C 33%	19/12/2018	14:30	20/12/2018	09:00	18,5	22	1,2
Ponto 09	Split Hi Wall Midea Live	18.000 Btu/h	DIGER- Diretoria Geral	26,4 °C 34%	19/12/2018	13:45	20/12/2018	08:45	4,5	4,5	1,00

Fonte: Autora (2018)

Tabela 12 - Dados dos pontos de coleta para análise qualitativa da água proveniente dos drenos ar condicionado

DADOS DA COLETA						
Identificação do ponto	Descrição do ponto	Local de coleta	Temperatura/ Umidade	dados da coleta		
				Data	hora	Volume coletado (litros)
Ponto 01	Equipamento de Ar condicionado Tipo ACJ - modelo Gree Gold Layer 21.000 Btu/h	Bloco de Sala de Aula 02- Térreo – Sala de Aula 02	23%	09/08/2018	12:10	1,5
Ponto 02	Equipamento de Ar condicionado Tipo Split Piso - Teto modelo Carrier Eco Saver Puron 36.000 Btu/h	Bloco de Laboratórios 02 Térreo – Lab.Téc. Pescado	26%	09/08/2018	09:55	1,5

Fonte: Autora (2018)

Estudo quantitativo do volume gerado

Com intuito de elaborar um estudo que possa vir a ser implantado foi realizado um zoneamento/ setorização do campus. A partir dos dados referentes ao volume gerado por tipo/modelo de equipamento foi montada uma tabela a fim de analisar o volume aproximado gerado pelos equipamentos de acordo com a localização dos edifícios, de forma a obter o volume gerado por cada zona , conforme tabelas do apêndice C e tabelas resumo abaixo (Tabelas 13 e 14).

Tabela 13 – Resumo do volume total de água gerado pelos equipamentos de ar no período estiagem

VOLUME DE ÁGUA PROVENIENTE DOS DRENOS POR ZONA DADOS DA COLETA DE AGOSTO		
ZONA	VOLUME TOTAL GERADO (l/dia)	VOLUME TOTAL GERADO MENSAL
Zona 01	1.756,48	35.129,60 l/mês 35,12 m³/mês
Zona 02	56,00	1.120,00 l/mês 1,12m³/mês
Zona 03	113,94	2.278,80 l/dia 2,28 m³/mês
TOTAL		38,52 m³/mês

Fonte: Autora (2018)

Tabela 14 – Resumo do volume total de água gerado pelos equipamentos de ar no período chuvoso

VOLUME DE ÁGUA PROVENIENTE DOS DRENOS POR ZONA DADOS DA COLETA DE DEZEMBRO		
ZONA	VOLUME TOTAL GERADO (l/dia)	VOLUME TOTAL GERADO MENSAL
Zona 01	1.175,32	23.506,40 l/mês 23,50 m³/mês
Zona 02	93,52	1.870,40 l/mês 1,87m³/mês
Zona 03	234,00	4.680,00 l/dia 4,68 m³/mês
TOTAL		30,05 m³/mês

Fonte: Autora (2018)

A partir da análise dos dados coletados e do cruzamento de informações, foi constatado que no que se refere à quantidade de água proveniente dos drenos existe uma grande variação e que diversos fatores influenciam nesse resultado, tais como:

- Modelo e potência do equipamento;
- Tipologia/ uso da sala - pois interfere na temperatura e umidade do ambiente, em função do número de usuários;
- Tempo real de funcionamento do equipamento, em função da tipologia;
- Localização da edificação (área mais ou menos sombreada);

Desta forma, considerando que na zona 01, além do elevado número de edifícios, a tipologia das edificações (administrativo, salas de aula) são caracterizados por um maior período de funcionamento, verifica-se a significativa diferença do volume estimativo gerado entre essa e as demais zonas.

Assim, fica comprovada a vantajosidade da implantação de rede de coleta para água proveniente dos drenos de ar condicionado na zona 01, onde o volume gerado pelos drenos de ar condicionado é de aproximadamente 1.756 l/dia no período de estiagem e de aproximadamente 1.175,32 l/dia no período chuvoso. Já nas zonas 02 e 03, como o volume gerado é baixo, de aproximadamente apenas 56 l/dia na zona 2 e 113 l/dia na zona 3 no período de estiagem e de aproximadamente 93,52 l/dia na zona 2 e 234 l/dia na zona 3 no período de chuvas, deve ser avaliada a melhor forma de realizar o reúso dessa água, podendo ser uma solução uma rede coletora única para as águas pluviais e as dos drenos. A solução a ser adotada apresenta algumas variáveis, pois de acordo com Brega Filho e Mancuso (2003), o reúso de água depende da origem e do uso ao qual se destina.

Estudo qualitativo das águas provenientes dos drenos dos equipamentos de ar condicionado

Com a água coletada foi feita uma análise laboratorial físico-química para a possível constatação de prováveis constituintes do fluido após a passagem dele pelas serpentinas das condensadoras. Esse processo foi feito para a definição da qualidade e da possibilidade do local de aproveitamento dessa água.

Baseando-se no resultado das análises físico-químicas (anexos 4 e 5) foi observado que alguns parâmetros como Amônia em NH₃ e Dureza total estão acima do permitido pelo Anexo XX da Portaria de consolidação nº05 de 28/09/2017. Considerando que de acordo com o art. 13 da mesma portaria compete ao responsável pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano exercer o controle da qualidade da água, sugere-se que a sua utilização para usos menos nobres como irrigação e abastecimento de vasos sanitários ou que ela seja submetida a tratamento.

Desta forma, baseando-se nos estudos quantitativos e qualitativos a respeito do reuso das águas provenientes dos drenos de ar condicionado, fica comprovado, conforme disse Bolina et. al (2017) , que em edifícios que possuem grande quantidade de condensadoras o volume produzido é alto, podendo ser uma fonte alternativa para fins não potáveis e promovendo a redução do custo da conta de água mensalmente.

5.2.4 Potencialidade das fontes alternativas de abastecimento

Com o objeto de avaliar a real potencialidade das fontes alternativas de abastecimento, foi realizado o cálculo da demanda de água a fim identificar os pontos de consumo que podem utilizar água não potável e quantificar o volume necessário para abastecer esses pontos. Dessa forma é possível fazer a previsão de consumo de água não potável de todo o campus.

A partir desse dado foi desenvolvido um estudo comparativo de forma a cruzar a informação do volume total produzido pelas fontes alternativas de abastecimento com a previsão do volume de consumo/ demanda por água potável e não potável.

Consumo total (incluindo água potável e não potável):

O dado de consumo de água é pré-requisito essencial para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, com base na pesquisa desenvolvida foram encontrados os seguintes valores correspondentes ao consumo, não estando incluso nesses valores o abastecimento das áreas de pesquisa com criação de animais e de plantações experimentais.

- Edifícios administrativos e acadêmicos - 2.356,00 m³/mês;
- Residências estudantis - 330,00 m³/mês;
- Restaurante Universitário – 1.000,00 m³/mês (previsão já que a obra ainda não foi concluída);

Cálculo da demanda de água não potável

A fim de estimar o consumo de água não potável são adotados alguns parâmetros gerais e outros que variam de acordo com a tipologia da edificação, como na área objeto de estudo são identificadas edificações com as tipologias de acadêmico e administrativa; residencial e restaurante, o cálculo da demanda de água não potável foi realizado conforme a tipologia da edificação.

a) Edifícios Acadêmicos (escolar) e administrativos

Para o cálculo da previsão de consumo de uma universidade devem se levados em consideração os seguintes parâmetros (Tomaz, 2009):

Consumo água não potável:

Descarga em bacias sanitárias: O consumo de um vaso sanitário é muito variável, de acordo com o modelo, os vasos mais antigos (do tipo válvula hydra) podem consumir até 18 l/descarga, e de 6,8 a 9 l/descarga para o modelo de caixa elevada, enquanto que os modelos mais novos (tipo caixa acoplada) utilizam 6 l/ descarga ou apenas 6 ou 3l/ descarga (para o modelo caixa acoplada com sistema duplo de fluxo).

No caso específico dos edifícios administrativos e acadêmicos da UAST, conforme levantamento de campo, foi constatado que nos antigos edifícios (Blocos A à H) e no administrativo os modelos são do tipo caixa elevada, enquanto nos blocos de sala de aula os vasos são do modelo caixa acoplada simples e nos Blocos de Professores e de Laboratórios (edifícios mais novos) os vasos são do modelo com o sistema duplo de fluxo. Desta forma, considerando que não existe uma padronização de modelo, será adotado o consumo de 6 L/descarga, pois representa mais a realidade, já que o fluxo de pessoas nos edifícios que possuem vasos mais econômicos (sistema duplo) é bastante inferior aos dos blocos de salas de aula. Assim, considerando vazamentos da ordem de 30%, usaremos a taxa de 7,8 L/descarga e uma frequência de 2 vezes/dia, temos:

Volume médio mensal de todos os edifícios administrativos e acadêmicos nas bacias sanitárias = $2.356 \text{ pessoas} \times 7,8 \text{ l/descarga/dia} \times 2 \text{ vezes/dia} \times 20 \text{ dias} / 1000 = 735.072 \text{ l/mês}$, aproximadamente 735,00 m³/mês.

Consumo de água para lavagem de piso (sanitários e vestiários, copas, cozinha, área de serviço) e irrigação de jardins:

Para realizar o cálculo do consumo de água em lavagem de piso e irrigação de jardins foram adotados os seguintes parâmetros (Tabela 15):

Tabela 15 - Estimativa do consumo de água não potável para lavagem de piso

Tipologia da edificação e ponto de consumo	Parâmetros adotados			
	Área (m ²)	Taxa adotada (l/m ²)	Frequência mínima(vezes/mês)	Consumo previsto m ³ /mês
Edifícios administrativos e acadêmicos				
Lavagem de piso				
Zona 1	400,00	2,00	8,00	6,40
Zona 2	29,00	2,00	8,00	0,46
Zona 3	567,05	2,00	8,00	9,00
TOTAL				15,86
Irrigação de jardins				
Zona 1	3.000,00	2,00	8,00	48,00
Zonas 2 e 3	2.000,00	2,00	8,00	32,00
TOTAL				80,00

Fonte: Autora (2019)

Resumo de consumo de água não potável edifícios administrativos e acadêmicos

Descarga em bacias sanitárias.....	735,00 m ³ /mês;
Rega de jardim.....	80,00 m ³ /mês;
Lavagem de piso interno.....	15,86 m ³ /mês;
Total.....	830,86 m ³ /mês.

Conclusão: para fins de abastecimento dos edifícios administrativos e acadêmicos com água não potável precisamos de um volume de aproximadamente 831 m³/mês

b) Residência Estudantil

A Previsão de consumo de uma residência deve levar em consideração os seguintes parâmetros (Tomaz, 2009):

Número de usuários moradores nas duas residências: 108 pessoas; número de dias: 30 dias/mês

Consumo água não potável:

Descarga em bacias sanitárias:

No caso específico das residências estudantis, por se tratar de edificações mais recentes, os vasos sanitários são do modelo com o sistema duplo de fluxo, que utiliza apenas 6 ou 3l/ descarga. Desta forma, adotando uma média de 4,5 l/descarga e uma taxa de vazamento de 30%, temos um volume de 5,85 l/descarga.

Considando que cada pessoa utilize o vaso sanitário 5 (cinco) vezes ao dia e que o volume de cada descarga a ser considerado seja de 5,85 litros então:

$108 \text{ pessoas} \times 5 \text{ descargas/pessoa/dia} \times 5,85 \text{ litros/descarga} \times 30 \text{ dias}/1000 = 94,00 \text{ m}^3/\text{mês}.$

Esse valor corresponde a cerca de 28,50% do volume total de consumo, que é de 330,00 m³/mês, estando muito próximo ao valor encontrado em outros estudos, que adotam em média 30%.

Máquina de lavar roupa

Como existe máquina de lavar roupa nas residências, suponhamos que a carga seja de 0,2 carga/pessoa.dia, com 170 litros por ciclo, teremos:

$108 \text{ pessoas} \times 0,2 \text{ carga/pessoa/dia} \times 170 \text{ litros/ciclo} \times 8 \text{ vezes/mês} /1000 = 29,37 \text{ m}^3/\text{mês}.$

Esse valor corresponde a aproximadamente 9% do volume total de consumo, que é de 330m³/mês, coincidindo esse cálculo com o percentual adotado em outros estudos.

Cálculo da área de lavagem de piso (sanitários e vestiários, cozinha, área de serviço):

Área de piso a ser lavado: 267,56 m²; taxa adotada: 2 l/dia/m²; frequência mínima: 8 vezes/mês, então:

Consumo para lavagem de piso: $267,56\text{m}^2 \times 2 \text{ L}/\text{m}^2 \times 8 / 1000 = 4,28\text{m}^3/\text{mês}$

Área de gramado (jardins) para cálculo de irrigação:

Área de jardim a ser irrigado: 100 m², taxa de 2 l/ dia/m² ; frequência: 8 vezes/mês

Logo: 200m² x 2 l/dia/m² x 8/1000= 3,2 m³/mês

Estimativa do consumo de água não potável - Residência Estudantil

Descarga em bacias sanitárias..... 94,00 m³/mês;

Máquinas de lavar roupa29,00 m³/mês;

Rega de jardim.....3,20 m³/mês;

Piso interno.....4,28 m³/mês;

Total.....130,48 m³/mês.

Conclusão: para fins de abastecimento das residências estudantis com água não potável precisamos de um volume de aproximadamente 130,50 m³/mês.

c) **Restaurante Universitário**

Atualmente o Campus de Serra Talhada não possui um Restaurante Universitário, mas apenas uma cantina de grande porte que oferece refeições. Considerando que a cantina é um ambiente de curta permanência, para o cálculo do consumo de água não potável, não será contabilizada a possibilidade de reúso de água nos vasos sanitários, uma vez que os usuários desse espaço utilizam as demais instalações da universidade (edifícios administrativos e acadêmicos- já calculados). Assim, o único ponto de consumo de água não potável na cantina existente é a lavagem do piso, que deve ter seu consumo calculado com base nos seguintes parâmetros: Área de piso: 257,81m²; taxa adotada: 2 l/dia/m² ; frequência: 20 vezes/mês.

Desta forma, o consumo será de: 257,81 x 2 l/dia/m² x 20dias/1000 = 10,31m³/mês.

A fim de melhor visualizar o volume total e por tipologia de água não potável consumido na Universidade, os dados relativos à estimativa do consumo de água não potável foram consolidados na Tabela 16.

Tabela 16 - Volume de água não potável consumido por tipologia de edificação

Edifícios/ tipologia	Consumo total de água não potável
Edifícios administrativos e acadêmicos (distribuídos nas 3 zonas)	831 m ³ /mês
Residências estudantis (Zona 3)	130,50 m ³ /mês
Cantina (Zona 2)	10,31 m ³ /mês
TOTAL	971,81 m³/mês

Fonte: Autora (2018)

d) Verificação do volume máximo de água proveniente de fontes alternativas de abastecimento (águas pluviais e drenos de ar condicionado):

A fim de desenvolver um estudo comparativo entre o volume consumido e o volume gerado de água não potável, baseando-se na pesquisa desenvolvida nesse estudo, segue resumo dos dados referentes ao volume máximo de água proveniente de fontes alternativas de abastecimento (águas pluviais e drenos de ar condicionado)

ZONA 01

Águas Pluviais: considerando um aproveitamento de 80% da água de chuva (excluindo perdas com evaporação e vazamentos), conforme os estudos desenvolvidos têm-se:

- Capacidade total de captação no período de chuvas: 2.283,82 m³ (em 5 meses) o correspondente a aproximadamente 456 m³/mês.

Aplicando-se o coeficiente de aproveitamento de 80%, temos em média no período de chuva: 364,8 m³/mês;

- Capacidade total de captação no período de estiagem: 933,70m³ (em 7 meses) o correspondente a aproximadamente 133,40 m³/mês;

Aplicando-se o coeficiente de aproveitamento de 80%, temos em média no período de estiagem: 106,40 m³/mês;

Água dos drenos de ar condicionado: de acordo com os estudos realizados na Zona 01 o volume de água proveniente dos drenos corresponde a aproximadamente 1.175,32 l/dia, ou seja 23,50m³/mês no período de chuvas e de 1.756,48 l/dia, ou seja, 35,12 m³/mês no período de estiagem.

ZONA 02

Volume máximo de água proveniente de fontes alternativas de abastecimento (águas pluviais e drenos de ar condicionado):

Águas Pluviais: considerando um aproveitamento de 80% da água de chuva (excluindo perdas com evaporação e vazamentos), conforme os estudos desenvolvidos para a Zona 2 tem-se:

- Capacidade total de captação no período de chuvas: 912,21m³ (em 5 meses) o correspondente a aproximadamente 182,44 m³/mês.

Aplicando-se o coeficiente de aproveitamento de 80%, temos em média no período de chuva: 146 m³/mês;

- Capacidade total de captação no período de estiagem: 372,94m³ (em 7 meses) o correspondente a aproximadamente 53,28 m³/mês;

Aplicando-se o coeficiente de aproveitamento de 80%, temos em média no período de estiagem: 42,62m³/mês;

Água dos drenos de ar condicionado: de acordo com os estudos realizados na Zona 03 o volume de água proveniente dos drenos corresponde a 93,52 l/dia, ou seja 1,87 m³/mês no período de chuvas e de 56,00 l/dia, ou seja, 1,12 m³/mês no período de estiagem. Quando da implantação do restaurante será necessário refazer esse cálculo pois trata-se de um ponto de elevado consumo e cuja área construída será de aproximadamente 1000m².

ZONA 03

Águas Pluviais: considerando um aproveitamento de 80% da água de chuva (excluindo perdas com evaporação e vazamentos), conforme os estudos desenvolvidos têm-se:

- Capacidade total de captação no período de chuvas: 2.871,45 m³ (em 5 meses) o correspondente a aproximadamente 574 m³/mês.

Aplicando-se o coeficiente de aproveitamento de 80%, temos em média no período de chuva: 459 m³/mês;

- Capacidade total de captação no período de estiagem: 1.173,95m³ (em 7 meses) o correspondente a aproximadamente 167,70 m³/mês;

Aplicando-se o coeficiente de aproveitamento de 80%, temos em média no período de estiagem: 134,16 m³/mês;

Água dos drenos de ar condicionado: de acordo com os estudos realizados na Zona 03 o volume de água proveniente dos drenos corresponde a aproximadamente 234,00 l/dia, ou seja, 4,68 m³/mês no período de chuvas e de 113,94 l/dia, ou seja, 2,28 m³/mês no período de estiagem.

Análise e proposições

Considerando o cenário atual, a fim de avaliar a potencialidade das fontes alternativas de forma a melhor estruturar a rede de coleta e distribuição de águas de reúso (provenientes das fontes alternativas), temos os seguintes dados:

- O campus apresenta um consumo total de água estimado em 2.686 m³/mês (consumo dos edifícios administrativos e acadêmicos somada ao consumo das residências estudantis), dos quais aproximadamente 972 m³/mês são para usos menos nobres (Tabela 14), que podem ser abastecidos por água não potável;

- O volume de água necessário para abastecer os vasos sanitários dos edifícios administrativos e acadêmicos é de aproximadamente 735m³/mês e das residências estudantis é de cerca de 94 m³/mês;
- O volume total de captação de águas pluviais corresponde à média de 970 m³/mês no período de chuva e 282 m³/mês no período de estiagem;
- O volume total de águas provenientes dos drenos corresponde a aproximadamente 30 m³/mês no período de chuva e 38 m³/mês no período de estiagem;
- O volume total de água tratada a partir da implantação de um sistema por osmose reversa nos poços existentes corresponde a 806 m³/mês.
- O volume da água de rejeito oriunda do processo de osmose reversa, considerando a capacidade máxima de produção dos poços existentes, é da ordem de 1.210 m³/mês;

Desta forma, com base na análise desses dados, foi possível observar que não existe uma concordância entre o ponto de geração e o de consumo das águas não potáveis, o que torna necessária a implantação de um sistema composto por redes coletoras, reservatórios e redes de distribuição para o melhor aproveitamento de todo o volume de água produzido.

A partir de análise comparativa entre os volumes produzidos e o consumo de água não potável, para a implantação de sistemas de reutilização de águas é possível a adoção de algumas soluções, tais como:

1. Proposta solução 01: somar as águas pluviais com as águas provenientes dos drenos e utilizar para os usos menos nobres e encaminhar a água de rejeito para o sistema integrado do processo de dessalinização;
2. Proposta solução 02: somar as águas pluviais às águas dos poços e tratar tudo com Osmose reversa, para o consumo de água potável. Para os usos menos nobres utilizar a água de rejeito e a água dos drenos de ar condicionado.

Solução 01

Com o objetivo de viabilizar o uso de todo o volume produzido pelas fontes, sugere-se que em cada zona sejam construídas redes coletoras para as águas pluviais e de ar condicionado (tirando partido da topografia existente), e que essas três redes sejam direcionadas para um único reservatório inferior a ser locado próximo a quadra coberta, por ser um ponto topográfico mais baixo do terreno, para que a rede coletora funcione na sua totalidade por gravidade. Após esse reservatório a água deve ser bombeada para um reservatório superior que

deve ser locado por trás do bloco de sala de aula 3, por ser uma área mais elevada do terreno, o que possibilitaria a distribuição para os pontos de consumo por gravidade.

Na Zona 1, somadas essas duas fontes alternativas de abastecimento temos um volume de aproximadamente 388,3 m³/mês de água de reúso no período de chuva e de 141,52 m³/mês no período de estiagem. Já na Zona 2, a soma dessas duas fontes alternativas de abastecimento resulta em um volume de aproximadamente 148 m³/mês de água de reúso no período de chuva e de aproximadamente 44 m³/mês no período de estiagem, enquanto na zona 3 essa soma apresenta um volume de aproximadamente 464 m³/mês de água de reúso no período de chuva e de 136,45 m³/mês no período de estiagem. Assim, temos como resumo a tabela 17.

Tabela 17 - Volume de água não potável produzido por zona

Identificação	Volume total de água produzido pelas fontes alternativas de abastecimento
Zona 01	388,30 m ³ /mês – período de chuva 141 m ³ /mês – período de estiagem
Zona 02	148 m ³ /mês – período de chuva 44 m ³ /mês – período de estiagem
Zona 03	464 m ³ /mês – período de chuva 136 m ³ /mês – período de estiagem
TOTAL	1000,30 m³/mês – período de chuva 321 m³/mês – período de estiagem

Fonte: Autora (2018)

Calculando-se a potencialidade dessas duas fontes alternativas, temos que quando somadas o volume total de água produzido no período de chuva é de 1000,30 m³/mês, sendo suficiente para atender 100% da demanda de água não potável do campus, que é de aproximadamente 972 m³/mês. Já no período de estiagem, o volume produzido é de 321 m³/mês, o que corresponde a aproximadamente 30% do volume total consumido de água não potável.

Outra fonte de abastecimento estudada foram as águas subterrâneas. Os estudos demonstraram que apesar de apresentarem na sua composição alguns parâmetros que não atendem à legislação que trata da qualidade da água para consumo humano, foi demonstrada a viabilidade técnica e financeira da implantação de um sistema de tratamento por osmose reversa, o que possibilitaria a oferta de uma água de boa qualidade aos usuários. Considerando-se a vazão apenas dos dois poços já existentes a implantação de um sistema por osmose reversa resultaria em um volume de água tratada de 806 m³/mês e de rejeito de 1.210m³/mês.

Desta forma, a partir da implantação de duas redes distintas de abastecimento: uma rede de água de reúso (alimentada pelas águas pluviais e pelas águas dos drenos de ar) para abastecimento dos pontos de consumo de água não potável; e uma rede de água potável

(alimentada pela Compesa e pela água dos poços tratada por osmose reversa), destinada a abastecer os pontos de consumo mais nobres, temos que:

- No período de chuvas o consumo de água fornecida pelas fontes convencionais (rede da Compesa ou carro pipa) reduziria dos 2686m³/mês atuais para apenas 908 m³/mês, o que representa uma redução em aproximadamente 66,20%.
- No período de estiagem o consumo de água fornecida pelas fontes convencionais (rede da Compesa ou carro pipa) reduziria dos 2686m³/mês atuais para 1559 m³/mês, o que representa uma redução em aproximadamente 42%.

Solução 02

Essa solução consiste em ter duas redes distintas de abastecimento de água: uma com água potável e outra com água de reúso (para abastecer os pontos de consumo de água potável a partir da soma do volume de água pluviais às águas dos poços e tratar tudo com Osmose reversa) para esse cálculo deve-se considerar os seguintes dados:

- A demanda total por água potável é de aproximadamente 1.714m³/mês;
- A implantação de um sistema por osmose reversa para tratamento da água dos poços resultaria em volumes de 806 m³/mês de água tratada e de 1.210m³/mês de água de rejeito;
- A soma do volume de água tratado por osmose reversa proveniente dos dois poços existentes ao de águas pluviais resultaria em um volume total de 1.776m³/mês no período de chuvas e de 1.088m³/mês no período de estiagem;
- A demanda por água não potável do campus é de aproximadamente 972 m³/mês;
- O volume de água consumido pelos vasos sanitários é de aproximadamente 735m³/mês para os edifícios administrativos e acadêmico, e de 94 m³/mês para a residência estudantil, o que juntos representam um consumo de 829 m³/mês;

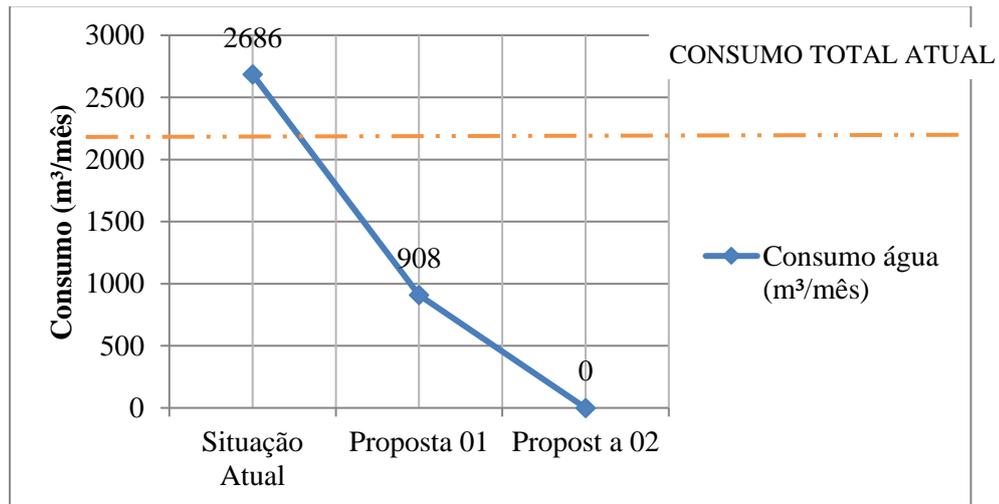
Logo, adotando-se como solução para o abastecimento de pontos de consumo de água potável a soma do volume das águas provenientes dos dois poços existentes ao de águas pluviais, temos um volume total de 1776m³/mês no período de chuvas e de 1088m³/mês no período de estiagem, ou seja, no período de chuvas 100% da demanda por água potável seria atendida e no período de estiagem o atendimento seria de aproximadamente 63%.

Para o abastecimento de pontos de consumo de água não potável, a adoção da utilização da água de rejeito proveniente do processo de tratamento por osmose reversa, que possui volume de 1.210m³/mês, seria capaz de suprir 100% da demanda e ainda restaria um volume de aproximadamente 238m³/mês que poderiam ser utilizados para outros usos menos nobres,

como lavagem de piso e de instalações de zootecnia. Já a água dos drenos poderia ser utilizada para irrigação do entorno das edificações.

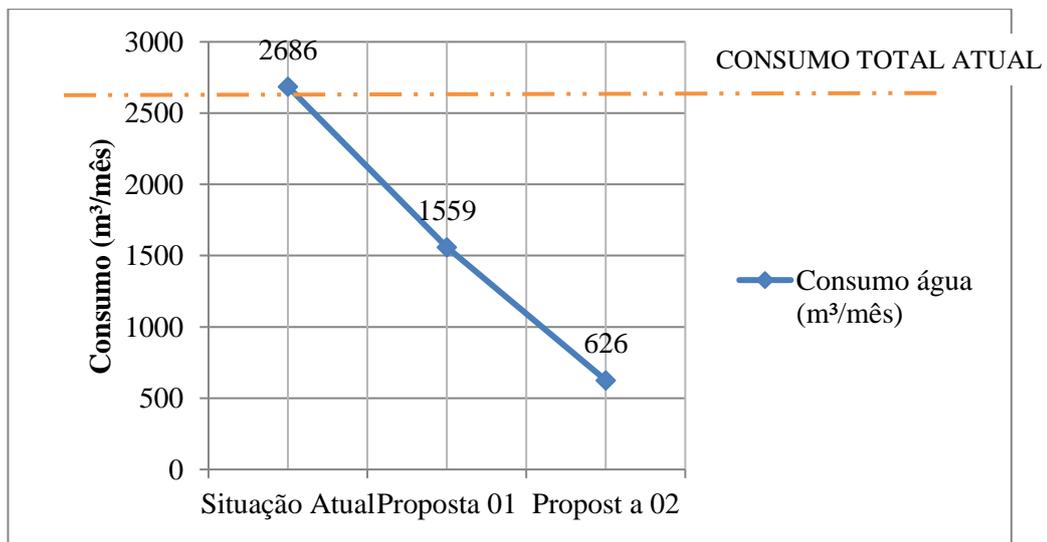
Desta forma, a fim ilustrar a representatividade do uso das fontes alternativas de abastecimento seguem abaixo gráficos do consumo de água potável e da potencialidade do fornecimento de água de reúso (Gráficos 3, 4, 5 e 6).

Gráfico 3 - Consumo de água potável no período de chuvas

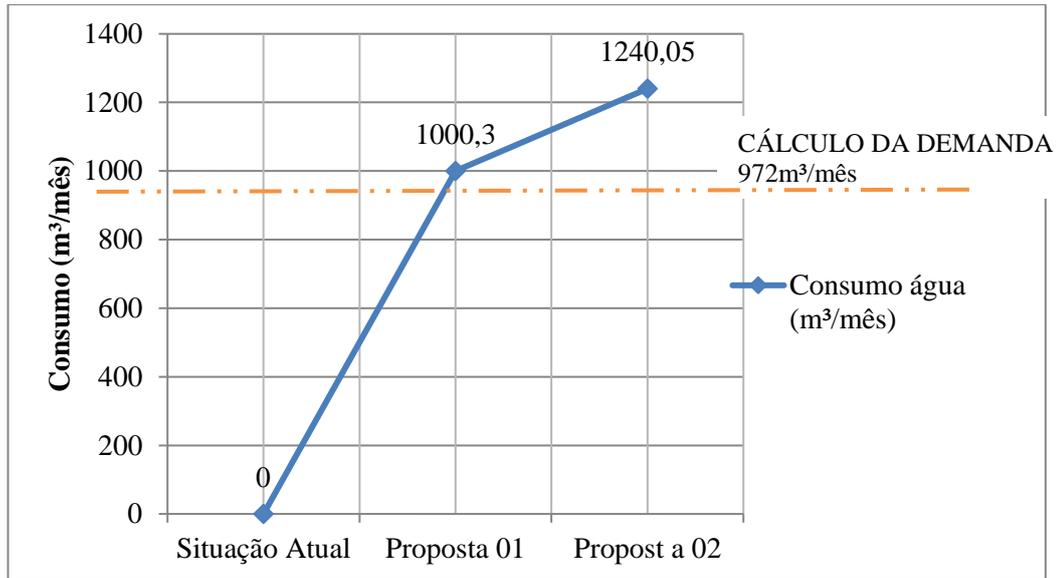


Fonte: Autora (2019)

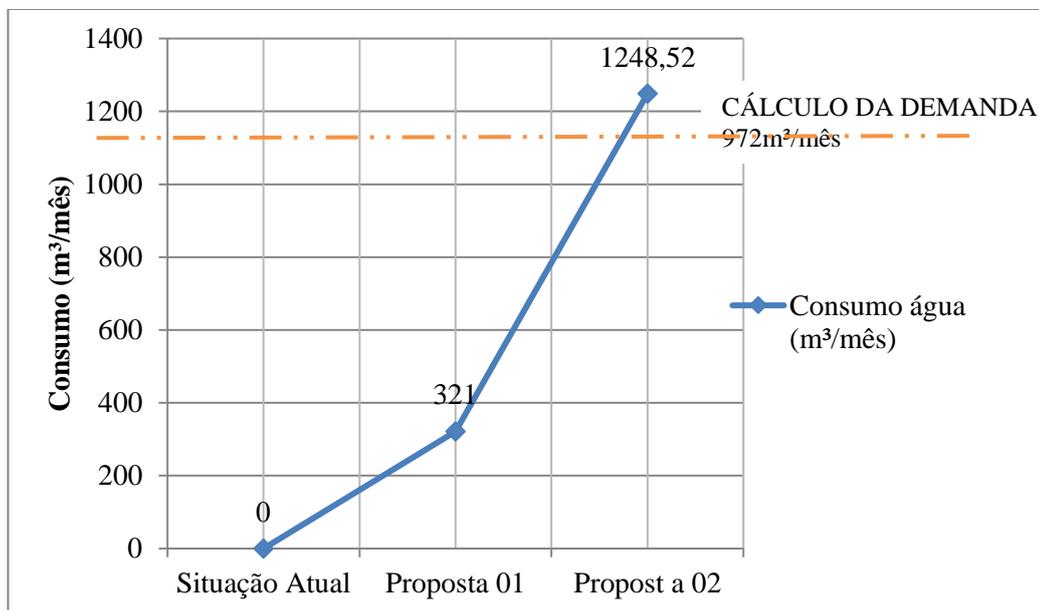
Gráfico 4 - Consumo de água potável no período de estiagem



Fonte: Autora (2019)

Gráfico 5 - Potencialidade do fornecimento de água de reúso no período de chuvas

Fonte: Autora (2019)

Gráfico 6 - Potencialidade do fornecimento de água de reúso no período de estiagem

Fonte: Autora (2019)

5.3 Diretrizes Gerais - plano de ações para a gestão integrada e uso racional dos Recursos Hídricos no Campus Universitário da UAST

A questão hídrica afeta diversas localidades, configurando-se em desastre face à quantidade de pessoas afetadas e as perdas associadas aos fenômenos de escassez, de excesso de chuvas ou aporte hídrico. Soriano et al. (2016) ressaltam que, no tocante a questão hídrica, há pessoas diretamente afetadas, devido ao abastecimento intermitente de água nas residências, e indiretamente afetadas, pelo aumento dos preços dos bens, uma vez que a produção e a fabricação destes depende direta ou indiretamente da disponibilidade de água, visto a inexistência de um processo de gestão e necessidade de investimentos neste área.

Saito (2011) observa que a sustentabilidade na gestão da água tem sido buscada, entre outros meios, pelo apoio de ações de intervenção de caráter local de educação ambiental, saneamento, reflorestamento ou contenção de erosão, sobretudo com recursos financeiros provenientes de fundos específicos para esta finalidade, por parte do Estado. Desta forma, a educação ambiental deve ser vista como iniciativa de política pública, cumprindo um dos desafios postos à Política Nacional de Educação Ambiental, a prática de ação transformadora intencional, fazendo com que haja uma compreensão mais clara da finitude da água e da condição de indigência que algumas localidades estão sujeitas.

Mecanismos de gestão são primordiais para que se possa discutir sustentabilidade num sistema. Além do ajuste de indicadores que apresentem significado e sejam sensíveis a alterações processuais, os sistemas de uso devem ser revistos. Para Barros et al. (2016), a instalação de equipamentos poupadores de água se mostrou positiva, havendo uma redução na ordem de 83,26% o consumo final em edifícios verticais, podendo ser um parâmetro no planejamento construtivo no espaço urbano. Já Santos (2016) resalta que a gestão da água está vinculada diretamente a segurança hídrica, havendo diversos aspectos relevantes a serem observados: (i) quantidade e disponibilidade de água, (ii) vulnerabilidades associadas à água, ilustradas pela ocorrência de secas e inundações e suas consequências, (iii) necessidades humanas associadas à água, que incluem uma ampla gama de questões como segurança hídrica, alimentar, nutricional e outros elementos associados ao desenvolvimento humano, (iv) sustentabilidade, sendo necessário observar a diminuição de impactos.

Para Poletto (2011), o desenvolvimento de baixo impacto é uma nova estratégia para o modelo de estruturação da *urbis* em uma perspectiva sustentável, sendo parte da evolução das melhores práticas de gestão, onde vários preceitos devem ser observados. A proposta de desenvolvimento de baixo impacto para ambientes urbanos também envolve aspectos holísticos

dos ecossistemas, questões sociais e culturais; discute políticas e estrutura para a gestão pública dos sistemas, respeitando as particularidades locais, além de preservar a água e mitigar os impactos.

A gestão é o processo que tem como finalidade garantir a eficácia e a eficiência de processos (ABNT, 2015). Quando se trata de gestão ambiental, a integração, participação e a continuidade são algumas das chaves para promover uma gestão ambiental efetiva. De acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos: “A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades” (inciso VI, artigo 1º, da Lei nº 9.433/1997). Em resumo, o processo de gestão ambiental deve ser entendido como um processo multidisciplinar, dinâmico, flexível, participativo e permanente.

Diante desse cenário, a elaboração de diretrizes de gestão visa o combate ao desperdício e o incentivo ao consumo consciente, a partir da adoção de tecnologias e de medidas de caráter administrativo e educacional voltadas ao uso racional da água. As diretrizes estabelecidas estão fundamentadas na análise e consolidação de forma precisa e objetiva dos dados obtidos com base na pesquisa a respeito do diagnóstico da área objeto do estudo, dos indicadores ambientais (quando foram levantadas as informações a respeito do consumo de água, geração de efluentes, disponibilidade hídrica-fontes de abastecimento e qualidade da água) e das fontes alternativas de abastecimento.

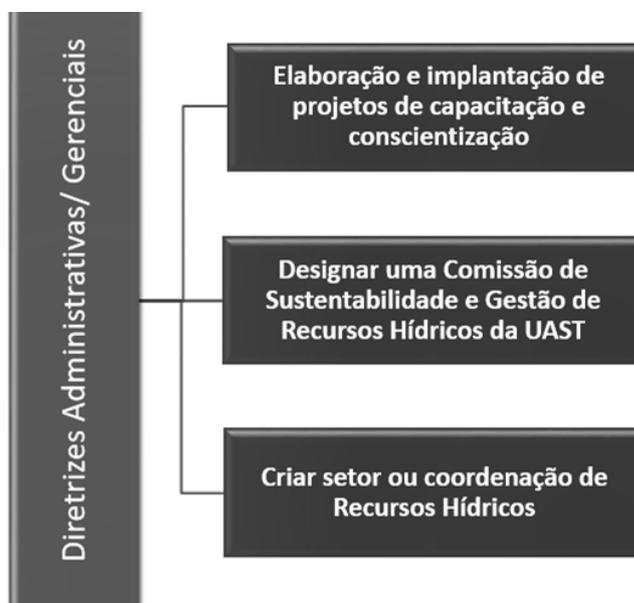
Desta forma, foram estabelecidas diretrizes que representam plano de ações e de programas voltados à gestão integrada e uso racional dos Recursos Hídricos de um Campus Universitário localizado em região semiárida. Portanto, enquanto princípios orientadores na tomada de decisões, as diretrizes estabelecidas foram divididas em dois grupos: Diretrizes Administrativas/ Gerenciais e Diretrizes técnicas.

5.3.1 Diretrizes Administrativas/ Gerenciais

A incorporação dos princípios da Gestão Ambiental na forma de gerenciar da empresa, a fim de proporcionar as mudanças necessárias à implantação da gestão dos recursos hídricos de forma estruturada, deve ser fundamentada no comprometimento das partes, tendo como princípios: Capacitação, conscientização e participação dos envolvidos *shareholders* (tomadores de decisão- reitoria, direção, engenheiros, técnicos) e *stakeholders* (público estratégico - professores, servidores técnicos administrativos e alunos) e planejamento

estratégico. Desta forma, conforme figura 27, as diretrizes de caráter administrativo/ gerencial são as seguintes:

Figura 27 - Esquema das diretrizes administrativas



Fonte: Autora (2019)

A. Elaboração e implantação de projetos de capacitação e conscientização

A mudança de hábitos consiste em um grande desafio, pois tem que se fundamentar na incorporação dos conceitos de Responsabilidade Socioambiental, de forma realizar transformações no modelo tradicional de planejamento, abastecimento e uso de água, buscando implantar ações concretas de práticas sustentáveis voltadas a gestão dos recursos hídricos.

A gestão da água deve considerar uma abordagem integrada e participativa, pois para que um programa ou plano de ações possa ser implementado de forma eficaz numa instituição, é fundamental a participação de todos os atores envolvidos. Nesse contexto os *stakeholders* representam um público estratégico, pois são os responsáveis por legitimar as ações de uma organização e têm um papel direto ou indireto na gestão e nos resultados. Desta forma, a valorização dos *stakeholders* é fundamental e consiste em elevar o comprometimento dessas pessoas com a implantação do novo modelo de gestão a partir da conscientização e do envolvimento.

Desta forma, a fim de implantar de forma efetiva as mudanças comportamentais quanto ao gerenciamento e uso racional dos recursos hídricos, é necessário que todos os atores envolvidos possam elevar seu grau de percepção ambiental e compartilhem da visão de comprometimento e da nova postura ambiental adotada pela instituição, para isso torna-se

fundamental a realização de programas de capacitação e campanhas de conscientização que tratem do uso racional da água oferecidos a toda a comunidade acadêmica.

B. Designação de uma Comissão de Sustentabilidade e Gestão de Recursos Hídricos da UAST

A fim de alcançar uma gestão integrada torna-se fundamental a designação de uma Comissão de Sustentabilidade e Gestão de Recursos Hídricos da UAST, que será responsável pelo planejamento do plano de ações. Essa comissão deve ser formada por equipe multidisciplinar com as pessoas chave a serem envolvidas no processo, devendo fazer parte dessa equipe: a administração superior (Direção da Unidade), setor técnico (representantes dos setores de engenharia e de manutenção) e usuários (representantes dos professores, servidores e alunos).

C. Criar setor ou coordenação de Recursos Hídricos

Dentro do processo de gestão é importante observar que não basta implantar um plano de ações, o monitoramento dos resultados pretendidos é essencial. Portanto, é fundamental promover avaliações sistemáticas dos resultados da implementação do plano de ações, visando a apoiar as necessárias atualizações, considerando que o plano se constitui em um processo permanente e flexível, sujeito a correções.

Desta forma, devido à complexidade e volume de atividades destinadas a adequada gestão dos recursos hídricos, sugere-se a criação de setor ou coordenação cujos funcionários tenham como atribuição exclusiva a responsabilidade pela elaboração (juntamente com a equipe multidisciplinar), acompanhamento da implantação e controle/ monitoramento das ações de planejamento da gestão dos recursos hídricos.

5.3.2 Diretrizes Técnicas

A elaboração de diretrizes técnicas voltadas à redução do consumo de água potável leva em consideração que o consumo sofre influência direta de alguns fatores determinantes, são eles: a hidrometração (existência de hidrômetro), sistema de monitoramento, dispositivos que economizem água e uso de fontes de abastecimento para usos menos nobres (Figura 28).

Figura 28 - Esquema das diretrizes técnicas



Fonte: Autora (2019)

A. Implantação de Sistema de Medição Individualizada (SMI) para cada edificação

O Sistema de medição individualizada (SMI) de água constitui-se numa metodologia muito importante para a redução do desperdício. A redução do consumo em unidades habitacionais após a adoção de SMI é variável de acordo com o perfil dos usuários. No monitoramento de edificações que foram adaptadas para a leitura individual dos consumos, tem-se verificado uma redução no consumo global dos edifícios na faixa de 30%, já na conta individual de cada condômino, em diversos casos a redução do valor da conta supera 50% (COELHO, 1999).

No caso em estudo, tratando-se de edificações públicas de uso coletivo, a implantação do SMI poderá apresentar como principais vantagens:

- Viabilizar o conhecimento do consumo de cada edificação de forma individualizada, tornando possível avaliar se o consumo da edificação está compatível com sua tipologia e número de usuários (conforme parâmetros da norma técnica) ou se está acontecendo desperdício;
- Implantar medidas de monitoramento do sistema, de forma a auxiliar na identificação de vazamentos a partir da verificação de uma leitura incompatível com a média de

consumo de cada edificação e cada zona, de forma a reduzir as perdas do sistema de abastecimento e distribuição;

- Verificar as edificações nas quais será necessário implantar programas de incentivo a redução de consumo;

B. Implantação de sistema de monitoramento da rede

No Brasil, o índice de perdas em redes de abastecimento de água é bastante elevado, sendo estimado em 37% (SNIS, 2013). A modernização dos sistemas de gestão e operação de redes de distribuição de água proporcionam tanto a diminuição destas perdas quanto o aumento da qualidade dos serviços prestados e a diminuição de custos operacionais, principalmente os custos relacionados à energia elétrica.

Para redes de distribuição de água, a hidrometração, a automação e a setorização são ações necessárias a implantação do monitoramento, pois permitem de forma remota, o monitoramento e controle das pressões na rede, da quantidade de água distribuída, e a detecção de vazamentos, proporcionando a redução de perdas.

A fim de atuar de forma efetiva na redução do índice de perdas de uma rede de distribuição de água é necessário ter o controle de pressão das tubulações de distribuição e ter um serviço de manutenção que ofereça rapidez e qualidade nos reparos em tubulações que apresentaram vazamentos (LAMBERT, 1999).

Um sistema de automação para redes de distribuição é composto por válvulas de controle automáticas em tubulações de grande porte, sensores de medição de pressão e de vazão nos principais pontos críticos da rede e um sistema de software para supervisão e controle. O uso de sensores ao longo da rede de distribuição tem a função de coletar informações relevantes do sistema, os dados coletados pelos sensores são processados pelo software que irá gerar alertas de anormalidades, e oferecer um plano de monitoramento e solução para as perdas e vazamentos.

Estudos demonstram que a implantação de um sistema de monitoramento em redes de distribuição de água é uma ferramenta poderosa, pois permite o controle e a atuação rápida para corrigir distorções que ocorrem naturalmente, resultando em redução significativa das perdas e consequentemente contribuindo para um uso mais racional dos recursos hídricos.

C. Substituição dos equipamentos hidrossanitários convencionais por equipamentos economizadores de água

Em edifícios de tipologia escolar, inclusive de ensino superior, a sensibilização dos usuários associado ao emprego de tecnologias economizadoras, como equipamentos

hidrossanitários economizadores de água devem fazer parte de uma estratégia de gestão que visa a redução do consumo de água (VELAZQUEZ; MUNGUÍA; OJEDA, 2013; KALBUSCH; GHISI, 2016).

No caso em estudo, o levantamento de campo identificou que os edifícios mais novos (Blocos de professores e laboratórios, Casas dos estudantes, Vestiários da quadra, e Bloco novo de vestiários) já possuem equipamentos hidrossanitários economizadores de água, como vasos sanitários com duplo acionamento e torneiras com fechamento automático (de pressão).

O estudo desenvolvido verificou a necessidade da substituição dos equipamentos dos edifícios mais antigos (Bloco A- H), Bloco Administrativo e os 3 Blocos de Salas de Aula, que juntos totalizam um quantitativo de 60 vasos sanitários e 22 torneiras.

Considerando que os vasos existentes nesses edifícios são do tipo caixa acoplada de acionamento único, que consomem 6l/ descarga e que serão substituídos por vasos sanitários com duplo acionamento, que consomem 6 ou 3l/descarga, os estudos demonstram que a substituição do equipamento convencional pelo equipamento economizador implica em 30,99% de economia real no indicador de consumo diário em bacias sanitárias (ALEXANDRE, 2017).

Ou seja, considerando que de acordo com a literatura calcula-se uma frequência de uso de vaso para essa tipologia de 2vezes/dia e que a população total (alunos, professores e técnicos administrativos) é de 2.356, logo sem considerar a taxa de perda (decorrente de vazamentos) o volume médio mensal gasto nas bacias sanitárias = $2.356 \text{ pessoas} \times 6 \text{ L/descarga/dia} \times 2 \text{ vezes/dia} \times 20 \text{ dias} = 565.440 \text{ l/mês}$, aproximadamente 565 m³/mês.

Desta forma, considerando uma economia de 30,99%, a substituição desses vasos por modelos mais econômicos representaria uma redução no consumo de água de aproximadamente 175.000 l/mês ou 175m³/mês, valor correspondente ao consumo total mensal de 175 alunos.

No que se refere às torneiras, estudos indicam que a substituição de torneiras de acionamento manual por torneiras com acionamento hidromecânico (pressão) pode resultar na redução de 20,43% do consumo de água das torneiras (ALEXANDRE, 2017).

O uso de torneiras com fechamento automático resulta na economia de água (KALBUSCH e GHISI, 2016), porém, fatores como o comportamento dos usuários, a presença de arejadores com limitador de vazão e a manutenção periódica e de ajustes no volume das torneiras automáticas também são bastante relevantes para que seja alcançada a redução do consumo (ILHA et al., 2010).

D. Implantação de sistema de tratamento por osmose reversa

Considerando que de acordo com estudo desenvolvido a região é caracterizada por possuir disponibilidade de águas subterrâneas, porém 54% dos poços da região apresentam concentração de sólidos totais dissolvidos (STD) acima do permitido para consumo humano. No caso específico da UAST, a análise físico química das águas dos poços existentes foi demonstrou que essas águas apresentam elevada condutividade elétrica, parâmetro que não possui valor máximo de referência normatizado, mas que interfere de forma direta na qualidade da água, e que apenas os parâmetros dureza total e manganês estão acima dos valores máximos permitido para consumo humano pela resolução do pela Portaria nº 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde. Sob o aspecto microbiológico foram constatadas algumas alterações passíveis de tratamento.

Desta forma, considerando a qualidade da água, a vazão disponível dos poços existentes e o estudo de viabilidade técnica e financeira para implantação de um sistema de tratamento por osmose reversa, foi demonstrado que essa técnica de tratamento é uma solução para o abastecimento de água em regiões com baixa disponibilidade de água doce, pois possibilitaria a oferta de uma água de boa qualidade aos usuários.

E. Uso de fontes alternativas- implantação de rede de abastecimento de água de reúso

O modelo tradicional de planejamento e consumo dos recursos hídricos tem agravado a situação de escassez de água, sendo necessária a implantação de uma nova concepção de uso desse recurso, na qual a água potável seja utilizada apenas para os usos mais nobres, como o consumo humano, e as fontes alternativas de abastecimento possam suprir a demanda dos usos secundários.

O reúso das águas pluviais e dos drenos dos equipamentos de ar condicionado representam uma diretriz de impacto e resultados representativos sob os aspectos econômicos e ambientais pois, além de gerar economia também possibilita uma significativa redução da demanda pelo recurso natural, o que viabiliza o respeito a sua capacidade de renovação.

Conforme estudo desenvolvido, a proposta da solução 01 demonstrou que o uso das fontes alternativas (águas pluviais e água dos drenos dos aparelhos de ar) pode gerar volume suficiente para 100% da demanda de água não potável do campus no período de chuvas e de suprir a aproximadamente 30% do volume total consumido de água não potável no período de estiagem, o que resulta na redução do volume de água fornecida pelas fontes convencionais (rede da Compesa ou carro pipa) em aproximadamente 66,20% no período de chuvas e de suprir a aproximadamente 42% no período de estiagem.

Já a solução de proposta 02 demonstrou que a partir da soma do volume de água tratada por osmose reversa proveniente dos dois poços existentes ao de águas pluviais, seria capaz de suprir em 100% a demanda por água potável no período de chuvas e no período de estiagem o suprimento da demanda seria de aproximadamente 63%. Quanto a demanda por água não potável para abastecimento dos vasos sanitários, que atualmente é de 829m³/mês, podendo ser reduzida para 654m³/mês com a substituição dos vasos por modelos mais econômicos, pode ser suprida em sua totalidade pela utilização da água de rejeito proveniente do processo de tratamento por osmose reversa, que é da ordem de 1.210m³/mês e ainda restaria um volume significativo a ser utilizado em outros usos como para a lavagem das instalações dos setores de zootecnia.

A partir da implantação da proposta 02 para solução dos sistemas de reúso baseados nas fontes alternativas de abastecimento (pluviais, drenos de ar condicionado e águas subterrâneas), além dos ganhos não quantificados oriundos das diretrizes de caráter gerencial, como a implantação de projetos de capacitação e conscientização de todos os atores envolvidos, e de caráter técnico como a implantação de sistema de monitoramento, de medição individualizada e a substituição dos equipamentos hidrossanitários convencionais por equipamentos economizadores de água, é possível alcançar a autonomia de abastecimento de 100% no período de chuvas e de 76% no período de estiagem.

6. CONCLUSÕES

A fim de evitar que o agravamento da situação de escassez hídrica venha a ser um fator limitante para o crescimento de um Campus Universitário localizado em região semiárida do Nordeste brasileiro, foram elaboradas diretrizes para a gestão dos recursos hídricos. Essas diretrizes foram baseadas nos estudos desenvolvidos a respeito da identificação dos indicadores ambientais e da potencialidade das fontes alternativas de abastecimento disponíveis.

Para identificação dos indicadores ambientais foi aplicado o modelo PEIR. O uso desse modelo apresentou-se eficaz, pois auxiliou na identificação das fragilidades e das potencialidades, pois nele a escolha dos parâmetros é feita conforme a área de estudo, sendo possível realizar um levantamento de informações condizente com a realidade local.

Analisando-se os indicadores determinados para cada parâmetro, a partir da aplicação do modelo PEIR, observou-se que o indicador consumo de água é o mais relevante dentre os analisados. Em resposta aos problemas ambientais decorrentes do atual modelo de gestão dos recursos hídricos, a aplicação do modelo PEIR demonstrou que deverão ser elaborados e implementados os serviços de manutenção do sistema hidráulico, a fim de corrigir perdas na distribuição; ser elaborados projetos para implantação de fontes alternativas de abastecimento, para usos menos exigentes e de tecnologias mais econômicas; e projetos voltados à redução do uso de água potável e de educação ambiental.

Desta forma, foram desenvolvidos estudos voltados à identificação e caracterização das melhores técnicas para o uso racional dos recursos hídricos. Nesse contexto, foram identificadas como principais fontes alternativas de abastecimento as águas pluviais, as águas de drenos de ar condicionado e as águas subterrâneas, tendo sido calculada a potencialidade de cada uma dessas fontes alternativas.

O resultado do estudo a respeito do uso de águas pluviais demonstrou que, apesar da região apresentar baixos índices de precipitações pluviométrica, com médias em torno de 698 mm/ ano, devido ao fato de a UAST possuir elevadas áreas de cobertura, as águas pluviais apresentam elevado potencial, podendo o campus obter volume total de captação de águas pluviais corresponde à média de 970 m³/mês no período de chuva e 282 m³/mês no período de estiagem.

No que se refere às águas subterrâneas, considerando os dois poços existentes e as soluções técnicas desenvolvidas para o problema ambiental decorrente da disposição inadequada do rejeito e estudo comparativo do valor do m³, ficou demonstrada a viabilidade

técnica e financeira da implantação de um sistema de tratamento por osmose reversa para as águas provenientes dos poços.

Cabe salientar que somada à viabilidade técnica e financeira, devem ser consideradas as seguintes vantagens do tratamento por osmose reversa: autonomia no abastecimento; garantia do fornecimento de água boa de qualidade; independência do ciclo de chuvas e avanço da tecnologia, tornando o preço competitivo.

Já no estudo a respeito do reúso de água proveniente dos aparelhos de ar condicionado, ficou evidenciado que em virtude da UAST possuir um elevado número de equipamentos (300 unidades) o volume produzido é alto, podendo ser uma fonte alternativa para fins não potáveis capaz de promover a redução do consumo de água potável.

A fim avaliar a real potencialidade das fontes alternativas de abastecimento, foi realizado o cálculo da previsão de consumo de água não potável de todo o campus. A partir dessa informação foi desenvolvido um estudo comparativo de forma a cruzar esses dados com o volume total produzido pelas fontes alternativas de abastecimento, os resultados obtidos constataram que existem várias possibilidades de solução para implantação de redes de reúso, tendo sido elaboradas duas propostas.

Na primeira proposta o uso de águas pluviais somados às águas provenientes dos drenos dos aparelhos de ar condicionado podem gerar volume suficiente para suprir a demanda por água não potável no campus em 100% no período de chuvas e em aproximadamente 30% no período de estiagem.

Já a segunda proposta consistiu em propor a soma das águas pluviais à dos poços para serem tratadas por osmose reversa para fins de abastecimento de água potável e em utilizar a água de rejeito oriunda desse tratamento para abastecimento dos vasos sanitários, já a água dos drenos dos aparelhos de ar condicionado seriam utilizadas para irrigação. Essa solução resultaria em autonomia de abastecimento de 100% no período de chuvas e de 76% no período de estiagem.

Desta forma fica comprovada a vantagem em implantar sistemas de reúso de água, aproveitando-se das fontes alternativas para abastecer pontos de consumo de água não potável, de forma a utilizar a água fornecida pela concessionária local - Compesa apenas para uso mais nobres, nos quais seja necessário abastecimento por água potável. Nesse contexto tem-se como sugestão a elaboração de estudos geológicos mais aprofundados a fim de avaliar a possibilidade de realizar a perfuração de mais poços ou de tornar mais profundos os poços existentes, de forma a aumentar a vazão disponível, uma vez que o tratamento por osmose reversa demonstrou-se viável técnica e financeiramente, além de ser uma tecnologia que vem cada vez

mais sendo aprimorada, apresentado crescimento nos resultados e redução nos custos de implantação e operacionais.

Com base no estudo desenvolvido ficou evidenciado que apesar das limitações impostas pelo clima (baixos índices pluviométricos, elevadas temperaturas e elevada taxa de evapotranspiração) e pela formação geológica cristalina em grande parte da área (estando pouco propícia ao armazenamento e circulação subterrânea), a adoção e manutenção de políticas públicas baseadas em diretrizes de caráter técnico e gerencial voltadas à gestão dos recursos hídricos é um instrumento capaz de contribuir de forma decisiva no suprimento de água para fins de abastecimento humano e de atividades secundárias.

As diretrizes estabelecidas, neste trabalho, estão estruturadas em eixos estratégicos e foram pautadas nas bases conceituais já apresentadas, representando instruções condutoras de ações e de programas cujos objetivos consistem em promover a gestão integrada dos recursos hídricos em edifícios públicos localizados em região de vulnerabilidade hídrica. A partir da mudança de paradigma e da implantação das melhores técnicas, busca-se a formação de uma comunidade capaz e comprometida com as questões ambientais e a estruturação de um empreendimento sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10844:1989 – Instalações de Águas Pluviais. Rio de Janeiro, 1989. 13p

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527:2007 - Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14031: Gestão ambiental – avaliação de desempenho ambiental - diretrizes. Rio de Janeiro, 2004.

ALEXANDRE, Ananda Cardoso; KALBUSCH, Andreza; HENNING, Elisa. Avaliação do impacto da substituição de equipamentos hidrossanitários convencionais por equipamentos economizadores no consumo de água. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 22, n. 5, p. 1005-1015, Oct. 2017.

ANA - Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. Informe 2016. Brasília, 2010.

ANA - Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. Informe 2016. Brasília, 2016.

ANDERS, C. R. et al. Qualidade e impactos causados pela destinação do rejeito da dessalinização da água salobra no oeste Potiguar. I Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro Campina Grande-PB, p. 1-5, 2016.

ARAÚJO, A.C.S.P.A. Contribuição para o Estudo da Viabilidade/Sustentabilidade da Dessalinização enquanto Técnica de Tratamento de Água. (Dissertação). Mestrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. Portugal, março 2013.

ARAUJO, M. C. de; OLIVEIRA, M. B. M. de. Monitoramento da qualidade das águas de um riacho da Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. Revista Ambiente & Água, v. 8, n. 3, p. 247-257, 2013. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1192>

AZÊVEDO, A.C. Autonomia x dependência: políticas de água no Semiárido e desenvolvimento regional. Doutorado em Planejamento Urbano e Regional – IPPUR. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro, 2017.

BARCELLOS, F. C., OLIVEIRA, S. M. M., CARVALHO, P. G. M., e GREEN, A. L. Diagnóstico ambiental dos municípios segundo o modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta, p. 3 – 4, 2013. Disponível em: <http://www.pos.ajes.edu.br/arquivos/referencial_20121205104533.pdf>. Acesso em: 8 dez. 2017.

BARROS, Marcelo de Brito; RUFINO, Iana Alexandra Alves; MIRANDA, Livia Izabel Bezerra de. Mecanismos poupadores de água como suporte ao planejamento urbano. RBRH, Mar 2016, v. 21, n. 1, p.251-262.

BERTOLO, Elisabete de Jesus Peres. Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações. Dissertação de mestrado, Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto Porto, 2006, 204p.

Bolina et al. Reúso de água de dreno de ar condicionado para fins não potáveis. ENGEVISTA, V. 19, n.5, p. 1387-1400, Dezembro 2017.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. A3P – Agenda ambiental da Administração Pública. Brasília, 2009. http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/arquivos/cartilha_a3p_36.pdf. Acesso em: jul. 2017.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Programa água doce. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/agua-doce>>. Acesso em: novembro 2018.

Brasil. Tribunal de Contas da União. Acórdão nº 1056/2017, Plenário, Rel. Ministro-Substituto André Luís de Carvalho. Data da Sessão: 24/5/2017 – Ordinária.

Brasil. Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005, CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58.63.

_____. Lei nº. 6.938/1981, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 02 set. 1981. Disponível em: <www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L6938.htm>. Acesso em: 01 de julho de 2018.

_____. Lei nº. 9.433/1997, de 08 de janeiro de 1997. Instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 09 jan. 1997. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 05 jul. 2018.

_____. Lei nº. 15.445/2007, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 11 jan, 2007. Disponível em: <www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L15445.htm>. Acesso em: 05 julho 2018.

_____. Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012. Regulamenta o art. 3º da Lei no 8.666, de 21 de junho de 1993, para estabelecer critérios, práticas e diretrizes para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal, e institui a Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública – CISAP. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 jun. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7746.htm> Acesso em: 9 abr. 2017.

_____. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação. Instrução Normativa nº 10 de 12 de novembro de 2012. Estabelece regras para elaboração dos Planos de Gestão de Logística Sustentável de que trata o art. 16, do Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1154501/Instruxo-Normativa-10->

2012.pdf/228ebf79-20dc-4e74-b019-8cc613338950> Acesso em: 15 abr. 2017.

BORDALO, C. A. L. A “crise” mundial da água vista numa perspectiva da geografia política. GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, Nº 31 especial, pp. 66 - 78, 2012.

BREGA FILHO, D. MANCUSO, P. (2003) Conceito de reúso de água. In: Mancuso, P., Santos, H. dos (org). Reúso de água. Barueri, SP: manole (USP).

CAMPOS, L.; MELO, D. Indicadores de desempenho dos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA): uma pesquisa teórica. Produção, v. 18, n. 3, p. 540-555, 2008.

CARMO, Roberto Luiz do; OJIMA, Andréa Leda Ramos de Oliveira; OJIMA, Ricardo; NASCIMENTO, Thais Tartalha do I. Virtual water, scarcity and management: Brazil as a large water exporter. Translated by Elizabeth Abdanur, Translated by Leonardo Brito. *Ambient. soc.*, 2008, v. 4, special edition, p. 0-0.

CARVALHO, J. R. M. de; CURI, W. F.; Sistema de Indicadores para gestão de recursos hídricos em municípios: uma abordagem através dos métodos multicritério e multidecisor. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, Taubaté, SP, v. 12, n. 2, maio/2016, p. 374-398.

CASADO, F. L.; SILUK, J. C. M.; ZAMPIERI, N. L. V. Universidade empreendedora e desenvolvimento regional sustentável. *Rev. Adm. UFSM*, Santa Maria, v. 5, edição especial, p. 633-650, 2012.

CCPR-MG. 2004. Manual de qualidade da água. Cooperativa Central dos Produtores Rurais de Minas Gerais, Belo Horizonte. 22p.

CEREZINI, M.T; FERREIRA, E.M.A.N; GARCIA, E.S.L; MALHEIROS, T.F. Indicadores de sustentabilidade para gestão dos recursos hídricos no contexto de campus universitário. *Revista gestão e sustentabilidade ambiental*, Florianópolis, v. 6, n. 2, jul/set, 2017, p. 202 – 215.

CGEE- Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Estudos relativos às mudanças climáticas e recursos hídricos para embasar o plano nacional de adaptação às mudanças recursos hídricos. Fortaleza, 2014.

COELHO, A.C.; MAYNARD, J.C.B. Medição Individualizada de Água em Apartamentos. Recife, Pernambuco, Ed. Comunicarte, 1999.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil). Resolução nº001, de 23 de Janeiro de 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186>. Acesso em: 02 de dezembro de 2017.

CPRM, Serviço geológico do Brasil. Projeto Cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea -Diagnóstico do município de Caruaru, 24 p. Recife, 2005.

DOS SANTOS, THAIS E.M.; MONTENEGRO, ABELARDO A.A.. "Erosividade e padrões hidrológicos de precipitação no Agreste Central pernambucano." *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 16, no. 8, 2012, p. 871- 880.

FAO. Water Scarcity. Disponível em: http://www.fao.org/nr/water/topics_scarcity.html. Acesso em 9 de julho de 2017.

FARRUGIA, B. Membranas de osmose reversa: aplicações e novidades do mercado. Revista TAE, 2013. Disponível em: <http://www.revistatae.com.br/6637-noticias>. Acesso em novembro, 2018.

FONSECA, A. et al. The state of sustainability reporting at Canadian universities. International Journal of Sustainability in Higher Education, v. 12, n. 1, p. 22- 40, 2011.

GAIO, S.S.M. Produção de água potável por dessalinização: tecnologias, mercado e análise de viabilidade econômica. Lisboa. 2016. Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente. Universidade de Lisboa - Faculdade de Ciências. Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia.

GALLI, A.; WIEDMANN, T.; ERCIN, E.; KNOBLEUCH, D.; EWING, B.; GILJUM, S. Journal Elsevier: Integrating Ecological, Carbon and water footprint into a "footprint family" of indicators: Definition and role in tracking human pressure on the planet. Ecological Indicators 16 (2012) 100-112.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6° ed. São Paulo: Atlas. 2008. Disponível em: <<https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9nicas-de-pesquisa-social.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2017.

GRAFTON, R. Q.; M. B. WARD; H. TO; T. KOMPAS . Determinants of residential water consumption: Evidence and analysis from a 10-country household survey. Water Resources Research, v.47, December 2011, doi:[10.1029/2010WR009685](https://doi.org/10.1029/2010WR009685)

GUERINI, M.; SOLER, A.L.D.; CASARIL, C.E.; LUMI, M.; REGINATTO, V.P.; KONRA, O. Análise do consumo de água e do volume de dejetos na criação de suínos. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS), v.5, n.2., p.64-69, Dezembro, 2015.

GUERREIRO, M.L.F.B. Dessalinização para a produção de água potável. Perspectivas para Portugal. Lisboa, 2009

HENKES, S. L. A política, o direito e o desenvolvimento: um estudo sobre a transposição do Rio São Francisco. Revista Direito GV. v. 10, n. 2, p. 497-534, 2014.

HESPANHOL, I, TUCCI, C.E.M., NETTO, O.M.C. Gestão da Água no Brasil. Edições UNESCO, 2001.

HOEKSTRA, A. Y., CHAPAGAIN, A. K., ALADAYA, M. M., MEKONNEM, M. M. (2011), "The Water Footprint Assessment Manual - Setting the Global Standard". London: Earthscan.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível: <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/semiarido.shtm>.>. Acesso em: out. 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados Populacionais 2017. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível: ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2017/estimativa_dou_2017.pdf. Acesso em: out. 2017.

ILHA, M.S.O.; OLIVEIRA, L.H.; SOUSA JUNIOR, W.C.; GONÇALVES, O.M.; CAMPOS, M.A.S. (2010) Impact of installation of water saving technologies at the International Airport of São Paulo in Brazil. *In: CIB W062 International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings*, 36., 2010, Sydney. *Anais...* Sydney: Commission W062 Water Supply and Drainage for Buildings CIB W062. p. 449-458.

INADA, P.; MOTA, T. R.; OLIVEIRA, D. M. Reutilização da água dos aparelhos de ar condicionado em uma escola de ensino médio no Município de Umuarama-PR. *In: VII Encontro Internacional de Produção Científica CESUMAR. Anais Eletrônicos*. Maringá, Paraná, 2011

IÑÍGUEZ SEPÚLVEDA, César Domingo. Uso y valor del recurso hídrico urbano. Sistema de agua potable en Culiacán, México. *Urbano*, [S.l.], p. 41 – 47, mar. 2015. Disponível: <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RU/article/view/315>>. Acesso em: 17 jan. 2018.

KALBUSCH, A. & GHISI, E. (2016) Comparative life-cycle assessment of ordinary and water-saving taps. *Journal of Cleaner Production*, v. 112, p. 4585-4593.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. “Klimate der erde. Gotha: verlag justus perthes”. Wall-map 150cmx200cm. 1928

LAMBERT, A., Brown, T.G., Takizawa, M. e Weimer, D. (1999) - A review of performance indicators for real losses from water supply systems. *AQUA*, 48(6), 227-237.

LUIZ, L. C.; DAHMER, E.; ROSA, P. F. S. Plano de Gestão de Logística Sustentável: proposição de ações e indicadores socioambientais para avaliar o desempenho nos órgãos públicos federais.. *Rev. Adm. UFSM, Santa Maria*, v. 8, Ed. Especial XVI ENGEMA, p. 08-27, 2015.

LUZ, E.L.P.; MEDEIROS, M.C.; KOZMINNSKY; SANTOS, T.C.G.S.; MEDEIROS, R.M. Eventos climáticos e oscilação pluviométrica no município de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil. I CONIDIS. Campina Grande, 2016.

MALHEIROS, T. F.; PROTA, M. G.; RINCÓN, M. A. P. Participação comunitária e implementação dos instrumentos de gestão da água em bacias hidrográficas. *Revista Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 8, n. 1, p. 98-118, 2013.

MALMROSE, Lozier P. J., Mickley M., Reiss R., Russell J., Schaefer J., Sethi S., Manuszak J., Bergman R. & Atasi K. Committee Report: Current Perspectives on Residuals Management for Desalting Membranes. *Journal AWWA* 96 pp.73-87, 2004.

MARCO, C. M., MEZZARROBA. O. O direito humano ao desenvolvimento sustentável: contornos históricos e conceituais. *Veredas do Direito*, v.14, n.29, p.323-349. Belo Horizonte, Mai./Ago. de 2017.

MAY, S. Estudo da Viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. São Paulo. 2004. 159p. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Construção Civil.

MEDINA FILHO, M. L. P.; OLIVEIRA, L. A. N.; SOUZA, M. R. de; CASTRO, R. S. de; NAZARETH, T. B. Estudo da Captação de Água de Aparelhos Condicionadores de Ar: Uma Proposta de Reutilização em Bacias Sanitárias. X EEPA. Paraná, 2016.

MESTRINHO, S.S.P. Qualidade e classificação das águas subterrâneas. In: GIAMPÁ, Carlos Eduardo Quaglia; GONÇALES, Valter Galdiano (Org.). Águas subterrâneas e poços tubulares profundos. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. Cap. 14. p. 18-496.

MEZHER, T., FATH, H., ABBAS, Z., E KHALED, A. Techno-economic assessment and environmental impacts of desalination technologies. *Desalination*, 266 (1-3), pp. 263-273. Janeiro, 2011.

MOURA. M.R.F.; SILVA, S.R. Avaliação da percepção dos usuários para uso racional e sustentável da água em prédio público administrativo do município de Recife-PE. *Revista gestão e sustentabilidade ambiental*, Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 165-174, out.2016/mar. 2017.

MÜNK, F. Ecological and Economic Analysis of Seawater Desalination Plants. Thesis, University of Karlsruhe, Institute for Hydromechanics. Karlsruhe, 2008.

NRC. (2008). Desalination: A National Perspective. Comitee on Advancing Desalination Technology Board. National Research Council (NRC) of the U.S. National Academies. Disponível em <http://waterwebster.org/documents/NRCDesalinationreport000.pdf>. Acesso em 12 de julho de 2017.

OLIVEIRA, Frederico Moyle Baeta de. Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis no Campus da Universidade Federal de Ouro Preto – Ouro Preto, Minas Gerais - 2008. 97f - Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Ouro Preto.

Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico - OCDE. Governança dos Recursos Hídricos no Brasil, 2015.

ONU BR– Organização das Ações Unidas do Brasil. Disponível: <https://nacoesunidas.org/apesar-de-baixa-fertilidade-mundo-tera-98-bilhoes-de-pessoas-em-2050/>. Acesso em: 17 jan. 2018.

PETERS, M.R. Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial.. Dissertação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

PIÑEIRO DI BLASI, J. I.; MARTÍNEZ TORRES, J.; GARCÍA NIETO, P. J.; ALONSO FERNÁNDEZ, J. R.; DÍAZ MUÑIZ, C.; TABOADA, J. Analysis and detection of outliers in water quality parameters from ‘different automated monitoring stations in the Miño river basin (NW Spain). *Ecological Engineering*, v. 60, p. 60–66, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.07.054>

PINTO, Elis. Geopolítica da água. *Revista de Geopolítica*, v. 8, nº 1, p. 19 - 32, jan./jun. 2017.

PIRES, M.F.A., Castro C.R.T., Oliveira V.M. & Paciullo D.S.C. 2010. Conforto e bem estar para os bovinos leiteiros. In: Auad A.M., Santos A.M.B. & Pires M.F.A.(Org.).

PNUMA. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Projeto Geo cidades: relatório ambiental urbano integrado. La Rovere. Rio de Janeiro: Consórcio Parceria 21, 2002, 93 p.

POLETO, C. SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems): Uma contextualização histórica. Revista Thema, v. 8, n. 1, 2011.

PORTO, E.R., et al. Sistema de Produção Integrado Usando Efluentes da Dessalinização, Petrolina, PE 2004.

RAMOS, Manoel Henrique. Desenvolvimento de Alternativas para a Reutilização da Água no Serviço Público Municipal. Disponível em: <http://www.semasa.sp.gov.br/Documentos/ASSEMAE/Trab_55.pdf> Acesso em: 20 ago. 2018.

REBOUÇAS, C. A. Águas Doces no Mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, C. A.; BRAGA, B.; TUNDISI, G.J. Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3ª Ed. São Paulo: Escrituras Editora, v.1, cap. 01, 2006.

ROWLAND-JONES, R.; PRYDE, M.; CRESSER, M. An evolution of current environmental management systems as indicators of environmental performance. Management of Environmental Quality, v. 16, n. 3, p. 211-219, 2005. <http://dx.doi.org/10.1108/14777830510591642>

SAITO, Carlos H. As mútuas interfaces entre projetos e ações de educação ambiental e de gestão de recursos hídricos: subsídios para políticas de estado. Ambient. soc., Jun 2011, v. 14, n. 1, p. 213 – 227.

SALES, M. L. S.; CAMPOS, K.C.; CAMPOS, R.T.; GUIMARÃES, J.W.A. Avaliação financeira das ações de captação, acumulação e suprimento de água no estado do Ceará. Rev. Econ. NE, Fortaleza, v. 48, n. 4, p. 139-154, out./dez., 2017.

SANTOS, Bianca Borges Medeiros. Water security in the metropolitan region of Rio de Janeiro: contributions to the debate. Ambient. soc., Mar 2016, v. 19, n. 1, p. 103 – 120.

SANTOS, D. C. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 7-18, 2002. Disponível em: <<http://www.antac.org.br/ambienteconstruido/pdf/revista/artigos/Doc11030.pdf>>. Acesso em: 05 de julho de 2017.

SILVA, O. A. Planejamento territorial e gestão de recursos hídricos: a água enquanto ativo ecosocial. Revista Recursos Hídricos. v. 36, n 2, p. 57-64, 2015.

SILVA, A. M.; CORREIA, A. M. M.; CÂNDIDO, G. A. Ecological Footprint Method: Avaliação da Sustentabilidade no Município de João Pessoa, PB. In: CÂNDIDO, G. A. (Org.). Desenvolvimento Sustentável e Sistemas de Indicadores de Sustentabilidade: Formas de

aplicações em contextos geográficos diversos e contingências específicas. Campina Grande, PB: UFCG, 2010, p.236-271.

SILVA, V. P. R.; ALEIXO, D. O.; DANTAS, J.; MARACAJÁ, K. F. B.; ARAUJO, L. E. Uma medida de sustentabilidade ambiental: Pegada hídrica. Campina Grande – UAEEA/UFCG. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V. 17, n. 1, p. 100-105, 2013.

SORIANO, Érico; LONDE, Luciana de Resende; GREGORIO, Leandro Torres Di; COUTINHO, Marcos Pellegrini; SANTOS, Leonardo Bacellar Lima. . Water crisis in São Paulo evaluated under the disaster's point of view. Ambient. soc., Mar 2016, v. 19, n. 1, p. 21 – 42.

SOUZA, L.F. Dessalinização como fonte de alternativa de água potável. Norte Científico 2006;1(1):85-97.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. Previsão de consumo de água não potável. Brasil, 2009. Disponível em: http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo%2003.pdf. Acesso em: 10 de setembro de 2018.

TORRI, J. B. Dessalinização de água salobra e/ou salgada: métodos, custos e aplicações. Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Brasil, 2015.

UNESCO. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, 2017.

UNESCO. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento de Recursos Hídricos 2018 - Soluções baseadas na natureza para a gestão da água, 2018.

UN-WATER. Coping with Water Scarcity - A Strategic Issue and Priority for SystemWide Action, 2006.

VAN NIEKERK, H.; SILBERBAUER, M. J.; MALULEKE, M. Geographical differences in the relationship between total dissolved solids and electrical conductivity in South African rivers. Water SA, v. 40, n. 1, p. 133–137, 2014.

VELAZQUEZ, L.; MUNGUÍA, N.; OJEDA, M. (2013) Optimizing water use in the University of Sonora, Mexico. Journal of Cleaner Production, v. 46, p. 83-88.

VON SPERLING, M. Estudos de modelagem da qualidade da água de rios. Belo Horizonte: UFMG, 2007. Vol. 7. 452 p.

VOISIN, N., HEJAZI, M. I., LEUNG, R., LIU, L., HUANG, M., YI, H. L. L., TESFA, T. Effects of spatially distributed sectoral water management on the redistribution of water resources in an integrated water model. Water Resources Research, v.53, may 2017, doi: 10.1002/2016WR019767.

WHO-World Health Organization. Desalination for Safe Water Supply, Guidance for the Health and Environmental Aspects Applicable to Desalination. Geneva, Switzerland, 2007.

WOLKMER, M.F.S; PIMMEL, N.F. Política Nacional de Recursos Hídricos. Sequência (Florianópolis), n. 67, v.34, p. 165-198, dez. 2013 Doi: <http://dx.doi.org/10.5007/2177-7055>.

WWI- WORLD WATCH INSTITUTE. Estado do mundo 2013: A Sustentabilidade Ainda é Possível? Salvador, BA: Uma Editora, 2013.

WMO. The Dublin Statement and Report of the Conference. International Conference on Water and the Environment: Development Issues for the 21st Century. 26-31 January 1992. Dublin, Ireland. Disponível em: < [http://www.abcmac.org.br/files /downloads/declaracao_de_dublin_sobre_agua_e_desenvolvimento_sustentavel.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/downloads/declaracao_de_dublin_sobre_agua_e_desenvolvimento_sustentavel.pdf) >. Acesso em: out. 2017.

YOUNOS, Tamim. Environmental Issues of Desalination. [ed.] Universities Council on Water Resources. 2005, pp. 11-18.

ZHOU, Y; TOL, R.S.J. Evaluating the costs of desalination and water transport, Water Resour. Res. 41,2005.

ANEXO 01 – Análise físico- química da água do poço 01



AGROLAB – ANÁLISES AMBIENTAIS LTDA

AGROLAB - Análises Ambientais

BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA
FÍSICO-QUÍMICA

CERTIFICADO.....: 18083926
 INTERESSADO.....: UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA – UAST
 PROCEDÊNCIA.....: AV. GREGÓRIO FERRAZ NOGUEIRA, S/N – JOSÉ TOMÉ DE SOUZA
 – SERRA TALHADA – PE
 LOCAL DA COLETA...: PONTO 04 – POÇO 01 ADMINISTRATIVO
 DATA DA COLETA....: 09/08/2018
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO
 CHEGADA.....: 10/08/2018

PARÂMETROS	RESULTADOS	LD	MÉTODO	VMP ⁽¹⁾
Cor aparente	<5 uH ⁽²⁾	5 uH	2120 B	15 uH
Odor	NO intensidade	1	2150 B	6
Turbidez	<0,2 uT	0,2 uT	2130 B	5 uT
Condutividade elétrica	1909,0 µS/cm a 25° C	0,1 µS/cm	2510 B	-
pH	7,8 -	0,01	4500 H' B	6,0 – 9,5 ⁽²⁾
Sólidos totais dissolvidos	877 mg/L	10 mg/L	2540 C	1.000 mg/L
Amônia em NH ₃	0,06 mg/L	0,04 mg/L	4500 NH, F	1,5 mg/L NH ₃
Nitrito em N	0,011 mg/L	0,002 mg/L	4500 NO ₂ B	1 mg/L N
Nitrato em N	5,67 mg/L	0,05 mg/L	4500 NO ₃ B	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO ₃	0,0 mg/L	0,1 mg/L	2320 B	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO ₃	0,0 mg/L	0,1 mg/L	2320 B	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO ₃	120,1 mg/L	0,1 mg/L	2320 B	-
Alcalinidade total em CaCO ₃	120,1 mg/L	0,1 mg/L	2320 B	-
Dureza de carbonatos em CaCO ₃	120,1 mg/L	1,0 mg/L	2340 C	-
Dureza de não carbonatos em CaCO ₃	496,1 mg/L	1,0 mg/L	2340 C	-
Dureza total em CaCO ₃	616,2 mg/L	1,0 mg/L	2340 C	500 mg/L
Ferro total	0,04 mg/L	0,01 mg/L	3500 Fe B	0,3 mg/L
Manganês Total	0,3 mg/L	0,01 mg/L	3500 Mn B	0,1 mg/L
Alumínio Total	<0,05 mg/L	0,05 mg/L	3500 Al B	0,2 mg/L
Zinco Total	<0,05 mg/L	0,05 mg/L	3500 Zn B	5 mg/L
Cobre Total	<0,05 mg/L	0,05 mg/L	3500 Cu B	2 mg/L
Cromo Total	<0,05 mg/L	0,05 mg/L	3500 Cr B	0,05 mg/L
Cádmio total	<0,001 mg/L	0,001 mg/L	3120 B	0,005 mg/L
Chumbo total	<0,005 mg/L	0,005 mg/L	3120 B	0,01 mg/L

COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	LD	Método	VMP ⁽¹⁾	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	LD	Método	VMP ⁽¹⁾
Ca ²⁺ CALCÍO	124,4	6,21	0,25 mg/L	3500 Ca B	-	Cl ⁻ CLORETO	325,0	9,17	0,25 mg/L	4500 Cl B	250,0 mg/L
Mg ²⁺ MAGNÉSIO	74,3	6,11	0,15 mg/L	3500 Mg B	-	SO ₄ ²⁻ SULFATO	103,7	2,16	0,1 mg/L	4500 SO ₄ B	250,0 mg/L
Na ⁺ SÓDIO	40,9	1,78	0,05 mg/L	3500 Na B	200,0 mg/L	NO ₃ ⁻ NITRATO	25,1	0,41	0,1 mg/L	4500 NO ₃ B	-
K ⁺ POTÁSSIO	4,3	0,11	0,08 mg/L	3500 K B	-	CO ₃ ²⁻ CARBONATO	0,0	0,00	0,06 mg/L	2320 B	-
						HCO ₃ ⁻ BICARBONATO	146,5	2,40	0,06 mg/L	2320 B	-

⁽¹⁾VMP=Valores máximos permitidos para consumo humano (Portaria de consolidação nº05 de 28/09/2017, Anexo XX MS)

⁽²⁾Intervalo recomendado; ⁽³⁾Unidade Hazen (mg Pt-Co/L); N.O = não observado; LD = Limites de detecção do método.

(-): valores de referência (VMP) não constam da legislação (Portaria de consolidação nº05 de 28/09/2017, Anexo XX MS)

Métodos de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23th ed.2017.

CONCLUSÃO: Água em desconformidade para com alguns dos limites estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº05 de 28/09/2017, Anexo XX do Ministério da Saúde.

Recife, 29 de agosto de 2018

AGROLAB - Análises Ambientais Ltda
 Thales Soares V. de Carvalho
 Gerência Técnica
 CRQ 0140434 - 1ª Reg

Rua Santana, 486 - Casa Forte - Recife - PE CEP.52.060-460
 CNPJ 69.952.299/0001-80 Fone:81-3441-1346/3442-2126 www.agrolab.com.br

ANEXO 02 – Análise físico- química da água do poço 02



AGROLAB – ANÁLISES AMBIENTAIS LTDA

AGROLAB - Análises Ambientais

BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA
FÍSICO-QUÍMICA

CERTIFICADO.....: 18083925
 INTERESSADO.....: UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA – UAST
 PROCEDÊNCIA.....: AV. GREGÓRIO FERRAZ NOGUEIRA, S/N – JOSÉ TOMÉ DE SOUZA
 – SERRA TALHADA – PE
 LOCAL DA COLETA...: PONTO 03 – POÇO ZOOTECNIA
 DATA DA COLETA...: 09/08/2018
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO
 CHEGADA.....: 10/08/2018

PARÂMETROS	RESULTADOS	LD	MÉTODO	VMP ⁽¹⁾
Cor aparente	<5 uH ⁽²⁾	5 uH	2120 B	15 uH
Odor	NO intensidade	1	2150 B	6
Turbidez	<0,2 uT	0,2 uT	2130 B	5 uT
Condutividade elétrica	1658,0 µS/cm a 25° C	0,1 µS/cm	2510 B	-
pH	7,1 -	0,01	4500 H' B	6,0 – 9,5 ⁽²⁾
Sólidos totais dissolvidos	811 mg/L	10 mg/L	2540 C	1.000 mg/L
Amônia em NH ₃	0,06 mg/L	0,04 mg/L	4500 NH ₃ F	1,5 mg/L NH ₃
Nitrito em N	<0,002 mg/L	0,002 mg/L	4500 NO ₂ B	1 mg/L N
Nitrato em N	5,35 mg/L	0,05 mg/L	4500 NO ₃ B	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO ₃	0,0 mg/L	0,1 mg/L	2320 B	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO ₃	0,0 mg/L	0,1 mg/L	2320 B	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO ₃	164,2 mg/L	0,1 mg/L	2320 B	-
Alcalinidade total em CaCO ₃	164,2 mg/L	0,1 mg/L	2320 B	-
Dureza de carbonatos em CaCO ₃	164,2 mg/L	1,0 mg/L	2340 C	-
Dureza de não carbonatos em CaCO ₃	397,8 mg/L	1,0 mg/L	2340 C	-
Dureza total em CaCO ₃	562,0 mg/L	1,0 mg/L	2340 C	500 mg/L
Ferro total	0,05 mg/L	0,01 mg/L	3500 Fe B	0,3 mg/L
Manganês Total	0,2 mg/L	0,01 mg/L	3500 Mn B	0,1 mg/L
Alumínio Total	<0,05 mg/L	0,05 mg/L	3500 Al B	0,2 mg/L
Zinco Total	<0,05 mg/L	0,05 mg/L	3500 Zn B	5 mg/L
Cobre Total	<0,05 mg/L	0,05 mg/L	3500 Cu B	2 mg/L
Cromo Total	<0,05 mg/L	0,05 mg/L	3500 Cr B	0,05 mg/L
Cádmio total	<0,001 mg/L	0,001 mg/L	3120 B	0,005 mg/L
Chumbo total	<0,005 mg/L	0,005 mg/L	3120 B	0,01 mg/L

COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	LD	Método	VMP ⁽¹⁾	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	LD	Método	VMP ⁽¹⁾
Ca ²⁺ CALCÍO	98,7	4,92	0,25 mg/L	3500 Ca B	-	Cl ⁻ CLORETO	300,0	8,46	0,25 mg/L	4500 Cl B	250,0 mg/L
Mg ²⁺ MAGNÉSIO	76,7	6,30	0,15 mg/L	3500 Mg B	-	SO ₄ ²⁻ SULFATO	44,4	0,93	0,1 mg/L	4500 SO ₄ E	250,0 mg/L
Na ⁺ SÓDIO	45,5	1,98	0,05 mg/L	3500 Na B	200,0 mg/L	NO ₃ ⁻ NITRATO	23,7	0,38	0,1 mg/L	4500 NO ₃ B	-
K ⁺ POTÁSSIO	2,0	0,05	0,08 mg/L	3500 K B	-	CO ₃ ²⁻ CARBONATO	0,0	0,00	0,06 mg/L	2320 B	-
						HCO ₃ ⁻ BICARBONATO	200,3	3,28	0,06 mg/L	2320 B	-

⁽¹⁾VMP=Valores máximos permitidos para consumo humano (Portaria de consolidação nº05 de 28/09/2017, Anexo XX MS)

⁽²⁾Intervalo recomendado; ⁽³⁾Unidade Hazen (mg Pt-Co/L); N.O = não observado; LD = Limites de detecção do método.

(-): valores de referência (VMP) não constam da legislação (Portaria de consolidação nº05 de 28/09/2017, Anexo XX MS)

Métodos de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23th ed.2017.

CONCLUSÃO: Água em desconformidade para com alguns dos limites estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº05 de 28/09/2017, Anexo XX do Ministério da Saúde.

Recife, 29 de agosto de 2018

AGROLAB - Análises Ambientais Ltda
 Thales Soares V. de Carvalho
 Gerência Técnica
 CRQ 01405034 - 1º Reg

ANEXO 03 – Relatório da análise microbiológica dos poços.

ANÁLISE DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DOS POÇOS ARTESINANO DA UAST (RELATÓRIO PARCIAL)

INTRODUÇÃO

A água para o consumo humano deve estar dentro dos padrões de qualidade exigidos pela portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde que exige que esta esteja livre de contaminação por bactérias do grupo coliforme, o principal indicador de contaminação. Serão coletadas três amostras no período de cinco meses, novembro de 2018 a março de 2019. Este relatório parcial apresenta os resultados da primeira amostra realizada no dia 22 de novembro de 2018.

MÉTODO

A qualidade microbiológica da água dos dois poços da Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST da UFRPE foi determinada pela contagem de coliformes totais e termotolerante pelo método do número mais provável (MNP) com intervalo de confiança de 95% para a combinação de dez tubos positivos e negativos para o crescimento bacteriano e produção de gás, incubando-se dez alíquotas de 10mL em meio Lauril sulfato de sódio (LST) para o teste presuntivo de acordo com (SILVA et al, 2017). Dos tubos positivos para o crescimento e produção de gás, foram repicadas alíquotas de 10µL para tubos com meio caldo verde brilhante (VB), para coliformes totais, e para tubos com caldo *Esherichia coli* (EC), para coliformes termotolerantes. Amostras de 250 mL foram coletadas dos poços 1, localizado atrás do laboratório de hidráulica, e 2 localizado a cerca de 60 metros a oeste do primeiro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A amostra do poço 1 apresentou resultado positivos para coliformes totais com NMP >23/100 mL, com mínimo de 12 e máximo infinito, e para coliformes termotolerantes com NMP 16/100 mL, mínimo de 5,9 e máximo de 33. A mostra do poço 2 apresentou resultado negativo para o teste presuntivo em meio lauril sulfato de sódio (LST).

O resultado é curioso uma vez que os dois poços não estão separados por uma grande distância, porem o poço 1 fica localizado próximo a uma horta onde se utiliza esterco como adubo orgânico. No entanto não é possível afirma que a pratica da horticultura no local seja a causa da contaminação.

CONCLUSÕES

A água do poço 1, do ponto de vista microbiológico, está fora dos padrões de potabilidade exigidos pela portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde que dispõe sobre a qualidade da água para o consumo humano.

REFERÊNCIAS

1. SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A.;TANIWAKI, M.H.; GOMES, R.A.R.; OKAZAKI, M.M. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água. São Paulo, Blucher, 5ª ed, 2017.
2. BRASIL. Portaria n° 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Ministério da Saúde.

ANEXO 04 – Análise físico- química das águas do aparelho de ar condicionado tipo Split.



AGROLAB – ANÁLISES AMBIENTAIS LTDA

AGROLAB - Análises Ambientais

BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA
FÍSICO-QUÍMICA

CERTIFICADO.....: 18083923
 INTERESSADO.....: UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA – UAST
 PROCEDÊNCIA.....: AV. GREGÓRIO FERRAZ NOGUEIRA, S/N – JOSÉ TOMÉ DE SOUZA
 – SERRA TALHADA – PE
 LOCAL DA COLETA...: PONTO 01 – AR CONDICIONADO – LAB. DE PESCA
 DATA DA COLETA...: 09/08/2018
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO
 CHEGADA.....: 10/08/2018

PARÂMETROS	RESULTADOS	LD	MÉTODO	VMP ⁽¹⁾
Cor aparente	<5 uH ⁽²⁾	5 uH	2120 B	15 uH
Odor	NO intensidade	1	2150 B	6
Turbidez	<0,2 uT	0,2 uT	2130 B	5 uT
Condutividade elétrica	43,0 µS/cm a 25° C	0,1 µS/cm	2510 B	-
pH	7,0 -	0,01	4500 H ⁺ B	6,0 – 9,5 ⁽³⁾
Sólidos totais dissolvidos	11 mg/L	10 mg/L	2540 C	1.000 mg/L
Amônia em NH ₃	2,62 mg/L	0,04 mg/L	4500 NH ₃ F	1,5 mg/L NH ₃
Nitrito em N	0,256 mg/L	0,002 mg/L	4500 NO ₂ B	1 mg/L N
Nitrato em N	0,27 mg/L	0,05 mg/L	4500 NO ₃ B	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO ₃	0,0 mg/L	0,1 mg/L	2320 B	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO ₃	0,0 mg/L	0,1 mg/L	2320 B	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO ₃	4,0 mg/L	0,1 mg/L	2320 B	-
Alcalinidade total em CaCO ₃	4,0 mg/L	0,1 mg/L	2320 B	-
Dureza de carbonatos em CaCO ₃	2,5 mg/L	1,0 mg/L	2340 C	-
Dureza de não carbonatos em CaCO ₃	0,0 mg/L	1,0 mg/L	2340 C	-
Dureza total em CaCO ₃	2,5 mg/L	1,0 mg/L	2340 C	500 mg/L
Ferro total	0,03 mg/L	0,01 mg/L	3500 Fe B	0,3 mg/L
Manganês Total	<0,01 mg/L	0,01 mg/L	3500 Mn B	0,1 mg/L
Alumínio Total	<0,05 mg/L	0,05 mg/L	3500 Al B	0,2 mg/L
Zinco Total	<0,05 mg/L	0,05 mg/L	3500 Zn B	5 mg/L
Cobre Total	<0,05 mg/L	0,05 mg/L	3500 Cu B	2 mg/L
Cromo Total	<0,05 mg/L	0,05 mg/L	3500 Cr B	0,05 mg/L
Cádmio total	<0,001 mg/L	0,001 mg/L	3120 B	0,005 mg/L
Chumbo total	<0,005 mg/L	0,005 mg/L	3120 B	0,01 mg/L

COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	LD	Método	VMP ⁽¹⁾	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	LD	Método	VMP ⁽¹⁾
Ca ²⁺ CALCÍO	0,5	0,02	0,25 mg/L	3500 Ca B	-	Cl ⁻ CLORETO	1,8	0,05	0,25 mg/L	4500 Cl B	250,0 mg/L
Mg ²⁺ MAGNÉSIO	0,3	0,02	0,15 mg/L	3500 Mg B	-	SO ₄ ²⁻ SULFATO	0,7	0,02	0,1 mg/L	4500 SO ₄ F	250,0 mg/L
Na ⁺ SÓDIO	2,5	0,11	0,05 mg/L	3500 Na B	200,0 mg/L	NO ₃ ⁻ NITRATO	1,2	0,02	0,1 mg/L	4500 NO ₃ B	-
K ⁺ POTÁSSIO	0,4	0,01	0,08 mg/L	3500 K B	-	CO ₃ ²⁻ CARBONATO	0,0	0,00	0,06 mg/L	2320 B	-
						HCO ₃ ⁻ BICARBONATO	4,9	0,08	0,06 mg/L	2320 B	-

⁽¹⁾VMP=Valores máximos permitidos para consumo humano (Portaria de consolidação nº05 de 28/09/2017, Anexo XX MS)

⁽²⁾Intervalo recomendado; ⁽³⁾Unidade Hazen (mg Pt-Co/L); N.O = não observado; LD = Limites de detecção do método.

(-): valores de referência (VMP) não constam da legislação (Portaria de consolidação nº05 de 28/09/2017, Anexo XX MS)

Métodos de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23th ed.2017.

Recife, 29 de agosto de 2018

AGROLAB - Análises Ambientais Ltda
 Thales Soares V. de Carvalho
 Gerência Técnica
 CRQ 01403634 - 1ª Reg

ANEXO 05 – Análise físico- química das águas do aparelho de ar condicionado tipo janela.



AGROLAB – ANÁLISES AMBIENTAIS LTDA

BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA
FÍSICO-QUÍMICA

AGROLAB - Análises Ambientais

CERTIFICADO.....: 18083924
 INTERESSADO.....: UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA – UAST
 PROCEDÊNCIA.....: AV. GREGÓRIO FERRAZ NOGUEIRA, S/N – JOSÉ TOMÉ DE SOUZA
 – SERRA TALHADA – PE
 LOCAL DA COLETA...: PONTO 02 – AR CONDICIONADO – SALA DE AULA
 DATA DA COLETA....: 09/08/2018
 COLETADA.....: PELO INTERESSADO
 CHEGADA.....: 10/08/2018

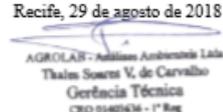
PARÂMETROS	RESULTADOS	LD	MÉTODO	VMP ⁽¹⁾
Cor aparente	<5 uH ⁽²⁾	5 uH	2120 B	15 uH
Odor	NO intensidade	1	2150 B	6
Turbidez	<0,2 uT	0,2 uT	2130 B	5 uT
Condutividade elétrica	33,9 µS/cm a 25° C	0,1 µS/cm	2510 B	-
pH	7,5 -	0,01	4500 H ⁺ B	6,0 – 9,5 ⁽³⁾
Sólidos totais dissolvidos	9 mg/L	10 mg/L	2540 C	1.000 mg/L
Amônia em NH ₃	2,71 mg/L	0,04 mg/L	4500 NH ₃ F	1,5 mg/L NH ₃
Nitrito em N	0,59 mg/L	0,002 mg/L	4500 NO ₂ B	1 mg/L N
Nitrato em N	0,22 mg/L	0,05 mg/L	4500 NO ₃ B	10 mg/L N
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO ₃	0,0 mg/L	0,1 mg/L	2320 B	-
Alcalinidade de carbonatos em CaCO ₃	0,0 mg/L	0,1 mg/L	2320 B	-
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO ₃	3,5 mg/L	0,1 mg/L	2320 B	-
Alcalinidade total em CaCO ₃	3,5 mg/L	0,1 mg/L	2320 B	-
Dureza de carbonatos em CaCO ₃	3,5 mg/L	1,0 mg/L	2340 C	-
Dureza de não carbonatos em CaCO ₃	0,4 mg/L	1,0 mg/L	2340 C	-
Dureza total em CaCO ₃	3,9 mg/L	1,0 mg/L	2340 C	500 mg/L
Ferro total	0,03 mg/L	0,01 mg/L	3500 Fe B	0,3 mg/L
Manganês Total	<0,01 mg/L	0,01 mg/L	3500 Mn B	0,1 mg/L
Alumínio Total	<0,05 mg/L	0,05 mg/L	3500 Al B	0,2 mg/L
Zinco Total	<0,05 mg/L	0,05 mg/L	3500 Zn B	5 mg/L
Cobre Total	<0,05 mg/L	0,05 mg/L	3500 Cu B	2 mg/L
Cromo Total	<0,05 mg/L	0,05 mg/L	3500 Cr B	0,05 mg/L
Cádmio total	<0,001 mg/L	0,001 mg/L	3120 B	0,005 mg/L
Chumbo total	<0,005 mg/L	0,005 mg/L	3120 B	0,01 mg/L

COMPOSIÇÃO IÔNICA PREDOMINANTE

Cátions	mg/L	mmol(+)/L	LD	Método	VMP ⁽¹⁾	Ânions	mg/L	mmol(-)/L	LD	Método	VMP ⁽¹⁾
Ca ²⁺ CALCÍO	0,5	0,02	0,25 mg/L	3500 Ca B	-	Cl ⁻ CLORETO	1,5	0,04	0,25 mg/L	4500 Cl B	250,0 mg/L
Mg ²⁺ MAGNÉSIO	0,7	0,05	0,15 mg/L	3500 Mg B	-	SO ₄ ²⁻ SULFATO	0,1	0,00	0,1 mg/L	4500 SO ₄ B	250,0 mg/L
Na ⁺ SÓDIO	1,2	0,05	0,05 mg/L	3500 Na B	200,0 mg/L	NO ₃ ⁻ NITRATO	1,0	0,02	0,1 mg/L	4500 NO ₃ B	-
K ⁺ POTÁSSIO	0,4	0,01	0,08 mg/L	3500 K B	-	CO ₃ ²⁻ CARBONATO	0,0	0,00	0,06 mg/L	2320 B	-
						HCO ₃ ⁻ BICARBONATO	4,3	0,07	0,06 mg/L	2320 B	-

⁽¹⁾VMP=Valores máximos permitidos para consumo humano (Portaria de consolidação nº05 de 28/09/2017, Anexo XX MS)
⁽²⁾Intervalo recomendado; ⁽³⁾Unidade Hazen (mg Pt-Co/L); N.O = não observado; LD = Limites de detecção do método.
 (-): valores de referência (VMP) não constam da legislação (Portaria de consolidação nº05 de 28/09/2017, Anexo XX MS)
 Métodos de análises: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23th ed.2017.

Recife, 29 de agosto de 2018



AGROLAB - Análises Ambientais Ltda
 Thales Soares V. de Carvalho
 Gerência Técnica
 CRQ 0140204 - 1ª Reg

Rua Santana, 486 - Casa Forte - Recife - PE CEP.52.060-460
 CNPJ 69.952.299/0001-80 Fone:81-3441-1346/3442-2126 www.agrolab.com.br

ANEXO 06 – Resolução ARPE Nº 131/2018



COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO
DIRETORIA DE MERCADO E ATENDIMENTO - DMA
ESTRUTURA TARIFÁRIA

DECRETO ESTADUAL Nº 18.251 DE 21/12/1994.

Vigência: 12 de Maio de 2018

ÁGUA TRATADA		Resolução ARPE Nº 131/2018 - Publicada no DOE nº.66 de 12/04/2018	
Consumidores Medidos		Reposicionamento tarifário incremental de 2,75%, válido a partir de 12 de Maio de 2018	
Consumidores Medidos	Consumo (litros)	Valor (R\$)	
Residencial	Tarifa Social - consumo até 10.000 litros/mês	8,65	
	Tarifa Normal - consumo até 10.000 litros/mês	41,30	
	Consumo superior a 10.000 litros/mês		
	10.001 a 20.000 litros	4,74 por 1.000 l	
	20.001 a 30.000 litros	5,63 por 1.000 l	
	30.001 a 50.000 litros	7,75 por 1.000 l	
	50.001 a 90.000 litros	9,18 por 1.000 l	
	90.001 a 999999.000 litros	17,65 por 1.000 l	
	Comercial	Tarifa Mínima - consumo até 10.000 litros/mês	60,75
		+ 10.000 litros	12,04 por 1.000 l
Industrial	Tarifa Mínima - consumo até 10.000 litros/mês	76,13	
	+ 10.000 litros	16,13 por 1.000 l	
Pública	Tarifa Mínima - consumo até 10.000 litros/mês	58,72	
	+ 10.000 litros	8,91 por 1.000 l	
Consumidores não medidos			
	Tarifa Social	8,65 por mês	
Residencial	Tarifa Normal	41,30 por mês	
Comercial	Tarifa Mínima	60,75 por mês	
Industrial	Tarifa Mínima	76,13 por mês	
Público	Tarifa Mínima	58,72 por mês	
Fornecimento por Carros-pipa		16,12 por 1.000L	
Fornecimento por Carros-pipa Órgãos Públicos		2,25 por 1.000L	
Chafariz Público		2,25 por 1.000L	

ÁGUA BRUTA

Comercial e Industrial	
entre 51 e 5.000 m ²	2,25 por 1.000 l
entre 5.001 e 19.999 m ²	1,84 por 1.000 l
a partir de 20.000 m ²	1,03 por 1.000 l

ESGOTAMENTO SANITÁRIO

SISTEMA CONVENCIONAL

Ligação Convencional ou ramal de calçada - 100% da tarifa de água
Ramal Condominial (operado p/ Comunidade) - 50% da tarifa de água

SISTEMA SIMPLIFICADO

Ligação Convencional ou ramal de calçada - 80% da tarifa de água
Ramal Condominial (operado p/ Comunidade) - 40% da tarifa de água

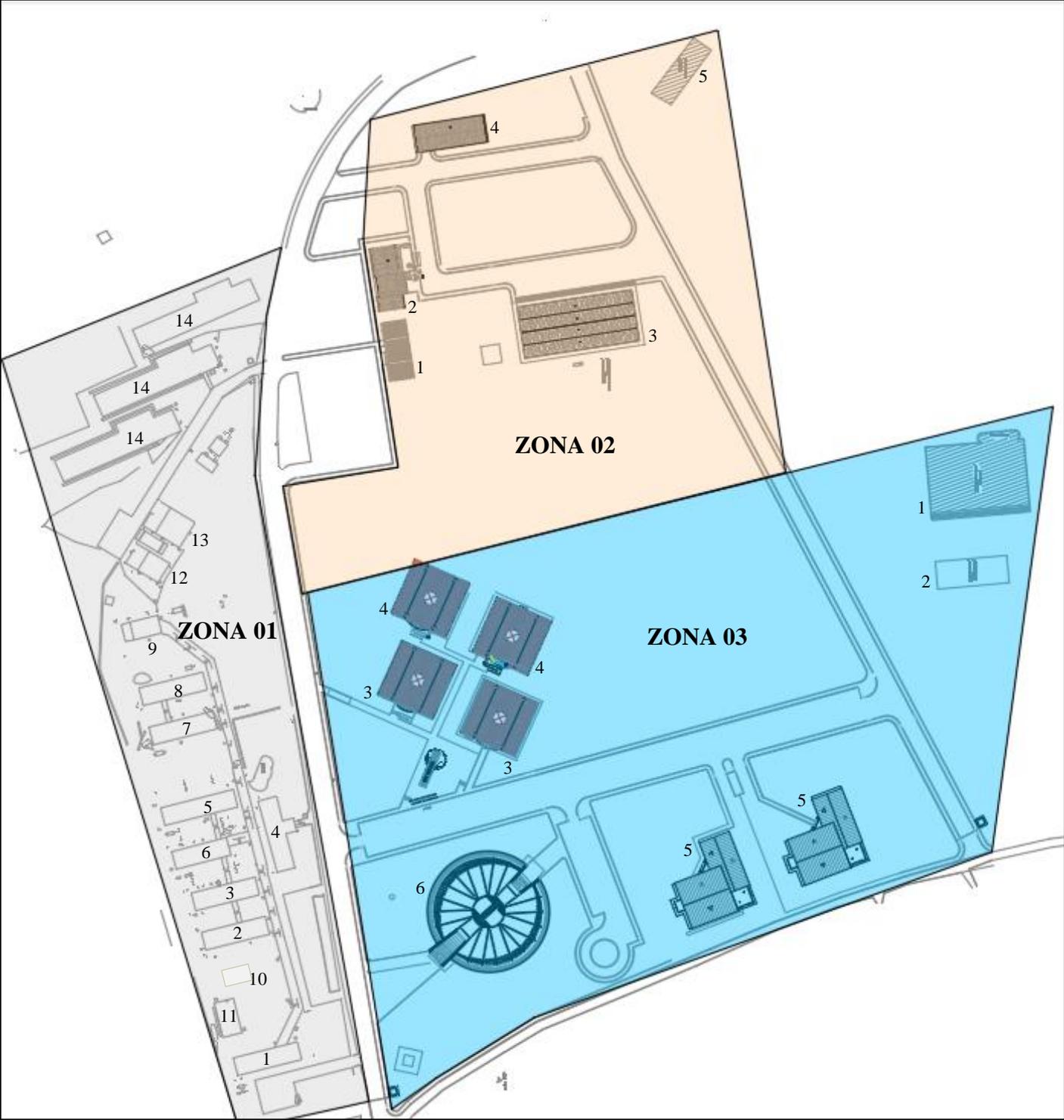
DRENO

Ligação Convencional ou ramal de calçada - 50% da tarifa de água
Ramal Condominial (operado p/Comunidade) - 30% da tarifa de água

PRÉDIOS EM CONSTRUÇÃO

50% do valor dos serviços de esgotos estipulados no momento da ligação, cobrados até a concessão do habite-se.

APÊNDICE A – Planta de zoneamento da UAST



APÊNDICE A – Planta de zoneamento da UAST

Legenda- Identificação dos edifícios

EDIFÍCIO/ TIPOLOGIA	
ZONA 01	1. Bloco A – Oficina/garagem
	2. Bloco B – Administrativo e acadêmico
	3. Bloco C – Administrativo e acadêmico
	4. Bloco D – Administrativo
	5. Bloco E - Auditório
	6. Bloco F– Administrativo e acadêmico
	7. Bloco G– Administrativo e acadêmico
	8. Bloco H– Administrativo e acadêmico
	9. Bloco Laboratórios antigos
	10. Bloco Aquicultura
	11. Bloco Ecologia e Sistemas aquáticos
	12. Casa 01- Pós graduação e biotério
	13. Casa 02- Pós Graduação
	14. Blocos de Sala de Aula

EDIFÍCIO/ TIPOLOGIA	
ZONA 02	1. Cantina
	2. Bloco Administrativo/ Prefeitura Universitária
	3. Galpão de transportes
	4. Galpão Almojarifado
	5. Galpão Fábrica Ração
ZONA 03	1. Quadra Poliesportiva Coberta
	2. Galpão Hidráulica
	3. Blocos para Professores
	4. Blocos de Laboratórios
	5. Casas de Estudante
	6. Biblioteca e Auditório

APÊNDICE B – Tabelas de levantamento da quantidade e especificações dos equipamentos de ar condicionado existentes na Universidade.

RESUMO DOS EQUIPAMENTOS DE AR CONDICIONADO EXISTENTES NA UAST				
TIPO	MARCA	CAPACIDADE FRIGORÍFICA	QUANTIDADE	TOTAL
BLOCO S. AULA 1				
ACJ	Gree Gold Layer	21.000 Btu/h	28	36
ACJ	Gree Gold Layer	18.000 Btu/h	3	
ACJ	Elgin	18.000 Btu/h	3	
Split Hi-Wall	Midea Liva	18.000 Btu/h	2	
BLOCO S. AULA 2				
ACJ	Gree Gold Layer	21.000 Btu/h	31	35
ACJ	Elgin	21.000 Btu/h	2	
ACJ	Gree Gold Layer	10.000 Btu/h	1	
ACJ	Eletrolux	10.000 Btu/h	1	
BLOCO S. AULA 3				
ACJ	Gree Gold Layer	21.000 Btu/h	31	34
ACJ	Gree Gold Layer	18.000 Btu/h	2	
ACJ	Gree Gold Layer	10.000 Btu/h	1	
BLOCO ADMINISTRATIVO NOVO				
Split Hi-Wall	Eletrolux Eco turbo	12.000 Btu/h	7	11
Split Piso - Teto	Eletrolux CI36F	36.000 Btu/h	4	
BLOCO A				
Split Hi-Wall	Midea Liva	18.000 Btu/h	1	2
ACJ	Springer Minimaxi	10.000 Btu/h	1	
BLOCO B				
ACJ	Elgin	18.000 Btu/h	7	9
Split Hi-Wall	Eletrolux Ecoturbo	12.000 Btu/h	2	
BLOCO C				
ACJ	Gree Gold Layer	18.000 Btu/h	4	9
ACJ	Elgin	21.000 Btu/h	1	
ACJ	Elgin	18.000 Btu/h	1	
Split Hi-Wall	Eletrolux	12.000 Btu/h	3	
BLOCO D				
ACJ	Gree Gold Layer	21.000 Btu/h	2	12
ACJ	Eletrolux Maximus	7.500 Btu/h	3	
ACJ	Eletrolux Maximus	10.000 Btu/h	1	
Split Hi-Wall	Eletrolux Ecoturbo	12.000 Btu/h	2	
Split Hi-Wall	Midea Liva	18.000 Btu/h	3	

ACJ	Elgin	18.000 Btu/h	1	
BLOCO E				6
Split Hi-Wall	Eletrolux Ecoturbo	12.000 Btu/h	2	
Split Hi-Wall	Midea Liva	18.000 Btu/h	1	
ACJ	Elgin	21.000 Btu/h	2	
ACJ	Gree Gold Layer	18.000 Btu/h	1	
BLOCO F				13
ACJ	Gree Gold Layer	18.000 Btu/h	5	
ACJ	Gree Gold Layer	10.500 Btu/h	1	
ACJ	Eletrolux Maximus	7.500 Btu/h	1	
ACJ	Eletrolux Maximus	10.000 Btu/h	1	
Split Hi-Wall	Eletrolux Ecoturbo	12.000 Btu/h	2	
ACJ	Elgin	21.000 Btu/h	1	
ACJ	Elgin	18.000 Btu/h	2	
BLOCO G				12
ACJ	Gree Gold Layer	18.000 Btu/h	1	
ACJ	Elgin	18.000 Btu/h	1	
ACJ	Eletrolux Maximus	10.000 Btu/h	1	
Split Hi-Wall	Eletrolux Ecoturbo	12.000 Btu/h	9	
BLOCO H				19
ACJ	Gree Gold Layer	21.000 Btu/h	3	
ACJ	Gree Gold Layer	10.500 Btu/h	1	
ACJ	Eletrolux Maximus	10.000 Btu/h	4	
ACJ	Eletrolux Maximus	7.500 Btu/h	2	
Split Hi-Wall	Eletrolux Ecoturbo	12.000 Btu/h	9	
BLOCO I				5
ACJ	Eletrolux Maximus	10.000 Btu/h	3	
ACJ	Eletrolux Maximus	7.500 Btu/h	2	
CASA 1				4
ACJ	Eletrolux Maximus	10.000 Btu/h	2	
ACJ	Eletrolux Maximus	7.500 Btu/h	2	
CASA 2				14
ACJ	Eletrolux Maximus	10.000 Btu/h	2	
ACJ	Eletrolux Maximus	7.500 Btu/h	3	
ACJ	Elgin	21.000 Btu/h	1	
Split Hi Wall	Midea Liva	18.000 Btu/h	2	
Split Hi Wall	Samsung Smart Inverter	24.000 Btu/h	3	
Split Hi Wall	Samsung Smart Inverter	24.000 Btu/h	3	
BLOCO LABORATÓRIOS 02				36
Split Hi Wall	Midea	12.000 Btu/h	3	

Split Hi Wall	Midea	18.000 Btu/h	3	
Split Piso - Teto	Carrier Eco Saver Puron	36.000 Btu/h	30	
BLOCO PROFESSORES 02				38
ACJ	Springer Silentia	18.000 Btu/h	38	
OUTROS				5
ACJ	Eletrolux Maximus	7.500 Btu/h	1	
Split Hi Wall	Midea	18.000 Btu/h	2	
Split Hi-Wall	Eletrolux Ecoturbo	12.000 Btu/h	1	
Split Hi-Wall	Consul Bem Estar	12.000 Btu/h	1	
TOTAL DE EQUIPAMENTOS INSTALADOS NA UAST				300

APÊNDICE C – Tabelas de cálculo do volume de água gerado pelo funcionamento dos equipamentos de ar condicionado.

ESTIMATIVA DO VOLUME GERADO EM CADA EDIFÍCIO							
TIPO	MODELO	CAPACIDADE FRIGORÍFICA	QUANTIDADE EQUIPAMENTOS	VOLUME /EQUIP. (litros/hora)	VOLUME TOTAL EQUIP. (litros/hora)	FUNCIONAMENTO/DIA (horas)	VOLUME TOTAL (litros/dia)
ZONA 01							
BLOCO A							
Split Hi-Wall	Midea Liva	18.000 Btu/h	1	0,33	0,33	6	1,98
ACJ	Springer Minimaxi	10.000 Btu/h	1	não aplicável	não aplicável		
Volume total (litros/dia)							1,98
BLOCO B							
ACJ	Elgin	18.000 Btu/h	7	0,36	2,52	6	15,12
Split Hi-Wall	Eletrolux Ecoturbo	12.000 Btu/h	2	1	2	6	12
Volume total (litros/dia)							27,12
BLOCO C							
ACJ	Gree Gold Layer	18.000 Btu/h	4	0,76	3,04	4	12,16
ACJ	Elgin	21.000 Btu/h	1	não aplicável	não aplicável		
ACJ	Elgin	18.000 Btu/h	1	0,36	0,36	4	1,44
Split Hi-Wall	Eletrolux	12.000 Btu/h	3	1	3	4	12
Volume total (litros/dia)							25,6

BLOCO D

ACJ	Gree Gold Layer	21.000 Btu/h	2	1,3	2,6	8	20,8
ACJ	Eletrolux Maximus	7.500 Btu/h	3	0,08	0,24	8	1,92
ACJ	Eletrolux Maximus	10.000 Btu/h	1	0	0	8	0
Split Hi-Wall	Eletrolux Ecoturbo	12.000 Btu/h	2	1	2	8	16
Split Hi-Wall	Midea Liva	18.000 Btu/h	3	0,33	0,99	8	7,92
ACJ	Elgin	18.000 Btu/h	1	0,36	0,36	8	2,88
Volume total (litros/dia)							49,52

BLOCO E

Split Hi-Wall	Eletrolux Ecoturbo	12.000 Btu/h	2	1	2	13,5	27,00
Split Hi-Wall	Midea Liva	18.000 Btu/h	1	0,33	0,33	13,5	4,46
ACJ	Elgin	21.000 Btu/h	2	não aplicável	não aplicável	13,5	
ACJ	Gree Gold Layer	18.000 Btu/h	1	0,76	0,76	13,5	10,26
Volume total (litros/dia)							41,72

BLOCO F**Biblioteca**

ACJ	Gree Gold Layer	18.000 Btu/h	3	0,76	2,28	13,5	30,78
ACJ	Gree Gold Layer	10.500 Btu/h	1	não aplicável	não aplicável	13,5	
ACJ	Eletrolux Maximus	7.500 Btu/h	1	0,08	0,08	13,5	1,08
ACJ	Eletrolux Maximus	10.000 Btu/h	1	0	0	13,5	0
ACJ	Elgin	21.000 Btu/h	1	não aplicável	não aplicável	13,5	

Auditório

ACJ	Gree Gold Layer	18.000 Btu/h	2	0,76	1,52	2	3,04
Split Hi-Wall	Eletrolux Ecoturbo	12.000 Btu/h	2	1	2	2	4
ACJ	Elgin	18.000 Btu/h	2	0,36	0,72	2	1,44
Volume total (litros/dia)							40,34

BLOCO G							
ACJ	Gree Gold Layer	18.000 Btu/h	1	0,76	0,76	4	3,04
ACJ	Elgin	18.000 Btu/h	1	0,36	0,36	4	1,44
ACJ	Eletrolux Maximus	10.000 Btu/h	1	0	0	4	0
Split Hi-Wall	Eletrolux Ecoturbo	12.000 Btu/h	9	1	9	4	36
Volume total (litros/dia)							40,48
BLOCO H							
ACJ	Gree Gold Layer	21.000 Btu/h	3	1,3	3,9	4	15,6
ACJ	Gree Gold Layer	10.500 Btu/h	1	não aplicável	não aplicável	4	
ACJ	Eletrolux Maximus	10.000 Btu/h	4	0	0	4	0
ACJ	Eletrolux Maximus	7.500 Btu/h	2	0,08	0,16	4	0,64
Split Hi-Wall	Eletrolux Ecoturbo	12.000 Btu/h	9	1	9	4	36
Volume total (litros/dia)							52,24
BLOCO I							
ACJ	Eletrolux Maximus	10.000 Btu/h	3	0	0	4	0
ACJ	Eletrolux Maximus	7.500 Btu/h	2	0,08	0,16	4	0,64
Volume total (litros/dia)							0,64
CASA 1							
ACJ	Eletrolux Maximus	10.000 Btu/h	2	0	0	6	0
ACJ	Eletrolux Maximus	7.500 Btu/h	2	0,08	0,16	6	0,96
Volume total (litros/dia)							0,96
CASA 2							
ACJ	Eletrolux Maximus	10.000 Btu/h	2	0	0	6	0
ACJ	Eletrolux Maximus	7.500 Btu/h	3	0,08	0,24	6	1,44

ACJ	Elgin	21.000 Btu/h	1	não aplicável	não aplicável	6	
Split Hi Wall	Midea Liva	18.000 Btu/h	2	0,33	0,66	6	3,96
Split Hi Wall	Samsung Smart Inverter	24.000 Btu/h	3	não aplicável	não aplicável	6	
Split Hi Wall	Samsung Smart Inverter	24.000 Btu/h	3	não aplicável	não aplicável	6	
Volume total (litros/dia)							5,4
BLOCO S. AULA 1							
ACJ	Gree Gold Layer	21.000 Btu/h	28	1,3	36,4	12	436,8
ACJ	Gree Gold Layer	18.000 Btu/h	3	0,76	2,28	12	27,36
ACJ	Elgin	18.000 Btu/h	3	0,36	1,08	12	12,96
Split Hi-Wall	Midea Liva	18.000 Btu/h	2	0,33	0,66	12	7,92
Volume total (litros/dia)							485,04
BLOCO S. AULA 2							
ACJ	Gree Gold Layer	21.000 Btu/h	31	1,3	40,3	12	483,60
ACJ	Elgin	21.000 Btu/h	2	não aplicável	não aplicável	12	
ACJ	Gree Gold Layer	10.000 Btu/h	1	não aplicável	não aplicável	12	
ACJ	Eletrolux	10.000 Btu/h	1	0	0	12	0
Volume total (litros/dia)							483,60
BLOCO S. AULA 3							
ACJ	Gree Gold Layer	21.000 Btu/h	31	1,3	40,3	12	483,6
ACJ	Gree Gold Layer	18.000 Btu/h	2	0,76	1,52	12	18,24
ACJ	Gree Gold Layer	10.000 Btu/h	1	não aplicável	não aplicável	12	
Volume total (litros/dia)							501,84
VOLUME TOTAL ZONA 01 (litros/dia)							1.756,48

ZONA 02							
BLOCO ADMINISTRATIVO NOVO							
Split Hi-Wall	Eletrolux Eco turbo	12.000 Btu/h	7	1	7	8	56
Split Piso - Teto	Eletrolux CI36F	36.000 Btu/h	4	não aplicável	não aplicável	8	
Volume total (litros/dia)							56
VOLUME TOTAL ZONA 02 (litros/dia)							56,00
ZONA 03							
BLOCO LABORATÓRIOS 02							
Split Hi Wall	Midea	12.000 Btu/h	3	não aplicável	não aplicável		
Split Hi Wall	Midea	18.000 Btu/h	3	0,33	0,99	6	5,94
Split Piso - Teto	Carrier Eco Saver Puron	36.000 Btu/h	30	0,6	18	6	108
Volume total (litros/dia)							113,94
BLOCO PROFESSORES 02							
ACJ	Springer Silentia	18.000 Btu/h	38	0	0	4	0
Volume total (litros/dia)							0
VOLUME TOTAL ZONA 03 (litros/dia)							113,94
* OBS: NESTA ZONA ESTÃO EM FASE DE CONCLUSÃO AS OBRAS DE OUTRO BLOCO DE PROFESSORES E DE LABORATÓRIOS, IGUAIS AOS EXISTENTES; O EDIFÍCIO DA NOVA BIBLIOTECA E AUDITÓRIO FICAM NESTA ZONA, A OBRA ESTÁ SENDO CONCLUÍDA E ESTÃO SENDO INSTALADOS 45 EQUIPAMENTOS;							