

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

KARINA ROMÃO ANTUNES

**MANEJO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS NA SEDE DA FUNDAÇÃO DO MEIO
AMBIENTE DE CRICIÚMA – FAMCRI**

CRICIÚMA

2015

KARINA ROMÃO ANTUNES

**MANEJO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS NA SEDE DA FUNDAÇÃO DO MEIO
AMBIENTE DE CRICIÚMA – FAMCRI**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Engenheira Ambiental no curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. Dr. Álvaro José Back

CRICIÚMA

2015

KARINA ROMÃO ANTUNES

**MANEJO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS NA SEDE DA FUNDAÇÃO DO MEIO
AMBIENTE DE CRICIÚMA – FAMCRI**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Engenheira Ambiental, no Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Criciúma, 27 de Novembro de 2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Álvaro José Back - Doutor - (UNESC) - Orientador

Prof. José Alfredo Dallarmi da Costa - Mestre - (UNESC)

Prof. Sérgio Luciano Galatto - Mestre - (UNESC)

Dedico estes cinco anos acadêmicos aos meus pais, pois sem o seu auxílio este sonho não seria possível.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais, por apesar dos desafios terem me auxiliado financeiramente e emocionalmente durante a minha vida. Bem como agradeço a minha amiga de longo tempo, Julia, por me apoiar e ouvir durante os momentos difíceis que enfrentei.

Agradeço ao professor Álvaro Back, por ter aceito me orientar e conduzir durante esta minha última etapa acadêmica, bem como aos outros professores e amigos que conheci durante esta caminhada.

Por fim, agradeço a FAMCRI pela oportunidade de estágio e de sempre me receber e responder prontamente as dúvidas que surgiram no decorrer da construção deste trabalho.

“A água é tal qual a terra por onde ela atravessa.”

Teofrasto

RESUMO

Este trabalho demonstra o dimensionamento de dois sistemas que visam melhorar a o manejo de águas junto à sede da Fundação do Meio Ambiente de Criciúma - FAMCRI, uma vez que os recursos hídricos da região já se encontram em sua maioria comprometidos em termos de degradação ambiental; sendo eles o sistema de captação de água da chuva e um sistema de tratamento de esgoto por zona de raízes. Tendo por objetivos específicos o dimensionamento do sistema de captação da água de chuva, análise da qualidade desta água a fim de se determinar os possíveis usos e propor um sistema alternativo de tratamento de esgoto que possa ser utilizado em programas de educação ambiental juntamente ao sistema de captação de água da chuva. A metodologia utilizada para se cumprir com os objetivos propostos foi elaborada seguindo os modelos de dimensionamento existentes na ABNT NBR 15257/2007, bem como utilizando referências bibliográficas. Para se determinar a qualidade da água pluvial foi disposto três recipientes ao fim dos condutores verticais para se coletar a água, então encaminhado as amostras para análise em laboratório, sendo que o laudo contou com os parâmetros de cor aparente, turbidez, DBO, DQO, coliformes totais e termotolerantes e pH. O resultado da análise desses parâmetros foram confrontados com os valores recomendados pela ABNT NBR 15527/2007 e a Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/2011. O sistema de tratamento de esgoto proposto é o sistema por zona de raízes, que funciona como um filtro biológico, de construção simples, requerendo apenas a escavação de uma vala, sendo coberta por lona, e preenchida com brita e areia que auxiliarão na filtração do efluente. Os resultados obtidos através dos cálculos e análise da água pluvial mostraram que é possível a instalação destes sistemas na sede atual da FAMCRI, levando-se em conta que apesar de três dos sete parâmetros analisados apresentarem valores acima do permitido, os usos destinados para a água não necessita que a mesma seja tratada previamente, uma vez que esta não se destinará ao consumo humano. A sugestão de usos para a água pluvial é sua destinação para a rega de jardins e mudas, limpezas de calçadas e lavagem de automóveis. Conforme a situação existente no local, também é possível a implantação da Estação de Tratamento de Efluente por Zona de Raízes, que através de plantas macrófitas, brita e areia trata o efluente quando este sai do tanque séptico. Uma vez que atualmente não se sabe as condições em que o sistema de tanque séptico está operando. Outra benefício ganho com a implantação desses sistemas é a possibilidade da elaboração de programas de educação ambiental voltados a comunidade.

Palavras-chave: Aproveitamento da água de chuva. Zona de raízes. Águas pluviais.

LISTA DE IMAGENS

| | |
|--|----|
| Imagem 1 – Localização da sede da FAMCRI. | 39 |
| Imagem 2 – Sugestões de localização para instalação da ETEZR. | 54 |

LISTA DE FOTOGRAFIAS

| | |
|--|----|
| Fotografia 1 – Condutores verticais (A) e calhas (B) já existentes na FAMCRI, e cobertura do telhado com telhas de cerâmica (C)..... | 40 |
| Fotografia 2 – Coleta das amostras para análise nos pontos P1, P2 e P3. | 42 |
| Fotografia 3 – Tanque séptico presente na FAMCRI (A), destaque para a entrada de inspeção do tanque (B). | 47 |

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Ilustração 1 – O ciclo hidrológico simplificado | 17 |
| Ilustração 2 – Indicação para cálculo da área de contribuição de superfícies inclinadas. | 29 |
| Ilustração 3 – Perfil de funcionamento de uma estação de tratamento de efluentes por zona de raízes..... | 37 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Consumo per capita médio de água em cada região do Brasil. | 20 |
| Tabela 2 – Diferentes níveis de qualidade da água conforme seu uso. | 22 |
| Tabela 3 – Recomendação de parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis. | 23 |
| Tabela 4 – Frequência de manutenção do sistema. | 26 |
| Tabela 5 – Demanda residencial de usos não potáveis. | 28 |
| Tabela 6 – Coeficientes de Runoff médios. | 29 |
| Tabela 7 – Coeficientes de rugosidade. | 30 |
| Tabela 8 – Análise da qualidade dos pontos frente a legislação vigente. | 52 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ANA | Agência Nacional de Águas |
| CASAN | Companhia Catarinense de Águas e Saneamento |
| ETEZR | Estação de Tratamento de Esgoto por Zona de Raízes |
| FAMCRI | Fundação do Meio Ambiente de Criciúma |
| PMC | Prefeitura Municipal de Criciúma |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 JUSTIFICATIVA | 12 |
| 3 OBJETIVOS | 14 |
| 3.1 OBJETIVO GERAL | 14 |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 14 |
| 4 REFERENCIAL TEÓRICO | 15 |
| 4.1 FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE CRICIÚMA - FAMCRI | 15 |
| 4.2 O CICLO HIDROLÓGICO E A DISPONIBILIDADE DE ÁGUA | 16 |
| 4.3 A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL EM RELAÇÃO AOS RECURSOS HÍDRICOS | 18 |
| 4.4 CONSUMO E QUALIDADE DE ÁGUA..... | 20 |
| 4.5 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA | 24 |
| 4.6 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA | 26 |
| 4.6.1 Vantagens do sistema | 26 |
| 4.6.2 Dimensionamento | 27 |
| 4.6.3 Vazão de projeto e área de coleta | 28 |
| 4.6.4 Calhas coletoras e condutores | 30 |
| 4.6.5 Reservatório | 31 |
| 4.7 SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO..... | 32 |
| 4.7.1 Tanque séptico, Filtro anaeróbio e Sumidouro | 34 |
| 4.8 SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO POR ZONA DE RAÍZES | 35 |
| 4.9 LEGISLAÇÕES E NORMAS | 38 |
| 5 METODOLOGIA | 39 |
| 5.1 INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA | 41 |
| 5.2 ÁREA DE COLETA E ANÁLISE DA ÁGUA..... | 41 |
| 5.3 CALHAS E CONDUTORES | 43 |
| 5.4 DEMANDA E CONTRIBUIÇÃO..... | 44 |
| 5.6 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES POR ZONA DE RAÍZES | 46 |
| 6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS | 48 |
| 6.1 DADOS PLUVIOMÉTRICOS E OFERTA DE ÁGUA..... | 48 |
| 6.2 ÁREA DE COLETA | 49 |

| | |
|--|-----------|
| 6.3 ESTIMATIVA DE DEMANDA | 50 |
| 6.4 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES HORIZONTAIS | 50 |
| 6.5 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO | 51 |
| 6.6 QUALIDADE DA ÁGUA E USOS | 51 |
| 6.7 PROPOSIÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO..... | 53 |
| 7 CONCLUSÃO | 55 |
| REFERÊNCIAS..... | 57 |
| ANEXO(S)..... | 61 |
| ANEXO A – ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA PONTO P1..... | 62 |
| ANEXO B – ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA PONTO P2..... | 63 |
| ANEXO C – ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA PONTO P3..... | 64 |

1 INTRODUÇÃO

A área em que se fez o estudo, para fins de estimativas e cálculos, pode ser considerada que contempla atividades de escritório, uma vez que a Fundação do Meio Ambiente de Criciúma - FAMCRI, setor público responsável pela fiscalização e licenciamentos ambientais no município de Criciúma, não possui nenhum processo produtivo em suas atividades.

Uma vez que o órgão é um dos responsáveis pelo meio ambiente na cidade, é importante que, além de fiscalizar, dê-se o exemplo em gestão de recursos naturais, ou seja, este deve ser proativo em buscar, implantar e divulgar ações que beneficiem a área ambiental, a qualidade de vida da população e sua educação ambiental.

Dentro desta perspectiva pode-se enquadrar o manejo dos recursos hídricos, contemplando seu uso racional, aproveitamento de águas pluviais para diversos fins, reuso de efluentes industriais e domésticos, uma vez que estes são de extrema importância para garantir não só o desenvolvimento econômico da cidade mas também para melhorar a qualidade de vida e saúde da população.

Sendo assim, este Trabalho de Conclusão de Curso buscou apresentar melhores alternativas para o aproveitamento de água e de efluentes gerados, contando com os objetivos específicos de: a) Dimensionar um sistema de captação de água da chuva para a FAMCRI; b) Analisar a qualidade da água da chuva; c) Propor um sistema alternativo ao tratamento de esgoto.

Este trabalho se enquadra na linha de pesquisa de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, pois trata diretamente sobre os assuntos de recursos hídricos, sistemas de tratamento de água para abastecimento e efluentes, estudos sobre qualidade da água e suas características, análises e novas tecnologias na área, entre outras.

2 JUSTIFICATIVA

Com o desenvolvimento industrial e o crescimento da população, os recursos naturais foram e vem sendo cada vez mais explorados a fins de suprir as demandas de mercado ou dos padrões de vida. Esta exploração e consumo desenfreados levaram à atual situação de degradação ambiental, e dentro desta destaca-se a degradação dos recursos hídricos.

Como forma de auxiliar no uso correto dos recursos hídricos e uso racional da água potável, surgiram tratamentos para melhorar a qualidade da água utilizada ou consumida, bem como desenvolveu-se sistemas de captação de água pluvial para usos menos nobres, como lavar automóveis, limpezas de calçadas e telhados, regar jardins, descargas sanitárias, entre outros.

No início deste ano, 2015, grandes metrópoles do país, como São Paulo, apresentaram problemas sérios com a falta de água potável para consumo da população. Dentro das causas deste problema, pode-se apontar o consumo irracional do recurso natural e a falta de chuvas que afligiu a região durante um longo período. Incluso a este contexto, soluções como o reuso da água e a captação de água da chuva foram levantados para amenizar o problema de estiagem.

Regiões urbanas menores não se encontram livres desta problemática, sendo que é de extrema importância o desenvolvimento de leis e projetos que visem mitigar problemas futuros com a gestão dos recursos hídricos e abastecimento de água. Neste aspecto o presente trabalho visa elaborar um sistema para a captação de água da chuva para reduzir o consumo de água potável e contribuir para o uso sustentável de recursos naturais, bem como sugerir tratamentos de efluentes domésticos alternativos ao existente para que se possibilite o reuso ou reciclo deste efluente.

Com a elaboração e a possível implantação do projeto de captação da água da chuva na atual sede da Fundação Municipal do Meio Ambiente será capaz de não só economizar os recursos hídricos e financeiros do município, mas também colaborar com o controle de cheias e com os programas de educação ambiental desenvolvidos na região.

Os tratamentos existentes no local para o efluente gerado são os tradicionais – tanque séptico, a fim de contemplar mais aspectos gerais, considerou-se também a existência de filtro anaeróbio e sumidouro, mas estes últimos não

foram encontrados no local; com a alternativa para o tratamento deste efluente provindo do refeitório e banheiros espera-se demonstrar que é possível utilizar de filtros biológicos no tratamento deste tipo de efluente, bem como usar este sistema como forma de conscientização e sensibilização ambiental em processos educativos.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

O estágio e Trabalho de Conclusão de Curso têm como objetivo propor um sistema de manejo e uso sustentável das águas nas instalações da Fundação do Meio Ambiente de Criciúma – FAMCRI que servirá como unidade demonstrativa para futuros programas de Educação Ambiental.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Dimensionar um sistema de captação de água da chuva para a Fundação do Meio Ambiente de Criciúma – FAMCRI;
- Analisar a qualidade de água da chuva captada conforme os padrões estabelecidos na norma ABNT NBR 15527/2007;
- Propor um sistema de tratamento de esgoto alternativo que auxilie o meio ambiente na Unidade Administrativa da FAMCRI.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Por muito tempo a água foi considerada um recurso natural renovável e assim, inesgotável, e por talvez esta razão, Santos (2006) diz que foi mal gerido. A falta de água potável, rebaixamento no nível de lençóis freáticos e a secagem de lagos são fatos comuns e não se prendem mais apenas a regiões áridas ou semiáridas (SANTOS, 2006).

Outros fatores como a poluição, degradação e a fragilidade de políticas de proteção aos mananciais de águas tornam o problema da escassez ainda mais grave. Mas, “por outro lado, cresce em todo o mundo a consciência em torno da importância do uso racional, da necessidade de controle de perdas e desperdícios e do reúso da água [...]” (SANTOS, 2006, p.1).

Para Gonçalves (2006, p. 60), em relação a fontes alternativas de água, o Brasil ainda precisa de:

- Regulamentação técnica adequada, para minimizar os riscos à saúde humana e ao meio ambiente.
- Divulgação permanente de experiências e dos mais recentes desenvolvimentos tecnológicos.
- Disponibilização de serviços e equipamentos compatíveis com o mercado habitacional brasileiro.

4.1 FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE CRICIÚMA - FAMCRI

Apesar de ter sua criação em setembro de 2008, a FAMCRI começou a atuar apenas em dezembro do mesmo ano após a aprovação da Resolução COMDEMA nº 019/2008 (FAMCRI, 2010).

O Estatuto da Fundação do Meio Ambiente de Criciúma, em seu capítulo III e seções I, III, e IV, na subseção I, do ano de 2010 define as atribuições e responsabilidades de cada setor, sendo as principais delas:

Art. 10 - Da Presidência

I – a direção das atividades gerais, controle e supervisão;

II – representar a Fundação ativa e passivamente em juízo ou fora dele;

III, IV, V e VI – propostas orçamentárias; movimentação de contas bancárias; firmar acordos, contratos e convênios; nomear, exonerar, suspender, lotar e distribuir os servidores da Fundação;

IX e XII – julgar os pedidos de reconsideração interpostos de indeferimentos de licenciamentos e de penalidades aplicadas pelos servidores da Fundação; subscrever as Licenças Ambientais.

[...]

Art. 15 - Diretoria Administrativa e Financeira

I - administrar e supervisionar a área administrativa e financeira da Fundação;

V – o lançamento, arrecadação e contabilização das rendas;

IX e X – elaborar propostas para novos programas de governo; captar recursos de fontes internas e externas.

[...]

Art. 16 - Diretoria de Licenciamento e Fiscalização Ambiental

I – supervisionar e coordenar estudos, programas, licenciamentos e medidas para controle da exploração, da poluição, da degradação ambiental e do uso racional dos recursos naturais do Município;

IV – coordenar os licenciamentos e subscrever as licenças ambientais [...].

Art. 17 - Diretoria de Educação Ambiental, UC's e Arborização

I – fomentar novas atitudes na comunidade, com princípios na sustentabilidade ecológica e na valorização da diversidade cultural;

II – formar pensamentos críticos e reflexivos sobre as relações da realidade natural e social visando qualidade de vida para as espécies;

III – sistematizar e aplicar normas, técnicas e procedimentos que possibilitem a difusão dos princípios conservacionistas e da racionalização dos recursos ambientais.

[...]

Ou seja, além de fiscalizar e regulamentar as mais diversas atividades econômicas no município, a FAMCRI também deve avaliar, monitorar, divulgar, elaborar diagnósticos e planejar sobre o cenário ambiental da cidade (FAMCRI, 2015).

4.2 O CICLO HIDROLÓGICO E A DISPONIBILIDADE DE ÁGUA

A partir da energia solar, cria-se um movimento e mudança de estado físico sobre as águas, tendo-se assim o ciclo hidrológico, onde este não possui um fim, podendo ser considerado um processo natural de dessalinização e purificação. A água evapora dos oceanos e demais corpos hídricos, bem como da transpiração das plantas, começa a se mover na atmosfera, condensando e voltando para os continentes e oceanos em forma de precipitação, conforme mostra a Ilustração 01 (Gonçalves, 2006).

Ilustração 1 – O ciclo hidrológico simplificado



Fonte: Gonçalves, 2006, p. 74.

A água existente no ciclo hidrológico tem sido constante ao longo da história, onde parte dessa água é “interceptada pela vegetação e construções, enquanto uma parte pode escoar sobre a superfície, em córregos ou pode infiltrar no solo.” (GONÇALVES, 2006, p. 74). E assim, parte desta água ainda é armazenada em lagos e transportada para rios e oceanos.

A partir do ciclo hidrológico tem-se a distribuição de recursos hídricos a nível de planeta, onde se estima que cerca de 97,5% do volume total de águas formam os oceanos e apenas 2,5% compõe os corpos de água doce, lembrando que mais da metade desse percentual está nas calotas polares (Rebouças; Braga; Tundisi, 2006). Além do fato de que “os reservatórios hídricos variam de acordo com a condição geográfica, climática e topográfica de cada lugar.” (TELLES; COSTA, 2007, p. 3).

No território brasileiro, o clima úmido e a grande descarga de água doce mantém uma grande rede hidrográfica, mas apesar dessas condições favoráveis o país sofre com a escassez de água devido à má distribuição dos recursos hídricos e a atual situação de degradação dos mesmos (TELLES; COSTA, 2007). Tomaz (2011, p. 22) ressalta que “a água é um recurso finito e praticamente constante

nestes últimos 500 milhões de anos.” E por estes motivos é um recurso que deve ser melhor aproveitado.

4.3 A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL EM RELAÇÃO AOS RECURSOS HÍDRICOS

A ocupação desordenada é uma das consequências do crescimento populacional, que acarreta no crescimento das áreas edificadas, pavimentadas, desmatadas e na crescente quantidade de resíduos gerados; as atividades industriais e agroindustriais também são grandes causadoras de poluição e embora não seja possível quantificar, mudanças climáticas já são notáveis (Nerilo; Medeiros; Cordero, 2002, p. 13). “As formas desordenadas de uso e ocupação de territórios, em geral, agravam os efeitos das secas ou enchentes atingindo a população e comprometendo suas atividades econômicas.” (TELLES; COSTA, 2007, p.9).

Já é seguro falar que o mundo está ficando sem água limpa devido aos despejos de água residual sem o devido tratamento nos corpos hídricos (BARLOW, 2009). E que os sistemas que utilizam da água devem buscar a otimização do seu uso, fazendo deste um uso racional, que possua ações de reuso e aproveitamento sempre que possível (PIO, 2005).

A escassez de água não pode mais ser considerada como atributo exclusivo de regiões áridas e semi-áridas. Muitas áreas com recursos hídricos abundantes, mas insuficientes para atender as demandas excessivamente elevadas, também experimentam conflitos de usos e sofrem restrições de consumo que afetam o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida. (PIO, 2005, p.10).

Segundo Gonçalves (2006, p. 1) com a escassez de água em regiões urbanas não apenas a população sofre e fica limitada, mas também os setores produtivos e industriais, causando uma limitação na economia da região afetada. Silva (2004, apud GONÇALVES, 2006, p. 2) diz ainda que dentro das principais causas da escassez estão a:

- Urbanização elevada e desordenada da infra-estrutura urbana;
- Diversificação e Intensificação das atividades e consequentemente do uso da água;
- Impermeabilização e erosão do solo;
- Ocupação de área de mananciais, com consequente poluição e assoreamento das margens;
- Conflitos gerados pelas ocorrências entre diversos aproveitamentos de água;

- Deficiência do setor de saneamento e a relação entre água e saúde;
- [...].

Para Gonçalves (2006, p.13), o uso das águas podem ser divididas em dois tipos, potáveis e não potáveis:

- Usos potáveis – higiene pessoal, para beber e na preparação de alimentos, que exigem água de acordo com os padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação.
- Usos não potáveis – lavagem de roupas, carros, calçadas, irrigação de jardins, descarga de vasos sanitários, piscinas, etc.

O Group Raindrops (2002) além de dividir as águas em usos potáveis e não potáveis, traz uma divisão denominada de água poluída que classifica os esgotos separadamente.

Outra forma de divisão na classificação de efluentes domésticos são as águas cinzas, amarelas e negras, as águas negras são consideradas aquelas provindas de vasos sanitários, tendo em sua composição basicamente material fecal e papel higiênico, estas também são chamadas por águas poluídas; as amarelas vem de mictórios, e já as águas cinzas compreendem aquelas que são descartadas em chuveiros, lavatórios, pias de cozinha, lavagem de roupas e tanque (GONÇALVES, 2006; GROUP RAINDROPS, 2002).

Além desses fatores, pode-se considerar um problema para o aproveitamento da água de chuva o fato de que “no Brasil, as empresas concessionárias de águas e esgotos não incentivam o seu uso [...]” (TOMAZ, 2011, p.9), sobrecarregando assim o sistema de abastecimento público, principalmente em meses de estiagem.

Dentro das macrorregiões brasileiras que consomem mais água, desconsiderando as perdas que o sistema de abastecimento apresenta pode-se considerar a região Sudeste como a que mais utiliza do recurso, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Consumo per capita médio de água em cada região do Brasil.

| Região | Consumo médio de água por habitante (L.hab⁻¹.dia⁻¹) |
|---------------|--|
| Norte | 111,7 |
| Nordeste | 107,3 |
| Sudeste | 174,0 |
| Sul | 124,6 |
| Centro-Oeste | 133,6 |
| Brasil | 141,0 |

Fonte: PMSS (2003, apud GONÇALVES, 2006, p. 32).

Sendo que a Agenda 21 propôs que em 2000, fossem usados 40 L.hab⁻¹.dia⁻¹.

Para May (2003), a conscientização e sensibilização da população em questões que envolvem economia, reuso e aproveitamento de água é fundamental para mitigar os problemas nesta área e acarretar em mudanças de atitudes frente a questões ambientais. Pio (2005) destaca que sensibilizações em processos educativos voltados para recursos hídricos podem contar com etapas que esclareçam o porquê de conservar a água, as vantagens econômicas e ambientais de redução de desperdícios e a possibilidade de atender a maiores usuários.

4.4 CONSUMO E QUALIDADE DE ÁGUA

Gonçalves (2006, p.15) indica que “em média 40% da água consumida em residências são destinadas a usos não potáveis”. Deca (2004, apud GONÇALVES, 2006, p. 15) em edificações domiciliares o maior consumo de água ocorre nos banheiros – bacia sanitária e chuveiros, representando cerca de 72% da água consumida.

O uso de fontes alternativas de suprimento para o abastecimento dos pontos de consumo de água não potável é uma importante prática na busca da sustentabilidade hídrica. Dentre as fontes alternativas pode-se citar o aproveitamento da água da chuva, o reúso de águas servidas e a dessalinização da água do mar. (GONÇALVES, 2006, p. 15).

Dentro das atividades humanas que consomem mais dos recursos

hídricos pode-se destacar o setor agrícola, onde “cerca de 70% das águas retiradas no mundo todo são destinadas à agricultura.” (COIMBRA; ROCHA; BEEKMAN, 1999, p.18). Telles e Costa (2007) também consideram a agricultura a atividade que mais demanda recursos hídricos.

Dentro do sistema de captação de água da chuva deve-se levar em conta a qualidade da água, uma vez que a qualidade do ar interfere nela diretamente. Além desta, a qualidade da água quando esta passa pela área de captação e a qualidade dela na área de armazenamento também devem ser considerados (GONÇALVES, 2006). Ou seja, a qualidade da água pluvial pode ser medida em quatro etapas, antes de tocar o solo, após o contato com a área de coleta, dentro do reservatório e no ponto de uso (TOMAZ, 2011, p.39).

A preocupação nessas áreas diz respeito a potencial contaminação que a água sofrerá, conforme as atividades desenvolvidas em determinada região. A qualidade do ar irá variar para melhor ou pior, e assim conseqüentemente a qualidade da água precipitada também irá variar. Na superfície de coleta, a qualidade poderá sofrer alterações devido a presença de animais, acúmulo de substâncias presentes no ar - como poeiras, bem como o material utilizado na superfície de coleta. Nos reservatórios a preocupação é com a entrada de luz, que favorece o aparecimento de algas, bem como com a entrada de insetos. (GONÇALVES, 2006; TOMAZ, 2011). E por estas razões, a norma NBR 15527 (ABNT, 2007) recomenda que o escoamento inicial ou *first flush* seja descartado, que em termos de valores significa os dois primeiros milímetros de chuva.

A qualidade da água também irá variar com o local escolhido para a captação, onde este local geralmente é o telhado da casa ou indústria, uma vez que apresentam uma qualidade de água melhor (GONÇALVES, 2006; TOMAZ, 2011).

Levando em conta a qualidade da água, se faz necessário estabelecer fatores e parâmetros de qualidade associados aos seus diferentes usos (GONÇALVES, 2006).

Para os fins potáveis, a água de chuva deve passar por sistemas de tratamento adequados para ajustá-la em termos de qualidade seguindo os parâmetros exigidos em legislação vigente. Quando destinada a fins não potáveis como descargas, jardinagem, lavagem de veículos, entre outros, não há necessidade de tratamentos (GROUP RAINDROPS, 2002), mas, Tomaz (2011) recomenda que em bacias sanitárias a água passe pelo sistema de tratamento de

cloração, garantindo assim maior segurança higiênica caso a água entre em contato com o usuário.

A principal legislação de potabilidade da água no Brasil é a Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914 de Dezembro de 2011, que “Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade”. Atualmente, para a utilização de água da chuva deve se seguir a norma NBR 15527 (ABNT, 2007), que traz os padrões exigidos quanto a sua qualidade.

Quanto a legislações, Gonçalves (2006, p. 86) diz que:

Na ausência de uma legislação específica para o aproveitamento da água da chuva de maneira a estabelecer os padrões de qualidade que esta água deva atender em função dos diferentes usos, torna-se necessário adotar, mesmo em caráter temporário, a legislação disponível atualmente.

O Group Raindrops (2002) mostra a necessidade de tratamento segundo o uso destinado da água de chuva, (Tabela 2), deixando a forma de tratamento para ser escolhida dependendo da necessidade.

Tabela 2 – Diferentes níveis de qualidade da água conforme seu uso.

| Usos da água da chuva | Tratamento da água |
|--|--|
| Rega da plantas | Não é necessário |
| Irigadores, Combate ao fogo, Para refrescar o ar | É necessário para se manter os equipamentos em boas condições |
| Lagoa/Fonte, Banheiro, Lavar roupas, Lavar carros | É necessário pois a água entra em contato com o corpo humano |
| Banho/Piscina, Para beber, Para cozinhar | A desinfecção é necessária, pois a água é ingerida direta ou indiretamente |

Fonte: Group Raindrops, 2002, p.114.

A norma NBR 15527 (ABNT, 2007) define melhor os padrões de qualidade trazendo valores limite para coliformes totais, termotolerantes, cloro

residual, turbidez, cor aparente e pH, conforme mostra a Tabela 3, e sugere análises periódicas, além de deixar em aberto a opção de tratamento para a água de chuva destinada a rega de jardins, e lavagens de carros.

Tabela 3 – Recomendação de parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis.

| Parâmetro | Análise | Valor |
|---|----------------|--|
| Coliformes totais | Semestral | Ausência em 100 mL |
| Coliformes termotolerantes | Semestral | Ausência em 100 mL |
| Cloro residual livre ^a | Mensal | 0,5 e 3,0 mg/L |
| Turbidez | Mensal | < 2,0 uT ^b , para usos menos restritivos < 5,0 uT |
| Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes, da sua utilização) | Mensal | < 15 uH ^c |
| Deve prever ajuste de pH para proteção de redes de distribuição, caso necessário | Mensal | pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado |
| NOTA 1 Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio. | | |

^a No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.

^b uT é a unidade de turbidez.

^c uH é a unidade Hazen.

Fonte: ABNT NBR 15527/2007, p. 4.

Por fim, Coimbra, Rocha e Beekman (1999, p. 11) afirmam que “com a concentração populacional, a disponibilidade média de água renovável por habitante tende a diminuir, o que repercute sobre a saúde e os padrões de qualidade de vida”. O que não garante mais o acesso a água em quantidade e qualidade satisfatória para a população e forçando assim a procura de novas tecnologias e estratégias para garantir a disponibilidade de água. Pio (2005, p.10) reforça esse pensamento dizendo que para “restabelecer o equilíbrio entre oferta e demanda de água e garantir a sustentabilidade do desenvolvimento econômico e social, é necessário que métodos e sistemas alternativos modernos sejam convenientemente desenvolvidos [...]”

4.5 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA

Os conceitos e projetos de captação da água de chuva tem ganhado maior espaço e notoriedade conforme crises hídricas vem surgindo, mas esta é uma prática que foi exercida por diferentes civilizações ao longo da história, onde os relatos de sistemas mais antigos remontam entre 2.000 e 3.000 anos A.C. No Brasil, o primeiro relato de aproveitamento de água de chuva foi em Fernando de Noronha, em 1943 (GONÇALVES, 2006; TOMAZ, 2011).

A medida em que novas tecnologias e formas de abastecimento foram surgindo, as práticas de captação direta das águas pluviais foram postas de lado (GONÇALVES, 2006; TOMAZ, 2011), sendo que apenas em regiões áridas e semiáridas, ainda se pode destacar esta prática de captação de água da chuva como uma prática comum (PIO, 2005).

A Lei Federal nº 11.445 do ano de 2007 em seu art. 3º, define como manejo das águas pluviais urbanas como:

Conjunto de atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas; [...].

Sendo que, para Riguetto (2009) o manejo pluvial deve constar no plano diretor da cidade, e tem como uma das consequências a melhoria da qualidade de vida da população, reduzindo o risco de inundações, provindos da urbanização, assim, os sistemas que visam utilizar da água pluvial, acabam por armazená-la, contribuindo com a drenagem pluvial. A implementação de sistemas de captação de água da chuva pode ser enquadrados não apenas dentro da grande área de manejo, mas também como sistemas que auxiliam contra inundações.

A retenção de água da chuva em bacias de detenção na área de urbana propicia, em alguns casos, a recarga do aquífero subterrâneo. Em algumas cidades. A recarga do aquífero proporciona, em longo prazo, melhoria na qualidade da água, reduzindo a concentração de poluentes presentes na água. (RIGUETTO, 2009, p.37).

Para Gonçalves (2006), o processo de manejo e sustentabilidade em relação aos recursos hídricos devem contar com as etapas de minimização dos usos, ou seja, utilizar de água de melhor qualidade apenas em atividades que as

exijam, buscar outras fontes de água e sempre que possível usar menor quantidade da mesma. Separação das águas e efluentes, evitar misturar água que necessitam de diferentes graus e tipos de tratamento, não misturar efluentes domésticos com os industriais, uma vez que estes muitas vezes possuem características muito diferentes. Reutilização de esgotos, de forma direta ou após tratamentos e utilização específicas.

Dentro da norma NBR 15527 (ABNT, 2007) tem-se a definição de água de chuva como “água resultante de precipitações atmosféricas coletada em coberturas, telhados, onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais”. E segundo o Decreto nº 24.643 do ano de 1934, em seu art. 103º, as águas de chuva pertencem ao dono da edificação em que elas caírem, sendo assim, este pode captar e utilizá-la livremente, sem necessidade de requerer quaisquer direitos ou pagar quaisquer taxas sobre a sua utilização.

Riguetto (2009) coloca que o aproveitamento da água da chuva pode atingir três níveis, o individual, onde a água é coletada dentro da propriedade e utilizada para os mais diversos fins dentro dela, a nível municipal, onde a água pode ser retida em lagos e ser usada em jardins, fontes e para combate de incêndios, e por fim pode ser em nível regional.

O aproveitamento da água de chuva em vias elevadas e lugares públicos é uma opção a ser considerada, uma vez que auxiliará a diminuir a carga sobre o sistema de esgoto público, bem como poderá ser utilizada para outros fins, mas a em grande parte das cidades esta água caí diretamente nas redes de esgoto acaba sendo contaminada e desperdiçada (GROUP RAINDROPS, 2002).

Algumas cidades e estados brasileiros que possuem grande urbanização já instituíram regulamentos para uso e captação da água de chuva, visando melhorar a drenagem urbana da cidade (GONÇALVES, 2006; MAY, 2009).

Neste âmbito, uma das primeiras questões a serem observadas no uso das águas pluviais é o índice pluviométrico da bacia hidrográfica em que se está localizado, pois, através deste é possível quantificar serviços como abastecimento de água residencial e industrial, irrigação de culturas e sistemas de captação de água de chuva, bem como estabelecer relações entre disponibilidade e demanda (GONÇALVES, 2006).

Ainda são necessários maiores investimentos no setor de gestão de recursos hídricos, voltados para o desenvolvimento de soluções e de novas

tecnologias alternativas para se poder ofertar uma maior quantidade de água, dentro dessas tecnologias e soluções cita-se o reuso de efluentes o aproveitamento da água de chuva (PIO, 2005).

4.6 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA

As instruções gerais para montar um sistema de captação de água da chuva podem ser encontradas na NBR 15527 (ABNT, 2007), onde se tem as definições para área de captação, conexão cruzada, demanda de consumo, calhas e condutores, reservatório, qualidade da água, e outros dispositivos. Alguns autores, como Gonçalves (2006) e Tomaz (2011) adaptaram uma metodologia própria, mais detalhada em relação a norma.

Tomaz (2011, p. 31) descreve estes dispositivos sendo que para a área de captação pode ser utilizados telhados inclinados, pouco inclinados ou planos, calhas e condutores que podem ser de PVC ou metálicos, reservatório, este pode-se encontrar apoiado, enterrado ou elevado, variando seu tipo de material em concreto armado, alvenaria, poliéster, e demais materiais.

A manutenção do sistema também é citado pela norma NBR 15527 (ABNT, 2007), conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Frequência de manutenção do sistema.

| Componente | Frequência de manutenção |
|---|---------------------------------|
| Dispositivo de descarte de detritos | Limpeza trimestral |
| Dispositivo de descarte do <i>first flush</i> | Limpeza mensal |
| Dispositivos de desinfecção e bombas | |
| Calhas, condutores verticais e horizontais | Semestral |
| Reservatório | Limpeza e desinfecção anual |

Fonte: ANBT NBR 15527, 2007, p.5. Adaptado pela autora.

4.6.1 Vantagens do sistema

O aproveitamento da água de chuva traz algumas vantagens e desvantagens dependendo da situação em que será inserida, sendo que seus

primeiros usos trouxeram vantagens no controle de cheias e inundações, melhor gestão nos recursos hídricos e no melhor abastecimento de água em regiões de escassez, e por fim, para demais usos como irrigação de culturas, rega de jardins, parques e fontes artificiais, resfriamento de caldeiras ou em outros processos, combate a incêndios, descarga sanitária, sistemas de ar condicionado, lavagem de roupas, lavagem de automóveis, entre outros (COIMBRA; ROCHA; BEEKMAN, 1999; TOMAZ, 2011).

Segundo Tomaz (2011) a economia gerada com o aproveitamento de água da chuva é de cerca de 30%, Heyworth *et al.* (1998, apud GONÇALVES, 2006, p. 80) diz que a economia de água em residências pode chegar a 45% e na agricultura de até 60%.

Dentro da principal desvantagem do sistema está o custo do reservatório, que varia conforme sua capacidade de volume e com o tipo de material do qual é feito, podendo chegar de 50% a 85% do custo total do projeto. É imprescindível realizar o dimensionado adequado do reservatório, pois um volume pequeno nem sempre garante a viabilidade econômica do projeto (GONÇALVES, 2006).

4.6.2 Dimensionamento

Pio (2005); Gonçalves (2006); e Tomaz (2011), detalham que a metodologia básica de aproveitamento de água da chuva envolve as etapas de determinação da precipitação média local, área de coleta, coeficiente de escoamento superficial, determinar a qualidade da água, reservatório, determinar tratamentos segundo os usos e projetos de sistemas complementares que se fizerem necessários, que serão descritos abaixo.

Dentro dos sistemas complementares e independente da metodologia aplicada, o ideal é prevenir a entrada de folhas, galhos e outros materiais dentro do reservatório, uma vez que estes poderão alterar a qualidade da água, para tal são recomendados a instalação de grades, telas ou peneiras, conforme é disposto o reservatório, também se faz necessário o uso de bombas. Bem como, o *first flush* deve ser descartado de modo a reduzir o perigo de contaminação e melhorar a qualidade da água coletada (GONÇALVES, 2006; RIGUETTO, 2009).

A demanda de consumo pode ser determinada através da NBR 7229 (ABNT, 1993), sendo que conforme esta, os valores de geração de esgotos (C) para

ocupantes permanentes em escritórios, com padrão médio é de $C = 50,00 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$.

Tomaz (2000), possui tabelas que determinam o consumo de água para usos não potáveis, Gonçalves (2006, p. 114) adaptou a tabela de Tomaz (2000) conforme a Tabela 5.

Tabela 5 – Demanda residencial de usos não potáveis.

| Demanda Interna | Faixa | Unidade |
|--------------------------------------|--------------|---------------------------------|
| Vaso Sanitário – Volume | 6 – 15 | Litros por descarga |
| Vaso Sanitário – Frequência | 4 – 6 | Descarga por habitante por dia |
| Máquina de Lavar Roupas – Volume | 100 – 200 | Litros por ciclo |
| Máquina de Lavar Roupas – Frequência | 0,2 – 0,3 | Carga por habitante por dia |
| Demanda Externa | Faixa | Unidade |
| Rega de Jardim – Volume | 2 | Litros por dia por m^2 |
| Rega de Jardim – Frequência | 8- 12 | Lavagem por mês |
| Lavagem de Carro – Volume | 80 – 150 | Litros por lavagem por carro |
| Lavagem de Carro – Frequência | 1 – 4 | Lavagem por mês |

Fonte: Tomaz, 2000. Adaptado por Gonçalves, 2006, p.114.

4.6.3 Vazão de projeto e área de coleta

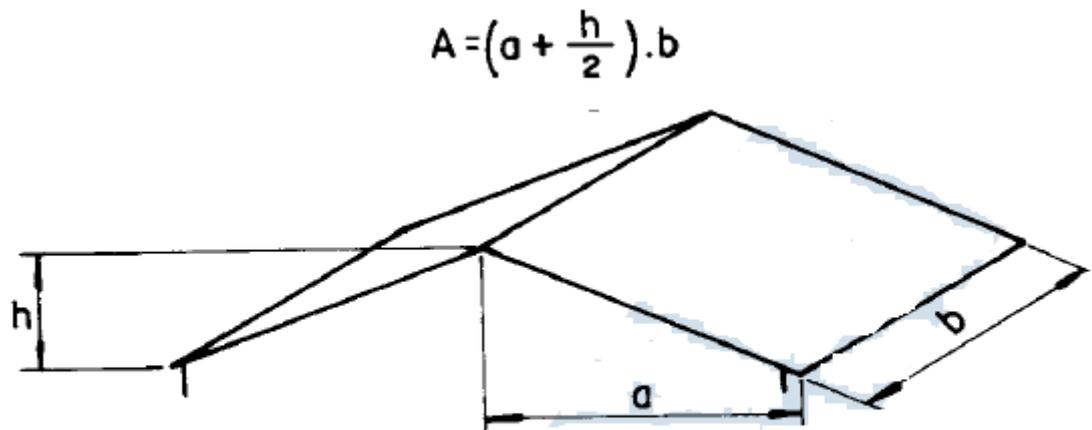
Conforme a NBR 10844 (ABNT,1989), a intensidade pluviométrica irá interferir no dimensionamento do sistema e por esta razão deve ser determinada a vazão máxima do sistema levando em consideração o período de retorno e duração das precipitações da região. Sendo que a duração da precipitação (t) deve ser fixada em 5 minutos e o período de retorno deve ser fixado em:

- T = 1 ano, para áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados;
- T = 5 anos, para coberturas e/ou terraços;
- T = 25 anos, para coberturas e áreas onde empoçamento ou extravasamento não possa ser tolerado. (ABNT NBR 10844, 1989, p.3).

Como comentado anteriormente, a área de coleta mais comum são os telhados que são feitos de diferentes materiais, sendo que telhados com um revestimento que permita um nível de escoamento maior são preferíveis, uma vez que retém menos água em sua superfície (GONÇALVES, 2006).

A determinação da área de coleta dependerá do formato do telhado, sendo que para superfícies inclinadas deve ser calculada conforme a Ilustração 2. (ABNT NBR 10844,1989, p.5).

Ilustração 2 – Indicação para cálculo da área de contribuição de superfícies inclinadas.



(b) Superfície inclinada

Fonte: ABNT NBR 10844,1989, p.5. Adaptado pela autora.

O escoamento superficial é também chamado de coeficiente de Runoff (C), e este define o quociente entre a água que escoou pela superfície pelo total da água precipitada, uma vez que o volume precipitado não é o mesmo a ser aproveitado. A Tabela 6 demonstra alguns valores a serem adotados para este coeficiente (GONÇALVES, 2006; TOMAZ, 2011).

Tabela 6 – Coeficientes de Runoff médios.

| 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, 2011, p.105

4.6.4 Calhas coletoras e condutores

As calhas e condutores também devem seguir a norma NBR 10844 (ABNT, 1989), que recomenda que as calhas devem, sempre que possível, serem fixadas centralmente sob a cobertura mais próxima, deve observar o período de retorno escolhido, bem como sua inclinação e outras recomendações.

O coeficiente de rugosidade (n) pode ser encontrado na NBR 10844 (ABNT, 1989), e deve ser escolhido segundo o tipo de material, conforme mostra a Tabela 7, estes devem ser utilizados para dimensionar as calhas conforme a fórmula de Manning-Strickler.

Tabela 7 – Coeficientes de rugosidade.

| Material | N |
|--|-------|
| Plástico, fibrocimento, aço, metais não ferrosos | 0,011 |
| Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida | 0,012 |
| Cerâmica, concreto não alisado | 0,013 |
| Alvenaria de tijolos não revestida | 0,015 |

Fonte: ABNT NBR 10844, 1989, p.6.

Ao deixar as calhas, a água do telhado deve seguir através de tubulações condutoras, horizontais e verticais, até o reservatório. Os condutores verticais podem ser colocados internamente ou externamente a edificação, sendo que seu diâmetro deve ser obtido segundo os ábacos em anexo. Os condutores horizontais também são destinados à condução da água, sendo que a principal diferença entre os dois é a forma de dimensionamento. São constituídos de diversos materiais, como PVC rígido, aço galvanizado, concreto, cerâmica, entre outros (ABNT NBR 10844, 1989, p.7).

Sendo que estes dispositivos devem ser dimensionados conforme a norma NBR 10844 (ABNT,1989), levando em conta a vazão de projeto, altura da lâmina de água da calha e comprimento do condutor vertical.

4.6.5 Reservatório

Qualquer recipiente pode ser usado para armazenar água da chuva desde que este não possua vazamentos, não seja feito de material que possa contaminar a água e que não permita a entrada de luz, para se evitar o aparecimento de algas (GROUP RAINDROPS, 2002).

Considerando que nem sempre haverá chuva suficiente para atender toda a demanda, e que também, nem sempre será possível armazenar toda a chuva precipitada (por questões físicas e econômicas), os estudos de dimensionamento de reservatórios devem compatibilizar produção e demanda, identificando o percentual de demanda possível de ser atendida em cada sistema, de maneira a tornar o mesmo mais eficiente e com menor gasto possível. (GONÇALVES, 2006, p.115).

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), o volume de chuva aproveitável depende do escoamento superficial da cobertura e do sistema de descarte do *first flush*, sendo que este, para Tomaz (2007), pode variar conforme o tipo de telhado, de 0,4 L.m⁻² de telhado a 8 L.m⁻² de telhado, e que caso não haja dados suficientes, deve-se adotar um descarte de 2 L.m⁻² de telhado.

Os reservatórios de água de chuva podem estar apoiados no solo, enterrados, semi-enterrados ou elevados; ser construídos de diferentes materiais, como concreto armado, alvenaria, fibra de vidro, aço, polietileno, entre outros e ter diversas formas [...]. A escolha do local de instalação do reservatório, do modelo e do material a ser utilizado deve levar em consideração as condições do terreno e da disponibilidade da área. (GONÇALVES, 2006, p. 108).

Dentro dos estudos sobre reservatórios, a NBR 15527 (ABNT, 2007), em seu anexo A, mostra seis tipos de modelos para o dimensionamento do reservatório, sendo eles o método de Rippl, método de Simulação ou método do Balanço Hídrico Seriado, método de Azevedo Neto, método Prático Alemão, método Prático Inglês e método Prático Australiano. Guzzatti (1999) apresenta o de máxima seca. Sendo que independentemente do método escolhido, o reservatório deverá contar com um dispositivo extravasor, para eliminar o excesso de água (TOMAZ, 2011).

Segundo Fontanela (2010) apesar de todos os métodos terem o mesmo objetivo final, dimensionar o reservatório, a diferença entre os dados e variáveis utilizadas em cada um deles torna o resultado diferenciado, o que faz com que alguns métodos se tornem mais precisos.

No método do balanço hídrico deve ser realizado um balanço de massa, contabilizando as entradas e saídas que ocorrem no reservatório, sendo que, para Fontanela (2010) este método se sobressai em relação aos outros, pois utiliza de dados de precipitação diária, de séries geralmente extensas.

O método de Rippl calcula o volume necessário para garantir que haja abastecimento regular mesmo durante períodos de seca mais longos. Para Tomaz (2011), este é o método mais utilizado, e que geralmente apresenta um valor extremo do volume do reservatório, mas que é importante obtê-lo para ter-se a referência máxima.

Já o método Azevedo Neto, leva em consideração os meses de seca e a precipitação anual, sendo considerado um volume ideal aquele que consiga armazenar 4,2% da multiplicação entre a área de coleta e os meses de seca (FONTANELA, 2010).

4.7 SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Inicialmente os tratamentos de esgoto foram criados para solucionar e mitigar os efeitos adversos causados pelo lançamento dos mesmos em locais inadequados e na saúde humana. Sendo seus objetivos principais os de remover os sólidos, os compostos biodegradáveis e, bem como, remover os organismos patogênicos (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 2006).

Quando não devidamente tratados, os esgotos causam impactos negativos no meio ambiente como o aumento do número de bactérias e consequentemente o aumento no consumo de oxigênio, podendo levar a morte da fauna aquática; contaminação por patogênicos; alteração na comunidade biológica; eutrofização devido ao aumento da disponibilidade de nutrientes como fósforo e nitrogênio, entre outros (FILHO, 2014).

A norma NBR 9648 (ABNT, 1986) define esgoto como “despejo líquido constituído de esgoto doméstico e industrial, água e infiltração e a contribuição pluvial parasitária”, sendo a diferença entre estes tipos de esgotos:

Esgoto doméstico – despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas;
 Esgoto industrial – despejo de líquido resultante dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos;
 Água e infiltração – toda água proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações;
 Contribuição parasitária – parcela do deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede de esgoto sanitário. (ABNT NBR 9648, 1986, p.1).

O ideal é que os municípios atendam a todas as residências, edificações comerciais e industriais, com redes coletoras, interceptores e emissários para disponibilizar coleta, tratamento e descarte adequado para os efluentes (TELLES e COSTA, 2007). Segundo o IBGE (2008) os índices de atendimento da rede de coleta de esgoto no país estão entre 57,4% nas cidades e regiões urbanas e apenas 3,4% em áreas rurais. O IBGE (2008) também estima que “um total de 80 milhões de habitantes no Brasil, tenham seus esgotos tratados por fossas ou tanque sépticos.”

Dentro da caracterização da qualidade dos esgotos, Von Sperling (1996, p.59), coloca que estes contém aproximadamente 99,9% de água, e que “a fração restante inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos.”

Andreoli (2009), diz que “como a população brasileira terá que conviver com o problema da carência de redes de coleta, torna-se necessário aprofundar o diagnóstico sobre esta situação [...]”.

Nos locais onde há galerias de águas pluviais, esse é o destino mais comum para o esgoto, e neste caso será transportado até o corpo receptor, que responderá a este impacto segundo seu poder de autodepuração. É importante destacar que os rios são também o destino da parcela do esgoto coletado e não tratado [...]. (ANDREOLI, 2009, p.21).

Uma vez que é necessário o uso de água nas mais diversas atividades humanas, a geração de efluentes e esgotos é uma consequência inevitável (TELLES; COSTA, 2007). Com a normatização e surgimento de legislações específicas na área de saneamento público, as operadoras e geradoras são obrigadas a tratar adequadamente os esgotos, antes de descartá-los ou reusá-los (TELLES; COSTA, 2007).

A Norma NBR 13969 (ABNT, 1997) que trata sobre o dimensionamento de tanques sépticos também traz algumas considerações e recomendações para o

reuso de efluentes, diminuindo assim o volume a ser tratado antes de seu despejo final.

Para Telles e Costa (2007, p. 93) “pode-se entender o reuso como o aproveitamento do efluente após uma extensão de seu tratamento, com ou sem investimentos adicionais”.

Assim, seguindo os preceitos de sustentabilidade, faz-se necessário o máximo reuso dos efluentes gerados, através das técnicas de tratamento existentes, que podem variar conforme o uso futuro do efluente e a viabilidade econômica (TELLES; COSTA, 2007). Mas vale ressaltar, conforme a norma NBR 13969 (ABNT, 1997) o reuso local de esgoto é a “utilização local do esgoto tratado para diversas finalidades, exceto para o consumo humano”, ou seja, ela não deve ser utilizada em usos potáveis.

Por possuir riscos menores à saúde humana, os reusos não potáveis devem ser considerados, assim como os usos da água pluvial, sendo empregados em irrigação de parques e jardins, centros esportivos, campos de futebol, descargas sanitárias, lavagem de trens e ônibus e controle de material particulado em obras de engenharia (Mancuso, 2003 apud TELLES; COSTA, 2007, p. 102). Segundo a norma NBR 13969 (ABNT, 1997) o reuso dos esgotos tratados não devem incluir o uso para regar hortaliças e outras plantas consumíveis rastejantes, e para árvores frutíferas recomenda-se não utilizar o esgoto tratado por dez dias antes da colheita.

Vale citar que além do sistema de tanque séptico, também é comum encontrar-se lagoas de estabilização, disposição de efluentes no solo, reatores anaeróbios, reatores anaeróbios pós-tratamento, entre outros (SANTOS, 2006).

4.7.1 Tanque séptico, Filtro anaeróbio e Sumidouro

Conforme a norma NBR 7229 (ABNT, 1993, p. 2), define tanque séptico como “conjunto de unidades destinadas ao tratamento e à disposição de esgotos, mediante utilização de tanque séptico e unidades complementares de tratamento e/ou disposição final de efluentes e lodo.” Esta, ainda traz as definições sobre tanques sépticos de câmara única, de câmaras em série, e demais dispositivos que compõe este tipo de sistema de tratamento de esgotos.

Ainda segundo a NBR 7229 (ABNT, 1993) e Andreoli (2009), os processos físico-químicos que ocorrem dentro do tanque sépticos são a decantação

e sedimentação do material sólido, por meio de gravidade, separando-se da porção líquida; digestão da matéria orgânica; flotação onde ocorre a geração da espuma, composta por graxas e gases que flutuam no efluente e geração do lodo, proveniente da sedimentação.

Assim como existem os tratamentos voltados ao reuso do efluente doméstico, têm-se também possibilidades de tratamento para o lodo gerado, sendo que, após o tratamento este lodo pode ser disposto no solo para usos agrícolas, economizando assim com gastos e usos de outros fertilizantes (Andreoli, 2009).

Segundo Andreoli (2009, p.26), existe uma diferença entre fossa e tanque séptico, sendo que essa diferença é basicamente funcional, uma vez que nos tanques sépticos o destino final do efluente é a infiltração no solo através de sumidouros, e as fossas são usadas para disposição final dos esgotos.

A norma NBR 7229 (ABNT, 1993, p. 2), entende por filtro anaeróbio a “unidade destinada ao tratamento de esgoto, mediante afogamento do meio biótico de infiltração.” E por sumidouro ou poço absorvente como “poço seco escavado no chão e não impermeabilizado, que orienta a infiltração de água residuária no solo.” Andreoli (2009, p.31) explana que apesar de serem economicamente baratos e compactos, os tanques sépticos não possuem uma alta eficiência na remoção de patogênicos, ficando em 40% a 70% de remoção de DBO ou DQO, e para sólidos suspensos em torno de 50% e 80%. Em termos de valores, para Jordão e Pessoa (1982), a eficiência dos tanques é menor, estando em torno de 30% a 50% em relação a DBO. Von Sperling (1996) diz que apenas quando seguidos por filtros anaeróbios, a eficiência do sistema pode chegar a 90%.

4.8 SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO POR ZONA DE RAÍZES

Para comunidades mais isoladas e carentes, ou rurais, que não são contempladas com redes de coleta, uma opção para o tratamento de esgotos é o tratamento de esgotos por zona de raízes (ETEZR), que segundo Crispim *et al.* (2012), utiliza de plantas macrófitas – plantas aquáticas, comuns de brejos, para o tratamento de efluente, sendo esta uma alternativa de tratamento autossustentável e barata.

Este sistema é chamado por Filho (2014, p. 87), como filtro plantado com macrófitas, ou ainda por leitões cultivados, onde este é composto por “um material de

recheio (usualmente empregado brita, areia, cascalho) de onde o efluente a ser tratado é disposto e irá percolar.”

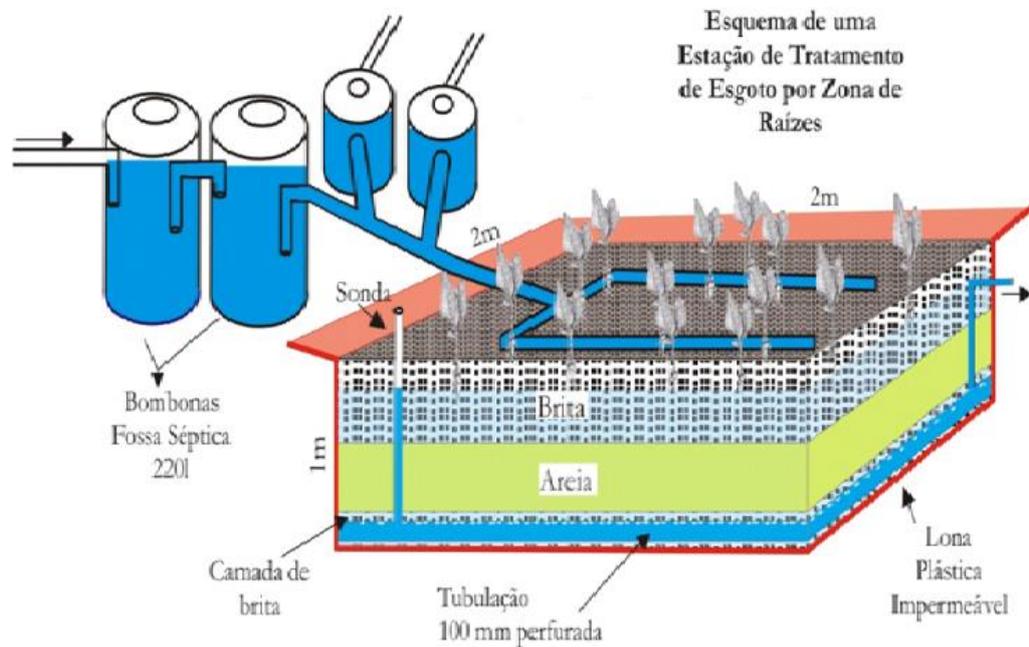
No tratamento por zona por raízes ocorre um processo de filtração física, através de brita e areia, que com a adição das plantas se torna um biofiltro. (CRISPIM *et al.*, 2012). Sendo que a função das plantas macrófitas é a de disponibilizar “[...] oxigênio ao solo/substrato através de rizomas que possibilitam o desenvolvimento de uma população densa de microrganismos, que finalmente são responsáveis pela remoção de poluentes da água.” (CRISPIM *et al.*, 2012, p. 8). As plantas macrófitas devem ser diretamente plantadas no material filtrante (FILHO, 2014).

Além da vantagem econômica, Crispim *et al.* (2012) coloca que neste sistema não existe a geração do lodo, comum em fossas sépticas, uma vez que as plantas o degradam.

A forma de construção e operação de uma ETEZR por Crispim *et al.* (2012, p. 15), inicia com a escavação do solo, para a abertura de uma vala, utilizando-se de 1 m² por pessoa e 1 m de profundidade. Esta deve ser revestida por lonas plásticas de modo a não permitir a infiltração e contaminação do solo e lençóis freáticos. Então deve-se preencher a vala com areia e brita.

Para Crispim *et al.* (2012) as plantas mais utilizadas em ETEZR são *Cymbopogon nardus* (Citronela) e *Canna indica* Lily (Caetê), para Lemes *et al.* (2008) a *Zantedeschia aethiopica* (Copo-de-leite) também pode ser usada. A Ilustração 3 demonstra melhor o esquema de construção da ETEZR.

Ilustração 3 – Perfil de funcionamento de uma estação de tratamento de efluentes por zona de raízes.



Fonte: Crispim *et al.*, 2012, p. 16. Adaptado pela autora.

Durante a percolação do efluente doméstico este passará por diferentes camadas, aeróbias, anóxicas e anaeróbias, onde a camada aeróbia se encontra mais predominante nas raízes das macrófitas (FILHO, 2014).

Ainda segundo Filho (2014, p.90), quando bem dimensionado e associado ao tanque séptico, a eficiência deste sistema pode chegar a remoção de 90% de DBO, 90% de remoção de sólidos totais, 20% de remoção de amônia e 30% de fósforo, e que o bom desenvolvimento das macrófitas plantadas pode ser considerado como um bioindicador, uma vez que é a presença de nutrientes que permitem seu desenvolvimento.

Estudos realizados por Crispim *et al.* (2012) na região de Campos Mourão e Rancho Alegre do Oeste – PR, também mostraram uma eficiência de cerca de 90% quando a ETEZR é aliada a uma fossa séptica. Caso exista contribuição provinda da cozinha, Crispim *et al.* (2012), recomenda a implantação de uma caixa de gordura para evitar entupimentos.

Para Filho (2014), o maior risco das ETEZR é de ocorrer no leito um fenômeno de colmatção, onde ocorre empocamentos e tem por consequência a geração de odor e um risco potencial de criação de mosquitos.

4.9 LEGISLAÇÕES E NORMAS

Dentro das principais normas e legislações referentes a água potável e água de chuva, pode-se citar

- Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 – que “dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade”;
- ABNT NBR 15527 de 2007 – “Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos.”;
- ABNT NBR 10844 de 1989 – “Instalações prediais de águas pluviais.”;
- ABNT NBR 12217 de 1990 – “Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.”

Dentro das principais normas e legislações referentes aos tratamentos de efluentes domésticos tem-se

- ABNT NBR 13969 de 1997 – “Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação.”;
- ABNT NBR 7229 de 1993 – “Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos.”;
- ABNT NBR 9649 de 1986 – “Projeto de redes coletoras e esgoto sanitário.”
- ABNT NBR 9468 de 1986 – “Estudo de concepção de sistemas de esgotos sanitário.”

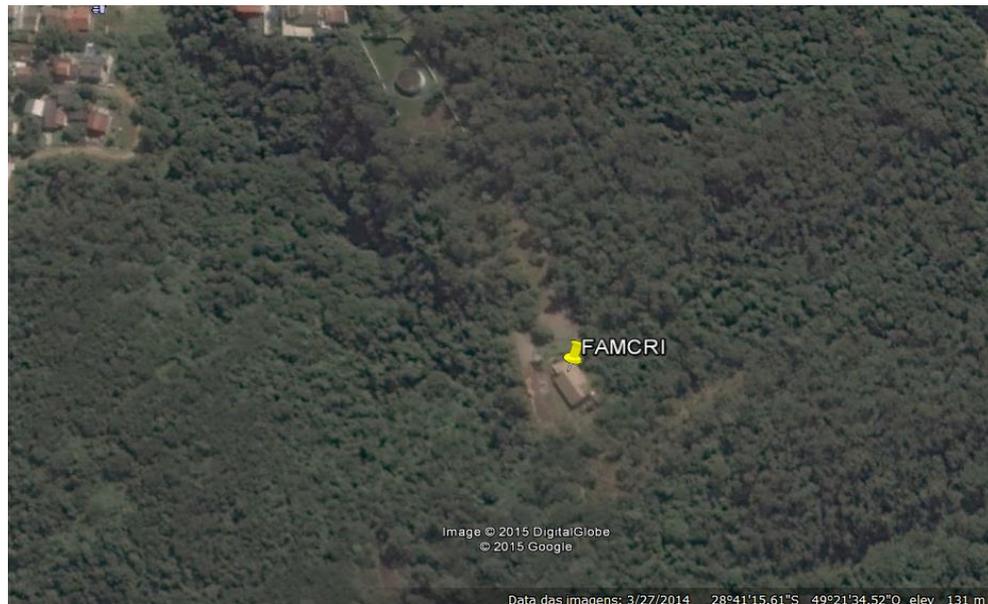
5 METODOLOGIA

As instalações da FAMCRI se encontram junto a Unidade de Conservação do Parque Morro do Céu, conforme mostra a Imagem 01. Descartando seu estacionamento, sua área útil total é de 285,15 m².

Sua organização está dividida nos setores de Presidência, Diretoria Administrativa e Financeira, Diretoria de Educação Ambiental, Unidades de Conservação e Arborização, Diretoria de Licenciamento e Fiscalização Ambiental, Assessoria Jurídica, além de contar com uma recepção, arquivo morto, sala de reuniões e refeitório, cozinha e banheiros, totalizando 57 funcionários diretos e indiretos.

Seu período de atendimento ao público foi alterado neste segundo semestre de 2015 para 6 horas diárias, a fim de reduzir gastos.

Imagem 1 – Localização da sede da FAMCRI.



Fonte: Google Earth Pro, 2015.

Conforme avaliado *in loco*, o local já possui calhas e condutores verticais, as calhas são de chapa de alumínio, os condutores verticais são também de alumínio e possuem 75 mm de diâmetro, e ambos percorrem toda a área do telhado, conforme mostra a montagem de Fotografias 1 – A e B, pelo fato destes dispositivos já existirem, não se fez necessário seu dimensionamento. A Fotografia C mostra o telhado da edificação, composto por telhas cerâmicas.

Fotografia 1 – Condutores verticais (A) e calhas (B) já existentes na FAMCRI, e cobertura do telhado com telhas de cerâmica (C).



Fonte: Da autora, 2015.

A metodologia utilizada para os cálculos e elaboração deste estudo, para parte de captação da água da chuva, foi baseada na metodologia apresentada por Gonçalves (2006) e na norma NBR 15527 (ABNT, 2007), e para a de ETEZR utilizou-se o recomendado por Crispim *et al.* (2012), seguindo conforme os itens citados no referencial teórico.

5.1 INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA

Para se caracterizar o regime de chuvas da região, foram usados os dados disponibilizados pela ANA para a cidade de Içara, compreendendo o período de 1977 a início de 2015.

Conforme Back (2014, p. 261), a intensidade de chuva pode ser determinada pela fórmula a seguir.

$$i = \frac{K T^m}{(t+b)^n} \quad (1)$$

Onde

i = Intensidade da chuva (mm.h^{-1});

K, m, b, n = Coeficientes empíricos;

T = Período de retorno (anos);

t = Duração da chuva (minutos).

Uma vez que não existem coeficientes para a cidade de Criciúma, será utilizado os dados de uma cidade vizinha, Içara, sendo seus coeficientes empíricos: $K = 722,9$, $m = 0,175$, $b = 9,0$ e $n = 0,700$ (BACK, 2014, p. 265).

A cidade de Içara apresentou, dentro da série de dados de 1977 a 2015, uma média anual de 1.368,3 mm de chuva. A localidade também apresentou, em uma situação extrema, a estimativa de 34 dias consecutivos de seca.

5.2 ÁREA DE COLETA E ANÁLISE DA ÁGUA

Para o cálculo da área de coleta foi seguido conforme a Ilustração 2, uma vez que o telhado é inclinado.

Foram dispostos três recipientes de capacidade de aproximadamente 20 L, ao fim dos condutores verticais, para se coletar a água da chuva provinda da área do telhado.

Os parâmetros analisados foram os mesmos dispostos na Tabela 2, coliformes totais, coliformes termotolerantes, turbidez, cor aparente e pH. O parâmetro de cloro residual não foi medido, uma vez que não houve o emprego de

cloro em nenhuma etapa. Sendo o principal objetivo desta etapa determinar, a partir da qualidade, quais usos poderá se dar a água coletada. A montagem de Fotografias 2 mostra a coleta das amostras para a análise nos três pontos escolhidos.

Fotografia 2 – Coleta das amostras para análise nos pontos P1, P2 e P3.



Fonte: Da autora, 2015.

Vale constar que o volume captado nos recipientes compreendem ainda a parte que se destinaria ao escoamento inicial, ou *first flush*, e que segundo as bibliografias consultadas deve ser descartado pois apresenta uma qualidade de água inferior ao desejável. Não foi possível coletar a água pluvial em recipientes de maior volume uma vez que a FAMCRI não os possuía, bem como os condutores verticais existentes são de difícil mobilidade.

5.3 CALHAS E CONDUTORES

Conforme mostrado na Fotografia 1, a atual sede da FAMCRI já possui calhas e coletores verticais em toda a área de coleta considera para o sistema de captação, por esta razão não será necessário dimensionar estes componentes.

O dimensionamento das calhas, segundo NBR 10844 (ABNT, 1989), deve ser feito através da equação de Manning-Strickler, conforme abaixo.

$$Q = K \cdot \left(\frac{S}{n}\right) \cdot Rh^{2/3} \cdot I^{0.5} \quad (2)$$

Onde

Q = Vazão do projeto (L.min⁻¹);

S = Área da seção molhada (m²);

n = Coeficiente de rugosidade;

Rh = Raio hidráulico (m);

I = Declividade da calha (m.m⁻¹);

K = 60.000, coeficiente de transformação de unidade.

Os condutores horizontais devem seguir as recomendações da NBR 10844 (ABNT, 1989), onde esta apresenta que os mesmos devem possuir 0,5% de declividade, bem como deve ser considerada altura de lâmina do escoamento a 2/3 do diâmetro interno.

As conexões entre os condutores verticais e horizontais, devem seguir a mesma norma citada acima, sendo ligadas por curva de raio longo, com inspeção, ou caixa de areia, independentemente de estarem aparentes ou enterrados.

Para condutores circulares pode-se usar a equação a seguir.

$$D = k \times \left(\frac{n \times Q}{\sqrt{I}}\right)^{0.375} \quad (3)$$

Onde

D = Diâmetro (m);

n = Coeficiente de rugosidade;

$Q = \text{Vazão (m}^3\cdot\text{s}^{-1}\text{)}$;

$I = \text{Declividade (m}\cdot\text{m}^{-1}\text{)}$;

$k = \text{Coeficiente que depende da relação } Y/D, \text{ onde } Y/D = 2/3 = 0,667k = 1,696.$

5.4 DEMANDA E CONTRIBUIÇÃO

Uma vez que a Fundação do Meio Ambiente de Criciúma – FAMCRI não recebe a fatura de água e esgoto da concessionária CASAN, foi-se estimada a contribuição média mensal de água através da NBR 7229 (ABNT, 1993) e pela Tabela 5.

5.5 RESERVATÓRIO

Conforme a NBR 15227 (ABNT, 2007) e Gonçalves (2006) um dos modelos que pode ser aplicado é o de Rippl, este utiliza de séries históricas mensais ou diárias, e sua fórmula de cálculo é apresentada na equação (4).

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (4)$$

Onde

$S_{(t)} = \text{Volume armazenado no tempo } t;$

$D_{(t)} = \text{Demanda no tempo } t;$

$Q_{(t)} = \text{Volume de água aproveitável.}$

Um dos modelos mais simples para se determinar o volume do reservatório é o de máxima seca anual, que pode ser calculado pela expressão (5).

$$V = N \times D \quad (5)$$

Onde

$V = \text{Volume do reservatório (m}^3\text{)}$;

$N = \text{Duração do período seco (dias)}$;

$D = \text{Demanda (m}^3\cdot\text{dia}^{-1}\text{)}$.

Dentro dos modelos apresentados, o método do balanço hídrico seriado apresenta resultados mais confiáveis, uma vez que leva em conta séries históricas de precipitações mais longas. Este método pode ser calculado conforme a equação (6).

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (6)$$

Onde

$S_{(t)}$ = Total de água disponível no reservatório no dia t considerado (m^3);

$S_{(t-1)}$ = Total de água disponível no reservatório no dia anterior (m^3);

$Q(t)$ = C x precipitação da água de chuva x área de coleta;

D = Consumo total diário, de acordo com a utilização (m^3).

Outra forma de cálculo se dá pelo método prático inglês, onde o volume de chuva se dá pela equação (7).

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (7)$$

Onde

V = Volume do reservatório (L);

P = Precipitação média anual (mm);

A = Área de coleta (m^2).

Por fim, o método Azevedo Neto, considerado um método mais simples, mas que também é eficaz para se determinar o volume de água armazenável, sua fórmula de cálculo é mostrada na equação (8).

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (8)$$

Onde

V = Volume de água do reservatório (L);

P = Precipitação média anual (mm);

A = Área de coleta (m^2);

T = Quantidade de meses de pouca chuva ou seca.

5.6 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES POR ZONA DE RAÍZES

O tanque séptico existente na FAMCRI possui um comprimento de 3,0 m e largura de 1,5, e sua profundidade também de 1,5 m, gerando um volume total de 6,75 m³. Sendo que esses valores foram medidos com trena de 30 m. A fotografia 3 – A e B mostram o tanque séptico existente.

Para a verificação das dimensões do tanque, será dimensionado um tanque séptico, utilizando a equação (9), disponível na norma NBR 7229 (ABNT, 1993), bem como outras constantes tabeladas pela mesma norma.

$$V = 1000 + N \times (C \times T + K \times lf) \quad (9)$$

Onde

V = Volume útil (L);

N = Número de pessoas;

C = Contribuição, para escritórios o valor de 50 (L.pessoa⁻¹. dia⁻¹);

T = Período de detenção, 0,92 (dias);

K = Taxa de acumulação de lodo digerido, 65 (dias), para 1 ano de intervalo;

Lf = Contribuição de lodo fresco, 0,2 (L.pessoa⁻¹. dia⁻¹).

Fotografia 3 – Tanque séptico presente na FAMCRI (A), destaque para a entrada de inspeção do tanque (B).



Fonte: Da autora, 2015.

Para a implantação da ETEZR, conforme a recomendação de Crispim *et al.* (2012), pode se utilizar as dimensões de 1 m de profundidade e 1 m² por pessoa.

6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

O abastecimento de água na Fundação do Meio Ambiente de Criciúma é realizado pela concessionária de águas CASAN, a água chega até a FAMCRI através de um sistema de bombeamento, uma vez que não há como usar da gravidade por causa da diferença de cotas.

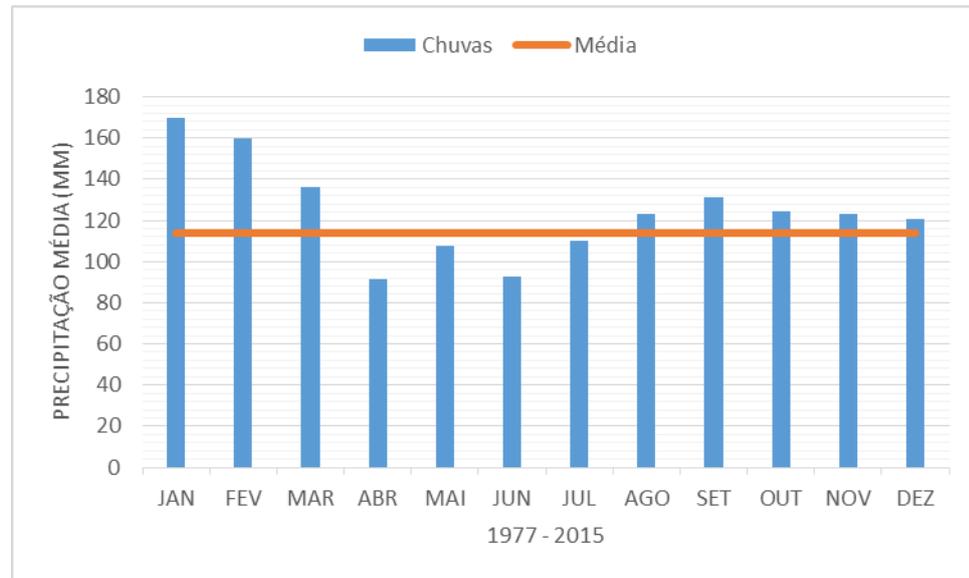
Como citado anteriormente, pelo fato da FAMCRI não possuir nenhum processo industrial que demande ou consuma muita água, comparou-se os usos da água na FAMCRI com os usos gerais em um escritório.

Quanto ao tratamento atual dos efluentes gerados na FAMCRI, não foi possível confirmar a existência do filtro anaeróbio e sumidouro, uma vez que o projeto hidráulico do sistema não foi encontrado nas dependências da FAMCRI nem na Prefeitura Municipal de Criciúma – PMC, bem como nenhum dos funcionários soube informar sobre a existência dos equipamentos citados. Segundo informações passadas por funcionários dos setores de Planejamento e Arquivo Morto da PMC, o projeto foi, provavelmente destruído durante os incêndios ocorridos no início de 2015.

6.1 DADOS PLUVIOMÉTRICOS E OFERTA DE ÁGUA

Analisando os dados disponibilizados pela ANA, chegou-se ao gráfico 1 que demonstra que os meses de janeiro, fevereiro e março são os que produzem um maior índice pluviométrico, ou seja, através da série histórica pode-se estimar que os meses que ofertarão maior volume de água para ser aproveitada na FAMCRI, serão os três primeiros meses dos anos, sendo a média pluviométrica anual da série histórica de $114,02 \text{ mm.mês}^{-1}$.

Gráfico 1 – Média anual da série histórica de 1977 a 2015.



Fonte: Da autora, 2015.

Para a determinação da intensidade pluviométrica da região aplicou-se a equação (1), com um período de retorno escolhido de 5 anos e duração de 5 minutos, chegando-se ao resultado de 151,046 mm.h⁻¹.

$$i = \frac{722,9 \times 5^{0,175}}{(5 + 9)^{0,70}}$$

$$i = 151,046 \text{ mm. h}^{-1}$$

6.2 ÁREA DE COLETA

Conforme a Ilustração 2 mostrada no referencial teórico, seguiu-se a fórmula estabelecida pela norma NBR 10844 (ABNT, 1989) e obteve-se para o telhado inclinado, uma área de 147,34 m². Devido a diferença de medidas, foi-se necessário dividir a área em A1 e A2, sendo A1 a área que compreende a recepção e A2 aquela que compreende os demais setores.

$$A1 = \left(8,55 + \frac{3,57}{2} \right) \times 4$$

$$A1 = 41,34 \text{ m}^2$$

$$A2 = \left(3,10 + \frac{3,57}{2} \right) \times 21,7$$

$$A2 = 106,00 \text{ m}^2$$

$$A_{total} = 147,34 \text{ m}^2$$

Seguindo a recomendação da norma NBR 15527 (ABNT, 2007), o escoamento inicial, considerando os dois primeiros mililitros de chuva a ser descartado, deve ser de 295 L.

6.3 ESTIMATIVA DE DEMANDA

Para a estimativa foi-se usado a norma NBR 13969 (ABNT, 1993), sendo considerado o consumo C de 50 L.hab.dia⁻¹ para os funcionários fixos (Q1) e C de 25 L.hab.dia⁻¹ para aqueles funcionários que apenas realizam refeições (Q2) na FAMCRI, gerando um total de 2,65 m³.dia⁻¹.

$$Q = N \times C \tag{10}$$

Onde

Q = Vazão (m³.dia⁻¹);

N = Número de habitantes;

C = Contribuição (L.habitante⁻¹).

$$Q1 = 49 \times 50$$

$$Q1 = 2450 \text{ L.dia}^{-1}$$

$$Q2 = 8 \times 25$$

$$Q2 = 200 \text{ L.dia}^{-1}$$

$$Q_{total} = 2,65 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$$

6.4 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES HORIZONTAIS

Seguindo a equação (2) determinou-se que a vazão de projeto (Q) é equivalente a 0,0034 m³.s⁻¹ e o diâmetro interno dos condutores horizontais devem

ser de 100 mm segundo a equação (3) e a tabela apresentada na NBR 10844 (ABNT, 1989).

$$Q = \frac{0,006}{0,011} \times 0,026^{2/3} \times 0,005^{0,5} \quad (2)$$

$$Q = 0,0034 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$D = 1,696 \times \left(\frac{0,011 \times 0,0034}{\sqrt{0,005}} \right)^{0,375} \quad (3)$$

$$D = 0,10 \text{ m} \cong 100 \text{ mm}$$

6.5 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

Aplicando os métodos de Rippl – equação (4) e máxima seca – equação (5) obteve-se valores de volume para o reservatório muito altos e sendo assim, estes métodos se mostraram inadequados para a situação existente na FAMCRI.

O método de prático inglês – equação (7) resultou em um volume de 10 m³.

$$V = 0,05 \times 1368,3 \times 147,4$$

$$V = 10,08 \text{ m}^3$$

Aplicando outros métodos citados pela norma como o método Azevedo Neto obteve-se um volume de 8,5 m³, o método Prático Alemão resultou em um reservatório de volume de 9,7 m³. O método do Balanço Hídrico Seriado apresentou o mesmo resultado deste método. Foi possível observar também que a capacidade de coleta do telhado não consegue suprir toda a demanda existente.

6.6 QUALIDADE DA ÁGUA E USOS

Conforme apresentado no referencial teórico, os usos diretos da água de chuva pode variar conforme a qualidade apresentada pela mesma, a Tabela 8 mostra os resultados obtidos referente a qualidade da água nos pontos P1, P2 e P3, frente as recomendações da NBR 15257/2007 e da Portaria do Ministério da Saúde referente aos padrões de potabilidade.

Tabela 8 – Análise da qualidade dos pontos frente a legislação vigente.

| Parâmetros | P1 | P2 | P3 | NBR 15527/2007 | Portaria n° 2914/2011 |
|--|-----------|-----------|-----------|---------------------------|----------------------------------|
| pH | 6,90 | 6,31 | 6,43 | 6,0 a 8,0 | 6,0 a 9,0 |
| Turbidez (NTU) | 3,0 | 4,0 | 3,0 | < 5,0 uT | 5,0 uT |
| Cor Aparente (Hz) | 15,3 | 15,6 | 15,4 | < 15 uH | 15 uH |
| DBO (mg/L) | 24,0 | 21,0 | 25,0 | - | - |
| DQO (mg/L) | 30,0 | 26,5 | 32,0 | - | - |
| Coliformes Totais (UFC/100mL) | > 250 | > 250 | > 250 | Ausência em 100 mL | Ausência em 100 mL |
| Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL) | > 2000 | 150,0 | 300,0 | Ausência em 100 mL | Ausência em 100 mL |

Fonte: Da autora, 2015.

Como pode ser verificado na tabela acima, os padrões de cor aparente, coliformes totais e termotolerantes se encontraram fora dos padrões estabelecidos. Acredita-se que caso tivesse sido possível o descarte da quantidade correta do escoamento inicial, estes padrões apresentariam melhores resultados.

Segundo a Tabela 2 apresentada anteriormente para os usos de limpeza geral e lavagem automotiva seria necessário passar a água pluvial por um tratamento, para se eliminar microrganismos, uma vez que a água pode entrar em contato com o corpo humano. No uso para a rega de mudas e jardins não há necessidade de nenhum tipo de tratamento.

Caso a norma 15527 (ABNT, 2007) exigisse o tratamento, os usos que o requerem sugere-se seguir conforme o que Gonçalves (2006) recomenda, filtro de areia para remover cor aparente e a turbidez, e para remoção de patógenos recomenda-se desinfecção com cloro, que é o recurso mais utilizado.

Para evitar a entrada de materiais mais grosseiros, como folhas e galhos, pode-se ser colocado grades finas junto às calhas, evitando assim que este material prejudique a qualidade da água e chegue até o reservatório.

6.7 PROPOSIÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO

Seguindo a equação (7) obteve-se um volume final total de 3,9 m³ para o tanque séptico, sendo que o mesmo deve ter uma área de 2,3 m², comprimento de 2,3 m, largura de 1 m e uma profundidade útil de 1,7 m. Recomenda-se um intervalo de um ano para a limpeza.

$$V = 1000 + 49 \times (50 \times 0,92 + 65 \times 0,2) \quad (7)$$

$$V = 3891 L \cdot d^{-1} \cong 3,89 m^3 \cdot d^{-1}$$

$$V_t = 3,9 m^3$$

Como as medidas encontradas através dos cálculos foram próximas as medidas reais do tanque existente, não se recomenda nenhuma mudança, apenas que se realize a limpeza anual do mesmo, uma vez que a FAMCRI já está utilizando do local a um ano, e não há planos concretos para uma mudança de local.

Considerando os 57 funcionários e que para cada um será necessário 1 m² de área, será necessário o mínimo de 57 m² de área para a estação de tratamento de efluente por zona de raízes. Sendo esta área revestida por lonas duplas de 200 micras de espessura. As mudas podem ser cultivadas no horto municipal para evitar maiores gastos.

A sugestão de localização para a instalação da estação de tratamento por zona de raízes pode ser visto na Imagem 2 a seguir. Onde se recomenda que ela possua 7,5 m de largura por 8 m de comprimento, totalizando 60 m², bem como ao final de sua construção recomenda-se cercá-la para evitar a possível entrada de animais.

Imagem 2 – Sugestões de localização para instalação da ETEZR.



Fonte: Google Earth Pro, 2015.

7 CONCLUSÃO

As iniciativas em relação à temática hídrica e seu manejo e conservação tem crescido e ganhado força devido às crises hídricas que os grandes centros urbanos vem enfrentando. Outro problema comum é a falta ou insuficiência dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto, onde estes muitas vezes são descartados clandestinamente nos recursos hídricos sem tratamento prévio, colaborando assim para a degradação do meio ambiente. Sendo assim este trabalho teve por objetivo propor e dimensionar dois sistemas – captação de água da chuva e tratamento de efluente por zona de raízes, que auxiliam na conservação e manutenção dos recursos hídricos, bem como na educação ambiental.

Os resultados obtidos para o sistema de coleta da água pluvial, mostraram que, independentemente do método utilizado, a capacidade de coleta da área do telhado é pequena e não suprirá completamente a demanda estimada em muitos dos meses do ano.

Dentro dos métodos apresentados, o método do Balanço Hídrico Seriado, Azevedo Neto, Prático Alemão e Prático Inglês resultaram em um melhor volume de reservatório, sendo estes os métodos mais indicados para o dimensionamento deste tipo de sistema no local, fixando-se então um reservatório de capacidade de 10.000 litros. O método de máxima seca e o método de Rippl apresentam um resultado muito maior do que o necessário.

Conforme os laudos realizados sobre a qualidade da água, esta pode ser aplicada para a rega de mudas, lavagem de automóveis e limpezas de calçadas, não sendo necessário seu tratamento nestes usos. Caso a água de chuva venha a ser utilizada em bacias sanitárias é recomendável que esta passe por um sistema de desinfecção por cloro. Mas deve ser ressaltado que a NBR 15527 (ABNT, 2007) não obriga a realização de nenhum tratamento, ficando este a critério do engenheiro.

Apesar das estações de tratamento de efluente por zona de raízes serem predominantes em regiões isoladas e rurais, é possível as mesmas serem implantadas em regiões urbanas desde que se possua o espaço necessário adequado. As dependências da sede atual da FAMCRI possui espaço adequado para a instalação de uma ETEZR, e devido a inexistência do projeto hidrossanitário e da falta de informações sobre as limpezas e manutenções do sistema do tanque

sanitário, é recomendável a implantação de uma ETEZR, para se assegurar que o esgoto doméstico gerado seja tratado de maneira eficaz.

Quanto as dificuldades foram encontradas duas, sendo elas a falta do projeto hidrossanitário original e a não disponibilidade e possibilidade de coleta de um volume maior para a análise da qualidade do efluente.

Considerando os objetivos determinados, os mesmos foram alcançados e caso a FAMCRI deseje implantar estes dois sistemas, além de benefícios ambientais e econômicos, eles poderão auxiliar também nos projetos de educação ambiental desenvolvidos pela FAMCRI.

Além do uso desses sistemas nos projetos de educação, também recomenda-se que caso seja possível, implante-se o sistema de captação de água da chuva em outras edificações ou setores públicos municipais, como no pátio de máquinas, bem como no Horto Florestal Municipal Antônio José Guglielmi, onde a água poderá ser aproveitada também na rega de mudas. Deixa-se também como recomendação que a FAMCRI sugira o sistema de aproveitamento de água pluvial como fonte alternativa a empreendimentos que consomem muita água e não necessitem da mesma em uma qualidade ótima - potável, como por exemplo, lavações automotivas.

Outras sugestões não menos importantes são a elaboração de um orçamento que englobe os custos de ambos os sistemas – captação da água de chuva e ETEZR, bem como a elaboração do projeto hidrossanitário.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: 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 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

Agência Nacional de Águas. **Séries Históricas**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 15 set. 2015.

ANDREOLI, Cleverson Vitório. (Coord.) PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Lodo de fossa e tanque séptico /** caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 390 p. Disponível em: <<http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/000058/00005876.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2015.

BACK, Álvaro José. Chuva de projeto para instalações prediais de águas pluviais de Santa Catarina. **Rbrh – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Urussanga, v. 19, n. 4, p.260-267, nov. 2014. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/c069ef51691f6878eeaf2f67cee8859f_ae342d42d4f4443fc316cb0d10daca1c.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <<http://www.saude.mg.gov.br/images/documentos/PORTARIA%20No-202.914,%20DE%2012%20DE%20DEZEMBRO%20DE%202011.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2015.

BRASIL. Decreto nº 24643, de 10 de janeiro de 1934. **Lex**: Decreta o código de águas. Brasil, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm>. Acesso em: 18 ago. 2015.

BRASIL. Lei nº 11445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de

fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **Lex**. Brasília, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 21 ago. 2015.

BARLOW, Maude. **Água, pacto azul: a crise global da água e a batalha pelo controle da água potável no mundo**. São Paulo: M. Books do Brasil, 2009. 200 p.

CARRERA-FERNANDEZ, José; GARRIDO, Raymundo-José. **Economia dos recursos hídricos**. Salvador: EDUFBA, 2002. 457 p.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino. **Metodologia científica**. 5. ed São Paulo: Prentice Hall, 2002. 242 p.

CRICIÚMA (Município). Constituição (2008). Lei Complementar nº 61, de 04 de setembro de 2008. **Lex**. Criciúma, SC, Disponível em: <http://www.famcri.sc.gov.br/legislacao/lei_comp_mun_61.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2015.

CRICIÚMA (Município). **Estatuto da Fundação Municipal do Meio Ambiente de Criciúma**, 08 de julho de 2010.

CRISPIM, Jefferson de Queiroz et al. **Estação de tratamento de esgoto por zona de raízes (ETEZR)**. Campo Mourão: Facilcam, 2012. 32 p. Disponível em: <http://www.fecilcam.br/editora/arquivos/estacoes_tratamento_esgoto.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2015.

COIMBRA, Roberto; ROCHA, Ciro Loureiro; BEEKMAN, Gertjan Berndt. **Recursos hídricos: conceitos, desafios e capacitação**. Brasília: ANEEL, 1999. 78 p.

COMISSÃO DE POLÍTICAS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E DA AGENDA 21 NACIONAL (BRASIL). **Agenda 21 brasileira: ações prioritárias**. 2. ed Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 138 p

FAMCRI. **Quem Somos**. 2010. Disponível em: <<http://www.famcri.sc.gov.br/conteudo.php?id=institucional>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

FILHO, Belli Paulo **Programa de Capacitação em Gestão da Água: Saneamento Rural**. 2014. 150 f. Apostila - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro Tecnólogo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Disponível em: <<http://tsga.ufsc.br/index.php/biblioteca/materiais-pedagogicos/apostilas2>>. Acesso em: 24 set. 2015.

FONTANELA, Leonardo. **Avaliação de metodologias para dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água pluvial**. 2010. 68 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2010 Disponível em: <<http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/000043/000043F1.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2015.

GONÇALVES, Ricardo Franci (Coord). **Uso Racional da Água em Edificações**. Rio de Janeiro, ABES, 2006. 352p.

GUZZATTI, Thales Giovanne Costa. **Aproveitamento da água da chuva em Criciúma**. Criciúma, SC: UNESC, 1999. 35 p. Monografia (Especialização em Gestão ambiental) - Universidade do extremo sul catarinense, 1999.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa nacional de saneamento básico**. Rio de Janeiro. 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/>>. Acesso em: 24 ago. 2015.

LEMES, João Luiz Villas Boas et al. TRATAMENTO DE ESGOTO POR MEIO DE ZONA DE RAÍZES EM COMUNIDADE RURAL. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v. 6, n. 2, p.169-179, 01 jun. 2008. Disponível em: <<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjR1Lz0t7vJAhVDq5AKHZKIAg8QFggbMAA&url=http://www2.pucpr.br/reol/index.php/academica?dd99=pdf&dd1=2392&usg=AFQjCNFuAg5x2Pd7iOrlwKBkw5rumj9Qqw&sig2=0XieCyznh2AVm6km2ff1GA&bvm=bv.108194040,d.Y2l>>. Acesso em: 01 dez. 2015.

MACÊDO, Jorge Antonio Barros de. **Águas & Águas**. 2. ed. atual e rev São Paulo: Varela, 2004. 977 p.

MAY, Simone. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2008. 223 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-17082009-082126/publico/SIMONE_MAYOK.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2015.

NERILO, Nerilton; MEDEIROS, Péricles Alves; CORDERO, Ademar. **Chuvas intensas no estado de Santa Catarina**. Florianópolis: UFSC, 2002. 156 p.

PESSÔA, Constantino Arruda; JORDÃO, Eduardo Pacheco. **Tratamento de esgotos domésticos**. 2. ed Rio de Janeiro: ABES, 1982.

PIO, Anícia Aparecida Baptistello AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). FEDERAÇÃO DAS INDUSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo: ANA, 2005. 151 p.

RAINDROPS, Group. **Aproveitamento de Água da Chuva**. Curitiba: Torre de Papel, 2002. 196 p.

REBOUÇAS, Aldo C.; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galízia. **Águas doces no Brasil**. 3. ed. rev. e ampl São Paulo: Escrituras, 2006. 748 p.

RIGHETTO, Antonio Morozzi. (Coord.) PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Manejo de águas pluviais urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 398 p.

SANTOS, Maria de Lourdes Florêncio dos; BASTOS, Rafael Kopschitz Xavier; AISSE, Miguel Mansur. PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Recife: ABES, 2006. 403 p.

TELLES, Dirceu D'Alkmin; COSTA, Regina Helena Pacca Guimarães. **Reúso da água**: conceitos, teorias e práticas. São Paulo: Blucher, 2007. 311 p.

TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis: Diretrizes básicas para um projeto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 6., 2007, Belo Horizonte. **Anais eletrônicos ...** Belo Horizonte, 2007. p. 1 - 24. Disponível em: <http://abcmac.org.br/files/simposio/6simp_plinio_agua.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2015.

TOMAZ, Plínio. **Água de chuva**: Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. 4. ed. São Paulo: Navegar Editora, 2011. 208 p.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Instituto de Filosofia e Teologia de Goiás, 1996. 211 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuária; v. 2).

ANEXO(S)

ANEXO A – Análise da qualidade da água de chuva ponto P1.



LABORATÓRIO HIDROAMBIENTAL

RELATÓRIO DE ENSAIO N. : E0372/2015

Dados da Amostra

| | |
|---|---------------------------|
| Data da Coleta: 17/09/15 | Data de Entrada: 17/09/15 |
| Cliente: Karina Romão Antunes | |
| Endereço: Rua Almirante Saldanha da Gama, N. 741, Bairro: Comerciarío | Cidade: Criciúma/SC |
| Descrição da Amostra: Efluente | |
| Ponto de Coleta: Fundação do Meio Ambiente de Criciúma – FAMCRI - P1 | |
| Código da amostra: 0372/2015 | |
| Responsável pela Coleta: Andreia do Nascimento | Hora da coleta: 15h |

RESULTADOS

| Análise | Resultado | Limite Máximo Permitido | Metodologia |
|---------------------------------------|-----------|-------------------------|-------------------------------------|
| pH | 6,90 | 6,0 a 9,0 | SMEWW 22°ed 4500 H+B |
| Turbidez, NTU | 3,0 | --- | SMEWW 22°ed 2130 B |
| Cor Aparente, Hz | 15,3 | --- | SMEWW 22°ed 2120 C |
| DBO, mg/L | 24,0 | No máximo 60 mg/L | SMEWW 22°ed 5210 D |
| DQO, mg/L | 30,0 | --- | SMEWW 22°ed 5220 D |
| Coliforme Totais, UFC/100mL | > 250 | --- | SMEWW 22°ed 9222 A, 9222 B e 9222 D |
| Coliformes Termotolerantes, UFC/100mL | > 2000 | --- | SMEWW 22°ed 9222 A, 9222 B e 9222 D |

Observações:

- 1 - As análises são realizadas segundo American Public Health Association: Standard Methods for the Examination of Water and Water and Wastwater. Washington: 1995 1 v.
- 2 - Os limites máximos permitidos são segundo Legislação Ambiental Básica do Estado de Santa Catarina de 05 de Junho de 1981, Lei N^o 5.793, Decreto N^o 14.250, que dispõe de padrões de emissão de efluentes líquidos no Art. 19^o.

Criciúma, 21 de Setembro de 2015.

Andreia do Nascimento
Responsável Técnica
CRQ 13200332

Química Industrial - Andreia do Nascimento
Responsável Técnica - CRQ n^o 13200332

Fone/Fax: (48) 3045-2722

Rua Nilo Peçanha, 396 - Sala 11 - Bairro Michel - CEP 88803-050 - Criciúma - Santa Catarina
labhidroambiental@hotmail.com

ANEXO B – Análise da qualidade da água de chuva ponto P2.



LABORATÓRIO HIDROAMBIENTAL

RELATÓRIO DE ENSAIO N. : E0373/2015

Dados da Amostra

| | |
|---|---------------------------|
| Data da Coleta: 17/09/15 | Data de Entrada: 17/09/15 |
| Cliente: Karina Romão Antunes | |
| Endereço: Rua Almirante Saldanha da Gama, N. 741, Bairro: Comerciário | Cidade: Criciúma/SC |
| Descrição da Amostra: Efluente | |
| Ponto de Coleta: Fundação do Meio Ambiente de Criciúma – FAMCRI - P2 | |
| Código da amostra: 0373/2015 | |
| Responsável pela Coleta: Andreia do Nascimento | Hora da coleta: 15h10min |

RESULTADOS

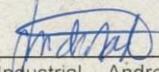
| Análise | Resultado | Limite Máximo Permitido | Metodologia |
|---------------------------------------|-----------|-------------------------|-------------------------------------|
| pH | 6,31 | 6,0 a 9,0 | SMEWW 22°ed 4500 H+B |
| Turbidez, NTU | 4,0 | --- | SMEWW 22°ed 2130 B |
| Cor Aparente, Hz | 15,6 | --- | SMEWW 22°ed 2120 C |
| DBO, mg/L | 21,0 | No máximo 60 mg/L | SMEWW 22°ed 5210 D |
| DQO, mg/L | 26,5 | --- | SMEWW 22°ed 5220 D |
| Coliforme Totais, UFC/100mL | > 250 | --- | SMEWW 22°ed 9222 A, 9222 B e 9222 D |
| Coliformes Termotolerantes, UFC/100mL | 150,0 | --- | SMEWW 22°ed 9222 A, 9222 B e 9222 D |

Observações:

1 - As análises são realizadas segundo American Public Health Association: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington: 1995 1 v.

2 - Os limites máximos permitidos são segundo Legislação Ambiental Básica do Estado de Santa Catarina de 05 de Junho de 1981, Lei N° 5.793, Decreto N° 14.250, que dispõe de padrões de emissão de efluentes líquidos no Art. 19º

Criciúma, 21 de Setembro de 2015.

 **Andreia do Nascimento**
Responsável Técnica
CRQ 13200332
Química Industrial - Andreia do Nascimento
Responsável Técnica - CRQ nº 13200332

Fone/Fax: (48) 3045-2722

Rua Nilo Peçanha, 396 - Sala 11 - Bairro Michel - CEP 88803-050 - Criciúma - Santa Catarina
labhidroambiental@hotmail.com

ANEXO C – Análise da qualidade da água de chuva ponto P3.



LABORATÓRIO HIDROAMBIENTAL

RELATÓRIO DE ENSAIO N. : E0374/2015

Dados da Amostra

| | |
|---|---------------------------|
| Data da Coleta: 17/09/15 | Data de Entrada: 17/09/15 |
| Cliente: Karina Romão Antunes | |
| Endereço: Rua Almirante Saldanha da Gama, N. 741, Bairro: Comerciarío | Cidade: Criciúma/SC |
| Descrição da Amostra: Efluente | |
| Ponto de Coleta: Fundação do Meio Ambiente de Criciúma – FAMCRI - P3 | |
| Código da amostra: 0374/2015 | |
| Responsável pela Coleta: Andreia do Nascimento | Hora da coleta: 15h25min |

RESULTADOS

| Análise | Resultado | Limite Máximo Permitido | Metodologia |
|---------------------------------------|-----------|-------------------------|------------------------------------|
| pH | 6,43 | 6,0 a 9,0 | SMEWW 22°ed 4500 H+B |
| Turbidez, NTU | 3,0 | --- | SMEWW 22°ed 2130 B |
| Cor Aparente, Hz | 15,4 | --- | SMEWW 22°ed 2120 C |
| DBO, mg/L | 25,0 | No máximo 60 mg/L | SMEWW 22°ed 5210 D |
| DQO, mg/L | 32,0 | --- | SMEWW 22°ed 5220 D |
| Coliforme Totais, UFC/100mL | > 250 | --- | SMEWW 22°ed 9222 A,9222 B e 9222 D |
| Coliformes Termotolerantes, UFC/100mL | 300,0 | --- | SMEWW 22°ed 9222 A,9222 B e 9222 D |

Observações:

- 1 - As análises são realizadas segundo American Public Health Association: Standard Methods for the Examination of Water and Water and Wastewater. Washington: 1995 1 v.
- 2 - Os limites máximos permitidos são segundo Legislação Ambiental Básica do Estado de Santa Catarina de 05 de Junho de 1981, Lei N^o 5.793, Decreto N^o 14.250, que dispõe de padrões de emissão de efluentes líquidos no Art. 19^o.

Criciúma, 21 de Setembro de 2015.

Andreia do Nascimento
Responsável Técnica

Química Industrial - Andreia do Nascimento
Responsável Técnica - CRQ n^o 13200332

Fone/Fax: (48) 3045-2722

Rua Nilo Peçanha, 396 - Sala 11 - Bairro Michel - CEP 88803-050 - Criciúma - Santa Catarina
labhidroambiental@hotmail.com