



**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
Área de Concentração: Infra-estrutura e Meio Ambiente**

Lenisa Veiga Marisco

**ESTUDOS PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE REÚSO DOS
EFLUENTES PROVENIENTES DE EQUIPAMENTOS
DESTILADORES E CONDENSADORES**

**Passo Fundo
2007**

Lenisa Veiga Marisco

**Estudos para implantação de sistema de reúso dos efluentes
provenientes de equipamentos destiladores e condensadores**

Orientadora: Professora Vera Maria Cartana Fernandes, Dr^a.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia na Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo na Área de concentração Infraestrutura e Meio Ambiente

Passo Fundo

2007

Lenisa Veiga Marisco

**Estudos para implantação de sistema de reúso dos efluentes
provenientes de equipamentos destiladores e condensadores**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Engenharia na Faculdade de
Engenharia e Arquitetura da Universidade de
Passo Fundo na Área de concentração Infra-
estrutura e Meio Ambiente

Data de aprovação: Passo Fundo, 20 de agosto de 2007

Os membros componentes da Banca Examinadora abaixo aprovam a dissertação.

Vera Maria Cartana Fernandes, Dr^a.
Orientadora

Blanca Rosa Maquera Sosa, Dr^a.
Universidade de Passo Fundo

Marcelo Hemkemeier, Dr.
Universidade de Passo Fundo

Henrique da Silva Pizzo, Dr.
Universidade Federal de Juiz de Fora
Companhia de Saneamento Municipal (CESAMA)

Passo Fundo

2007

Dedico esse trabalho em primeiro lugar a DEUS, a todos os meus incentivadores, em especial a Paulo, meu companheiro de todas as horas, a Guigui e Maria, e meus pais que preenchem meu mundo com seu companheirismo e amor incondicional. Agradeço a CAPES pela bolsa de estudos a qual possibilitou o desenvolvimento desta dissertação.

Agradecimentos

- Primeiramente, agradeço a minha orientadora, que foi a primeira pessoa a incentivar minha idéia, comprou uma guerra trabalhando em um assunto ainda não explorado pela universidade, o qual muito me interessava, e que foi também a grande motivadora, nas horas em que eu fraquejava e as dificuldades apareciam.
- A Henrique, professor dedicado, grande amigo e incentivador.
- Agradeço a Universidade de Passo Fundo por facilitar o meu trabalho, aos diretores das faculdades, coordenadores de laboratório, aos técnicos que muito me auxiliaram na pesquisa demonstrando boa vontade respondendo questionários, e em especial ao pessoal dos laboratórios de Microbiologia, Efluentes e Pesquisa de Rebanhos Leiteiros. O carinho de vocês e atenção foram fundamentais para o desenvolvimento do meu trabalho.
- Agradeço a Laurita, Débora, Vivi, Mirela, Ibanor, Virginia e Carla, que me acolheram com todo o carinho quando cheguei em uma cidade estranha com um sonho para realizar. Valeu pelas caronas, pelas risadas, pelas noites dormindo tarde (porque sempre tínhamos assunto) pelas músicas que ouvíamos em casa, pelos ombros quando a dor apertava o coração, pelos inúmeros almoços no shopping e por tudo mais que ficará eternamente guardado na lembrança dos melhores anos da minha vida.
- Agradeço a minha irmã Luciana que sempre esteve pronta para me acolher nos momentos difíceis e nos momentos de conquista.
- Agradeço a Vilmar e Neca Dürks que me ajudaram com sua dedicação e amizade e alimentaram comigo o sonho de continuar.
- Agradeço a Larisse e pessoal do Laboratório da Bs Bios pelo apoio nos momentos e que precisei. Valeu muito colegas.
- Agradeço a Marli que sempre ajudou a resolver todos os problemas do mestrado e inclusive foi grande amiga nas horas em que eu precisava que alguém me aconselhasse.

- Agradeço a todos os meus amigos, os quais muitas vezes deixei esperando pela minha presença e não pude comparecer aos seus encontros.

- Por fim, não poderia deixar de agradecer a todas as pessoas que acharam que eu não conseguiria, vocês foram o combustível nessa luta. Obrigada por tudo, vocês me ajudaram em mais essa etapa tão importante da minha vida e suas críticas serviram como incentivo cada vez em que tentaram me fazer desistir.

RESUMO

No mundo atual, o cuidado com os recursos renováveis e não renováveis vem gradativamente adquirindo uma importância cada vez maior dentro das organizações, tanto a governamental como as não-governamentais. Os maiores fatores são a preocupação com a causa e a consequência dos danos ambientais. A água é um elemento de extrema necessidade para a vida dos seres humanos, assim é de extrema importância controlar seu desperdício através de ações que visem a conscientização dos usuários. O grande aumento na demanda da água, causado pelo crescimento populacional e das atividades produtivas decorrentes, somado a degradação crescente dos corpos hídricos, criam um cenário de escassez dos recursos hídricos cada vez mais comuns, em diversas regiões. A necessidade de promover o aumento da oferta de água assume grande importância à medida que se vivencia o crescimento da demanda por este insumo nas áreas urbanas. Criando a necessidade de implantação de programas que permitam fazer o uso racional da água com a consequente conservação dos recursos hídricos. Ao utilizar água de reúso para fins e usos determinados e com condições favoráveis, colabora-se o desenvolvimento de sistemas de abastecimento sustentáveis, onde a relação entre a oferta e demanda fica perfeitamente equacionada. É necessário o incentivo a ações que permitam identificar, avaliar e melhorar o desempenho de equipamentos que utilizam grande volume de água como os condensadores, destiladores e purificadores e ao mesmo tempo geram efluentes com qualidade que permitem a sua utilização em atividades que não necessitem de água potável. Nesse sentido, esse trabalho consiste em identificar esses equipamentos nos laboratórios do Campus I da Universidade de Passo Fundo, para estudar o seu princípio de funcionamento e em especial as suas demandas de água e os volumes gerados de efluentes, bem como identificar a qualidade desse efluente para a proposição de programas de conservação de água envolvendo o reaproveitamento ou reúso desses efluentes. Os resultados demonstraram que esses equipamentos consomem um grande volume de água potável e descartam uma considerável quantidade de efluentes com qualidade que permite a sua reutilização nas próprias instalações dos laboratórios, onde estão instalados. Para tanto é necessária a otimização dos processos que envolvem o uso de água e a correção dos desperdícios, reduzindo a demanda de água potável e o lançamento de efluentes.

Palavras-chave: Destilação de água, conservação de água, reúso de água potável.

ABSTRACT

In the current world, the care with the resources you renewed and you didn't renew comes gradual acquiring an importance each bigger time inside of the organizations, as much the governmental one as not-governmental ones. The major factors are the concern to the cause and consequence of environmental damage. Water is an element of extreme need for the lives of human beings, thus it is extremely important to control their waste through actions aimed at awareness of the users. The large increase in demand of water, caused by population growth and productive activities arising, plus the growing degradation of water bodies, create a scenario of shortage of water resources increasingly common in several regions. The need to promote the growth of the supply of water is very important as you experience the growth of demand for this input in urban areas. Creating the need for implementation of programmes to make rational use of water with consequent conservation of water resources. By using water for reuse, and certain uses and with favourable conditions, works up the development of sustainable supply systems, where the relationship between supply and demand is fully addressed. We need the encouragement to actions which identify, evaluate and improve the performance of equipment that use large amounts of water such as capacitors, distillers and cleanser while generating effluent quality with allowing its use in activities that do not require water drinking. In that sense, this work is to identify such equipment in the laboratories of I Campus of the University of Passo Fundo, to study its principle of operation and in particular its demands for water and the volumes of waste generated, as well as identify the quality of this effluent to the proposition of programmes for the conservation of water surrounding the reuse or reuse the effluent. The results demonstrated that such equipment consume a large volume of clean water and descartam a considerable amount of effluent quality with allowing its reuse in their facilities of the laboratories, which are installed. For this we need the optimization of the processes involving the use of waste water and correction, reducing the demand for potable water and the release of effluents.

Keywords: *Water of distillation, water conservations, water reuse potable*

Lista de Figuras

Figura 1 – Distribuição da Água no Planeta.....	21
Figura 2 – Ciclo Hidrológico da Água.....	22
Figura 3 – Gerenciamento Nacional da água.....	53
Figura 4 – Fluxograma de purificação da água.....	69
Figura 5 – Modelo de um destilador de água.....	72
Figura 6 – Reservatório do complexo de destilação e deionização.....	73
Figura 7 – Sistema de destilação e deionização.....	74
Figura 8 – Fluxograma com o delineamento da pesquisa.....	78
Figura 9 – Ensaio do pH em amostras de efluente.....	83
Figura 10 – Titulação das amostras para verificação da dureza da água e ponto de viragem da solução.....	84
Figura 11 – equipamento e procedimento de análise de sólidos totais.....	85
Figura 12 – Comparação entre amostras não contaminadas (a) e não contaminadas (b).....	885
Figura 13 – Confeção das análises de contagem total de bactérias.....	86
Figura 14 – Placas de petry com amostra de efluente sendo submetida a contagem total de bactérias patogênicas.....	86
Figura 15 – Destiladores utilizados na Faculdade de Odontologia.....	89
Figura 16 – Destilador utilizado pelo laboratório de Efluentes – E A – FEAR.....	90
Figura 17 – Destilador do laboratório de Microbiologia E. A. – FEAR.....	90
Figura 18 – 19 – Destilador e condensador localizados no laboratório de físico-química, E. A FEAR.....	91
Figura 20– Destilador localizado no laboratório de Aulas Práticas – E. Alimentos FEAR	92
Figura 21– Destilador localizado no laboratório de Sementes – Agronomia FAMV	92
Figura 22 – Destilador localizado no laboratório de Química dos Solos – Agronomia – FAMV.....	93
Figura 23 – Destilador localizado no laboratório de preparações – Curso de Química – ICEG.....	94
Figura 24 – Sala de lavagem de material no laboratório de microbiologia.....	105
Figura 25 – Sala de autoclavagem de material contaminado.....	106
Figura 26 - aparelhos condensadores pertencentes ao LACE.....	110
Figura 27 - aparelhos digestores pertencentes ao LACE.....	111
Figura 28 Pias utilizadas para lavagem de material.....	116
Figura 29 - Material disposto para lavagem na máquina.....	115

Figura 30 – Pia de descarte de amostras e enxágüe dos frascos – SARLE.....	116
Figura 31 – Tanques de banho-maria para ambientalização das amostras	117

Lista de Tabelas

Tabela 01 – Temperatura e solubilidade da água sob pressão atmosférica normal.....	35
Tabela 02: Valores reais e médias da água destilada e do efluente gerado em cada equipamento analisado no Campus i da UPF.....	98
Tabela 03: Classificação dos laboratórios baseado nos efluentes totais gerados por hora de funcionamento.....	100
Tabela 04: Classificação dos laboratórios baseado na geração de efluente por litro de água destilada.....	101
Tabela 05: Volume de efluente gerado pelo destilador no período de cinco dias úteis no laboratório de Microbiologia.....	105
Tabela 06: Volume de água utilizada nas torneiras no período de cinco dias úteis no Laboratório de Microbiologia.....	106
Tabela 07: Volume de água utilizada pelas autoclaves no período de cinco dias úteis – Laboratório de Microbiologia.....	107
Tabela 08: Quantidade de água utilizada para limpeza do laboratório.....	108
Tabela 09: Resumo da oferta e da demanda de água no período de cinco dias úteis no Laboratório de Microbiologia.....	108
Tabela 10: Volume de efluente gerado pelo destilador no período de cinco dias úteis – Laboratório de Efluentes – LACE.....	109
Tabela 11: Valores de vazão dos aparelhos condensadores pertencentes ao laboratório de efluentes.....	110
Tabela 12: Volume de efluentes gerado pelo digestor no período de cinco dias úteis – Laboratório de efluentes – LACE.....	111
Tabela 13: Volume de água utilizada nas torneiras no período de cinco dias úteis – Laboratório de Microbiologia.....	113
Tabela 14: Quantidade de água utilizada para limpeza do laboratório de efluentes.....	113
Tabela 15: Resumo da oferta e da demanda de água no período de 5 dias úteis – Laboratório de efluentes.....	114
Tabela 16: Volume de água utilizada na máquina industrial no período de 5 dias úteis SARLE.....	115
Tabela 17: Volume de água utilizado nos tanques de banho-maria no período de cinco dias úteis – SARLE.....	117
Tabela 18: Volume utilizado para limpeza no período de cinco dias úteis – SARLE.....	118
Tabela 19: Resumo da demanda de água no período de cinco dias úteis – SARLE.....	118
Tabela 20: Resultados e comparações para pesquisa de coliformes.....	121
Tabela 21: Resultados e comparações para pesquisa de coliformes conforme Portaria 518 do Ministério da Saúde.....	122
Tabela 22: Resultados e comparações para pesquisa de pH, conforme os valores ideais oferecidos pelo Standard Methods Measurement.....	123

Lista de Quadros

Quadro 1 - Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde.....	29
Quadro 2: Padrão de aceitação para consumo humano.....	39
Quadro 3 - Visão histórica do aproveitamento da água.....	56
Quadro 4: Riscos que cada reuso oferece à saúde.....	65
Quadro 5: Distribuição e número de equipamentos destiladores e condensadores existentes no Campus I da Universidade de Passo Fundo.....	89
Quadro 6: Condições de funcionamento dos equipamentos destiladores e condensadores analisados.....	97
Quadro 6: Rotina dos Laboratórios no prédio L 1 – Engenharia de alimentos.....	104

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1 Água: Um bem precioso	21
2.2 O Ciclo Hidrológico da Água.....	23
2.3 Características da água	26
2.3.1 Características físicas da água.....	26
2.3.1.1 Cor.....	27
2.3.1.2 Turbidez.....	28
2.3.1.3 Sabor e Odor	28
2.3.1.4 Temperatura.....	28
2.3.2 Radioatividade.....	29
2.3.3 Características químicas da água.....	29
2.3.3.1 Salinidade.....	30
2.3.3.2 Condutividade.....	31
2.3.3.3 Dureza - Dureza Total.....	32
2.3.3.4 Dureza de carbonatos.....	32
2.3.3.5 Alcalinidade.....	32
2.3.3.6 Demanda de Oxigênio.....	33
2.3.3.7 Acidez	33
2.3.3.8 Ferro e Manganês.....	34
2.3.3.9 Impurezas orgânicas.....	35
2.3.3.10 Nitratos e Nitritos.....	35
2.3.3.11 Oxigênio dissolvido.....	36
2.3.3.12 pH.....	37
2.3.3.13 Toxidez potencial.....	37
2.3.3.14 Fenóis.....	38
2.3.3.15 Detergentes.....	38
2.3.4 Características biológicas da água.....	41
2.3.4.1 Contagem do número total de bactérias.....	41
2.3.4.2 Pesquisa de coliformes.....	41
2.3.4.3 Características hidrobiológicas.....	42
2.4 Caminhos da poluição da água.....	43
2.5 Conservação da Água.....	46
2.5.1 Uso Racional da Água.....	46

2.5.1.1 Otimização do uso de água.....	50
2.5.2 Gerenciamento da demanda de água.....	52
2.5.3 Gerenciamento da oferta.....	53
2.5.4 Reúso de água e efluentes.....	57
2.5.4.1 Reúso indireto.....	58
2.5.4.2 Reúso direto.....	58
2.5.4.3 Reciclagem interna.....	61
2.5.4.4 Reúso potável da água.....	62
2.5.4.5 Reúso não potável.....	62
2.6 Padrões de qualidade da água para aplicações em reúso.....	64
2.7 A Legislação Sobre Reúso de Água no Brasil.....	67
2.8 Uso e reúso de água em laboratórios.....	70
2.8.1 Destilação.....	70
2.8.2 Sistema de Purificação da água.....	70
2.8.3 Destilação.....	72
2.8.3.1 Características físicas do sistema.....	73
2.8.3.2 Características funcionais do sistema.....	73
2.9 Estudo de caso onde foi implantado um sistema economizador em uma unidade na Universidade de Minas Gerais.....	74
3 METODOLOGIA.....	78
3.1 Considerações Iniciais.....	78
3.2 Delineamento da pesquisa.....	78
3.3 Desenvolvimento.....	80
3.3.1 Escolha dos aparelhos.....	80
3.3.2 Levantamento dos laboratórios.....	80
3.3.3 Avaliação.....	81
3.3.4 Características da demanda.....	82
3.3.5 Avaliação da qualidade.....	83
3.3.5.1 Determinação das amostras.....	83
3.3.5.2 Parâmetros.....	83
3.6 Desenvolvimento das diretrizes para uma implantação do programa de conservação da água dentro dos laboratórios em estudo.....	88
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	89
4.1 Levantamento dos laboratórios com equipamentos destiladores e ou condensadores de água no campus I da Universidade de Passo Fundo.....	90

4.1.1 Faculdade de Engenharia e Arquitetura.....	91
4.1.2 Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária.....	94
4.1.3 Instituto de Ciências Exatas e Geociências.....	96
4.1.4 Instituto de Ciências Biológicas.....	96
4.2 Caracterização dos equipamentos destiladores e condensadores dos laboratórios do Campus I da UPF.....	99
4.3 Determinação dos Laboratórios.....	101
4.4 Características dos Laboratórios.....	104
4.4.1 Análise dos resultados.....	106
4.4.2 Análise do LACE.....	110
4.4.3 Análise do SARLE.....	116
4.5 Qualificação dos efluentes gerados pelos aparelhos destiladores e torneiras dos laboratórios.....	121
4.5.1 Resultados dos parâmetros analisado.....	122
4.5.1.1 Análises microbiológicas.....	122
5 Recomendações para trabalhos futuros.....	128
Referências bibliográficas.....	131
Anexo	132

1 INTRODUÇÃO

O mau uso da água implica maior consumo tendo como conseqüência, maior carga poluidora para os recursos hídricos que, por essa razão, necessitam maior tempo para sua renovação. Conforme Gleick (1993) apud Oliveira (1999), todos os tipos de água são renováveis, mas a taxas bastante diferentes. A água dos rios é completamente renovada, em média, a cada 16 dias e a água da atmosfera a cada 08 dias. No entanto, o período de renovação das geleiras, águas profundas, águas dos oceanos e dos maiores lagos é de centenas ou milhares de anos. Assim, quando as fontes renovadas lentamente são utilizadas pelo homem de forma acelerada, elas efetivamente tornam-se fontes não renováveis com subseqüentes rupturas do ciclo natural. A importância do ciclo hidrológico deve-se à troca de água entre oceanos e terra não ser somente uma renovação quantitativa, mas uma restauração qualitativa.

A escassez de água decorre principalmente de dois fatores: causas naturais, como por exemplo, as secas regionais prolongadas, e devido a processos de poluição desencadeados a partir de lançamento de efluentes urbanos e industriais nas águas de superfície, intensificação de consumos individuais, desperdícios nos sistemas públicos e prediais em função de vazamentos e procedimentos inadequados relacionados ao uso da água.

Para Silva (1996) apud Oliveira (1999) a escassez de água resultante de processos cumulativos de uso predatório apresenta uma perspectiva sombria, uma vez que os efeitos do uso mau gerenciado e da degradação evoluem exponencialmente, considerando-se a grande disponibilidade original.

O uso da água de forma adequada e consciente proporciona uma melhoria na disponibilidade deste recurso para fins potáveis, bem como a preservação dos recursos naturais.

O gerenciamento da oferta e da demanda de água dentro de uma edificação, aliado a uma educação ambiental deve ser a meta almejada por todos os envolvidos nesse processo, pois o uso da água deve ser otimizado para que todos usufruam de maneira consciente, colaborando para o aumento da disponibilidade desse bem tão

essencial para o ser humano. Dessa maneira, deve-se implantar programas de redução do consumo da água, eliminação de desperdício, como também incentivar o reúso de efluentes, para que se possa usufruir com responsabilidade desse recurso sem comprometer as gerações futuras.

O reúso de águas ou efluentes vem ganhando terreno nos tempos atuais, em face da necessidade de redução dos custos finais de produção, numa época em que a economia globalizada condiciona a um pensamento de conscientização sobre o uso racional da água. Sendo, portanto, de extrema necessidade, o armazenamento dos efluentes gerados por equipamentos como destiladores e condensadores utilizados em laboratórios. O reúso dos efluentes desses equipamentos é viável, uma vez que a sua qualidade parece permitir o seu uso como água não potável com pouco ou quase nenhum tratamento. No entanto, como não é separado dos demais efluentes acaba sendo encaminhado para o tratamento dos efluentes domésticos.

Nesse sentido, o presente trabalho justifica-se uma vez que busca o estudo e a implantação de um programa de conservação de água aplicado aos destiladores e condensadores utilizados nos laboratórios do Campus I da Universidade de Passo Fundo.

O programa inicia com a quantificação do volume de água que cada um desses equipamentos consome para destilar a água requerida para o uso; o estudo do funcionamento dos equipamentos, o conhecimento dos programas de manutenção e análise da qualidade da água destilada. Após será realizado a quantificação do volume dos efluentes gerados, para a obtenção do volume que vem sendo desperdiçado. Desse efluente serão analisados os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos para estudar a viabilidade de implantação de um sistema de reúso.

Dessa forma o problema da pesquisa é: saber o volume e a qualidade dos efluentes gerados pelos destiladores e condensadores existentes nos laboratórios do Campus I da Universidade de Passo Fundo e se existe viabilidade técnica de implantação de um sistema de reúso ou reaproveitamento para esses efluentes.

A partir dessas respostas será proposto um sistema de reúso e/ou reaproveitamento desses efluentes como forma de reduzir a demanda de água potável no Campus I da Universidade de Passo Fundo.

O objetivo geral deste trabalho é o de avaliar os equipamentos que realizam a destilação de água utilizada nos laboratórios do Campus I da Universidade de Passo

Fundo, determinando o volume de água que é descartada nos seus processos e indicar as possibilidades de reúso.

Para alcançar o objetivo geral é necessário o desenvolvimento dos seguintes objetivos específicos:

- Realizar o levantamento da quantidade de destiladores e condensadores existentes em cada unidade do Campus I da UPF;
- Avaliar as condições desses equipamentos em relação ao funcionamento, manutenção, tempo de utilização e frequência de uso, utilizando como instrumento um questionário a ser aplicado aos técnicos dos laboratórios em estudo;
- Medir o volume de água potável consumida em cada equipamento condensador e/ou destilador, como também o volume do efluente gerado;
- Determinar quais são os equipamentos que geram maior volume de efluentes e que possuem condições técnicas de serem reusados como água não potável;
- Analisar a qualidade do efluente, nos equipamentos que geram maior volume, enfocando os parâmetros físicos, químicos e biológicos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Água: Um bem precioso

A água é o constituinte mais característico da terra. Diferente dos outros minerais, a água é um recurso renovável dado à existência do ciclo hidrológico (OLIVEIRA, 1999).

Ingrediente essencial da vida, a água é talvez o recurso mais precioso que a Terra oferece a humanidade, mas o crescimento da demanda e o crescimento populacional acentuado e desordenado influenciam o aumento do consumo de água, principalmente nos grandes centros urbanos (OLIVEIRA, 1999).

No entanto, tem-se escasseado, principalmente nas grandes metrópoles, em função da crescente demanda solicitada pelo aumento populacional, da intensificação de indústrias e, sobretudo, pelo mau gerenciamento do uso nas atividades dos usuários (OLIVEIRA, 1999).

O mau uso da água implica maior consumo tendo como consequência, maior carga poluidora para os recursos hídricos que, por essa razão, necessitam maior tempo para sua renovação. Conforme SHIKLOMANOV(2005) apud WUNDER (2006), existem cerca de 1.386 milhões de Km³ de água no planeta, sob as formas líquida e congelada, sendo que 97,5% do volume total são as águas salgadas e podem ser encontradas nos oceanos, 2,5% são águas doces e podem ser encontradas em lagos, rios, geleiras e subsolo.

A conscientização mundial da escassez dos recursos hídricos reuniu, em 1998, na sede da UNESCO, em Paris, mais de 600 participantes representando 84 países para uma Conferência Internacional sobre a água. “Um relatório das Nações Unidas revela que dois terços da humanidade estão condenados a passar sede antes de 2025 se não forem adotadas medidas urgentes de melhoria da proteção e administração dos recursos de água doce nas zonas rurais e urbanas” (JUNIOR (1998) apud OLIVEIRA (1999)).

No Brasil, devido a escassez e a necessidade de uma regulamentação no uso da água, o Ministério da Saúde, por meio da Fundação Nacional de Saúde (Funasa), da Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental (CGVAM), do Centro Nacional de Epidemiologia (Cenepi), promoveu, no ano 2000, a atualização das normas de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano.

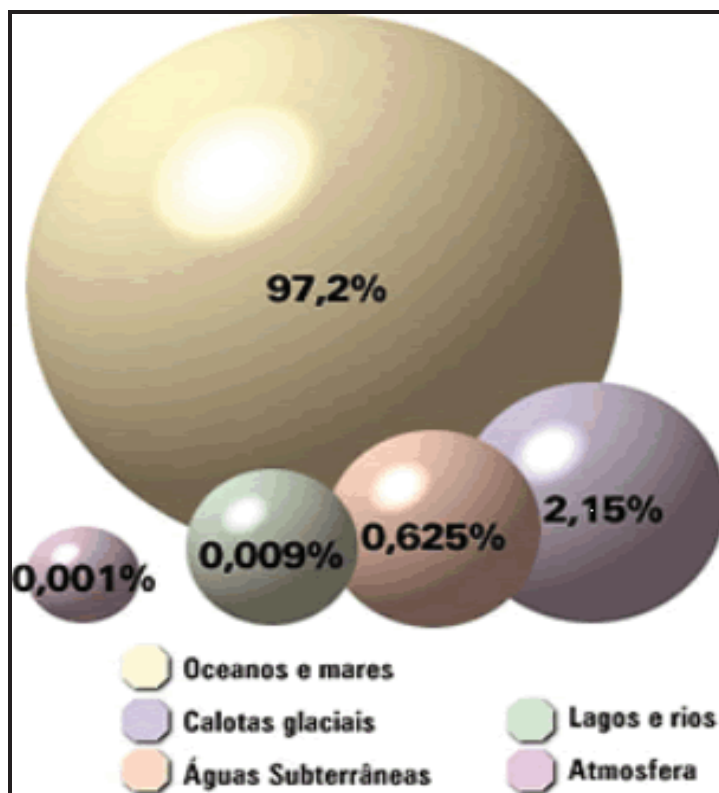
Com o objetivo de elaborar uma norma que fosse factível e que possibilitasse a sua aplicação em todas as regiões do País, a CGVAM/SVS buscou realizar um processo de revisão bastante participativo, no qual todos os setores interessados tomaram parte, sendo, portanto, um documento normativo onde profissionais e representantes de diversas entidades do setor público, privado e ONGs puderam opinar e contribuir. Puderam também contar com a organização Pan-americana de Saúde (OPAS) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005). O Ministério da Saúde, por meio da Fundação Nacional de Saúde (Funasa), da Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental (CGVAM), do Centro Nacional de Epidemiologia (Cenepi), promoveu, no ano 2000, a atualização das normas de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, resultando assim, na publicação da Portaria n.º 1469, do Ministério da Saúde, em 29 de dezembro de 2000 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005).

O gerenciamento da utilização da água com o objetivo de preservar os recursos ambientais, principalmente os recursos hídricos, deve ser realizado nos três níveis sistêmicos:

- **nível macro** – sistemas hidrográficos;
- **nível meso** – sistemas públicos urbanos de abastecimento de água coleta de Esgoto sanitário;
- **nível micro** – sistemas prediais.

Considerando-se a importância da preservação dos sistemas hidrográficos para a garantia da quantidade e da qualidade da água são necessárias ações nos três níveis para a obtenção de resultados de economia de água. Assim, está sendo implantado o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – conforme apresentado por Silva et al. (1998) apud Oliveira (1999).

De fato, o futuro da espécie humana e de muitas outras espécies pode ficar comprometido a menos que haja uma melhora significativa na administração dos recursos hídricos terrestres (RIVIÉRE, 2005). Pois 97% da água do planeta é salgada e encontra-se nos oceanos e mares, apenas 3% da água no planeta é potável. Mesmo assim 70% dessa água potável encontram-se nas geleiras, como mostra a figura abaixo.



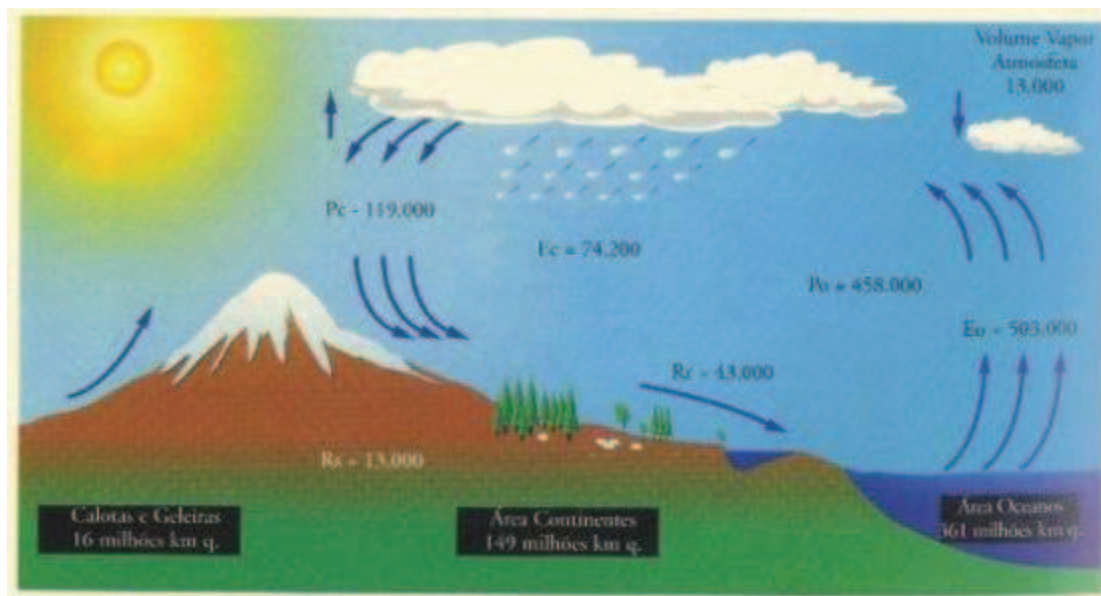
Fonte: Rivière (2005).

Figura 1: Distribuição da Água no Planeta.

2.2 O Ciclo Hidrológico da Água

O ciclo hidrológico das águas tem três componentes principais: Precipitações, evaporação e transporte de vapor. A água se precipita do céu como chuva ou neve, a maior parte caindo no mar. Retorna à atmosfera através da evaporação. Uma pequena parte da água que cai na terra é retida e absorvida pela vegetação ou outros organismos e a maior parte da água correm para o mar, seja como água de escoamento superficial ou como água subterrânea. Na direção inversa, o vapor d'água é levado por correntes atmosféricas do mar para a terra, e o ciclo se completa com novas precipitações. As precipitações que caem no solo representam a renovação deste recurso do qual depende a vida terrestre (RIVIÉRE, 2005).

A figura 2 mostra como ocorrem os processos que participam do ciclo hidrológico da água



Fonte: SHIKLOMANOV, apud IHP/UNESCO, 1998

Figura 2: Ciclo Hidrológico da Água

Apesar do ciclo hidrológico da água renovar de forma qualitativa e quantitativa, dependendo das condições do local, dependendo da fonte de renovação, as impurezas contidas nas águas conferem às mesmas, propriedades positivas ou negativas que devem ser encaradas sob os aspectos físicos, químicos e/ou biológicos. A água faz parte do meio ambiente, portanto, sua conservação e bom uso são fundamentais para garantir a vida no planeta.

No Brasil, a Portaria MS n.º 518/2004, em seus capítulos e artigos, estabelece as responsabilidades de quem produz a água, no caso, os sistemas de abastecimento de água e de soluções alternativas, a quem cabe o exercício de “controle de qualidade da água” e das autoridades sanitárias das diversas instâncias de governo, a quem destina-se a missão de “vigilância da qualidade da água para consumo humano”. Também se ressalta a responsabilidade dos órgãos de controle ambiental no que se refere ao monitoramento e ao controle das águas brutas de acordo com os mais diversos usos, incluindo o de fonte de abastecimento de água destinada ao consumo humano (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005).

Nessa portaria, foram dispostos os procedimentos e as responsabilidades, relativos ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, em virtude da importância que a qualidade e a quantidade de

água representam para melhoria da qualidade de vida e da manutenção da saúde humana (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005).

A difusão e a implementação desta portaria no País constituem um importante instrumento para a vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano, com vistas a garantir a prevenção de inúmeras doenças e a promoção da saúde da população (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005).

A Portaria N.º 518, de 25 de março de 2004, estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005).

Porém, as águas doces superficiais - lagos, rios e barragens - utilizadas para tratamento e distribuição nos sistemas de tratamento vêm sofrendo nos últimos tempo os efeitos da degradação ambiental que atinge cada vez mais intensamente os recursos hídricos em todo o mundo e obrigam a adoção de medidas de regulação e modificação dos cursos de água. Mas as mudanças geram variações nos ecossistemas e microclimas, com prejuízos à flora, fauna e habitat.

Para consumo, segundo o Art. 1.º da portaria nº 518/2004, que dispõe sobre procedimentos e responsabilidades inerentes ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano, estabelece seu padrão de potabilidade e dá outras providências (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005).

Segundo o Art. 2.º Toda a água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade da água;

A crescente expansão demográfica e industrial observada nas últimas décadas trouxe como consequência o comprometimento das águas dos rios, lagos e reservatórios. A falta de recursos financeiros nos países em desenvolvimento tem agravado esse problema, pela impossibilidade da aplicação de medidas corretivas para reverter a situação.

Nos países em desenvolvimento são poucas as cidades que contam com estações de tratamento para os esgotos domésticos, agrícolas e industriais, incluindo os agrotóxicos.

Em algumas das grandes cidades, a poluição das águas é tanta que a renovação quase não acontece, fazendo com que a água volte a ser utilizada com impurezas como: contaminação microbológica (microrganismos patogênicos) e físico-química (metais pesados, sais que podem causar algum dano à saúde).

A poluição das águas é gerada por:

- **efluentes domésticos** (poluentes orgânicos biodegradáveis, nutrientes e bactérias);

- **efluentes industriais** (poluentes orgânicos e inorgânicos, dependendo da atividade industrial);

- **carga difusa urbana e agrícola** (poluentes advindos da drenagem destas áreas: fertilizantes, defensivos agrícolas, fezes de animais e material em suspensão).

Sendo assim, é importante que se observe algumas características essenciais da água para que possa classificá-la quanto a sua contaminação e potabilidade (CETESB, 2005).

2.3 Características da água

A qualidade de uma água é definida por sua composição química, física e bacteriológica. As características de uma água dependem de sua utilização. Para o consumo humano há a necessidade de uma água pura e saudável, isto é, livre de matéria suspensa visível, cor, gosto e odor, de quaisquer organismos ou substâncias capazes de provocar enfermidades (RICHTER E NETTO, 2002).

A qualidade de determinada água é avaliada por um conjunto de parâmetros determinados por uma série de análises físicas, químicas e biológicas. A qualidade das águas está sujeita a inúmeros fatores, podendo apresentar uma grande variação no decorrer do tempo, e só pode ser suficientemente conhecida através de uma série de análises, que abranja as diversas estações do ano (RICHTER E NETTO, 2002).

Segundo o artigo 4º da Portaria 518/2004, são adotadas as seguintes definições:

I - água potável – água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde;

II - sistema de abastecimento de água para consumo humano – instalação composta por conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinada à produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão;

III - solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano – toda modalidade de abastecimento coletivo de água diferente do sistema de abastecimento de

água, incluindo, entre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontal e vertical;

IV - controle da qualidade da água para consumo humano – conjunto de atividades exercidas de forma contínua pelo(s) responsável(is) pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, destinadas a verificar se a água fornecida à população é potável, assegurando a manutenção desta condição;

V - vigilância da qualidade da água para consumo humano – conjunto de ações adotadas pela autoridade de saúde pública, para verificar a água consumida pela população e avaliar os riscos que os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água representam para a saúde humana.

A água quanto a sua potabilidade, possui algumas características muito importantes para sua classificação.

Para análise físico-química, o frasco onde a amostra da água venha a ser coletada deve ter ácido fraco 1 parte de ácido para 4 de água, em vidro de cor âmbar se for efluente, e branco (sem ácido no interior) se for água com característica potável, este frasco contendo a amostra deve estar cheio e deve ser mantido em resfriador durante o período de uma noite. Já para a amostragem microbiológica, a amostra deve ser coletada em saquetas e deve ser armazenada em resfriador e de preferência deve ser submetida a análise no mesmo dia (APHA, 1995, apud SIRIVEDHIN & GRAY, 2005).

Essas características são três:

2.3.1 Características físicas da água

A água possui algumas características que devem ser observadas para que se possa classificá-la quanto ao grau de potabilidade.

Essas características são:

2.3.1.1 Cor

Característica importante devido à existência de substâncias dissolvidas, que na grande maioria dos casos, são de natureza orgânica, além de compostos químicos coloridos dissolvidos, e partículas microscópicas de óxidos. As águas naturais classificadas como coloridas e normalmente têm um aspecto âmbar, cinza ou mesmo tendendo para o negro, devido aos sólidos contidos nela. As águas naturais brasileiras, de modo geral, contêm poucos sais dissolvidos, porque atravessam formações geologicamente velhas (CETESB, 2005).

2.3.1. 2 Turbidez

É a característica decorrente de substâncias em suspensão, ou seja, de sólidos suspensos, finamente divididos em estado coloidal, e de organismos microscópicos. Nas chamadas águas turvas, seu aspecto se deve à presença de material sólido suspenso, como argila, areia, óxidos metálicos e outros minerais, além de matéria orgânica, inclusive microorganismos. Essas águas são ricas em nutrientes, possibilitando um melhor desenvolvimento de vida aquática (CETESB, 2005).

2.3.1.3 Sabor e Odor

A característica do sabor e do odor são consideradas em conjunto, pois geralmente a sensação de sabor decorre da combinação do gosto mais odor (RICHTER & NETTO, 2002).

São características que provocam sensações subjetivas nos órgãos sensitivos do olfato e do paladar, causadas pela existência de substâncias como matéria orgânica em decomposição, resíduos industriais, gases dissolvidos, algas, etc (CETESB, 2005).

2.3.1.4 Temperatura

Particularmente para uso doméstico a água deve ter temperatura refrescante (CETESB, 2005).

Determinada espécie animal ou cultura vegetal cresce melhor dentro de uma faixa de temperatura. O mesmo para animais aquáticos, e geralmente são reconhecidos três grupos de temperatura: água fria, água morna e água quente. Espécies de peixes água quente crescem melhor a temperatura de 25°C, mas se a temperatura ultrapassar os 32-35° C, o crescimento pode ser prejudicado. Outros organismos como por exemplo, bactérias, fitoplâncton, e plantas com raízes, e processos químicos e físicos que influenciam a qualidade do solo e da água também respondem favoravelmente ao aumento de temperatura. Microorganismos decompõem a matéria orgânica mais rápido a 30° que a 25°C. taxa da maioria dos processos que afetam a qualidade da água e do solo dobram a cada aumento de 10°C na temperatura. Mesmo nos trópicos onde a temperatura é relativamente constante, pequenas diferenças nas temperaturas das estações podem influenciar o crescimento dos peixes.

2.3.2 Radioatividade

A era da energia atômica trouxe novas e sérias perspectivas à engenharia sanitária. Águas de superfície e subterrâneas podem adquirir uma pequena quantidade de radioatividade natural, proveniente de rochas e minerais. Laboratórios de pesquisas, hospitais, indústrias e instalações experimentais, sem mencionar as guerras, podem causar a poluição das águas com substâncias radioativas (RICHTER E NETTO, 2002).

De um modo geral, é aceitável uma água com radioatividade inferior a 10 picocuries por litro, com um limite máximo permissível menor que 100 picocuries por litro (RICHTER E NETTO, 2002).

Segundo a APHA (1995) a amostra deve ser coletada e permanecer em refrigeração durante o período de uma noite até sua análise.

Antes da realização de qualquer análise, o frasco deve ser agitado vigorosamente para que a amostra fique bem distribuída no frasco. Da amostra devem ser retirados 30mL que são submetidos à primeira análise que é a condutividade, seguida por medição do seu pH.

2.3.3 Características químicas da água

As características químicas da água nem sempre podem ser observadas a olho nu, mas são de grande importância devido a possibilidade de identificação de contaminação das mesmas. São devido à presença de substâncias dissolvidas e são determinadas por meio de análises químicas, seguindo métodos adequados e padronizados para cada substância. Os resultados são fornecidos em concentração de substância em mg/L (miligrama por litro), geralmente avaliáveis somente por meios analíticos (CETESB, 2005).

A água para corresponder ao padrão potável deve estar em conformidade com o padrão de substâncias químicas que representam risco para a saúde, segundo a portaria 518/2004 expresso no quadro 01:

Parâmetro	Unidade	VMP ⁽¹⁾
Inorgânicas		
Antimonio	mg/L	0,005
Arsênio	mg/L	0,01
Bário	mg/L	0,7
Cádmio	mg/L	0,005
Cianeto	mg/L	0,007
Chumbo	mg/L	0,1
Cobre	mg/L	2
Cromo	mg/L	0,05
Fluoreto ⁽²⁾	mg/L	1,5
Mercúrio	mg/L	0,01
Nitrato (como N)	mg/L	10
Nitrito (como N)	mg/L	1
Selênio	mg/L	0,01
Orgânicas		
Acrilamida	µg/L	0,5
Benzeno	µg/L	5
Benzo[a]pireno	µg/L	0,7
Cloreto de vinila	µg/L	5
1,2 Dicloroetano	µg/L	10
1,1 Dicloroetano	µg/L	30
Diclorometano	µg/L	20

Fonte: Ministério da Saúde; Portaria MS Nº 518/2004, 2005.

Quadro 1 - Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde

Notas: (1) Valor máximo permitido.

(2) valores recomendados para a concentração de íon Fluoreto

(3) É aceitável a concentração de até 10 µg/L

(4) Análise exigida de acordo com o desinfetante utilizado.

Senão for utilizada para uso potável, a água não necessita corresponder aos padrões da tabela 3, e somente necessitam de análise mais detalhada, se apresentarem resultados que demonstrem considerável valor de condutividade indicando altas quantidades de íons presentes na amostra.

Na determinação das características químicas das águas, os principais aspectos a serem considerados, são os seguintes:

2.3.3.1 Salinidade

É a medida dos teores de sais na água; estes sais favorecem o crescimento das plantas, mas seu excesso é prejudicial. Sua medida pode ser feita indiretamente pela

condutividade elétrica. Afeta o sabor da água (SANTOS FILHO & DAVINO FRANCISCO, 1932).

Segundo Zanini & Oga (1996), o excesso de salinidade da água, torna a mesma pesada, provocando sede excessiva se ingerida pelo indivíduo e conforme a quantidade ingerida, diarreia.

A resolução CONAMA n. ° 357 de 2005, do Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, estabelece a seguinte classificação:

ÁGUAS DOCES - com salinidade inferior a 0,5‰;

ÁGUAS SALOBRAS - com salinidade variando entre 0,5 e 30‰;

ÁGUAS SALGADAS - com salinidade superior a 30‰ (MICRONAL, 2006).

Os principais sais encontrados nas análises de água são: Cloretos, sódio, sulfato, magnésio, cálcio e potássio (MICRONAL, 2006).

Hoje em dia, o método mais utilizado para analisar de maneira qualitativa é a medição da condutividade elétrica da água.

2.3.3.2 Condutividade

Condutividade ou condutância específica de uma solução, a uma dada temperatura, é definida como sendo o inverso da resistência oferecida à passagem da corrente alternada, pelo volume de 1cm³ dessa solução, correspondendo esse volume a um cubo de 1cm de aresta, sendo que a corrente atravessa a solução de uma face do cubo à face oposta.

A maior ou menor facilidade com que a corrente atravessa uma solução eletrolítica dependerá do número e da espécie do eletrólito nela dissolvidos. Soluções que apresentam eletrólitos fracos são menos condutoras de eletricidade do que aquelas que apresentam iguais concentrações de eletrólitos fortes, pois estes se dissociam mais do que aqueles.

De modo geral, uma solução que apresenta elevada concentração de eletrólitos facilitará a passagem da corrente elétrica devido ao maior número de cargas elétricas na solução. Neste caso, a resistência é pequena e a condutividade é grande (SANTOS FILHO & DAVINO FRANCISCO, 1932).

2.3.3.3 Dureza

Originariamente descrita como a capacidade da água em precipitar sabão, a dureza é um dos parâmetros de qualidade da água mais analisados. Dureza é a denominação genérica dada à soma das concentrações dos íons polivalentes presentes na água, tais como: cálcio, magnésio, ferro, bário, estrôncio, etc. A prática atualmente estabelecida é assumir a dureza total como referência apenas às concentrações de cálcio e magnésio. A água mole ou completamente abrandada, resultante de tratamentos de abrandamento, é necessária para vários processos, incluindo: geração de energia, impressão e revelação de fotos, fabricação de papel e polpa e processamento de alimentos e bebidas. A água contendo sais de dureza não espuma em presença de uma solução de sabão, pois os sais formam precipitados com os ânions da solução de sabão. Ainda não se demonstrou a existência de efeitos adversos ou benéficos da dureza sobre a saúde humana, porém sabe-se que na vida aquática, uma boa relação entre dureza e alcalinidade pode diminuir a toxicidade da Amônia e do pH. O Cálcio é também necessário na formação e rompimento das ovas de peixes(MICRONAL, 2006).

2.3.3.4 Dureza de carbonatos

É a porção de sais de cálcio e magnésio que existem na água na forma de carbonatos e bicarbonatos, ou seja, na forma de sais de ácido carbônico. Além da dureza de carbonatos, deve-se medir sempre a dureza total. No caso da dureza de carbonatos resultar maior que a total, considera-se o valor da dureza total. Isto acontece porque nestes casos existem mais equivalentes de íons de carbonatos e hidrogenocarbonatos do que de íons de cálcio e magnésio, como por exemplo, carbonato e bicarbonato de sódio (MICRONAL, 2006).

2.3.3.5 Alcalinidade

Alcalinidade de hidróxidos ou causticidade é uma componente da alcalinidade total devida, exclusivamente, à presença de íons OH⁻(hidroxila). Não se deve confundir Alcalinidade com a medida de íons H⁺ ou OH⁻ livres. Estes são realizados através da determinação de pH. A Alcalinidade não é normalmente encontrada em águas naturais, podendo ser adicionada sob a forma de produtos cáusticos (MICRONAL, 2006).

Dependendo da quantidade de hidróxidos presentes na água, se ingerida pelo indivíduo causam uma liquefação, saponificando os lipídios e solubilizando as proteínas, favorecendo o aprofundamento de lesões (ZANINI e OGA, 2006).

Após a ingestão aparece dor intensa, com espasmo e reflexo de glote. A dor reflete na boca, garganta, região retroexternal e estômago. Devido à destruição das terminações nervosas pode não haver relação entre a dor referida e o local das lesões (ZANINI & OGA, 2006).

Inalação de fumos de vapores produz intensa irritação respiratória, com tosse, dispnéia, aumento das secreções brônquicas e até edema agudo pulmonar (ZANINI & OGA, 2006).

Em doses mais concentradas, contato com a pele produz queimaduras muito dolorosas. Há um edema inicial com formação de vesículas, ocorrendo, a seguir, necrose de liquefação (ZANINI & OGA, 2006).

2.3.3.6 Demanda de Oxigênio

Mede a quantidade de oxigênio consumido pela matéria orgânica e aponta a presença de esgoto (MICRONAL, 2006).

A maioria dos compostos orgânicos são instáveis, e podem ser oxidados biológica e quimicamente, resultando compostos finais mais estáveis como o CO₂, NO₃, e H₂) (RICHTER & NETTO, 2002).

A matéria orgânica tem, assim, uma certa necessidade de oxigênio, denominada demanda, que pode ser:

1 – Demanda Bioquímica de Oxigênio – é a medida de quantidade de oxigênio necessária ao metabolismo das bactérias aeróbias que destroem a matéria orgânica (RICHTER & NETTO, 2002).

2 – Demanda Química de Oxigênio – permite a avaliação de carga de poluição de esgoto doméstico ou industriais em termos de quantidade de oxigênio necessária para a sua total oxidação em dióxido de carbono e água (RICHTER & NETTO, 2002).

2.3.3.7 Acidez

As maiorias das águas naturais e do esgoto doméstico são tamponadas por um sistema composto por dióxido de carbono bicarbonatos.

A acidez tem pouco significado do ponto de vista sanitário, porém em muitos os casos é necessário um alcalinizante para manter a estabilidade do carbonato de cálcio e,

assim, evitar os problemas de corrosão devido à presença do gás carbônico (RICHTER & NETTO, 2002).

Ácidos produzem necrose de coagulação. Após a ingestão ocorre dor intensa com espasmo reflexo de glote. A dor é referida na boca, garganta, região retroesternal e estômago. É seguida por vômitos com sangue precipitado e restos de mucosa (borra de café). Ultrapassada a fase inicial, o aparecimento de febre pode indicar mediastinite ou peritonite (ZANINI & OGA, 2006).

Inalação de fumos e vapores produz intensa irritação respiratória com tosse, dispnéia, aumento das secreções brônquicas e, algum tempo depois edema pulmonar. Os distúrbios podem-se associar com cefaléia, tontura, fraqueza e hipotensão arterial (ZANINI & OGA, 2006).

Contato com a pele causa queimaduras extremamente dolorosas, com cicatrização por segunda intenção (ZANINI & OGA, 2006).

2.3.3.8 Ferro e Manganês

O Ferro muitas vezes associado ao Manganês, confere à água um sabor amargo adstringente e coloração amarelada e turva, decorrente da precipitação do mesmo quando oxidado (RICHTER & NETTO, 2002).

Certos sais férricos e ferrosos são facilmente oxidados nas águas naturais de superfície, formando hidróxidos férricos insolúveis, que tendem a flocular e decantar ou a serem adsorvidos superficialmente, razão pela qual a ocorrência de sais de ferro em águas superficiais bem aeradas dificilmente se dá em concentrações de elevado teor (RICHTER & NETTO, 2002)

É adotado o limite de 0,3 mg/litro para a concentração de ferro, juntamente com manganês nas águas, sugerindo-se concentrações inferiores 0,1 mg/litro. Em concentrações superiores a 0,5 mg/litro causa gosto nas águas, sendo altamente prejudicial (RICHTER & NETTO, 2002).

O manganês é semelhante ao ferro, porém menos comum, e a sua coloração característica é a marrom (RICHTER & NETTO, 2002).

O ferro é removido facilmente da água com um tratamento apropriado (RICHTER & NETTO, 2002).

Se ingerido em doses altas, o ferro pode causar hemocromatose (diabete bronzeada), e até mesmo envenenamento por ferro. Os sintomas incluem náusea,

vômito, dor abdominal, diarreia e hematêmese, podendo resultar em hipotensão, lesão hepática e coma (GAW et al, 2001).

2.3.2.8 Sulfatos e Sólidos Totais

O conjunto de sais normalmente dissolvidos na água, formados pelos bicarbonatos, cloretos, sulfatos e em menor concentração outros sais, pode conferir a água sabor salino e uma propriedade laxativa (RICHTER & NETTO, 2002).

Quantidades excessivas de substâncias dissolvidas nas águas, podem torná-las inadequadas ao consumo. Recomenda-se que o teor de sólidos totais dissolvidos seja menor que 500mg/litro com limite máximo aceitável de 1.000mg/litro (RICHTER & NETTO, 2002).

Se ingerida a água com excesso destes tipos de sais, o indivíduo apresentará diarreia (ZANINI & OGA, 2006).

Se inalados podem causar irritação das vias nasais e, em contato com a pele, se em concentrações não muito altas, não causa nenhuma lesão (ZANINI & OGA, 2006).

2.3.3.9 Impurezas orgânicas

O nitrogênio é um elemento importante no ciclo biológico. O tratamento biológico do esgoto só pode ser processado com a presença de uma quantidade suficiente de nitrogênio (RICHTER & NETTO, 2002).

2.3.3.10 Nitratos e Nitritos

Nitrato é a forma mais completamente oxidada do nitrogênio. Ele é formado durante os estágios finais da decomposição biológica, tanto em estações de tratamento de água como em mananciais de água natural. Sua presença não é estranha, principalmente em águas armazenadas em cisternas em comunidades rurais. Nitratos inorgânicos, assim como o nitrato de amônia, são largamente utilizados como fertilizantes. Baixas concentrações de nitrato podem estar presentes em águas naturais. No entanto, um máximo de 10 ppm de nitrato (nitrogênio) é permissível em água potável, nos aquários a quantidade de nitratos na maioria das vezes aumenta mais ou menos rapidamente dependendo da nitrificação. Quando a quantidade de nitratos no aquário passar dos 100 mg/L recomenda-se trocar a água (MICRONAL, 2006).

Os efeitos principais do nitrato são através de sua inalação, atingindo as vias aéreas inferiores. Os efeitos principais são em longo prazo com o aparecimento de

enfisemas pulmonares, e edema pulmonar no caso de intoxicação aguda, pois causa peroxidação aguda (ZANINI & OGA, 2006).

O Nitrito, um estado intermediário do ciclo do nitrogênio, é formado durante a decomposição da matéria orgânica e prontamente oxidada a nitrato. Esses processos ocorrem em instalações de tratamento de água, sistemas de distribuição de água e águas naturais. Em águas superficiais a presença de nitritos pode indicar a decomposição parcial de matéria orgânica, descarga excessiva oriunda de estação de tratamento de água ou poluição industrial. Em águas poluídas a presença de nitrito pode indicar a presença de bactérias redutoras de nitrato quando as condições presentes são anaeróbias. Concentrações até 0,1 mg/l são inofensivas, já em concentrações entre 0,1 e 0,5 podem provocar danos a certas espécies de peixes. Existe perigo elevado em caso de concentrações superiores a 1 mg/L, pior ainda, se combinado com teores baixos de cloretos e de oxigênio dissolvido, podendo causar metemoglobinemia, também conhecida como doença do sangue marrom (MICRONAL, 2006).

Os efeitos principais são através de sua inalação, atingindo as vias aéreas inferiores. Os efeitos principais são em longo prazo com o aparecimento de enfisemas pulmonares, e edema pulmonar no caso de intoxicação aguda, pois causa peroxidação aguda (ZANINI & OGA, 2006).

2.3.3.11 Oxigênio dissolvido

O nível de oxigênio dissolvido em águas naturais é, com frequência, uma indicação direta de qualidade, uma vez que as plantas aquáticas produzem oxigênio enquanto microorganismos geralmente o consomem ao alimentarem-se de poluentes. A solubilidade de oxigênio aumenta a baixas temperaturas a tal ponto em que, no inverno, em regiões frias, concentrações de 20 ppm podem ser encontradas em águas naturais cujos pontos de saturação, no verão, não ultrapassam 5 ppm. O oxigênio dissolvido é essencial para a subsistência de peixes e outras vidas aquáticas e auxilia na decomposição natural da matéria orgânica. Estações de tratamento que usam digestão aeróbia devem manter um nível de pelo menos 2 ppm de oxigênio dissolvido, que é usualmente atingido por algum método de aeração mecânica. A tabela 1 apresenta a solubilidade de O₂ (cm³ /L), em água, sob pressão atmosférica normal:

TEMPERATURA (°C)	SOLUBILIDADE (cm ³ /L)
0	10
10	7.8
20	6.5
30	5.4
40	4.6
50	4.0

Fonte: MICRONAL (2006).

Tabela 1: Temperatura e solubilidade da água sob pressão atmosférica normal

Pode causar fotossensibilização, atingindo a retina, mas somente em altas concentrações (ZANINI & OGA, 2006).

2.3.3.12 pH

A medida de pH é uma das determinações de qualidade da água mais freqüentemente executadas. Os peixes vivem em uma determinada faixa de valor de pH. Em aquários de água doce onde vivem conjuntamente peixes de espécies diferentes, na maioria das vezes os valores de pH oscilam entre 5.5 e 7.5, em aquários de água salgada o pH fica entre 8.0 e 8.5. Os peixes adoecem rapidamente quando o valor de pH é inferior 4.5 ou maior que 9.0. O valor preferido dentro deste intervalo de pH pode diferir muito dependendo da espécie de peixe. É importante no controle da corrosão e de incrustações, visto que a solubilidade de muitos materiais presentes na água varia com o pH do meio. Nas condições padrão (25°C e 1 atm.), o pH igual a 7 corresponde à neutralidade. Valores inferiores a 7 correspondem à faixa ácida e valores superiores a 7, à faixa básica (alcalina). A maior preocupação com os valores de pH é como eles afetam outras substâncias, incluindo nitrito e amônia (MICRONAL, 2006).

2.3.3.13 Toxidez potencial

Índice de contaminação por toxidez considerado no Índice de Qualidade das Águas – IQA desenvolvido pela agência ambiental norte americana EPA (MICRONAL, 2006).

A metodologia para a conceituação do nível de toxidez se dá a partir dos seguintes critérios:

Alta toxidez – valores superiores a duas vezes o padrão de referência.

Média toxidez – valores entre 1,5 a 2 vezes o padrão de referência.

Baixa toxidez – valores entre 1,2 a 1,5 vezes o padrão de referência

Nenhuma – até 1,2 vezes o valor do padrão de referência (SEMAD, 2006).

2.3.2.14 Fenóis

Quando existe uma ou mais hidroxilas ligadas a um anel aromático. Apesar de possuir um grupo -OH característico de álcool, o fenol é mais ácido que o álcool.

São compostos orgânicos aromáticos, tendo como característica seu poder bactericida.

Geralmente os fenóis são sólidos, cristalinos, tóxicos, cáusticos e pouco solúveis em água.

O fenol é tóxico, mas muito antes de atingir teores prejudiciais à saúde já constitui inconveniente para águas que tenham que ser submetidas ao tratamento pelo cloro, pois combina com o mesmo, provocando o aparecimento de gosto e cheiro desagradáveis (RICHTER & NETTO, 2002).

Deve-se ter muito cuidado pois a quantidade de fenol presente na água causa sérios danos: Saúde: 3 – severo; Flamabilidade: 2 – moderado; Reatividade: 1 – leve; Contato: 4 – extremos (MICRONAL, 2006).

Equipamento a ser usado em laboratório: luvas, óculos e casaco protetores para realização das análises de água que existam suspeita de conterem quantidades de fenol.

Se ingeridos são fortemente irritantes causando lesões corrosivas, destruindo terminações nervosas (ZANINI & OGA, 2006).

A absorção através de ferimentos de pele ou mesmo através da pele íntegra, é considerada tão ou mais intensa que por via digestiva (ZANINI & OGA, 2006).

Após a ingestão podem-se observar lesões cáusticas na boca, faringite, esôfago e estômago, com sintomatologia caracterizada por dores intensas, náuseas, vômitos, hematêmese, e também por hipotensão arterial e estado de choque (ZANINI & OGA, 2006).

Fenol e derivados são tóxicos protoplasmáticos, apresentando a propriedade de combinar-se com proteínas teciduais (ZANINI & OGA, 2006).

2.3.3.15 Detergentes

São agentes tensoativos, surfactantes ou espumantes que tem a propriedade de diminuir a tensão superficial dos líquidos, sendo utilizados para emulsionar substâncias hidrófobas como óleo, gorduras, petróleo, etc.

Os sulfonados de aquil benzila (ABS), oferecem grande resistência à degradação biológica, sendo indestrutíveis naturalmente e, por isso, sua ação perdura em abastecimento de água a jusante de lançamentos que a contenham (RICHTER & NETTO, 2002).

Podem causar irritação, se em contato com os olhos. Vômitos e diarréias se ingeridos (ZANINI & OGA, 2006).

Para que a água corresponda aos limites de potabilidade físico-químicos, em conformidade com a portaria nº518/2004, conforme pode ser observados nos artigos e tabelas que seguem:

§1.º Recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

§2.º Recomenda-se que o teor máximo de cloro residual livre, em qualquer ponto do sistema de abastecimento, seja de 2,0 mg/L.

§3.º Recomenda-se a realização de testes para detecção de odor e gosto em amostras de água coletadas na saída do tratamento e na rede de distribuição de acordo com o plano mínimo de amostragem estabelecido para cor e turbidez.

Segundo o art. 16. A água potável deve estar em conformidade com o padrão de aceitação de consumo expresso no quadro 2, a seguir:

Parâmetro	Unidade	VMP ⁽¹⁾
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como NH ₃)	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Cor aparente	uH ⁽²⁾	15
dureza	mg/L	500
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	0,3
Maganês	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12
Odor	-	Não objetável ⁽³⁾
Gosto	-	Não objetável ⁽³⁾
Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1000
Sulfato	mg/L	250
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,05
Surfatantes	mg/L	0,5
Tolueno	mg/L	0,17
Turbidez	UT ⁽⁴⁾	5
Zinco	mg/L	5
Xileno	mg/L	0,3

Fonte - Ministério da Saúde; Portaria MS Nº 518/2004, 2005.

Quadro 2 - Padrão de aceitação para consumo humano

Notas: (1) Valor máximo permitido. (2) Unidade Hazen (mg Pt–Co/L). (3) Critério de referência.

(4) Unidade de turbidez.

Conforme o Art. 17, As metodologias analíticas para determinação dos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e de radioatividade devem atender às especificações das normas nacionais que disciplinem a matéria, da edição mais recente da publicação Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, de autoria das instituições American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF), ou das normas publicadas pela ISO (International Standardization Organization).

2.3.4 Características biológicas da água

Entre as impurezas nas águas incluem-se os organismos presentes que, conforme sua natureza, têm grande significado para os sistemas de abastecimento de água (RICHTER & NETTO, 2002).

Outros organismos, como algumas algas, são responsáveis pela ocorrência de sabor e odor desagradáveis, ou por distúrbios em filtros e outras partes do sistema de abastecimento. (RICHTER & NETTO, 2002).

2.3.4.1 Contagem do número total de bactérias

Por meio de processos e técnicas adequadas, conta-se o número total de bactérias existentes, obtendo-se o resultado em número de bactérias por centímetro cúbico (ou mililitro) de amostra da água (RICHTER & NETTO, 2002).

Um número elevado de bactérias não é obrigatoriamente indicativo de poluição; variações bruscas nos resultados dos exames podem ser interpretadas como poluição; águas pouco poluídas geralmente apresentam resultados expressos por números baixos (RICHTER & NETTO, 2002).

A contagem do número total de bactérias é de menor interesse que a pesquisa de coliformes (RICHTER & NETTO, 2002).

Nesta análise é realizada a determinação da densidade de bactérias que são capazes de produzir unidades formadoras de colônias (UFC), na presença de compostos orgânicos contidos em meio de cultura apropriada, sob condições pré-estabelecidas de incubação: $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ por 48 horas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005).

2.3.4.2 Pesquisa de coliformes

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os generos *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes são gram-negativas manchadas, de hastes não esporuladas que estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo. As bactérias coliformes fecais reproduzem-se ativamente a $44,5^{\circ}\text{C}$ e são capazes de fermentar o açúcar. O uso da bactéria coliforme fecal para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme "total", porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente. A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da

possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, desintéria bacilar e cólera (UNIÁGUA, 2006).

O exame de coliformes é empregado para o controle de sistemas de abastecimento de água, e assim determina a eficiência do tratamento (RICHTER & NETTO, 2002).

A portaria 518/2004 que regulamenta a qualidade da água e seus usos identifica da seguinte maneira:

- coliformes totais (bactérias do grupo coliforme) – bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, podendo se desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β -galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo;
- coliformes termotolerantes – subgrupo do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em 24 horas; tendo como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal;
- *Escherichia coli* – bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, produzindo ácido e gás a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em 24 horas, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidrolisa a uréia e apresenta atividade das enzimas β -galactosidase e β -glucuronidase, sendo considerado o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos;

2.3.4.3 Características hidrobiológicas

Usualmente encontram-se na água os seguintes grupos de organismos, em geral, microscópicos e comumente denominados plâncton (RICHTER & NETTO, 2002).

- algas (principalmente);
- protozoários: seres animais unicelulares;
- rotíferos : seres animais multicelulares;
- crustáceos: seres animais multicelulares
- vermes
- larvas de insetos (visíveis a olho nu) (RICHTER & NETTO, 2002).

O exame hidrobiológico, feito com processo e técnicas apropriadas utilizando o microscópio, inclui a identificação das espécies de organismos presentes e também uma estimativa do seu número, as quantidades e as espécies prevalentes de matéria amorfa, que consistem em silte, matérias orgânicas, etc. Na contagem dos microrganismos, adota-se algumas vezes “a unidade padrão de área” equivalente a 400 microns quadrados (20 X 20); protozoários rotíferos e outros animais são contados individualmente (RICHTER & NETTO, 2002).

Estes exames, quando feitos regularmente, dão a necessária informação quanto às medidas de controle para prevenir o desenvolvimento de organismos que causam sabores e odores desagradáveis, obstruem filtros e canalizações e ocasionam outras dificuldades na interpretação de outras análises, principalmente na parte referente a poluição das águas (RICHTER & NETTO, 2002).

Para que as análises sejam realizadas de maneira satisfatória, é necessário que as amostras obedeçam ao controle da qualidade da água de solução alternativa, e sejam respeitados para fins de análises físicas, químicas e microbiológicas.

§1.º A amostragem deve obedecer aos seguintes requisitos:

- I - distribuição uniforme das coletas ao longo do período; e
- II - representatividade dos pontos de coleta no sistema de distribuição (reservatórios).

Das Exigências Aplicáveis aos Sistemas e Soluções Alternativas de Abastecimento de Água

Art. 22. Toda água fornecida coletivamente deve ser submetida a processo de desinfecção, concebido e operado de forma a garantir o atendimento ao padrão microbiológico da Norma (Portaria 518/2004).

Art. 24. Em todos os momentos e em toda sua extensão, a rede de distribuição de água deve ser operada com pressão superior à atmosférica (Ministério da Saúde, 2005).

2.4 Caminhos da poluição da água

Ressalta-se que água límpida não significa água potável. Ela pode conter microrganismos, produtos dissolvidos (sais e gases) ou colóides (pequenas partículas invisíveis a olho nu) nocivos à saúde ou insuportáveis para o ser humano. Por outro lado, águas turvas ou coloridas podem ser potáveis, em vista dos seus “contaminantes” não serem ofensivos à saúde (ferrugem, argila, restos de vegetais, etc) (CETESB, 2005).

Entretanto, não restam dúvidas de que um dos bons indicadores de que a água é de boa qualidade é a sua aparência cristalina (CETESB, 2005).

Para dirimir dúvidas sobre a potabilidade de uma água natural e estabelecer critérios nos tratamentos de água, os órgãos governamentais estabelecem os chamados Padrões de potabilidade (CETESB, 2005).

No seu caminho para o mar, a água vai ficando carregada de partículas e matéria dissolvida, proveniente de detritos naturais e dos despejos da sociedade humana. Quando a densidade populacional ao redor de uma reserva de água é baixa, os resíduos na água podem ser degradados por micróbios, em um processo natural de autopurificação. Quando a capacidade de autopurificação é excedida, grandes quantidades de resíduos se acumulam nos mares, onde podem causar danos à vida aquática (RIVIÈRE, 2005).

Na preservação da qualidade da água são dois os aspectos a serem considerados:

As possibilidades de poluição dos mananciais;

A água captada do manancial e posteriormente fornecida para o consumo doméstico ou industrial (CETESB, 2005).

As impurezas contidas nas águas são adquiridas nas diversas fases do ciclo hidrológico: assim, as águas dos mananciais podem se tornar poluídas através dos seguintes caminhos:

a) Durante a precipitação atmosférica – as águas de chuvas podem arrastar impurezas existentes na atmosfera;

b) Durante o escoamento superficial – as águas lavam a superfície do solo e carregam as impurezas existentes: partículas terrosas, detritos vegetais e animais, fertilizantes, estrume, inseticidas, que podem ainda conter elevada concentração de microrganismos patogênicos; muitas impurezas podem, inclusive serem carregadas juntamente com as águas que se infiltram no solo (CETESB,2005).

c) Infiltração no solo – nesta fase há uma certa filtração das impurezas, mas dependendo de características geológicas locais muitas impurezas podem ser adquiridas pelas águas, através, por exemplo, da dissolução de compostos solúveis. Por outro lado, as impurezas podem ser carregadas para outros pontos, através do caminhar natural da água no aquífero;

d) Despejos diretos de águas residuárias e de lixo, esgotos sanitários, resíduos líquidos industriais e lixo em geral, indevida e/ou inadequadamente lançados nas águas naturais vão levar impurezas que poluem as águas naturais, inclusive podem favorecer o desenvolvimento de tipos inconvenientes de algas.

e) Represamento – nas represas as impurezas sofrem alterações decorrentes de ações de múltiplas natureza (física, química, biológica) (CETESB, 2005).

Dentre as contaminações existentes, dois tipos de despejos que contaminam a água: o lixo orgânico – proveniente de excrementos humanos e de animais e dos descartes das partes fibrosas de vegetais colhidos e não consumidos – e o lixo industrial, gerado pelos processos industriais e descartes que, cedo ou tarde, se faz dos produtos fabricados pelas indústrias (RIVIÉRE, 2005).

O lixo orgânico é biodegradável, mas pode representar um grande problema: a biodegradação excessiva pode levar à falta de oxigênio em rios e lagos. Os excrementos humanos contêm alguns dos mais nocivos contaminantes conhecidos, incluindo microrganismos patogênicos como os agentes da cólera, da febre tifóide e da desintéria (RIVIÉRE, 2005).

O lixo industrial pode incluir metais pesados e grandes quantidades de material sintético, como os pesticidas. São materiais que se caracterizam pela toxicidade e pela persistência, não sendo rapidamente degradados em processos naturais ou nas usinas de tratamento de esgotos. Materiais industrializados tais como vidro, concreto, papel, ferro, e alguns plásticos são relativamente inócuos, ou por serem inertes, ou biodegradáveis, ou pelo menos não-tóxicos (RIVIÉRE, 2005).

Muitos poluentes penetram em rios e lagos através de descargas de fontes localizadas – como canalizações de esgoto – ou de fontes não localizadas, como é o caso das águas de escoamento (runoff), que transportam pesticidas e fertilizantes. Contaminantes também podem penetrar no ciclo da água através da atmosfera. O mais conhecido entre eles talvez seja o ácido resultante da emissão de óxidos de nitrogênio e dióxido de enxofre pela indústria e pelos motores de veículos automotores. A disposição de ácido pode ser “seca” (quando os gases atingem diretamente o solo ou a vegetação) ou “úmida” (quando o ácido se dissolve na chuva) (RIVIÉRE, 2005).

2.5 Conservação da Água

A conservação de água está composta por ações que englobam a gerenciamento dos recursos hídricos de modo a promover o uso racional desses recursos, através de atuações na gestão da demanda, como redução de perdas e controle dos desperdícios, e na gestão da oferta pela procura de fontes alternativas de águas não potáveis.

Devido a escassez, com o desenvolvimento da população e impactos antropogênicos para o desenvolvimento da agricultura e urbano, o desperdício e geração de efluentes marca um movimento crescente em grande percentagem de água para suprir o consumo. Uma das medidas que deve ser implantadas consiste no uso racional de água e uso de água recuperada no controle dos desperdícios antes mesmo que se pense em reúso (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1999; apud SIRIVEDHIN E GRAY, 2004).

A Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, preconiza em seus fundamentos que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (ANA, 2006).

A conservação de bacias hidrográficas é uma estratégia que visa proteger e restaurar a qualidade ambiental e, conseqüentemente, os ecossistemas aquáticos. Esta abordagem baseia-se na constatação de que muitos dos problemas de qualidade e quantidade de água são evitados ou resolvidos de maneira eficaz por meio de ações que focalizem a bacia hidrográfica como um todo, as atividades desenvolvidas em sua área de abrangência e os atores envolvidos (ANA, 2006).

Em razão da complementaridade hidrológica entre as águas subterrâneas e superficiais, a gestão destes recursos deve se dar de forma integrada, contemplando a utilização da água subterrânea numa perspectiva de otimização de uso, no espaço e no tempo (ANA, 2006).

2.5.1 Uso Racional da Água

Com o desenvolvimento contínuo da população, o recurso de água vem se tornando mais escasso em um número crescente de cidades e regiões do mundo (YANG et al., 2006).

O consumo real da água se resume na somatória da água utilizada mais a água que é desperdiçada (YANG et al., 2006).

Dessa forma, os valores de consumo diário *per capita* de água, obtidos em sistemas de diferentes tipologias, incluem o volume de água utilizada na realização de atividades e o volume de água desperdiçada, quer seja por uso excessivo ou perda.

Para que se tenha condição de compensar o déficit da água doméstica e abastecimento da demanda comercial, muitas cidades pertencente a países da Europa já vem optando, por importação comercial no exterior. O Brasil ainda não entrou nesse sistema de comércio da água (YANG et al., 2006).

O Brasil é um país privilegiado em termos de recursos de água possuindo grande quantidade 10% da fonte de água fluvial do mundo, mas não se pode esquecer que essa percentagem não é uniforme em termos de distribuição. Assim, uma redução do consumo de água nos sistemas prediais representa uma importante colaboração para economia de água tanto nos sistemas públicos como nos sistemas hidrográficos. Ressalta-se, ainda, que a economia de água não é somente uma questão de preservação ambiental, mas também, uma questão econômica, uma vez que as reduções de perdas e de demanda reduzem os custos de bombeamento e de tratamento de água (OLIVEIRA, 1999).

Expectativas sócio-econômicas devem se harmonizar com as expectativas ambientais, de modo que os centros humanos, os centros de produção de energia, as indústrias, os setores agrícolas, florestais, de pesca e de vida silvestre possam coexistir (CETESB, 2005).

Para haver um uso racional da água, deve existir uma otimização de seu uso considerando-se duas ações operacionais no sistema:

Atuação – ação que influencia a redução do consumo de água como, por exemplo, a instalação de componentes economizadores de água;

Controle – ação que auxilia a estabilização do consumo de água nos níveis mínimos alcançados como, por exemplo, a monitoração sistemática do consumo de água no sistema (OLIVEIRA, 1999).

Assim, uma redução no consumo de água representa uma importante colaboração para a economia de água tanto nos sistemas públicos como nas bacias hidrográficas conforme DE HART (1991) apud OLIVEIRA (1999).

Para a redução da água utilizada e de desperdícios pode-se implementar as seguintes ações:

Ações sociais – através de campanhas educativas e de conscientização do usuário implicando a redução de consumo por meio de adequação de procedimentos relativos ao uso da água e da mudança de comportamento individual;

Ações tecnológicas – através da substituição de sistemas e componentes convencionais por economizadores de água, de implantação de sistemas de medição setorizada do consumo de água, de detecção e correção de vazamentos e de reaproveitamento de água (RIVIÉRE, 2005).

Dentre os benefícios da economia de água citam-se:

- 1) Ampliação do número de usuários atendidos, possibilitada pelo menor volume de água utilizada pelos usuários e menores desperdícios; Manutenção da disponibilidade de água em períodos de estiagem, através da extinção de racionamentos;
- 2) Redução de custos em função de menores quantidades de insumos para o tratamento de águas para consumo e de águas servidas e, ainda, de menor demanda de energia elétrica;
- 3) Redução de volume de águas e de efluente gerado a serem tratados, postergando a necessidade de ampliação de sistemas de tratamento (OLIVEIRA, 1999).

Acredita-se que um melhor conhecimento das características físicas e funcionais de um sistema possibilita a implementação de ações mais atrativas, ou seja, de menor custo, maior impacto na redução de consumo de água e, ainda, melhor atendimento às necessidades dos usuários. Dentre essas ações, consideram-se as de maior impacto as tecnológicas, ressaltando-se o controle de desperdícios e a substituição de componentes convencionais por economizadores de água (OLIVEIRA, 1999).

Dentre as opções tecnológicas que contribuem para a redução e o controle do consumo da água citam-se:

- a) Avaliação do impacto da ação de captação;

- b) Uso racional da água;
- c) Manutenção do contato e da demanda
- d) Detecção e correção de vazamentos;
- e) Reúso ou reaproveitamento de água.

Com relação a vazamentos, ela pode ser realizada utilizando-se desde procedimentos extremamente simples até procedimentos que utilizem alta tecnologia (Oliveira, 1999).

Geralmente, esta é a ação mais simples, de menor custo e com resultados bastante favoráveis (CETESB, 2005).

O conhecimento das características físicas e funcionais do estudo é fundamental para a realização de um diagnóstico que retrate fielmente as suas condições de operação. Assim, em função deste, torna-se mais fácil o estabelecimento de um plano de intervenção mais adequado ao sistema existente, ou seja, que reduza o consumo de água mantendo ou aumentando o nível de desempenho do sistema (OLIVEIRA, 1999).

Justifica-se esta forma de abordagem, porque se verifica que o consumo de água varia em função dos seguintes fatores:

Características Físicas do sistema:

- Tipologia do laboratório;
- Subsistemas existentes que utilizam água – água fria, água quente, vapor, etc.;
- Pressão hidráulica
- Material da tubulação;
- Idade do sistema;
- Vazamentos visíveis e não-visíveis etc;

Características funcionais do sistema

- Especialidade de atendimento;
- Horário de pico de funcionamento;
- Tipos de usuários – funcionários, professores, alunos, etc;
- Procedimentos dos usuários nas atividades relativas ao uso da água – tipo de atividade do usuário no ambiente (OLIVEIRA, 1999).

Poder existir uma grande variação no consumo, mesmo que os sistemas tenham a mesma tipologia. Por essa razão deve-se propor a implantação específica a cada sistema

cujos indicadores de consumo obtidos em cada etapa sejam comparados com os da etapa anterior para a determinação de impacto de redução obtido (OLIVEIRA, 1999).

2.5.1.1 Otimização do uso de água

O conjunto das atividades humanas, cada vez mais diversificadas, associado ao crescimento demográfico, vem exigindo atenção maior às necessidades de uso de água para as mais diversas finalidades (MANCUSO & SANTOS, 2003).

Essas necessidades cobram seus tributos tanto em termo quantitativos quanto qualitativos, e se evidenciam principalmente em regiões com características de maior desenvolvimentos urbanos, industriais e agrícolas. No entanto há que se destacar a existência de regiões onde a escassez e má distribuição de água tornam-se fatores limitantes ao seu próprio processo de desenvolvimento (MANCUSO & SANTOS, 2003).

Em todas essas situações uma questão chave aparece: como enfrentar a relação demanda/oferta de água? E a resposta passa invariavelmente pela necessidade de serem estabelecidas políticas adequadas e implementados sistemas de gestão efetivos (MANCUSO & SANTOS, 2003).

A restrição da disponibilidade de água observada ao longo dos anos pelos planejadores nas áreas áridas afetadas em consideração a outras fontes de água para irrigação em muitos experimentos foi descoberta através da irrigação com água residual. No México, 25000 hectares são irrigados com água residual. No Paquistão, água residual doméstica é utilizada a muitos anos na irrigação. Dentro dos países em desenvolvimento 20 milhões de hectares são irrigados usando parcialmente diluída ou não diluída da água residual. Um recente e completo estudo no Paquistão confirma que a irrigação com água residual é uma oferta substancial que traz benefício aos fazendeiros com o crescimento da safra e desta maneira alto valor para frutas e vegetais (AL-SHAMMIRII et. al., 2005).

Embora não exista, no Brasil nenhuma legislação relativa ao reúso e reciclo de águas, e nenhuma menção tenha sido feita sobre o assunto na Lei Nº 9.433 de 1997, ou Lei das Águas, já houve uma primeira demonstração de vontade política. Com efeito, na “Conferência Interparlamentar sobre o Desenvolvimento e Meio Ambiente”, realizada em Brasília, em dezembro de 1992, foi aprovada a recomendação, sob o item Conservação e Gestão de Recursos para o Desenvolvimento (parágrafo 64/B), que se

envidasse esforço, a nível nacional, para institucionalizar a reciclagem e reuso sempre que possível e promover o tratamento e a disposição de esgoto, de maneira a não poluir o meio ambiente (CETESB, 2005).

Muitos padrões foram ajustados por diferentes instituições para o controle da qualidade da água para irrigação. A concentração e composição dos constituintes dissolvidos na água combinados com uma quantidade de água usada determinam esta qualidade para a irrigação. Varia também na sua capacidade de resistir às mudanças adversas devido aos componentes da água. Uma análise detalhada da água indicará sua sustentabilidade para o uso na irrigação (AL-SHAMMIRI et. al., 2005).

Neste quadro, o conceito de “substituição de fontes” se mostra como a alternativa mais plausível para satisfazer as demandas menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobre, como o abastecimento doméstico (CETESB, 2005).

Em 1985, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas, estabeleceu uma política de gestão das águas em áreas carentes de recursos hídricos, que suporta este conceito: “a não ser que exista uma grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que tolerem águas de qualidade inferior (CETESB, 2005)”.

Possibilidades e formas potenciais de reuso, dependem evidentemente, de características, condições e fatores locais, tais como decisão política, arcabouço institucional e legal, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais (CETESB, 2005).

Diversos são os instrumentos, os mecanismos e as tecnologias a serem empregados no trato dessa questão, porém vários deles carecem de estudos e investigações que auxiliem seu melhor emprego e produzam resultados sanitários, ambientais e econômicos satisfatórios (MANCUSO & SANTOS, 2003).

Uma das alternativas que se têm apontado para o enfrentamento do problema é o reuso de água, importante instrumento de gestão ambiental do recurso água e detentor de tecnologias já consagradas para sua adequação e utilização (MANCUSO & SANTOS, 2003).

As bases conceituais, indispensáveis ao adequado entendimento dos termos e definições relacionadas ao reuso de água, são apresentadas e desenvolvidas para reuso

potável, reúso não portátil, reúso para manutenção de vazão de curso de água, reúso para aquicultura e reúso para recarga de aquíferos subterrâneos (MANCUSO & SANTOS, 2003).

Especial atenção é dada a aspectos de saúde pública, associada ao reúso agrícola de esgoto e biossólidos abordando-se o estabelecimento de critérios, diretrizes e padrões baseados em processos técnico-científicos e evidências epidemiológicos (MANCUSO & SANTOS, 2003).

A necessidade de ser estimada a qualidade da água de um rio – seja para fins de captação, seja para avaliação do impacto do descarte de um efluente de reúso – exige o conhecimento de mecanismos de autodepuração dos cursos d'água e dos constituintes mais importantes para avaliação do impacto sobre esta qualidade: a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e o oxigênio dissolvido na água (OD) (MANCUSO & SANTOS, 2003).

O adequado manuseio de instrumentos e de técnicas voltados para o controle quantitativo e qualitativo do recurso água exige o desenvolvimento de políticas públicas claras e consistentes, bem como perfeita compreensão de legislação correspondente e o seu conseqüente entendimento (MANCUSO & SANTOS, 2003).

Parte integrante de um sistema de gestão, a adoção de tecnologias de reúso de água depende do tipo de reúso, assim como diretrizes para a concepção de sistemas de tratamento adequados a vários tipos de reúso (MANCUSO & SANTOS, 2003).

A Organização Mundial da Saúde – OMS – não recomenda o reúso direto, entendido como a conexão direta dos efluentes de uma estação de tratamento de esgoto, a uma estação de tratamento de água e, em seguida, ao sistema de distribuição (CETESB, 2005).

2.5.2 Gerenciamento da demanda de água

O gerenciamento da demanda de água é um ponto fundamental para o sucesso dos programas de conservação de água. Apesar da realização de intervenções físicas foi necessária grande supervisão, quando e como a água é usada não somente como unidade específica mas também de importante necessidade. Os dados de consumo máximo adquiridos são de fundamental importância porque serve de teste para analisar a situação de verificação primária do consumo de água (diante de qualquer ação para

conservação do ponto de captura) e por segundo em estágios subseqüentes, onde a eficiência da ação é verificada. A importância dos dados de consumo tanto quanto a avaliação de elementos de um programa sustentável como fato de cada ação efetuada podendo ser verificada em termos absolutos e relativos (volume e percentagem) e índice de consumo adequado obtido, desta maneira, por exemplo, consumo per capto por área construída (TAMAKI et al., 2001).

Devido a uma escassez freqüente da água em muitas partes do mundo, o comércio da água, com uma política instrumental e prática, faz um balanço regional, onde o orçamento global e nacional da água tem recebido muita atenção nos anos recentes. Considerado embutido no conhecimento da literatura sobre a realidade da água, deve-se ressaltar a importância da eficiência dos recursos, expressando o uso real da água comercial para perspectivas de países importarem e exportarem, conforme suas condições de demanda (YANG et al., 2006).

2.5.3 Gerenciamento da oferta

O sistema de gerenciamento deve ser desenvolvido de maneira permanente e eficaz, cujo sucesso envolve duas etapas distintas:

Técnica – Engloba as ações de avaliação, medições, aplicações de tecnologias e procedimentos para enquadramento do uso da água;

Humana – envolve comportamento e expectativas sobre o uso da água e procedimentos para realização das atividades consumidoras (FIESP, 2005).

Um sistema de gerenciamento eficaz atua sobre as duas áreas, com atualização constante dos dados para que seja possível mensurar os progressos obtidos e o cumprimento de metas, bem como o planejamento das ações futuras dentro de um plano de melhoria contínua (FIESP, 2005).

Para a manutenção dos índices de economia obtidos é necessário que o sistema de Gestão compreenda ações de base e operacional, institucional, educacional e legal (FIESP, 2005).

Após as implementações das ações, deve ser implantado o Sistema de Gestão da Água para monitoramento e manutenção dos indicadores de economia obtidos (FIESP, 2005).

Para que um programa de Conservação e Reúso de água seja implementado com sucesso, é necessário que seja adotada uma política de Gestão da Água que possua como premissas básicas:

- Implementação da política de Conservação e Reúso de Água pela direção ou responsáveis pela edificação;

Integração do Plano de Gestão da água com os demais insumos, de forma que seja possível avaliar os impactos gerados, inclusive, após a aplicação do programa;

Sinergismo e alinhamento das áreas humanas e técnicas. Atualização constante dos dados. É necessário obter os dados da condição anterior à implantação do Programa para que seja possível mensurar os progressos obtidos e o cumprimento de metas, bem como o planejamento das ações futuras dentro de um plano de melhoria contínua. Divulgação de resultados e campanhas de conscientização;

Lógicas gradativas de aplicação das intervenções, iniciando-se pelas mais “óbvias”, ou as que geram maiores impactos da economia, dentro de períodos de retorno atrativos e menores investimentos;

Avaliação contínua não só da quantidade de água envolvida nas atividades, mas também da forma e com que qualidade a mesma é utilizada;

Estabelecimento de políticas permanentes de monitoramento do consumo e manutenção preventiva de sistemas, equipamentos e componentes;

Avaliação contínua dos custos envolvidos considerando o real custo da água;

Avaliação do custo do ciclo de vida das opções de Conservação de Água;

Capacitação contínua dos profissionais de manutenção e daqueles envolvidos em processos/ atividades consumidoras;

A figura 3 demonstra sistema nacional de gerenciamento da água, podendo esse ser direcionado para regiões, municípios, empresas, etc.



Fonte: ANA (2005)

Figura 3: Gerenciamento Nacional da água

Em função de condições de escassez em quantidade e/ou qualidade, a água deixou de ser um bem livre e passou a ter valor econômico. Esse fato contribuiu com a adoção de um novo paradigma de gerenciamento desse recurso ambiental, que compreende a utilização de instrumentos regulatórios e econômicos, como a cobrança pelo uso dos recursos hídricos (FIORI, 2005).

O instrumento da cobrança pelo uso de recursos hídricos constitui-se num incentivador ao reúso da água instrumentos regulatórios e econômicos, como a cobrança pelo uso dos recursos hídricos (FIORI, 2005).

No quadro 3, observa-se as características da visão histórica de aproveitamentos da água, segundo TUCCI et al. (2001) apud FIORI (2005).

Período	Países desenvolvidos	Brasil
1945-60 Engenharia com pouca preocupação ambiental	Uso dos recursos hídricos: abastecimento, navegação, hidreletricidade, etc. Qualidade da água nos rios. Medidas estruturais de controle das enchentes	Inventário dos recursos hídricos; Início dos empreendimentos hidrelétricos e projetos de grandes sistemas; Início da construção de grandes empreendimentos hidrelétricos
1960-70 Início da pressão ambiental	Controle de efluentes; Medidas não estruturais para enchentes; Legislação para qualidade da água dos rios	Início da construção de grandes empreendimentos hidrelétricos; Deteriorização da qualidade da água dos rios e lagos próximos a centros urbanos
1970-80 controle ambiental	Usos múltiplos; Contaminação de aquíferos; Deteriorização ambiental de grandes áreas metropolitanas; Controle na fonte de drenagem urbana; Controle da poluição doméstica e industrial; Legislação ambiental	Ênfase em hidrelétricas e abastecimento de água; Início da pressão ambiental; Deteriorização da Qualidade da água dos rios devido ao aumento da produção industrial e concentração urbana
1980-90 Interações do ambiente global	Impactos climáticos globais; Preocupação com preservação das florestas; Prevenção de desastres; Fontes pontuais e não pontuais; Poluição rural; Controle de Impactos da urbanização sobre o ambiente; Contaminação de aquíferos;	Redução do investimento em hidrelétricas devido à crise fiscal e econômica; Piora das condições urbanas: enchentes, qualidade da água; Fortes impactos das secas do Nordeste; Aumento dos investimentos em irrigação; Legislação ambiental.
1990-2000 Desenvolvimento sustentável	Aumento do conhecimento sobre o comportamento ambiental causado pelas atividades humanas; Controle ambiental das grandes metrópoles; Pressão para controle da emissão de gases, preservação da camada de ozônio; Controle da contaminação de aquíferos e das fontes não pontuais	Legislação de recursos hídricos; Investimento no controle sanitário das grandes cidades; Aumento do impacto das enchentes urbanas; Programas de conservação dos biomas nacionais: Amazônia, Pantanal, Cerrado e Costeiro; Início da privatização dos serviços de energia e saneamento

Fonte: TUCCI et al. (2001) apud FIORI (2005).

Quadro 3: Visão histórica do aproveitamento da água

2000 ênfase na água	Desenvolvimento da visão mundial da água; Uso integrado dos recursos hídricos; Melhora da qualidade da água das Fontes não pontuais: rural e urbana; Busca de solução para os gerenciamentos dos recursos hídricos dentro das bases sustentáveis	Avanço do desenvolvimento dos aspectos institucionais da água; Privatização do setor energético; Aumento das usinas térmicas para produção de energia; Privatização do setor de saneamento; aumento da disponibilidade de água no Nordeste; Desenvolvimento de planos de drenagem urbana para as cidades.
------------------------	--	---

Fonte: TUCCI et al. (2001) apud FIORI (2005).

Quadro 3: Visão histórica do aproveitamento da água (continuação).

No momento em que se atingem resultados satisfatórios com o gerenciamento da água, pode-se lançar mão da implantação de programas de reúso de água.

2.5.4 Reúso de água e efluentes

A disponibilidade de água doce na terra excede, em muito, a demanda humana. Grandes populações vivem em áreas que recebem abundantes precipitações pluviométricas, enquanto outras vivem em regiões semi-áridas ou mesmo áridas (MANCUSO & SANTOS, 2003).

Reúso de água: é o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original. Pode ser direto ou indireto, bem como decorrer de ações planejadas ou não planejadas Westerhoff (1984) apud Mancuso e Santos (2003).

Quantificar a água e balancear sua contaminação (ou disponibilidade) e detalhar os trajetos do fluxo e as concentrações dos contaminantes pertencentes aos sistemas de água, permite a compreensão dos impactos, da interação da água dentro de cada área específica. O movimento na direção de melhor integração para o gerenciamento de sistemas de água onde ocorrem tempestades, desperdícios de água e água potável são considerados sistemas onde juntos desenvolvem melhor que individualmente, compreendendo as interações entre o fluxo e o caminho da contaminação o que também é muito importante. Entendendo e avaliando ambas alternativas existentes de sistemas de água é vital mover-se para o objetivo de sistemas

mais sustentáveis, devido ao domínio da água em orçamentos de materiais urbanos. (DECKER et. al., 2000 apud MITCHELL & DIAPER, 2005).

O reúso de água subentende uma tecnologia desenvolvida em maior ou menor grau, dependendo dos fins a que se destina a água e de como ela tenha sido usada anteriormente.

O que dificulta, entretanto, a conceituação precisa da expressão “reúso de água” é a definição do exato momento a partir do qual se admite que o reúso está sendo feito.

Assim sendo, a caracterização de reúso deve levar em conta o volume de esgoto recebido pelo corpo de água, relativamente ao volume de água originalmente existente no rio.

Se por um lado a literatura é bastante rica quanto à terminologia do reúso de água, por outro, existe discrepância (não essencial) entre os vários autores, o que dificulta o entendimento dessa prática, motivo pelo qual são feitas as considerações que se seguem (MANCUSO & SANTOS, 2003).

De maneira geral, o reúso de água pode ocorrer de forma direta ou indireta, por meio de ações planejadas ou não.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde tem-se:

2.5.4.1 Reúso indireto

O planejamento do reúso indireto de água, ocorre em efluente tratado que é descarregado em um curso de água, usando isso subsequente, usualmente para a comunidade a jusante, que captam água dele para consumo de forma diluída (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1998; apud SIRIVEDHIN & GRAY, 2005).

2.5.4.2 Reúso direto

É o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, recarga de aquífero e água potável; 2.5.4.3 Reciclagem interna:

É o reúso de água internamente à instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e controle de poluição (MANCUSO & SANTOS, 2003).

Essa mesma publicação diferencia o reúso indireto intencional do não intencional, estabelecendo que, quando o reúso direto decorre de descargas planejadas a

montante, ou recargas planejadas no aquífero subterrâneo, ele é designado reúso indireto intencional.

O termo reciclagem é definido como reúso interno da água para o uso original, antes de sua descarga em um sistema de tratamento ou outro ponto qualquer de disposição. Por outro lado o termo reúso é utilizado para designar descargas de efluentes que são subseqüentemente utilizados por outros usuários, diferentes do original.

Lavrador (1985) apud Mancuso e Santos (2003) referindo-se ao uso de água na indústria, distingue o termo reúso direto da palavra reciclagem da seguinte maneira: reúso direto diz respeito a águas que, tendo sido poluídas pela atividade humana, não tenham sido misturadas com águas naturais; o uso de águas provenientes de outras indústrias ou sistema público é um reúso direto das águas, se estas não tiverem sido misturadas com águas naturais. Ou seja, reciclagem não é sinônimo de reúso e sim um caso especial de reúso: ela recupera os esgotos ou efluentes gerados por um uso, para atender ao mesmo uso.

Ainda citando, os autores sugerem a seguinte terminologia para efeito de uniformização de linguagem:

Reúso indireto não planejado de água: ocorre quando a água já utilizada, uma ou mais vezes em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente ou novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Nesse caso, o reúso da água é um subproduto não intencional da descarga de montante. Após sua descarga no meio ambiente, o efluente será diluído e sujeito a processos como autodepuração, sedimentação, entre outros, além de eventuais misturas com outros despejos advindos de diferentes atividades humanas WESTERHOFF (1984) apud MANCUSO & SANTOS (2003).

Reúso planejado de água: ocorre quando o reúso é resultado de uma ação humana consciente, adiante do ponto de descarga do efluente a ser usado de forma direta ou indireta. O reúso planejado das águas pressupõe a existência de um sistema de tratamento que atenda aos padrões de qualidade requeridos pelo novo uso que se deseja fazer da água. O reúso planejado também pode ser denominado “reúso intencional da água” Westerhoff (1984) apud Mancuso e Santos (2003).

Reúso indireto planejado da água: ocorre quando os efluentes, depois de convenientemente tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos d'água

superficiais ou subterrâneos, para utilizados a jusante em sua forma diluída e de maneira controlada, no intuito de algum uso benéfico Westerhoff (1984) apud Mancuso e Santos (2003).

O reúso indireto planejado da água pressupõe que, além do controle feito a montante, na descarga, e de jusante, na captação, exista também um controle das eventuais novas descargas de efluentes nesse percurso. Isso se dá para garantir que, além das ações naturais do ciclo hidrológico, o efluente tratado esteja sujeito apenas a eventuais misturas com outros efluentes lançado no corpo d'água, os quais também atendam aos requisitos de qualidade do reúso objetivado Westerhoff (1984) apud Mancuso e Santos (2003).

Nesse caso, a descarga do efluente tratado no meio ambiente pode se dar para melhoria de sua qualidade, para armazenamento, para uma modulação de vazões ou até mesmo por motivos psicológicos do usuário localizados a jusante Westerhoff (1984) apud Mancuso e Santos (2003).

Reúso direto planejado de água: ocorre quando os efluentes, após devidamente tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local de reúso. Assim, sofrem em seu percurso os tratamentos adicionais e armazenamentos necessários, mas não são, em momento algum, descarregado no meio ambiente Westerhoff (1984) apud Mancuso e Santos (2003).

2.5.4.3 Reciclagem de água: é o reúso interno da água, antes de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição, para servir como fonte suplementar de abastecimento do uso original. É um caso particular de reúso direto WESTERHOFF (1984) apud MANCUSO & SANTOS (2003).

WESTERHOFF (1984) apud MANCUSO & SANTOS (2003) Classificam reúso de água em duas grandes categorias: potável e não potável. Por sua praticidade e facilidade, essa classificação, que é apresentada a seguir, foi adotada pela Associação Brasileira de Engenharia Ambiental (ABES); seção de São Paulo.

O reúso potável é considerado direto quando o esgoto recuperado, por meio de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável.

O reúso potável é considerado indireto em casos em que o esgoto, após tratamento, é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição,

purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável.

Reúso não potável para fins agrícolas: embora, quando se pratica essa modalidade de reúso, via de regra haja, como subproduto, recarga do lençol subterrâneo, o objetivo precípua dela é a irrigação de plantas alimentícias, tais como árvores frutíferas, cereais, etc..., plantas não alimentícias, tais como pastagens e forrações, além de ser aplicável para dessedentação de animais.

Reúso não potável para fins industriais: abrange os usos industriais de refrigeração, águas de processos, para utilização em caldeira, etc.

Reúso não potável para fins recreacionais: classificação reservada à irrigação de plantas ornamentais, campos de esportes, parques e também para enchimento de lagoas ornamentais, recreacionais, etc.

Reúso não potável para fins domésticos: são considerados aqui os casos de reúso de água para rega de jardins residenciais, para descargas sanitárias e utilização desse tipo de água em grandes edifícios.

Reúso para manutenção de vazões: a manutenção de vazões de cursos de água promove a utilização planejada de efluentes tratados, visando a uma adequada diluição de eventuais cargas poluidoras a eles carreadas, incluindo-se fontes difusas, além de propiciar uma vazão mínima na estiagem.

Aqüicultura: consiste na produção de peixes e plantas aquáticas visando a obtenção de alimentos e/ou energia, utilizando-se nutrientes presentes nos efluentes tratados.

Recarga de aquíferos subterrâneos: é a recarga dos aquíferos subterrâneos com efluentes tratados, podendo se dar de forma direta, pela injeção sob pressão, ou de forma indireta,

utilizando-se águas superficiais que tenham recebido descargas de efluentes tratados a montante.

O reúso de água para manutenção de vazões de curso d'água, aqüicultura e recarga de aquíferos são classificações complementares às de Westerhoff (1984) apud Mancuso e Santos (2003).

2.5.4.4 Reúso potável de água

De acordo com as definições aqui adotadas, o reúso potável direto é caracterizado quando o esgoto recuperado por meio de tratamento avançado é injetado diretamente no sistema de água potável. O caso clássico refere-se à cidade de Chanute, Kansas, onde, por causa de uma severa seca ocorrida em 1956, o manancial do sistema de abastecimento de água secou (MANCUSO e SANTOS, 2003).

Para solução do problema, as autoridades sanitárias autorizaram a utilização do efluente da estação de tratamento secundário de esgoto local como manancial de água bruta para tratamento e distribuição como água potável à população.

O efluente, após oxidação com cloro e detenção por dezessete dias, era tratado por coagulação, decantação e filtração, sendo, em seguida, distribuído para consumo. Exceção feita à cor, os padrões de qualidade de água daquela época foram atingidos e nenhuma doença ocorrida naquela localidade foi atribuída ao uso dessa água.

O reúso potável indireto é caracterizado quando o esgoto, após tratamento, é disposto na coleção das águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável. Dentro desse conceito, destacam-se as seguintes possibilidades:

descarga do efluente tratado nos mananciais de superfície, com captação da mistura – efluente tratado e água natural – a jusante e diretamente do manancial;

as águas dos mananciais de superfície, que receberam descargas de efluentes tratados a montante, são captadas indiretamente por meio de sua infiltração pelas margens do corpo de água a jusante, através dos poços;

recarga do aquífero subterrâneo pela infiltração direta de efluentes tratados, ou de águas de mananciais superficiais que tenham recebido descargas de efluentes a montante. As águas do aquífero subterrâneo são captadas a jusante, através de poços. A recarga artificial do aquífero pode ser feita pelos processos de infiltração-percolação ou injeção direta.

2.5.4.5 Reúso não potável

Na maioria das vezes, o esgoto municipal é tratado para ser disposto no meio ambiente até níveis compatíveis com a legislação local (MANCUSO & SANTOS, 2003).

Uma particularidade, incluída nessa classificação, é a da reciclagem. Aqui podem ser enquadrados os casos de reúso interno às instalações industriais, com o objetivo de atender as demandas da própria indústria ou controlar a poluição.

O reúso para manutenção de vazões de cursos d'água trata-se da utilização de efluentes tratados com o objetivo de manter uma dada vazão num curso d'água para diluir as cargas poluidoras a ele aportadas, além de também possibilitar a manutenção de vazões mínimas em época de estiagem.

A maioria dos autores classifica o reúso não potável agrícola de acordo com o tipo de cultura que utiliza e Westerhoff (1984) apud Mancuso e Santos (2003) apresentam-no em dois grupos:

Primeiro grupo – plantas não comestíveis: silvicultura, pastagens, fibras e sementes.

Segundo grupo – aqui são consideradas as plantas consumidas cozidas e as plantas consumidas cruas (MANCUSO & SANTOS, 2003).

HESPANHOL (1999) apud MANCUSO & SANTOS (2003) argumentam que a presença de organismos patogênicos e de compostos orgânicos sintéticos na grande maioria dos efluentes disponíveis para reúso, principalmente naqueles oriundos de estações de tratamento de esgoto de grandes conurbações, com pólos industriais expressivos, caracteriza reúso potável como uma alternativa associada a riscos muito elevados, tornando-o praticamente inaceitável.

O reúso não potável para fins recreacionais é reservado ao reúso direto de água para abastecimento de corpos de água superficiais como lagos, reservatórios, e rios usados para fins recreacionais, além de uso em paisagismo, como irrigação de jardins e parques públicos, lagos ornamentais, e também na rega de campos esportivos.

O reúso da água para fins industriais consiste na utilização industrial desse efluente, em vez de sua disposição no meio ambiente. Evidentemente, o uso que será feito desse esgoto tratado definirá os processos e as operações unitárias adicionais necessárias para o condicionamento desse esgoto.

De acordo com esse conceito, devem ser empregados processos e operações unitárias redundantes, ou seja, a responsabilidade pela remoção de um determinado contaminante não deve ser atribuída a um único processo ou operação.

Segundo o Manual da conservação e reuso da águas em edificações (2005), as exigências mínimas para o uso da água não-potável são apresentadas na seqüência, em função das diferentes atividades a serem realizadas nas edificações:

Água para irrigação, rega de jardim, lavagem de pisos:

- não deve apresentar mau cheiro;
- não deve conter componentes que agriam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas;
- não deve ser abrasiva;
- não deve manchar superfícies;
- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

Água para descarga em bacias sanitárias:

- não deve apresentar mau cheiro;
- não deve ser abrasiva;
- não deve manchar superfícies;
- não deve deteriorar os metais sanitários;
- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

Água para lavagem de roupa:

- deve ser incolor;
- não deve ser turva;
- não deve apresentar mau cheiro;
- deve ser livre de algas;
- deve ser livre de partículas sólidas;
- deve ser livre de metais;
- não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos;
- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

2.6 Padrões de qualidade da água para aplicações em reuso

Plantenberg e Ab'saber (1994) apud Ferrari (2000) chamaram atenção que a compatibilidade ambiental e social é o problema primário dessa e das futuras gerações. Os efeitos das atividades humanas que atuam em detrimento ao meio ambiente vêm, de forma abrangente, preocupando a sociedade moderna. Fica claro que as parcerias são

fundamentais para tornar autêntico o desenvolvimento sustentável de um programa de gerenciamento ambiental que apresente um processo sistemático de revisão e controle.

CORSON (1996) apud FERRARI et al. (2000) destacou que o desenvolvimento econômico, e meio ambiente interagem.

Segundo Almeida (1998) apud Ferrari et al. (2000) o debate, inicialmente concentrado nos países desenvolvidos, incorporou crescentemente a problemática ambiental dos países em desenvolvimento, culminando com o reconhecimento mútuo da necessidade de um esforço conjunto, de ações integradas entre os povos para construção desse novo modelo de desenvolvimento.

Obviamente, a importância do desenvolvimento de estudos ambientais, seja de prognóstico ou controle para mitigação ou neutralização dos efeitos impactantes, é clara (ALVES, 1993 et al. apud FERRARI, 2000). Contudo há um enfoque que deve ser destacado: as medidas corretivas que asseguram a redução do impacto ambiental são específicas a cada setor, devendo-se considerar as particularidades e os aspectos pontuais, tanto para a região de instalação como para o processo produtivo.

Na regulamentação do reúso de água não potável existem duas importantes questões a se considerar:

- As diretrizes para a implementação do reúso; e
- Os padrões para cada tipo de reúso (FERNANDES, 2006).

Falta a determinação dos padrões para cada um dos tipos de reúso, enfocando fatores tais como:

- O conhecimento dos riscos associados às práticas;
- O tratamento dos Efluentes, bem como sua eficiência e segurança;
- A disponibilidade e características dos efluentes;
- Experiência na promoção do reúso, que fornece subsídios para os estudos epidemiológicos;
- Valores culturais, Condições ambientais;
- Condições econômicas e tecnológicas.

A implementação de práticas de reúso de forma negligente traz inúmeros riscos a saúde e ao meio ambiente.

Os riscos associados às práticas de reúso têm relação com os contaminantes presentes na água.

Esgoto sanitário possui produtos químicos tóxicos e microrganismos patogênicos em níveis muito acima dos suportados pelo homem (FERNANDES, 2006).

Lei n.º 7.663, de 30/12/91: Estabelece a Política de Recursos Hídricos.

Lei n.º 7.750, de 31/03/92: Dispõe sobre a Política de Saneamento

O quadro 4 mostra como os riscos que cada reúso pode causar à saúde:

FORMA DE REÚSO	RISCOS À SAÚDE
Agrícola	Contaminação de consumidores de alimentos contaminados com organismos patogênicos e/ou substâncias químicas tóxicas; Contaminação direta de trabalhadores Contaminação do público por aerossóis Contaminação de consumidores de animais que se alimentam de pastagens irrigadas, ou que sejam criados em lagoas contaminadas.
Industrial	Conexão cruzada entre sistemas de água potável e de reúso Se utilizada como água de processo, pode haver contaminação de produtos comestíveis; Contaminação direta de trabalhadores
Recreacional	Doenças de veiculação hídrica, infecção nos olhos, ouvidos e nariz; Ingestão de contaminantes químicos ou irritação dos olhos e mucosas, devido aos efluentes industriais; Contaminação direta de trabalhadores
Reúso urbano não potável	Conexão cruzada entre sistemas de água potável e de reúso; Contato com água recuperada utilizada para irrigação de parques e jardins ou lavagem de ruas ; Contaminação direta de trabalhadores e usuários

Fonte: Fernandes (2006)

Quadro 4 Riscos que cada reúso oferece à saúde.

2.7 A Legislação Sobre Reúso de Água no Brasil

Em 1999, Medeiros Leitão em seu artigo “II Encontro das Águas” apresenta o seguinte panorama no tocante a legislação sobre reúso de água em nosso país (MEDEIROS LEITÃO, 1999 apud MORELLI, 2005) No Brasil, a prática do reúso das águas – principalmente para a irrigação de hortaliças e de algumas culturas forrageiras – é de certa forma difundida. Na maioria das vezes é totalmente inconsciente por parte do usuário, que utiliza águas altamente poluídas de córregos e rios adjacentes para irrigação de hortaliças e outros vegetais, ignorando que esteja exercendo uma prática danosa à saúde pública dos consumidores e provocando impactos ambientais negativos. Em termos de reúso industrial, a prática começa a se implementar, mas ainda associada a iniciativas isoladas, a maioria das quais, dentro do setor privado (MORELLI, 2005).

A Secretaria de Recursos Hídricos dispõe de um projeto cujo objetivo é a investigação das técnicas de reúso de água no Brasil, avaliando a sua aceitação perante a sociedade, os benefícios econômicos advindos dessa prática, a sua relação com os efeitos causados ao meio ambiente e à saúde de seus usuários e ainda, avaliando os seus aspectos legais com a finalidade de se apresentar uma proposta para o estabelecimento das bases para a estruturação das atividades de reúso de água no país (LEITÃO, 1999 apud MORELLI, 2005).

Em outubro de 2003 o governo do estado de São Paulo publicou o Decreto 48.138 que determina a redução de consumo e racionalização do uso de água em todos os órgãos da administração direta, nas autarquias, fundações instituídas ou mantidas pelo poder público e nas empresas controladas direta ou indiretamente por ele. Em seu artigo primeiro estabelece que a lavagem de áreas externas só poderá ocorrer fazendo-se reúso de água (MORELLI, 2005).

No Brasil, a legislação federal estabelece:

Lei n.º 7.663, de 30/12/91: Estabelece a Política de Recursos Hídricos

Lei n.º 7.750, de 31/03/92: Dispõe sobre a Política de Saneamento

- Resolução n.º 357, de 18/06/86: Classifica as águas segundo seus usos preponderantes

Padrões microbiológicos para as águas tratadas, destinadas a consumo público (padrões de potabilidade):

- Portaria MS 518/2004 - Normas e Padrões de Potabilidade da água - Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. (FERNANDES, 2006).

Padrões microbiológicos para as águas brutas destinadas a diversos usos como captação e tratamento para consumo, preservação da flora e da fauna, irrigação (padrões de qualidade em geral ou padrões ambientais).

- Resolução CONAMA 357/05 – No RS FEPAM autoriza o uso da Portaria 05/89 – SSMA (FERNANDES, 2006).

Existe a NBR 13.969/97 da ABNT, “Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação”.

Para regulamentação da potabilidade da água, utiliza-se a portaria nº518/2004 para que se possa penalizar os sistemas que não estão em condições de funcionamento, conforme o Art. 26. Serão aplicadas as sanções administrativas cabíveis aos responsáveis, pela operação dos sistemas ou soluções alternativas de abastecimento de água, que não observarem as determinações constantes desta Portaria.

No Art. 28 pode-se observar que cabe ao Ministério da Saúde, por intermédio da SVS/MS, e às autoridades de saúde pública dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, representadas pelas respectivas Secretarias de Saúde ou órgãos equivalentes, fazer observar o fiel cumprimento desta Norma, nos termos da legislação que regulamenta o Sistema Único de Saúde – SUS.

Conforme o Art. 29. Sempre que forem identificadas situações de risco à saúde, o responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água e as autoridades de saúde pública devem estabelecer entendimentos para a elaboração de um plano de ação e tomada das medidas cabíveis, incluindo a eficaz comunicação à população, sem prejuízo das providências imediatas para a correção da anormalidade.

Como descrito no Art. 30. O responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água pode solicitar à autoridade de saúde pública a alteração na frequência mínima de amostragem de determinados parâmetros estabelecidos nesta Norma.

Parágrafo único. Após avaliação criteriosa, fundamentada em inspeções sanitárias e/ou em histórico mínimo de dois anos do controle e da vigilância da qualidade da água, a

autoridade de saúde pública decidirá quanto ao deferimento da solicitação, mediante emissão de documento específico.

Em função de características não conformes com o padrão de potabilidade da água ou de outros fatores de risco, a autoridade de saúde pública competente, com fundamento em relatório técnico, determinará ao responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água que amplie o número mínimo de amostras, aumente a frequência de amostragem ou realize análises laboratoriais de parâmetros adicionais ao

Estabelecido no Art. 31 da Portaria 518/2004.

O Planejamento do Sistema de Reúso, prevê os seus possíveis usos, e indica o grau de tratamento para uso múltiplo.

A NBR 13.969/97 – Na lei, o reúso local de esgoto seguro e racional tem como base o sistema de preservação e de Distribuição – esses, devem ter observados os seguintes aspectos referentes aos sistemas:

Todo o sistema de preservação e de distribuição do esgoto a ser reutilizado deve ser claramente identificado, através de placas de advertência nos locais estratégicos e nas torneiras, além do emprego de cores nas tubulações e nos tanques de reservas distintas das de água potável;

Quando houver usos múltiplos de reúso com qualidades distintas, deve-se optar pela reserva distinta das águas, com clara identificação das classes de qualidades nos reservatórios e nos sistemas de distribuição;

No caso de reúso direto das águas da máquina de lavar roupas para uso na descarga das bacias sanitárias, deve-se prever a reservas do volume total da água de enxágüe (FERNANDES, 2006).

Os padrões de qualidade da água publicados pela proteção ambiental (ALABASTER & LLOYD, 1980; MCKEE & WOLF, 1968; USEPA, 1986, 2002) são uma inestimável origem de informação em potencial de impactos dos parâmetros de qualidade da água. Em muitos casos, esses padrões publicados não são usados diretamente nos planos e operações de sistemas de reúso.

Para o reúso, não há ainda Legislação Brasileira Específica, e até o momento, as ações têm-se orientado por critérios de outros países/ou Organização Mundial da Saúde (FERNANDES, 2006).

2.8 Uso e reúso de água em laboratórios

2.8.1 Água Purificada

Conforme INMETRO [1], “o laboratório deve definir o grau de pureza da água reagente necessária para cada método analítico, os parâmetros a serem monitorados e a frequência do monitoramento”, e “considerar as recomendações do *NCCLS (National Commitee for Clinical Laboratory Standards)* no documento - *Preparation and testing of reagent water in the clinical laboratory - third edition; approved guideline C3 - A3*”. O referido documento define os graus de pureza da água reagente - Tipo I, Tipo II e Tipo III, em ordem decrescente de grau de pureza - e estabelece as especificações de parâmetros para o momento do seu uso, incluindo conteúdo máximo de bactérias, resistividade mínima, conteúdo máximo de silicatos, pH, cloro total e material particulado. Em documento mais recente, a *CLSI* [2] (antiga *NCCLS*) substitui estas designações por “Água Reagente de Laboratório Clínico” (*CLRW*) para Tipo I e II e “Água de Autoclave e de Lavagem” para Tipo III (OLIVEIRA, 2007).

Quanto à deterioração da água, conforme PNCQ [3], “nenhuma água reagente deve permanecer muito tempo estocada, pois todos os recipientes tendem a transferir algo para a mesma, razão porque, em princípio, ela deve ser utilizada recente, pois além de evitar a contaminação por outras substâncias, ainda diminui a incidência da contaminação bacteriana”. Caso seja necessário estocar a do Tipo II ou III (a do Tipo I deve ser utilizada em seqüência à sua produção), deve-se atentar para o material do recipiente que pode ser metálico (preferencialmente inox), não metálico (de polipropileno/PP, polietileno/PE, fluoropolímeros/Teflon®, ou mais comumente, de policloreto de vinila/PVC) ou de vidro (alcalino ou de borosilicato/Pirex®), exemplificados na Figura 1. Para a escolha por um destes materiais deve-se considerar os parâmetros pertinentes ao uso final da água e o tempo de armazenamento. Por exemplo, Pirex® não se aplica a pesquisas sensíveis a boro, PVC não pode ser utilizado em análises de compostos orgânicos, aço não pode estar presente em análises de metais e barriletes de inox com UV devem ser empregados em pesquisas cuja proliferação de bactérias deva ser retardada (OLIVEIRA, L. H, 2007).

2. 8.2 - Sistemas de Purificação da água

Na Figura 4, apresenta-se um exemplo de sistema de purificação da água, no qual se observa dois grupos distintos de usos da água:

- *Água para lavagem de vidraria (Tipo III)*: obtida pela simples destilação (lembrando que não deve ser utilizada para o último enxágüe);
- *Água para utilização em pesquisa (Tipo I e II)*: obtida pela destilação (utilizada como pré-tratamento), seguida por “ultrapurificação” (entendida como uma associação de tecnologias) ou adoção de alguma tecnologia em específico, em função da qualidade da água requerida pela pesquisa (troca iônica ou osmose reversa, p. ex.) (OLIVEIRA, L., H.; 2007).

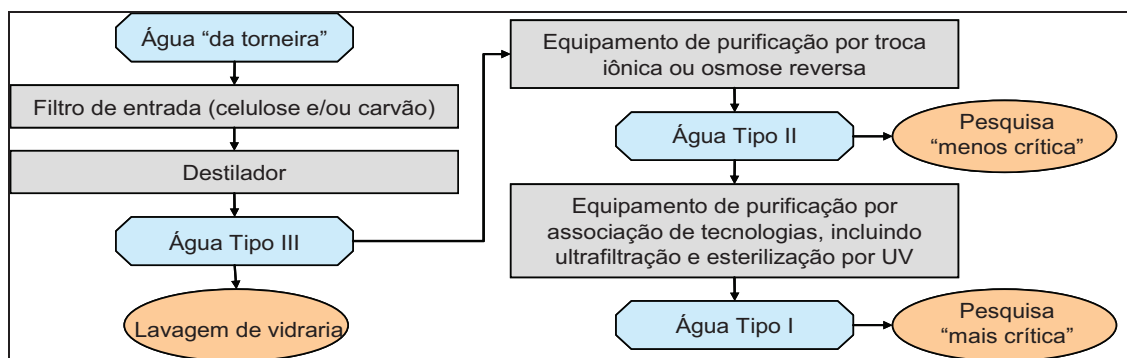


Figura 4: Fluxograma de purificação de água (OLIVEIRA, 2007)

A implantação de um programa de conservação de água em novas edificações que abrigarão novos laboratórios possui mais facilidade devido a implantação de sistemas ocorrerem ainda na fase de concepção, de forma a viabilizar os investimentos e possibilidades de atuação.

Para reaproveitar a água, faz-se necessário estudar a demanda e oferta deste tipo de insumo, bem como estabelecer critérios que nortearão as diversas alternativas de implantação de um sistema que não interfira nas atividades cotidianas da edificação e sem que esta água ocasione riscos à saúde de seus usuários (NUNES et al., 2005).

Segundo HESPANHOL (1997) apud NUNES et al. (2005), devem ser implementados projetos piloto nas diversas modalidades de reúso, com o intuito de fornecer subsídios para o desenvolvimento de padrões e códigos de prática adaptados às condições e características nacionais.

Os sistemas de reúso ou reciclagem são uma das opções de conservação desse insumo, devendo ser contemplado dentro de um estudo de fontes alternativas de um Programa de Conservação de Água (PCA) em uma edificação.

A política de conservação pode ser implementada em diversas tipologias de edifícios, principalmente naquelas consideradas como grandes consumidoras, ou seja, organizações institucionais, industriais e comerciais de grande porte. Os desperdícios de água nessas organizações são normalmente elevados, principalmente em edifícios públicos (NUNES et al, 2004, apud NUNES et al., 2005). Nesse sentido, os equipamentos de uso específico de água, aqueles onde esse insumo é utilizado para outras atividades que não as de higiene pessoal, apresentam, normalmente, um grande desperdício de água.

Em laboratórios, um dos equipamentos de uso específico de água, com mais representatividade é o destilador de água. Este equipamento necessita de um grande volume de água para o processo de destilação, sendo que uma pequena parte se transforma em água destilada e o restante é utilizado para resfriamento. A parte utilizada no processo de resfriamento é totalmente desperdiçada.

Além do destilador, existem outros tipos de purificadores que também desperdiçam água em seu processo. Estes tipos de equipamentos necessitam de água com padrão de qualidade superior à da fornecida pela rede pública.

2.8.3 Destilação

Quando a energia de atração entre as moléculas é superior à sua energia cinética de translação, estas formam um agregado que se chama líquido. A molécula deste agregado não tem a mesma energia cinética e algumas possuem energia capaz de, ao atingirem a superfície do líquido, quebrar as ligações que as unem às moléculas dessa superfície. Há então a passagem de moléculas do estado líquido ao gasoso, fenômeno chamado de vaporização. Considere-se o líquido contido num recipiente fechado. As moléculas gasosas chocam-se não só com as paredes deste mas também com a superfície líquida, ficando em tal caso sujeitas às forças atrativas das moléculas desta superfície. Dá-se assim o fenômeno inverso da vaporização chamado de condensação. Deste modo têm-se dois processos opostos simultâneos (POMBEIRO, 2006).

Desde que exista líquido em quantidade suficiente, será atingida uma situação de equilíbrio dinâmico na qual a velocidade de condensação se iguala a de vaporização (POMBEIRO, 2006).

No momento em que ocorre esse processo com a água a mesma é separada de todos os sais possíveis de se solidificarem contidos na mesma, sendo esses sais

precipitados na superfície do recipiente e esse vapor que por meio de resfriamento volta ao estado líquido sendo então utilizado como água destilada. Nesse processo descarta-se uma grande quantidade de água devido à necessidade da mesma de receber fluxo contínuo de água para seu resfriamento (ATKINS & JONES, 2001).

Esse mecanismo consiste em um recipiente aquecido num condensador e um ou mais tanques de recepção. O material é introduzido no recipiente, a retorta, e posto a ferver. Os vapores são condensados e recebidos em um coletor (PERRY & CHILTON, 1980).

Para um funcionamento correto dos equipamentos destiladores deve-se observar:

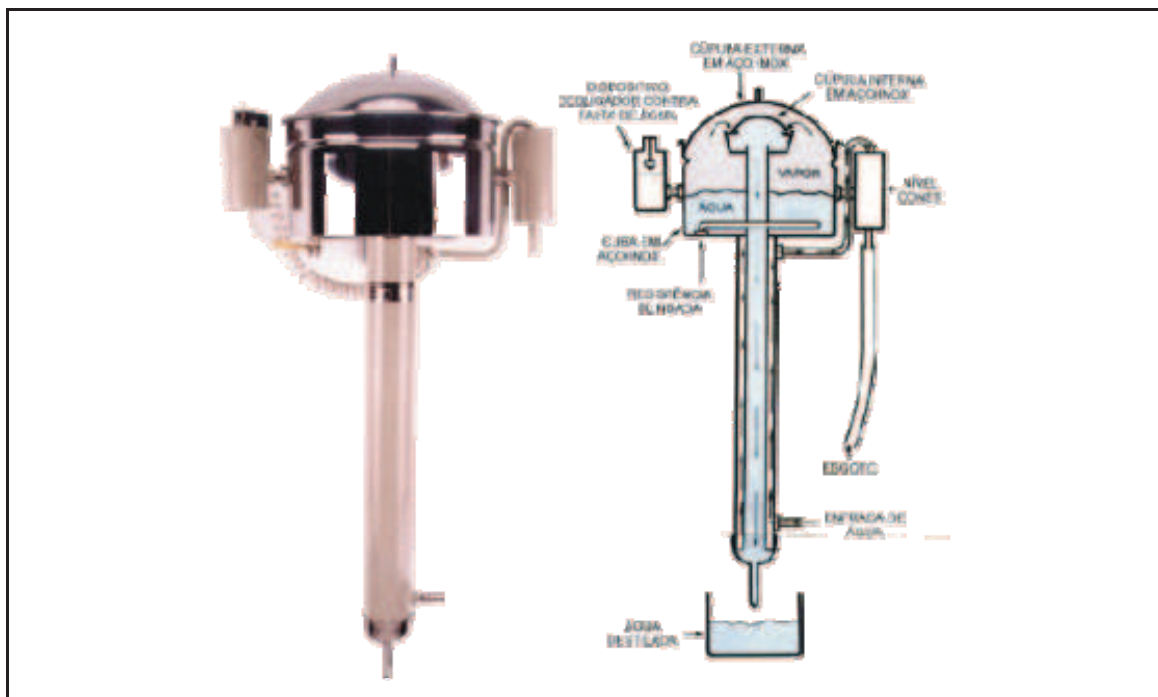
2.8.3.1 Características físicas do sistema.

- Tipo de material de fabricação (somente metal ou metal e vidro temperado)
- capacidade de destilação (litros/hora)
- idade do sistema (há quanto tempo o sistema opera e se existem algum dano visível)
- manutenção periódica do sistema (de quanto em quanto tempo é realizada limpeza)
- sistema de tubulação (metal ou pvc)
- vazamentos (visíveis e não visíveis).

2.8.3.2 Características Funcionais do Sistema

- Especialidade do atendimento
- horário de Funcionamento
- tipos de usuários (se somente operam os técnicos ou alunos também)
- Procedimento dos usuários quanto a segurança da qualidade da água extraída e descartada dos destiladores

A figura 5 demonstra como um destilador funciona.



Fonte: ITASUL (2006).

Figura 5: Modelo de um destilador de água

Mesmo com os equipamentos vindo de fábrica com prévia capacidade de funcionamento em litros por hora, sua aferição é de grande importância devido a erros por falta de manutenção, manutenção precária, vazamentos e outros fatores menos importantes.

2.9 Estudo de caso onde foi implantado um sistema economizador em uma unidade na Universidade de Minas Gerais

Graças a um novo sistema de purificação, o Instituto de Ciências Biológicas (ICB) está economizando cerca de seis mil litros diários de água. A implantação de um equipamento que retira os íons da água – para torná-la adequada ao uso em experimentos – substituiu com vantagens os antigos destiladores, que, além do alto consumo de energia elétrica, provocavam grande desperdício.

O projeto em funcionamento, é parte da política de economia que o ICB vem desenvolvendo desde o final do ano passado. “A água sem íons tem diversas utilidades nos laboratórios do instituto e, para obtê-la, substituímos os destiladores por um método que reduz o consumo de energia elétrica, proporciona o uso racional da água e alcança um índice de purificação ainda maior por dia”, conforme o diretor do ICB, Carlos Alberto Tavares, ao lembrar que há outros estudos de economia em andamento, como o aproveitamento da água de uma mina natural subterrânea no Instituto.

Instalados em cada laboratório, os destiladores aquecem a água e a resfriam sem seguida, para obter o produto capaz de ser usado em soluções e experimentos.

Para cada litro destilado, o equipamento descarta outros 25 litros de água. Já a deionização funciona a partir de um sistema centralizado, que capta a água fornecida pela COPASA, faz a troca iônica em colunas preparadas com uma resina especial, e a distribui aos laboratórios por um sistema de tubulação que percorre 1,6 quilômetros pelos quatro andares do prédio.

A empresa R. Chapman, que elaborou o projeto, conseguiu a doação das colunas e da resina para a Universidade, tendo cobrado apenas pela instalação do equipamento.

As figuras 6 e 7 demonstram como funciona esse tipo de economizador.



Fonte: TAVARES (2004).

Figura 6: Reservatório do complexo de destilação e deionização



Fonte: TAVARES (2004).

Figura 7: Sistema de destilação e deionização.

Um caso que merece ser citado foi a implantação de um sistema de reúso em uma unidade na Universidade de Brasília – DF, onde os professores da Universidade Federal de Brasília, juntamente com os alunos dos Cursos de Graduação e Pós Graduação em Química realizaram um estudo sobre uso e reúso de recursos naturais: a questão da água e dos resíduos químicos, onde foi realizada uma pesquisa quanto a geração de resíduos da UNB e questão de reúso na Faculdade de Química, visando posteriormente estender esse estudo e implantação em toda Universidade.

Um dos objetivos do trabalho foi o de diagnosticar a situação da UnB quanto a geração de efluentes e resíduos sólidos.

Este trabalho foi realizado através de questionários respondidos por técnicos dos laboratórios da Faculdade de Química.

Posteriormente foram medidas as vazões de efluentes gerados por todos os aparelhos que trabalham com água, as também foram investigados resíduos sólidos, visando a implantação de programas para o futuro.

Outro caso importante onde há a implantação de um programa de conservação e reúso, onde os diversos tipos de reúso que vem sendo empregados. Com referência ao reúso potável direto, pode-se citar a cidade de Windhoek – capital da Namíbia, aonde vem sendo realizado com sucesso desde 1968, com tratamento da água residuária e

disponibilização da mesma em sistema público de abastecimento (LEITÃO, 1999 apud MORELLI, 2005).

Outro estudo importante de ser ressaltado consiste na implantação de um programa de conservação e reúso da Universidade de São Paulo, que estuda a Minimização de Desperdícios de Água em Processos de Purificação da Água (OLIVEIRA, 2007).

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1 Considerações Iniciais

A presente pesquisa foi desenvolvida no Campus I da Universidade de Passo Fundo, situada no município de Passo Fundo, região Norte do Estado do Rio Grande do Sul, com a finalidade de analisar o consumo de água e a geração de efluentes dos equipamentos de uso específico nas dependências dos seus laboratórios, visando à proposição de um programa de Conservação de Água (PCA), para os laboratórios.

A implantação de um programa de conservação de água nos laboratórios da Universidade deve ser compreendida como um componente imprescindível para a eficiência operacional e, para isso, tem-se a necessidade de identificar os equipamentos de uso específico, de quantificar o volume de efluentes gerados e em que condições de contaminação se encontram esses efluentes, para então analisar as possibilidades de implantação de um programa de uso racional de água, focado nos sistemas de reúso não potável.

3.2 Delineamento da pesquisa

Considerando-se a implantação de um programa de conservação e reúso de água, principal objetivo pretendido com o desenvolvimento desta pesquisa, que é a implantação de um Programa de Conservação de água, a sua realização compreendeu as seguintes etapas:

- Escolha dos tipos de aparelhos de uso específicos para análise;
- Levantamento dos laboratórios do Campus I da UPF que possuem os equipamentos em análise;
- Caracterização inicial dos equipamentos de uso específico, em relação ao volume de água que utilizam e a sua geração de efluentes;

- Determinação dos laboratórios que geram maior volume de efluentes com capacidade de reúso, para escolha do laboratório para implantação do plano de conservação de água;
- Caracterização da demanda e da oferta de água do laboratório escolhido para implantação do programa de conservação de água;
- Caracterização dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos dos efluentes gerados pelos equipamentos analisados.

Na figura 8, está apresentado de forma esquemática, o delineamento desta pesquisa.

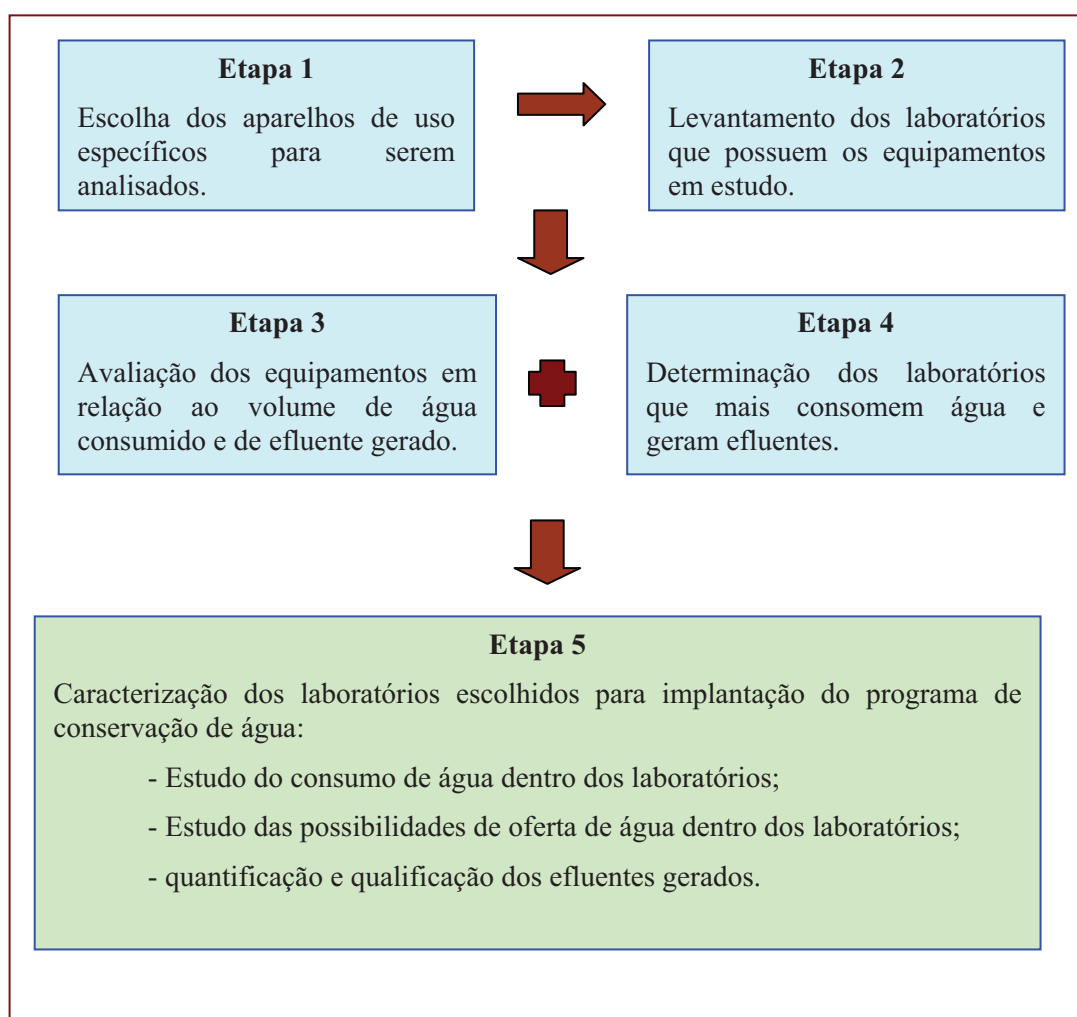


Figura 8: Fluxograma com o delineamento da pesquisa.

3.3 Desenvolvimento da pesquisa

A partir dos passos apresentados no delineamento da pesquisa, será descrita a metodologia utilizada para cada um deles.

3.3.1 Escolha dos aparelhos de uso específicos

Nessa etapa, foi realizado um levantamento de campo para identificação de todos os laboratórios pertencentes ao Campus I da Universidade de Passo Fundo que possuem equipamentos de uso específico. Consideraram-se neste levantamento, os equipamentos que consomem um grande volume de água para o seu funcionamento. Assim, por os equipamentos analisados foram: destiladores de água, condensadores de água; autoclaves e lavadoras de uso industrial. Chegou-se então na decisão de selecionar para o estudo, somente os equipamentos condensadores e destiladores de água, por serem os que mais consome água e geram efluentes com possibilidades de reúso.

3.3.2 Levantamento dos laboratórios para o estudo

Para essa etapa da pesquisa, foi necessária a realização de uma visita a todos os laboratórios do Campus I da UPF, para verificar a existência de destiladores e condensadores de água. A primeira visita foi acompanhada pelos técnicos de cada um desses laboratórios, os quais descreveram todos os procedimentos de rotina dos laboratórios, bem como as etapas desde a produção até a disposição final dos efluentes gerados pelos equipamentos em estudo. Esses dados foram levantados através da aplicação de questionários, que estão apresentados no anexo A, sendo então possível conhecer detalhes sobre os equipamentos, tais como:

- Avaliação dos equipamentos: estado das mangueiras de instalações e constatação de possíveis vazamentos visíveis;
- Idade dos equipamentos: para a determinação da capacidade de destilação dos equipamentos por hora;
- Finalidade de utilização: acadêmico, comercial ou pesquisa;
- Tempo de utilização: número de dias da semana e horas do dia em que funcionam;
- Periodicidade de manutenção: existência de plano de manutenção e qual a frequência;
- Quantidade de água destilada e de efluente gerado;
- Verificação da existência de algum tipo de sistema de reúso dos efluentes.

3.3.3 Avaliação preliminar dos equipamentos destiladores e condensadores de água

Nesta etapa, foi realizada uma avaliação preliminar dos volumes gerados pelos aparelhos condensadores e destiladores, através da análise das diversas etapas do processo de produção da água destilada, tais como: o tempo que o aparelho necessita para começar a destilar a água, pois como se sabe ele inicia a geração de efluente logo que começa a funcionar, mesmo antes de produzir água destilada; quanto tempo leva para destilar um litro de água, entre outros. Com estes dados foi possível determinar qual a quantidade de efluente gerado durante o processo. Essa avaliação dessas quantidades de efluentes gerados pelos destiladores e condensadores é necessária para que se tenha uma idéia do volume necessário de água para destilar ou condensar cada litro de água.

A quantificação do volume gerado pelos aparelhos foi realizada através da utilização de um recipiente de capacidade conhecida. A medição foi realizada durante o período de uma hora, com uma repetição; para assim, se ter condições de fazer uma estimativa da quantidade aproximada de efluentes gerados por dia em cada destilador e/ou condensador.

Com base nos valores encontrados nessa etapa do trabalho foram montadas planilhas comparativas de todos os laboratórios, as quais permitiram sua classificação em ordem decrescente de geração de efluentes.

A classificação dos laboratórios que geram maior quantidade de efluentes foi necessária para a escolha dos laboratórios para o monitoramento na segunda fase experimental da pesquisa.

A classificação teve como base a quantidade total de efluente gerado, obtida somando-se a média dos efluentes gerados em cada hora e o volume consumido para iniciar a destilação.

A partir dessa classificação foi possível determinar quais os três laboratórios que mais consomem água e que mais geram efluentes dentro do Campus I da Universidade de Passo Fundo.

Após a seleção dos três laboratórios com possibilidade de implantação de um programa de uso racional de água, foi realizado o acompanhamento da suas rotinas de trabalho para recolher maiores informações sobre o uso da água e assim selecionar aquele que apresentasse as melhores condições para a implantação do programa.

3.3.4 Caracterização da demanda e da oferta de água nos laboratórios escolhidos

O desenvolvimento dessa etapa compreendeu a análise de todos os processos que envolvem o uso da água dentro dos três laboratórios escolhidos, com a finalidade de quantificar a demanda e identificar quais usos podem ser realizados com água não potável, como também indicar quais os padrões de qualidade deverão ser obedecidos.

O levantamento dos procedimentos relacionados com o consumo de água foi realizado com a maior discrição possível, para que os usuários não mudassem o seu comportamento e procedimentos e, dessa forma, viessem a mascarar as informações que foram coletadas. Nessa etapa, foi quantificada a água utilizada nos diversos pontos de consumo, tais como: destiladores, torneiras para a limpeza do laboratório, autoclaves, limpadores de pipetas e a lavagem do material de consumo.

Para o levantamento da oferta de água, foi realizado um monitoramento do uso da água durante um período cinco dias úteis, com a observação da vazão do efluente gerado pelo aparelho durante seu período de funcionamento, bem como o volume de água descartada antes do início da destilação, em conjunto com o tempo que o aparelho demora a iniciar tal processo.

Com a análise da oferta e da demanda, foi possível realizar a seleção do laboratório que apresenta as melhores condições para a implantação de um programa de conservação de água.

Para este laboratório então, foi calculado o indicador de consumo, o qual é obtido a partir do conhecimento dos seguintes levantamentos:

- Consumo de água – estimativa dos consumos diários de um período de trinta dias, pois o laboratório em estudo não possui nenhum tipo de medição;
- Número de agentes consumidores – número de agentes consumidores para o mesmo período da estimativa do consumo de água.

O cálculo do indicador de consumo (IC) é dado pela equação 01:

$$IC = \frac{\text{consumo de água do período}}{\text{nº de agentes consumidores x período de atividades}} \quad (01)$$

Conforme, Oliveira (1999), a determinação dos valores de indicadores de consumo para o período em estudo é de grande importância, pois eles constituem-se em valores

de referência para a análise do impacto de redução do consumo de água, após cada uma das ações implementadas no decorrer do programa de uso racional de água.

3.3.5 Avaliação da qualidade dos efluentes gerados pelos destiladores e condensadores

Esta etapa da pesquisa foi realizada somente nos três laboratórios selecionados para estudo do consumo e avaliação da possibilidade de implantação do sistema.

A qualificação dos efluentes gerados pelos destiladores e/ou condensadores e de extrema importância para a designação dos usos pretendidos para a água não potável.

No entanto, como até o momento não existe uma padronização para este tipo de água de reúso, após as análises dos efluentes com possibilidade de reúso, os resultados foram comparados com os padrões de potabilidade de água ou de lançamento de efluentes em corpos hídricos, ou utilizou-se padrões internacionais como da U.S.EPA.

Assim, para avaliação da qualidade dos efluentes gerados pelos equipamentos em análise foram utilizadas as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, as quais determinam a metodologia, de amostragem para a caracterização, monitoramento e tratamento dos efluentes líquidos e gasosos.

3.3.5.1 Determinação das amostras para análise

A determinação do número de amostras de efluente a ser coletada para análise em cada um dos laboratórios selecionados, bem como o número de repetições de cada ensaio foi baseada em métodos estatísticos aleatórios de seleção, considerando-se o tempo de funcionamento dos laboratórios, número de pontos de consumo, etc.

Dessa forma, em cada um dos dois laboratórios selecionados que possuem aparelhos destiladores de água, foram coletadas duas amostras durante os meses em estudo.

3.3.5.2 Parâmetros analisados

Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados foram selecionados com base nos usos pretendidos para o efluente, e nos padrões adotados para cada um desses usos.

Os parâmetros analisados e as normalizações que serviram como base para as análises foram às seguintes:

A – Parâmetros Físico-químicos analisados:**- pH**

O pH é de extrema importância na hora de analisar a água devido a possibilidade de quantificar a porcentagem de íons H^+ presentes na água ou a ausência do mesmo devido a variação do pH, onde a maior preocupação com os valores de pH é como eles afetam outras substâncias, se estão em uma faixa aceitável onde a mesma deve estar entre 5,5 que é o pH ideal da água até 7,5 que é o neutro.

- Dureza;

Serve para medir íons de carbonatos e hidrogenocarbonatos, além de medir íons de cálcio e magnésio, como por exemplo, carbonato e bicarbonato de sódio. A dureza pode interferir na qualidade da água, causando uma contaminação físico-química.

- Sólidos totais;

Essa análise serve para medir a quantidade de material particulado (sólido) presentes na água analisada.

E as normalizações adotadas foram:

- NBR 10664/89 - Águas - Determinação de resíduos (sólidos) - Método gravimétrico - Método de ensaio.

- NBR 9897/87 – Efluentes Líquidos - Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Procedimento.

- NBR 9898/87 – Efluentes Líquidos - Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento

- NBR 13403/95 – Efluentes Líquidos - Medição de vazão em efluentes líquidos e corpos receptores - Escoamento livre - Procedimento.

- STANDARD METHODS for the examination of water and wastewater. American Public Health Association. 20th, 1998.

B – Parâmetros Microbiológicos analisados:

- Coliformes Totais (CT);

- Coliformes fecais (CF);

- Contagem total de bactérias patogênicas

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os generos *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. O uso das bactérias coliformes para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo, porque

as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente. A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, desintéria bacilar e cólera.

Por esses motivos, a necessidade de pesquisa quanto a presença das bactérias coliformes e a contagem total de colônias dessas bactérias para que se possa avaliar os riscos e a necessidade ou não de determinados tratamentos.

E as normalizações adotadas foram:

- MB-3463:1991. Pesquisa de Coliformes - Bactérias coliformes totais, coliformes fecais e *Escherichia coli* em alimentos.

- STANDARD METHODS for the examination of water and wastewater. American Public Health Association. 20th, 1998.

Na seqüência apresenta-se a descrição dos ensaios realizados para qualificação dos efluentes.

O primeiro parâmetro físico-químico analisado foi o **pH**, o qual pode ser visualizado na figura 09. O pH é de suma importância devido a ser o primeiro item analisado e onde o mesmo pode denunciar a presença de contaminantes na água.



Figura 09: Ensaio do pH em amostras do efluente.

O segundo parâmetro físico-químico analisado foi a dureza, a qual é fundamental para que se possa analisar a contaminação se em excesso de sais de carbonatos entre outros, os quais causam danos à saúde como diarreia e vômitos se ingeridos em quantidades superiores as necessárias pelo organismos humano. Na figura

10a observa-se a quantidade gasta de solução para a viragem do ponto (troca de cor) de titulação. Já na figura 10b, observar-se a titulometria da dureza contida no efluente, bem como o ponto de viragem adquirido por uma solução já submetida à titulação.



Figura 10: Titulação das amostras para o ensaio de dureza e ponto de viragem da solução.

O terceiro parâmetro físico-químico analisado foi a verificação quanto aos sólidos totais, muito importante devido a possibilidade de existirem impurezas na água na forma sólida. Para essa análise, são fracionadas amostras do efluente a ser analisado em cadinhos de porcelana que são pesados e então submetidos ao calor até que todo o líquido evapore e reste somente a parte sólida contida na amostra. Após este procedimento, os cadinhos são novamente pesados e obtém-se assim, a quantidade exata de sólidos totais contidos nas amostras. A figura 11 ilustra o processo para obtenção dos dados de sólidos totais.



Figura 11: Equipamento para análise de sólidos totais.

Na análise dos parâmetros microbiológicos, pode-se ver na figura 12a uma amostra não contaminada com coliforme e na figura 12b uma amostra contaminada para o mesmo parâmetro.

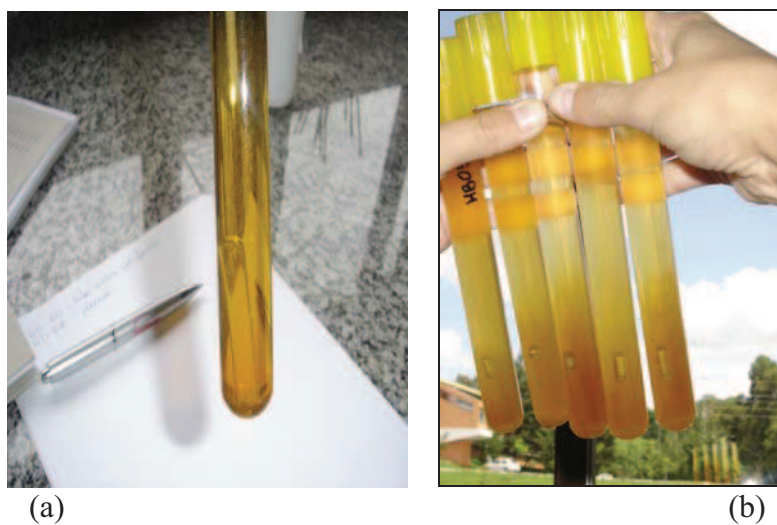


Figura 12: Comparação entre amostras não contaminadas (a) e contaminadas (b) com coliformes.

Junto com a rotina de amostragem para os ensaios de coliformes fecais e totais é também realizada a amostragem em placas de *petry* para a contagem total de bactérias patogênicas. Este procedimento pode ser visualizado na figura 13.



Figura 13: Confeção das análises de contagem total de bactérias.

Após a confecção das amostras em placa de *petry*, estas foram colocadas em meio de cultura nutritivas que induzem à bioaumentação, fazendo com que, se existirem bactérias patogênicas, essas se reproduzam para sua identificação e contagem. Esse procedimento pode ser observado na figura 16, que mostra uma placa de *petry*, com amostra contaminada, sendo analisada.

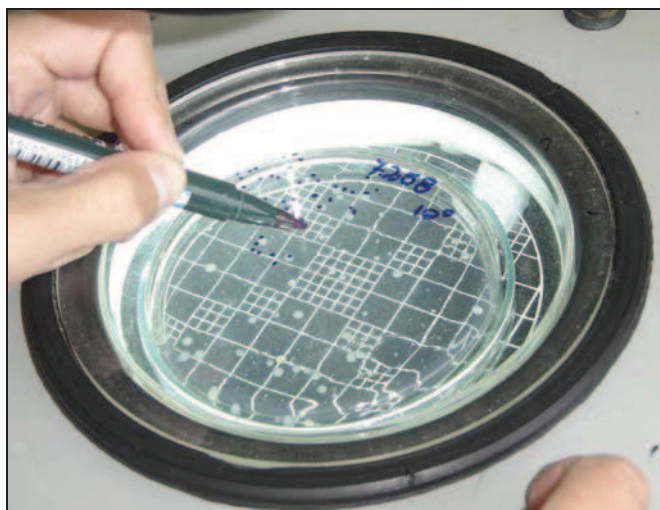


Figura 14: Placa de *petry* com amostra de efluente sendo submetida a contagem total de colônias de bactérias patogênicas.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Nesse capítulo serão apresentados os dados resultantes dos levantamentos realizados nos laboratórios e da análise do consumo de água e a geração de efluentes dos equipamentos destiladores e condensadores existentes no Campus I da Universidade de Passo Fundo - RS, e que servirão como base para a proposição de um programa piloto de Conservação de Água (PCA), para os laboratórios.

Os resultados estão baseados nas informações obtidas na aplicação dos questionários e nos levantamentos de campo realizado durante os meses de maio a dezembro de 2006 nos turnos diurnos e noturnos, conforme a disponibilidade dos equipamentos e dos técnicos dos laboratórios em estudo.

A apresentação dos resultados está estruturada da seguinte forma:

- Levantamento e apresentação dos laboratórios com equipamentos destiladores e/ou condensadores de água no Campus I da Universidade de Passo Fundo;
- Caracterização inicial dos equipamentos de uso específico, em relação ao volume de água que utilizam e a sua geração de efluentes;
- Determinação dos laboratórios que geram maior volume de efluentes com capacidade de reúso, para escolha do laboratório para implantação do plano de conservação de água;
- Caracterização da demanda e da oferta de água do laboratório escolhido para implantação do programa de conservação de água;
- Qualificação dos efluentes gerados pelos aparelhos destiladores e torneiras dos laboratórios.

4.1 Levantamento e apresentação dos laboratórios com equipamentos destiladores e condensadores de água no Campus I da Universidade de Passo Fundo

No levantamento de campo determinou-se a quantidade de destiladores e condensadores e a sua distribuição nos prédios dos cursos localizados no Campus I da Universidade de Passo Fundo. A partir desse levantamento verificou-se que o Campus I possui aproximadamente 20 laboratórios com equipamentos de uso específico, sendo que o total de destiladores encontrados foi de 21 unidades e de condensadores 5 unidades.

No quadro 05 podemos ver a distribuição e a quantidade de destiladores e/ou condensadores por unidade e laboratórios do Campus I da Universidade de Passo Fundo.

Unidade	Prédio	Localização	Número de destiladores	Número de condensadores
FEAR	G1	L. de Saneamento ambiental	1	-
FEAR	R1	L. de solos	1	-
FEAR	L1	L. de Cromatografia	1	-
FEAR	L1	L. de Aulas práticas	1	2
FEAR	L1	L. de Microbiologia	1	-
FEAR	L1	L. de Físico-química	1	3
FEAR	L1	L. de Efluentes	1	-
FEAR	L1	L. de Fermentações	1	-
Total	8	5		
FAMV	G3	L. de Fitobacteriologia	1	-
FAMV	G3	L. de Micologia	1	-
FAMV	G3	L. de Microbiologia	1	-
FAMV	H1	L. de Solos	2	-
FAMV	H1	L. de Sementes	1	-
FAMV	H1	L. de Água e Física dos solos	1	-
FAMV	H1	L. de Química dos solos	1	-
FAMV	H1	L. de Virulogia	1	-
Total	9	-		
ICEG	B2	L. de preparações	1	-
ICB	B4	L. de Ciências Fisiológicas	1	-
ICB	B4	L. de Bioquímica	1	-
Total geral	21	5		

Legenda:

FEAR	Faculdade de Engenharia e Arquitetura
FAMV	Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária
ICEG	Instituto de Ciência e Geociências
ICB	Instituto de Ciências Biológicas

Quadro 05: Distribuição e número de equipamentos destiladores e/ou condensadores existentes no Campus I da Universidade de Passo Fundo.

Juntamente com o ICB onde funcionam os cursos de Biologia e Enfermagem, está situado o curso de Farmácia, o qual se encontra em novas instalações prediais, utilizando para alguns procedimentos os laboratórios do prédio do ICB. Devido às novas instalações não estarem concluídas no início do trabalho, este prédio não ofereceu condições para sua visitação, não constando resultados nas tabelas.

Ressalta-se que neste número não estão computados os aparelhos de unidades como a Odontologia que possuem equipamentos diferenciados que não geram quantidades significativas de efluentes, pois utiliza um sistema de destilação para utilização da água em autoclaves como o apresentado na figura 15.



Figura 15: Destiladores utilizados na Faculdade de Odontologia

Na seqüência apresentaremos os equipamentos por unidade e laboratório de forma a facilitar a caracterização dos equipamentos.

4.1.1 Faculdade de Engenharia e Arquitetura - FEAR

Na Faculdade de Engenharia e Arquitetura, como se pode verificar no quadro 01, encontram-se oito(8) destiladores de água e cinco (5) condensadores, distribuídos em oito (8) laboratórios.

Os outros seis (6) destiladores e os cinco (5) condensadores, pertencentes à FEAR, estão localizados no prédio L1, onde funciona a Faculdade de Engenharia de Alimentos e estão distribuídos em seis (6) laboratórios.

No laboratório de Efluentes, esta localizada um destilador que é muito utilizado devido à grande demanda de água requerida pelas análises realizadas no laboratório. A figura 16 mostra o equipamento.



Figura 16: Destilador localizado no laboratório de efluentes - Engenharia de Alimentos – FEAR

O laboratório de Microbiologia, que pode ser visualizado na figura 17, possui um equipamento destilador novo, que funciona quase que diariamente devido à necessidade de grande quantidade de água destilada requerida pelo laboratório para os procedimentos de rotina como: confecção de meios de cultura, confecção de soluções, entre outros, além de enxágüe final de toda vidraria usada pelo laboratório.



Figura 17: Destilador do Laboratório de Microbiologia – Engenharia de Alimentos – FEAR

No laboratório de Físico-química estão localizados 3 condensadores e 1 destilador, conforme as figuras 18 e 19.



Figura 18 e 19: Destilador e condensador do laboratório de Físico-química – Engenharia de Alimentos – FEAR

O prédio da Engenharia de Alimentos possui ainda um destilador e dois condensadores no laboratório de aulas práticas, conforme se pode observar na figura 20. Esses equipamentos geram um grande volume de efluentes diariamente, pois realizam o abastecimento de outros laboratórios quando estes necessitam de uma quantidade maior de água destilada.



Figura 20: Destilador e condensadores do laboratório de aulas práticas - Engenharia de Alimentos – FEAR

Em todos os laboratórios da FEAR não foram constatados ou relatados nenhum tipo de reúso ou reaproveitamento dos efluentes gerados pelos equipamentos destiladores ou condensadores.

4.1.2 Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAMV

A faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária conta com inúmeros laboratórios, possuindo um significativo número de destiladores devido à necessidade de água destilada para as análises e experimentos realizados tanto na graduação, como nos cursos de Mestrado e Doutorado.

Nos laboratórios localizados no prédio H1, na parte destinada ao curso de Agronomia, cinco laboratórios são equipados com destiladores, distribuídos da seguinte forma:

- um (1) destilador no laboratório de pesquisa em Sementes. A figura 21 mostra o equipamento.



Figura 21: Destilador localizado no laboratório de Sementes – Agronomia – FAMV

- dois (2) destiladores no laboratório de Solos, sendo um novo e outro antigo. Ressalta-se que no equipamento mais novo não foi possível medir o volume de efluente gerado devido à forma como estão instalados, onde o efluente gerado vai direto para a caixa coletora, conforme mostra a figura 22. Já no equipamento mais antigo não foi possível medir o volume de água destilada devido ao modo de instalação que distribui direto para o uso como mostra a figura 23.

- um (1) no laboratório de Química dos solos, que se encontra em ótimas condições de funcionamento. Neste laboratório também não foi possível medir a vazão de efluente gerado devido às instalações, onde o efluente gerado vai direto para a caixa coletora.
- um (1) destilador no laboratório de Física dos Solos.

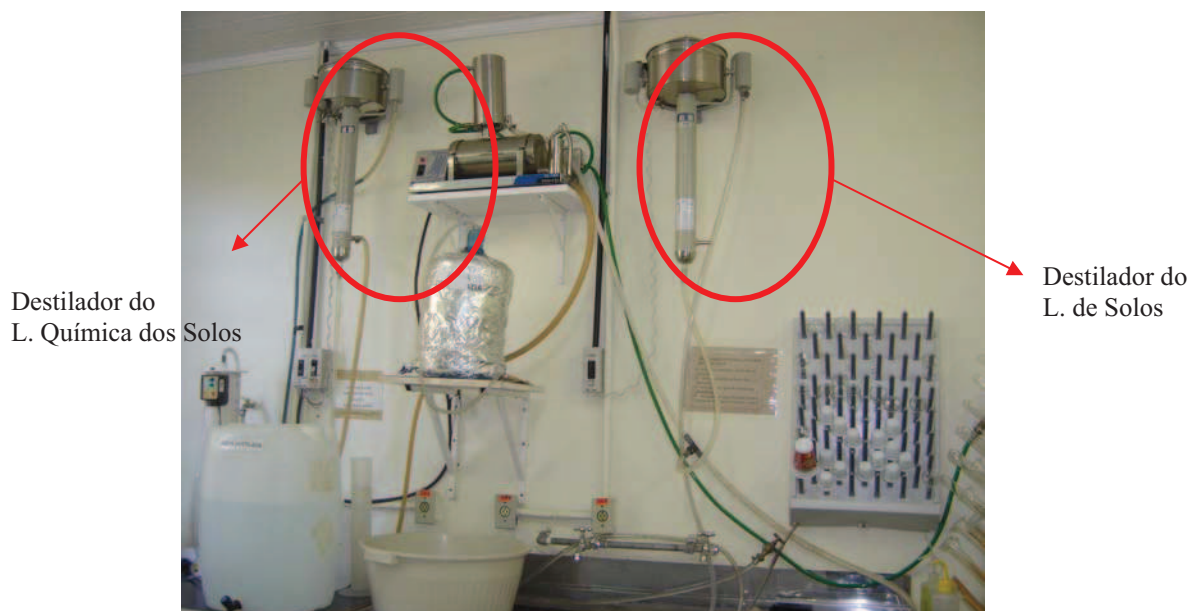


Figura 22: Destilador localizado no laboratório de Química dos Solos – Agronomia – FAMV

Ainda no prédio H1, mas na parte destinada ao curso de Medicina Veterinária existe um destilador no laboratório de Virulogia, o mesmo é utilizado com bastante frequência para o abastecimento com água destilada todos os outros laboratórios que necessitem de água. Nos Cursos de Pós-graduação *Stricto sensu* (Mestrado e Doutorado) em Agronomia, três laboratórios possuem equipamentos destiladores.

Dois destiladores encontram-se localizados nos laboratórios de Micologia e Fitobacteriologia, respectivamente.

No laboratório de Microbiologia existe um equipamento destilador que não é muito utilizado, somente quando há necessidade de água com essa qualidade para pesquisas.

Assim, como no prédio da FEAR, na FAMV também não foi constatado nenhum tipo de reúso ou reaproveitamento dos efluentes gerados pelos equipamentos destiladores e/ou condensadores.

4.1.3 Instituto de Ciência e Geociências - ICEG

O curso de Química do ICEG conta com um laboratório de preparações equipado com equipamento destilador, que abastece os demais laboratórios com água destilada. Ele pode ser observado na figura 23.



Figura 23: Destilador localizado no laboratório de Preparações – Curso de Química – ICEG

Da mesma forma que nas duas unidades anteriores, no ICEG também não foi verificado nenhum tipo de reúso ou reaproveitamento do efluente gerado pelo destilador.

4.1.4 Instituto de Ciência Biológica, Enfermagem e Farmácia – ICB

As Faculdades de Biologia e Enfermagem contam com dois laboratórios no prédio B2, que são os de Bioquímica e de Ciências Fisiológicas e em cada um deles existe um equipamento destilador, sendo que os mesmos também são utilizados pelo curso de Farmácia.

O laboratório de Bioquímica conta com um equipamento destilador que abastece os demais laboratórios quando há necessidade de água destilada. Ele pode ser observado na figura 32.

No laboratório de Ciências Fisiológicas conta com outro equipamento destilador.

No prédio do ICB, como nas demais unidades analisadas, não foi encontrado nenhum tipo de reúso ou reaproveitamento dos efluentes gerados pelos aparelhos destiladores.

Com base nos questionários aplicados, foi possível realizar a montagem do quadro 02, onde esta apresentada à avaliação (condições das mangueiras) e a idade dos equipamentos, a sua finalidade e tempo de utilização e a periodicidade de manutenção.

Unidade/Laboratório - Equipamento	Condições das Mangueiras	Finalidade	Idade	Limpeza Manutenção	Tempo de funcionamento
FEAR/L. Saneamento Ambiental - Destilador	Novas	Ensino/Pesquisa	4 anos	Anual ou quando necessário	Somente quando necessário
FEAR/L. Solos - Destilador	Regular	Ensino/Pesquisa	6 anos	Semestral ou quando necessário	3x p/semana ou quando necessário
FEAR/L. Cromatografia - Destilador	Boas/Novas	Ensino/Serviço	3 anos	Semestral ou quando necessário	1x p/semana ou quando necessário
FEAR/L. Aulas práticas - Destilador	Boas	Ensino/Pesquisa	6 a 7 anos	Semestral ou necessário	4x p/semana ou quando necessário
FEAR/L. Aulas práticas - Condensadores	Boas	Ensino/Pesquisa	Não identificada	-	Quando necessário
FEAR/L. Microbiologia - Destilador	Boas	Ensino/Serviço	4 anos	Trimestral ou quando necessário	4x p/semana ou quando necessário
FEAR/L. de Físico-química - Destilador	Boas	Ensino/Serviço	2 anos	Semestral ou quando necessário	3x p/semana ou quando necessário
FEAR/L. de Físico-química - Condensadores	Boas	Ensino/Serviço	3 anos	Quando necessário	2 a 3 vezes por semana
FEAR/L. Efluentes - Destilador	Boas	Ensino/Pesquisa	5 anos ou mais	Semestral ou quando necessário	3x p/semana ou quando necessário
FEAR/L. Fermentações - Destilador	Boas	Ensino/Pesquisa	1 ano e meio	Anual ou quando necessário	2x p/semana ou quando necessário
FAMV/L. Fitobacteriologia - Destilador	Boas	Pesquisa	4 anos e meio	Anual ou quando necessário	Somente quando necessário
FAMV/L. Micologia - Destilador	Boas	Pesquisa	3 anos	Anual ou quando necessário	Somente quando necessário
FAMV/L. Microbiologia - Destilador	Boas	Pesquisa	4 anos	Anual ou quando necessário	Somente quando necessário
FAMV/L. Solos - Destilador	Regular	Ensino/Pesquisa	8 anos	Trimestral ou quando necessário	4x p/semana ou quando necessário
FAMV/L. Solos - Destilador	Novas	Ensino/Pesquisa	1 ano e meio	Semestral ou quando necessário	4x p/semana ou quando necessário
FAMV/L. Sementes - Destilador	Boas	Ensino/Pesquisa	30 anos	Anual ou quando necessário	1x p/semana ou quando necessário
FAMV/L. Água e Física dos solos - Destilador	Boas	Ensino/Pesquisa	2 anos e meio	Anual ou quando necessário	2x p/semana ou quando necessário
FAMV/L. Química dos solos - Destilador	Boas	Ensino/Pesquisa	5 anos e meio	Anual ou quando necessário	2x p/semana ou quando necessário
FAMV/L. Virulogia - Destilador	Boas	Ensino/Pesquisa	3 anos	Anual ou quando necessário	1x p/semana ou quando necessário
ICEG/L. Preparações - Destilador	Boas	Ensino/Pesquisa	5 anos e meio	Semestral ou quando necessário	4x p/semana ou quando necessário
ICB/L. de Ciências Fisiológicas - Destilador	Boas	Ensino/Pesquisa	7 anos	Anual ou quando necessário	2x p/semana ou quando necessário
ICB/L. Bioquímica - Destilador	Boas	Ensino/Pesquisa	5 anos	Anual ou quando necessário	2x p/semana ou quando necessário
ICB/L. Preparações - Destiladores	Boas	Ensino/Pesquisa	4 anos e meio	Anual ou quando necessário	2 a 3x por semana

Legenda:

Novas	Mangueiras recém instaladas substituindo outras sem condições de uso
Boas	Limpas, sem vazamentos nem manchas de sujeira
Regulares	Limpas, com manchas, ou vazamentos pequenos, quase imperceptíveis

Quadro 06: Condições de funcionamento dos equipamentos destiladores e condensadores analisados

4.2 Caracterização inicial dos equipamentos de uso específico em relação ao volume de água que utilizam e a sua geração de efluentes

Para possibilitar a implantação de um programa de Conservação de água é necessário que se conheça o volume de efluente gerado e a qualidade desses efluentes, como também as possíveis utilizações para esses efluentes, ou seja, é necessário que se conheça a demanda e a oferta de água em cada um dos laboratórios em estudo, e as características físico-químicas e bacteriológicas dos efluentes gerados.

Baseado nesse conceito, após a localização e a verificação das condições de funcionamento desses equipamentos foram realizadas medições dos volumes de efluentes gerados por cada um dos destiladores e condensadores existentes nos laboratórios do Campus I da Universidade de Passo Fundo. O tempo de medição da destilação e da geração de efluentes foi de uma hora, para possibilitar a verificação da quantidade de efluente gerado por hora e por cada litro de água destilada produzida. Ressalta-se que nos equipamentos condensadores não foi possível medir o volume condensado apenas os efluentes gerados.

Cada um dos equipamentos apresenta um tempo de início de destilação e capacidade de destilação em litros por hora.

Foram cronometrados o tempo em que o destilador leva para começar a destilar e a quantidade de efluente gerado em comparação com a quantidade de água destilada no período de uma hora, em uma primeira etapa. O processo foi repetido por três vezes para a realização da média da geração de efluente para cada um dos aparelhos.

Com os resultados obtidos foram geradas planilhas para determinar a média do volume de água destilada e de efluente gerado. Na tabela 02 estão apresentados os valores encontrados.

Ressalta-se que na tabela 03, aparecem os valores encontrados em cada uma das medições e a média de cada uma delas, tanto para a água destilada, quanto para o efluente gerado.

No caso do efluente gerado, também este lançado na tabela 02, o volume de água que cada equipamento gera de efluente antes de iniciar a destilação.

Curso	Nome do Laboratório	Tipo De Equipamento	Volume de água Destilada/condensada em 1 hora (L)				Volume de efluente gerado em 1 hora (L)				Volume gerado Antes de Iniciar a destilação (L)
			1º	2º	3º	Média	1º	2º	3º	Média	
			EC	L. Saneamento Ambiental	Destilador	5,4	4,7	4,7	4,9	108,0	
EC	L. Solos	Destilador	6,0	6,1	5,7	5,9	72,0	71,0	68,2	70,4	11,2
EA	L. Cromatografia	Destilador	3,2	2,5	3,2	3,0	82,8	79,2	75,6	79,2	12,4
EA	L. Aulas Práticas	Destilador	0,7	1,4	1,8	1,3	122,0	126,0	126,0	124,7	14,7
EA	L. Aulas Práticas	Condensador 1	-	-	-	-	75,6	79,2	72,0	75,6	-
EA	L. Aulas Práticas	Condensador 2	-	-	-	-	79,2	79,2	80,3	79,6	-
EA	L. Microbiologia	Destilador	9,6	10,4	9,8	9,93	102,5	104,4	100,8	102,57	16,7
EA	L. Físico-química	Destilador	5,8	5,6	5,4	5,6	129,6	118,8	122,4	123,6	14,5
EA	L. Físico-química	Condensador 1	-	-	-	-	76,6	79,2	72,1	75,96	-
EA	L. Físico-química	Condensador 2	-	-	-	-	79,0	79,2	81,0	79,9	-
EA	L. Físico-química	Condensador 3	-	-	-	-	76,4	77,4	77,5	77,1	-
EA	L. Efluentes	Destilador	5,4	5,4	4,8	5,2	111,6	111,6	104,4	109,2	17,8
EA	L. Fermentações	Destilador	7,9	10,4	9,7	9,3	205,2	198,0	201,6	201,6	71,5
PGA	1. Fitobacteriologia	Destilador	3,6	4,0	3,6	3,7	64,8	68,4	34,8	56,0	7,4
PGA	L. Micologia	Destilador	0,7	1,6	1,5	1,3	90,0	86,4	86,4	87,6	24,1
A	L. Solos	Destilador 1	6,0	6,0	6,0	6,0	72,0	72,0	68,2	70,7	11,2
A	L. Solos	Destilador 2	6,4	6,2	6,0	6,2	72,0	72,5	68,2	72,3	11,4
A	L. Sementes	Destilador	2,2	2,5	2,5	2,4	68,4	79,2	79,2	75,6	17,7
A	L. Água e física dos solos	Destilador	5,4	6,1	5,0	5,5	187,2	183,6	180,0	183,6	21,8
A	L. Química dos solos	Destilador	5,4	6,1	5,0	5,5	-	-	-	-	-
MV	L. Virulogia	Destilador	4,3	5,0	5,4	4,9	75,6	61,2	68,4	68,4	8,6
Q	L. Preparações	Destilador	10,8	12,6	11,9	11,8	108,0	118,8	118,8	115,2	19,6
CB,E	L. Bioquímica	Destilador	1,8	1,8	2,5	2,0	39,6	36,0	36,0	37,2	6,2
CB,E	L. Ciências e fisiológicas	Destilador	1,8	1,8	1,8	1,8	21,6	28,8	28,8	26,4	8,8

Tabela 02 : Valores reais e médias da água destilada e do efluente gerado em cada dos equipamento analisado no Campus I da UPF.

4.3 Determinação dos laboratórios que geram maior volume de efluentes com capacidade de reúso

A classificação dos laboratórios que geram maior quantidade de efluentes é necessária para a determinação dos laboratórios que serão monitorados na próxima fase desta pesquisa.

Para realizar essa classificação foram adotados dois procedimentos, quais sejam:

- realizar a classificação com base apenas na quantidade total de efluente gerado, somando-se a média dos efluentes gerados em cada hora e o volume gerado para iniciar a destilação, essa classificação esta apresentada na tabela 04.

- classificar os laboratórios em função da quantidade de efluente gerado para destilar cada litro de água, e nesse caso não esta computado o efluente gerado antes de iniciar a destilação, esse resultado esta apresentado na tabela 03.

Analisando os resultados da tabela 04 os laboratórios que provavelmente terão maior volume de efluente gerado com capacidade de ser reutilizado é o laboratório de Fermentação do curso de Engenharia de Alimentos, seguido do laboratório de Água e física dos solos da Agronomia e o laboratório de Aulas práticas do curso de Engenharia de Alimentos.

Quanto aos resultados da tabela 03, este procedimento foi aplicada apenas para os destiladores, pois para os condensadores não é passível quantificar o volume de água gasto antes de iniciar o seu funcionamento. E por esta primeira análise, da tabela 04, os laboratórios que geraram mais volume de efluente por litro de água destilada foi o aulas práticas do curso de Engenharia de Alimentos, seguido do de micologia da pós-graduação em Agronomia e o de água e física dos solos do curso de Agronomia. No entanto, ressalta-se que para esta última classificação ser mais conclusiva seria necessário a determinação do número de horas que cada laboratório funciona em cada mês.

Dessa forma então, esta primeira avaliação serviu para demonstrar que entre todas as Unidades do Campus I da UPF, que possuem equipamentos destiladores e/ou condensadores, a que possui maior potencial para a implantação de um programa de conservação de água, envolvendo a prática de reúso de água não potável é o prédio L1 da FEAR, onde esta localizado Curso de Engenharia de Alimentos/CEPA (Centro de Pesquisa em Alimentos).

Curso	Nome do Laboratório	Tipo de Equipamento	Volume de Água Produzida (L)	Efluente Gerado Parcial (*) (L)	Efluente Gerado Total (**) (L)	Classificação dos Efluentes	Nome dos Laboratórios
EC	L. Saneamento Ambiental	Destilador	4,9	100,8	117,3	273,1	L. Fermentações - EA
EC	L. Solos	Destilador	3,6	70,7	81,9	205,4	L. Água e física dos solos - A
EA	L. Cromatografia	Destilador	3,0	79,2	91,6	139,4	L. Aulas Práticas -EA
EA	L. Aulas Práticas	Destilador	1,3	124,7	139,4	134,8	L. Preparações - Q
EA	L. Aulas Práticas	Condensador 1	-	75,6	75,6	127,0	L. Efluentes - EA
EA	L. Aulas Práticas	Condensador 2	-	79,6	79,6	123,6	L. Físico-química - EA
EA	L. Microbiologia	Destilador	9,93	102,57	119,3	119,3	L. Microbiologia EA
EA	L. Físico-química	Destilador	5,6	123,6	123,6	117,3	L. Saneamento Ambiental - EC
EA	L. Físico-química	Condensador 1	-	75,8	75,8	111,7	L. Micologia - PGA
EA	L. Físico-química	Condensador 2	-	79,4	79,4	93,3	L. Sementes - A
EA	L. Físico-química	Condensador 3	-	77,3	77,3	91,6	L. Cromatografia- EA
EA	L. Efluentes	Destilador	5,2	109,2	127,0	81,9	L. Solos - A
EA	L. Fermentações	Destilador	9,3	201,6	273,1	79,6	L. Aulas Práticas - C - EA
PGA	L. Fitobacteriologia	Destilador	3,7	56,0	63,4	77,0	L. Virulogia MV
PGA	L. Micologia	Destilador	1,3	87,6	111,7	75,6	L. Aulas Práticas - C - EA
A	L. Microbiologia	Destilador	13,8	57,96	21,3	57,96	I. Fitobacteriologia - PGA
A	L. Solos	Destilador 1	6,0	70,7	81,9	43,4	L. Bioquímica - CB, E
A	L. Solos	Destilador 2	6,3	77,0	80,6	80,6	L. Ciências e fisiológicas – CB, E
A	L. Sementes	Destilador	2,4	75,6	93,3		
A	L. Água e física dos solos	Destilador	5,5	183,6	205,4		
A	L. Química dos solos	Destilador	6,4	6,2	6,0		
MV	L. Virulogia	Destilador	4,9	68,4	77,0		
Q	L. Preparações	Destilador	11,8	115,2	134,8		
CB,E	L. Bioquímica	Destilador	2,0	37,2	43,4		
CB,E	L. Ciências e fisiológicas	Destilador	1,8	26,4	35,2		

(*) média dos efluentes gerados em 1 hora;

(**) soma da média horária e do efluente gerado antes de iniciar a destilação.

Tabela 03 : Classificação dos laboratórios baseado nos efluentes totais gerados em 1 hora de funcionamento.

Curso	Nome do Laboratório	Tipo de Equipamento	Volume de Água Produzida (L)	Volume de Efluente Gerado Parcial (*) (L)	Volume de Efluente Gerado por litro destilado (L)	Ordem dos Valores	Nome dos Laboratórios
EC	L. Saneamento Ambiental	Destilador	4,9	100,8	20,6	95,9	L. Aulas práticas - EA - D
EC	L. Solos	Destilador	6,0	70,7	81,9	67,4	L. Micologia - PGA - D
EA	L. Cromatografia	Destilador	3	79,2	26,4	33,4	L.de Física dos solos - A - D
EA	L. Aulas Práticas	Destilador	1,3	124,7	95,9	31,5	L. Sementes - A - D
EA	L. Aulas Práticas	Condensador 1	-	75,6	75,6	26,4	L. Cromatografia - EA - D
EA	L. Aulas Práticas	Condensador 2	-	79,6	79,6	22,1	L. Físico-química - EA - D
EA	L. Microbiologia	Destilador	9,93	102,57	10,3	21,7	L. de Fermentação - EA - D
EA	L. Físico-química	Destilador	5,6	123,6	22,1	21,0	L. Efluentes - EA - D
EA	L. Físico-química	Condensador 1	-	75,8	75,8	20,6	L. Saneamento Amb. - EC - D
EA	L. Físico-química	Condensador 2	-	79,4	79,4	18,6	L. Bioquímica - CB, E - D
EA	L. Físico-química	Condensador 3	-	77,3	77,3	15,1	I. Fitobacteriologia - PGA - D
EA	L. Efluentes	Destilador	5,2	109,2	21,0	14,7	L. Ciências e fisiológicas - CB, E - D
EA	L. Fermentações	Destilador	9,3	201,6	21,7	14,0	L. Virulogia - MV - D
PGA	I. Fitobacteriologia	Destilador	3,7	56	15,1	11,8	L. Solos - A - D
PGA	L. Micologia	Destilador	1,3	87,6	67,4	10,3	L. Microbiologia - EA - D
A	L. Microbiologia	Destilador	13,8	57,96	21,3	9,8	L. Preparações - Q - D
A	L. Solos	Destilador 1	6,0	70,7	11,8		
A	L. Solos	Destilador 2	6,3	77,0	80,6		
A	L. Sementes	Destilador	2,4	75,6	31,5		
A	L. Água e física dos solos	Destilador	5,5	183,6	33,4		
A	L. Química dos solos	Destilador	6,4	6,2	6,0		
MV	L. Virulogia	Destilador	4,9	68,4	14,0		
Q	L. Preparações	Destilador	11,8	115,2	9,8		
CB,E	L. Bioquímica	Destilador	2,0	37,2	18,6		
CB,E	L. Ciências e fisiológicas	Destilador	1,8	26,4	14,7		

(*) média dos efluentes gerados por hora;

Tabela 04 : Classificação dos laboratórios baseado na geração de efluente por litro de água destilada.

Nesta segunda visita, depois de selecionar os três laboratórios que oferecem maior possibilidade de implantação de um sistema de reuso do prédio mais indicado, os quais selecionados foram somente nos laboratórios do prédio L1, realizou-se uma nova avaliação em relação a produção de efluentes e o consumo de água. Foi constatado então, que a grande geração de efluente verificada no laboratório de fermentações, ver tabela 04, foi devido a existência de um vazamento nas mangueiras do destilador, como também, foi possível verificar que, mesmo gerando um grande volume de efluente, o laboratório de aulas práticas funciona em um pequeno período durante o dia e em alguns dias da semana.

Dessa forma então, chegou-se a conclusão de que, entre os laboratórios localizados no prédio L1, os que apresentam as melhores condições para a implantação de um programa de conservação são os seguintes:

- Laboratório de Efluentes (LACE).
- Laboratório de Microbiologia e o;
- Laboratório de Pesquisas do Leite (SARLE).

Ressalta-se que o laboratório de pesquisa do leite (SARLE) não possui equipamento destilador e/ou condensador, mas possui uma grande demanda de água para o desenvolvimento de suas atividades, como também esta localizado muito próximo ao laboratório de efluentes, o que vai facilitar a implantação de um sistema de reuso que possa atender os dois laboratórios.

4.4 Caracterização da demanda e da oferta de água nos laboratórios escolhidos

O desenvolvimento desta etapa do trabalho foi toda realizada nas novas visitas efetuadas ao prédio L1 onde esta localizado o curso de Engenharia de Alimentos/CEPA.

Um dos primeiros entraves encontrados foi o fato de que o prédio não possui hidrômetro no seu alimentador predial, o que dificultou a determinação do índice de consumo de água. O qual, como sabe-se, é importante para a verificação dos resultados das ações propostas em um programa de conservação de água.

O levantamento e cadastramento de todas as características físicas e funcionais relacionadas ao uso da água foi uma das primeiras ações realizadas nestas novas visitas. Foram levantadas as condições de funcionamento de todos os pontos de utilização do sistema hidráulico situados no prédio, bem como, os procedimentos dos usuários de

cada laboratório levando em conta principalmente o consumo de água e a verificação de facilidades para implantação de um sistema de reúso.

O início do levantamento foi focado nos laboratórios escolhidos, para a determinação das suas demandas e ofertas de água, mas após foi estendido para os outros usos dentro do edifício que pudessem ser realizados por água não potável.

Dentro dos laboratórios o primeiro levantamento foi em relação ao período de funcionamento, como forma de ratificar a escolha dos laboratórios e assim realizar um levantamento mais aprofundado apenas naqueles que apresentarem as melhores condições. Sendo assim foram analisados, de forma preliminar, os seguintes parâmetros:

- Período de funcionamento de cada laboratório por semana (horas);
- Tempo de utilização dos destiladores durante a semana (horas);
- Tempo de utilização das torneiras para a lavagem da vidraria durante o período de uma semana (horas).

Os valores obtidos podem ser visualizados no quadro 06.

Laboratórios	Período de Funcionamento (Horas/semana)	Tempo de funcionamento do destilador (Horas/semana)	Volume de efluente gerado (L/s)	Volume de efluente do dest. gerado por semana (L/semana)	Tempo de utilização das torneiras de lavagem (Horas/semana)
Microbiologia	40 horas	14 horas	0,0385	1940,4	21 horas 1 minuto
Efluentes	40 horas	9 horas	0,0303	982,80	9 horas 17 minutos
SARLE	50 horas	Sem destilador	Não gera	Não gera	2 horas 15 minutos
Físico-química	40 horas	8 horas 40 minutos	0,0343	1.071,20	3 horas 27 minutos
Aulas Práticas	40 horas	6 horas	0,0346	748,20	2 horas 47 minutos
Fermentações	30 horas	4 horas 12 minutos	0,0560(*)	846,72	1 hora 53 minutos
Cromatografia	40 horas	3 horas 27 minutos	0,0196	243,91	1 hora 42 minutos

(*) Verificado vazamento nas mangueiras

Quadro 06: Rotina dos laboratórios no prédio L1 - Engenharia de Alimentos.

Pelo quadro 06, pode-se observar que a aparelho destilador com o maior tempo de utilização é do laboratório de Microbiologia, funcionando 14 horas por semana, o que resulta no maior volume de efluente gerado por semana de 1.435,98 L.

Confirmando a primeira escolha, dos laboratórios para o estudo mais detalhado, quais sejam:

- Laboratório de Efluentes (LACE).
- Laboratório de Microbiologia e o;
- Laboratório de Pesquisas do Leite (SARLE).

Na seqüência realizaremos um estudo quantitativo detalhado, enfocando a demanda de água e a oferta (geração de efluentes) para os três laboratórios escolhidos.

Em alguns dos laboratórios foi necessário realizar visitas durante dois dias consecutivos, devido à sua rotina, pois em um dia são preparados soluções e realizados ensaios e no outro são executados os procedimentos para a manutenção e lavagem de vidrarias.

Os dados quantitativos levantados em cada um dos laboratórios nesta nova fase da pesquisa serão apresentados de três maneiras diferentes:

- apresentação da geração de efluentes pelos aparelhos destiladores de água;
- descrição do consumo de água nas torneiras e aparelhos para a lavagem da vidraria;
- contabilização de todos os usos realizados com água na rotina dos laboratórios.

4.4.1 Análise do laboratório de Microbiologia

Para análise do laboratório de microbiologia foram realizadas novas visitas e acompanhamento em um período de cinco dias úteis da semana para verificação dos volumes de demanda água para os aparelhos e torneiras utilizados na rotina do laboratório.

No início do acompanhamento da rotina no laboratório, foi observado o funcionamento do equipamento destilador de água, medindo o volume de água descartado como efluente. A quantidade de efluente gerado pelo destilador pode ser verificada na tabela 5.

Rotina de funcionamento do destilador			
Dia da semana	Tempo de Funcionamento do Destilador	Volume de efluente gerada (L/s)	Volume total de efluente gerado no período (L)
Segunda - feira	4h 21min	0,0283	443,178
Terça - feira	5h 53min	0,0290	614,220
Quarta - feira	4h 49min	0,0280	485,520
Quinta - feira	7h 33min	0,0236	641,448
Sexta - feira	5h 10min	0,0376	699,360
Consumo total:			2883,726
OBS: O destilador demora em média 4 min e 30 s para começar o processo de destilação e gera em média 10L de efluente até que comece o processo de destilação			

Tabela 5: Volume de efluente gerado pelo destilador no período de 5 dias úteis - Laboratório de Microbiologia

A verificação da rotina de lavagem dos materiais (vidrarias) empregados no laboratório foi realizada após o levantamento de todos os pontos de consumo de água e a medição do volume de água utilizado para cada lavagem.

O laboratório possui quatro (4) torneiras, sendo que duas pertencem a sala de lavagem, que são as mais utilizadas, devido a rotina de limpeza do material empregada. A figura 24 mostra a sala de lavagem.



Figura 24: Sala de lavagem do material no laboratório de Microbiologia – Eng. Alimentos/CEPA – FEAR

O laboratório utiliza, além de água fria, água quente nas torneiras, que são derivadas do sistema de aquecimento do prédio, o qual é realizado por uma sistema de caldeiras à gás GLP.

A vazão de água de cada torneira, o tempo de abertura de cada uma por dia para lavagem e a vazão total de cada dia pode ser visualizado na tabela 6.

Dia da semana	Tempo de Funcionamento (h)	Vazão de água (L/s)	Volume total de água utilizado (L)
Segunda - feira	3h 15min	0,14	1638,0
Terça-feira	3h 19min	0,09	1074,6
Quarta-feira	5h 10min	0,11	2090,0
Quinta-feira	3h 21min	0,13	1567,8
Sexta-feira	5h 56min	0,16	3417,6
Consumo total:			7938,2

Tabela 6: Volume de água utilizado nas torneiras no período de 5 dias úteis - Laboratório de Microbiologia.

Devido à necessidade de determinação da demanda de água no laboratório em estudo, foram também observados todos os equipamentos que utilizam água para seu funcionamento, como as autoclaves e o sistema de lavagem de pipetas.

O laboratório conta com três (3) autoclaves, sendo duas (2) utilizadas para esterilização de material contaminado, e uma (1) para esterilização de material a ser utilizado para as análises no laboratório. Na figura 25 tem-se a possibilidade de visualizar as salas onde as mesmas ficam localizadas.



Figura 25: Sala das autoclaves - Eng. Alimentos/CEPA - FEAR

Cada uma das autoclaves utiliza em média, trinta (30) litros de água em cada ciclo para esterilização de meios de cultura e material utilizado em sua rotina, como também para a esterilização dos materiais que foram contaminados durante a realização das análises microbiológicas, para sua segurança na hora da lavagem e prevenção de contaminação.

Conforme observação e acompanhamento da rotina pode-se observar na tabela 07 o volume de água utilizada pelos aparelhos de autoclaves nos ciclos realizados durante o período de cinco dias úteis da semana.

Rotina de funcionamento das autoclaves do laboratório de microbiologia		
Dia da semana	Finalidade de uso	Volume de água (L)
Segunda-feira	Esterilização para uso	120
Segunda-feira	Esterilização contaminados 1	90
Segunda-feira	Esterilização contaminados 2	90
Terça-feira	Esterilização para uso	120
Terça-feira	Esterilização contaminados 1	120
Terça-feira	Esterilização contaminados 2	120
Quarta-feira	Esterilização para uso	90
Quarta-feira	Esterilização contaminados 1	150
Quarta-feira	Esterilização contaminados 2	100
Quinta-feira	Esterilização para uso	150
Quinta-feira	Esterilização contaminados 1	100
Quinta-feira	Esterilização contaminados 2	200
Sexta-feira	Esterilização para uso	300
Sexta-feira	Esterilização contaminados 1	100
Sexta-feira	Esterilização contaminados 2	150
Total volume de (L)		2000

Tabela 07 : Volume de água utilizadas pelas autoclaves no período de 5 dias úteis – Lab. de Microbiologia.

A limpeza do laboratório de microbiologia é realizada três vezes por semana e nos dias em que se considera necessário, devido ao perigo de contaminação de amostras, permitindo assim, um ambiente estéril.

A captação de água para este tipo de procedimento é realizada nas torneiras das pias da sala de lavagem do laboratório.

Na tabela 08 esta o valor médio de água utilizada para limpeza diária do laboratório.

Rotina da limpeza do laboratório de microbiologia	
Dia da semana	Volume utilizado para limpeza (L)
Segunda - feira	-
Terça - feira	-
Quarta - feira	40
Quinta - feira	40
Sexta - feira	40
Total	120

Tabela 08: Quantidade de água utilizada para limpeza do laboratório.

Na tabela 09 pode-se visualizar os valores da oferta e da demanda de água para o laboratório de microbiologia, mostrando que podemos reduzir em torno 27,58% da quantidade de água potável utilizada se for realizado um sistema de reutilização da água proveniente do destilador existente no laboratório.

Quadro resumo da oferta e da demanda de água no laboratório de microbiologia			
Oferta de água não potável (L)	Demanda de água (L)		
	Demanda de água para lavagem de material		Demanda de água para lavagem do laboratório
	Torneiras	Autoclaves	
2.774,4	7938,2	2000	120
	10.058,2		

Tabela 09 : Resumo da oferta e da demanda de água no período de 5 dias úteis – Lab. de Microbiologia.

A oferta de água não potável pode ser utilizada para suprir aproximadamente 27,58% da demanda total requerida pelo laboratório em estudo.

Ressalta-se que, com as respostas dos técnicos e do pessoal envolvido com o laboratório, fica evidente a existência de uma grande preocupação com relação ao reúso da água descartada pelos aparelhos destiladores, como forma de reduzir o consumo de água potável e assim preservar os recursos hídricos.

4.4.2 Análise do laboratório de Efluentes (LACE)

Da mesma forma como foi feito para o laboratório de microbiologia, foram realizadas novas visitas e acompanhamento em um período de cinco dias úteis da semana para verificação dos volumes de demanda água para os aparelhos e torneiras utilizados na rotina do laboratório.

Neste laboratório foi observado o funcionamento dos equipamentos de uso específico que são o destilador, condensador e o digestor de água, medindo-se o volume de água descartado como efluente em cada um deles.

A quantidade de efluente gerado pelo destilador pode ser verificada na tabela 10.

Rotina de funcionamento do destilador do laboratório de efluentes			
Dia da semana	Tempo de Funcionamento do Destilador	Volume de efluente gerado (L/s)	Volume total de efluente gerado no período (L)
Segunda - feira	3h e 08min	0,0189	213,192
Terça-feira	-	-	-
Terça-feira	4h e 19min	0,0168	261,072
Quinta-feira	2h e,34min	0,0137	126,588
Sexta-feira	4h e 44min	0,0170	289,680
Consumo total:			178,106

Tabela 10: Volume de efluente gerado pelo destilador no período de 5 dias úteis - Laboratório de Efluentes – (LACE)

O outro equipamento de uso específico observado no laboratório de efluentes é o Condensador o qual utiliza água para resfriamento. O condensador consome uma quantidade significativa de água, e gera efluente com possibilidade de reúso.

No laboratório em estudo existem três equipamentos, os quais são muito utilizados. As suas instalações são separadas o que resulta em um grande consumo de água e na geração de quantidade significativa de efluente.

A figura 26, mostra os três sistemas em funcionamento.



Figura 26: Aparelhos condensadores no laboratório de efluentes - Eng. Alimentos/CEPA - FEAR

Na tabela 11 pode-se verificar a vazão de água utilizada pelos três condensadores pertencentes ao laboratório de efluentes, onde cada um é ligado a um registro individual de água.

Rotina de funcionamento dos condensadores do laboratório de efluentes					
Dia da semana	Tempo de funcionamento (h)			Volume de efluente gerado (L/s)	Volume total de efluente gerado no período (L)
	Condensador 1	Condensador 2	Condensador 3		
Segunda	4h	4h	4h	0,0178	768,96
Terça	4h	-	-	0,0186	66,96
Quarta	-	4h	4h	0,0230	165,6
Quinta	4h	-	4h	0,0168	120,96
Sexta	4h	-	4h	0,0165	119,2
Volume total:					1036,8

Tabela 11: Valores de vazão dos aparelhos condensadores pertencentes ao laboratório de efluentes

Outro equipamento de uso específico utilizado pelo laboratório é o digestor, que embora não seja utilizado com tanta frequência como o condensador, consome quantidade considerável de água no processo de resfriamento.

Toda a água utilizada nesse processo não entra em contato com a reação, sendo assim, o efluente mantém quase que todas as características da água de alimentação, que neste caso é potável. O digestor encontra-se demonstrado na figura 27.



Figura 27: Aparelho digestor do laboratório de efluentes - Eng. Alimentos/CEPA - FEAR.

A tabela 12 mostra os volumes de água utilizada pelo aparelho digestor.

Rotina de funcionamento do digestor do laboratório de efluentes			
Dia da semana	Tempo de Funcionamento do Destilador	Volume de efluente gerado (L/s)	Volume total de efluente gerado no período (L)
Segunda - feira	1h, 07min	0,011	42,372
Terça-feira	-	-	-
Terça-feira	-	-	-
Quinta-feira	1h, 15min	0,012	49,105
Sexta-feira	1h, 17min	0,011	47,736
Volume total gerado:			Total: 140,582

Tabela 12: Volume de efluente gerado pelo digestor no período de 5 dias úteis - Laboratório de Efluentes – (LACE)

Para a determinação da demanda de água foi realizada a observação de toda a rotina de lavagem do material utilizado pelo laboratório de Efluentes, medindo sua vazão em cada lavagem para que se obtivessem dados satisfatórios, uma vez que o trabalho de lavagem é realizado por mais de uma pessoa.

O material utilizado pelo laboratório é lavado em pias com água corrente não sendo utilizado nenhum meio alternativo para lavagem da vidraria do laboratório, somente bacias para molho, os quais são essenciais para remoção de material mais

resistente ao detergente. O laboratório possui duas pias para lavagem, cada uma com duas (2) torneiras. Na figura 28 pode-se observar as pias de lavagem.



Figura 28: Pias para lavagem do material no laboratório de efluentes - Eng. Alimentos/CEPA - FEAR..

Ressalta-se ainda que todo material utilizado na rotina, depois de limpo, recebe o último enxágüe com água destilada.

O laboratório utiliza, além de água fria, água quente nas torneiras, que são derivadas do sistema de aquecimento do prédio, o qual é realizado por uma sistema de caldeiras à gás GLP.

A água utilizada pelo laboratório para lavagem do material e abastecimento dos aparelhos deve respeitar os padrões de potabilidade impostos pela portaria nº 518 do MS, para que a mesma não ofereça perigo de contaminação microbológica nem físico-química ao material utilizado na rotina de análises.

Os volumes de água utilizados nas pias de lavagem estão apresentados na tabela 13, sendo que não foram computados os dados referentes a captação de água para limpeza do laboratório, a qual é retirada das mesmas torneiras.

Rotina de funcionamento das torneiras do laboratório de efluentes			
Dia da semana	Tempo de Funcionamento (h)	Vazão de água (L/s)	Volume total de água utilizado (L)
Segunda - feira	1h e 42min	0,15	918
Terça-feira	2h e 7min	0,09	685,8
Quarta-feira	1h e 3min	0,17	642,6
Quinta-feira	47min	0,13	366,6
Sexta-feira	38min	0,07	159,6
Volume total gerado:			2772,6

Tabela 13: Volume de água utilizado nas torneiras no período de 5 dias úteis - Laboratório de Microbiologia.

A limpeza do laboratório de efluentes é realizada com a água captada nas torneiras das pias de lavagem. O procedimento é realizado duas vezes por semana, o que pode ser verificado na tabela 14.

Rotina da Limpeza do laboratório de efluentes	
Dia da semana	Volume utilizado para limpeza (L)
Segunda - feira	40
Terça - feira	-
Quarta - feira	
Quinta - feira	
Sexta - feira	40
Total	80

Tabela 14: Quantidade de água utilizada para limpeza do laboratório de efluentes

Na tabela 15 pode-se visualizar os valores da oferta e da demanda de água para o laboratório de efluentes, mostrando que podemos reduzir em 80 % a quantidade de água potável utilizada e que também pode ser utilizada em outro laboratório, se for realizado um sistema de reutilização da água proveniente do destilador, condensadores e digestor existente no laboratório.

Quadro resumo da oferta e da demanda de água no laboratório de efluentes				
Oferta de água não potável (L)			Demanda de água (L)	
Destilador	Condensadores	Digestor	Demanda de água para lavagem de material	Demanda de água para lavagem do laboratório
969,7968	1036,8	140,582	2.772,6	80
Total da oferta (L)		2147,2	Total demanda	2852,6

Tabela 15 : Resumo da oferta e da demanda de água no período de 5 dias úteis – Lab. de efluentes.

Com o resultado exposto na tabela, podemos visualizar os valores avaliando assim que, no referido laboratório a água de reúso quase supri todas as suas necessidades totais.

Com o resultado das entrevistas realizadas com os professores, alunos e técnicos envolvidos com o funcionamento do laboratório de efluente, fica evidente a existência de uma grande preocupação com relação ao reúso da água descartada pelos aparelhos de uso específico, como forma de reduzir o consumo de água potável e assim preservar os recursos hídricos.

4.4.3 Análise do Serviço de análise de rebanho leiteiro (SARLE)

O serviço de análise de rebanho leiteiro (SARLE) foi visitado nesta etapa da pesquisa, mesmo não possuindo nenhum equipamento de uso específico, devido ao seu alto consumo de água, o qual foi possível constar nas primeiras visitas realizadas ao prédio da engenharia de alimentos, como também pelo seu posicionamento em planta, logo abaixo do laboratório de efluentes, o que facilitará a distribuição da água não potável para ele.

Neste laboratório o acompanhamento da rotina foi realizado para a determinação da demanda de água potável.

O laboratório possui uma máquina de lavagem industrial, que foi adaptada para uso no laboratório, sendo usada para lavagem e esterilização com água quente do material utilizado em sua rotina. Ressalta-se que as peças lavadas são de material plástico, não podendo ser disposto no interior vidraria de espécie nenhuma. Nas figuras 29 pode-se observar a máquina pronta para realização da lavagem.



Figura 29: Material disposto para lavagem na máquina industrial no SARLE

A máquina utilizada pelo laboratório para lavagem de material, apesar de lavar somente as cubetas e suas tampas, economiza água devido ao seu sistema de funcionamento que utiliza água quente e oferece a possibilidade de retirar toda a sujeira, devido ao seu funcionamento ser por tombamento, e ainda utiliza uma quantidade determinada de água em cada lavagem.

Por dia são lavados e esterilizados uma grande quantidade de frascos utilizados nas análises realizadas pelo laboratório, os quais não tem a necessidade de serem descartados, que chega de toda região sul do país.

Na tabela 16 pode-se visualizar o volume gasto por essa máquina durante o período de uma semana.

Rotina de funcionamento da máquina industrial no SARLE			
Dia da semana	Número de ciclos por dia	Volume de água em cada ciclo (L)	Volume total de água (L)
Segunda – feira	4	360	1440
Terça-feira	5	360	1800
Quarta-feira	4	360	1440
Quinta-feira	5	360	1800
Sexta-feira	5	360	1800
Volume total:			8640

Tabela 16: Volume de água utilizado na máquina industrial no período de 5 dias úteis - SARLE

É importante ressaltar que, antes dos frascos serem depositados no interior da máquina para sua lavagem, os mesmos são colocados em tanques de lavagem para que sejam esvaziados e recebem um enxágüe para remoção da sujeira mais grosseira, como pode ser observado na figura 30.

Essa quantidade de água varia muito, sendo somente realizado esse enxágüe para remoção mais grosseira e lavagem dos tanques após a disposição dos frascos na máquina. Motivo pelo qual esse valor não foi contabilizado no cálculo da demanda do SARLE.



Figura 30: Pia de descarta das amostras e enxágüe dos fracos - SARLE

Além do material lavado na máquina, o laboratório utiliza os tanques de lavagem para assepsia de outros materiais utilizados nas rotinas de análises.

O laboratório em sua rotina utiliza para ambientalização das amostras tanques de banho-maria para que as amostras que chegam resfriadas atinjam a temperatura desejada (em torno de 36°C), conforme figura 31, para só então serem analisadas pelo sistema. Esse sistema de refrigeração logo após a amostragem, seguido de banho-maria na hora da análise assegura a integridade da amostra desde o momento em que a mesma é coletada até sua análise.



Figura 31: Tanques de banho-maria para ambientalização das amostras - SARLE

Os tanques de banho-maria também utilizam quantidades conhecidas de água por dia, oferecendo assim, facilidade na hora de contabilizar a água utilizada pelo equipamento. A tabela 17 apresenta os valores.

Rotina dos tanques de banho-maria no SARLE			
Dia da semana	Volume de água por tanque (L)	Número de tanques por dia	Volume total de água (L)
Segunda - feira	50	2	100
Terça-feira	50	2	100
Quarta-feira	50	2	100
Quinta-feira	50	2	100
Sexta-feira	50	2	100
Volume total:			500

Tabela 17: Volume utilizado nos tanques de banho-maria no período de 5 dias úteis - SARLE

Assim como nos outros laboratórios analisados, foi observada a rotina de limpeza do laboratório que é realizada diariamente, devido à necessidade de manter o ambiente estéril para que não haja contaminação das amostras, e devido à ocorrência freqüente de derrame dos conteúdos dos vasilhames.

A limpeza é realizada através da captação de água em baldes de volumes conhecidos nas torneiras das pias do laboratório. O volume gasto neste procedimento é apresentado na tabela 18.

Rotina de Limpeza do laboratório - SARLE			
Dia da semana	Volume de água por balde (L)	Número de baldes	Volume de água (L)
Segunda - feira	20	2	40
Terça-feira	20	2	40
Quarta-feira	20	2	40
Quinta-feira	20	2	40
Sexta-feira	20	2	40
Volume total:			200

Tabela 18: Volume utilizado para limpeza no período de 5 dias úteis - SARLE

O laboratório em estudo ainda utiliza água para deionização as quais são utilizadas no preparo de soluções para os equipamentos de rotina do laboratório.

A água da torneira passa por um sistema onde todos os íons livres são retirados para que esses não interfiram na confecção das soluções utilizadas pelo laboratório para serem utilizadas nos processos de análise do leite.

Essa quantia é significativa devido a todas as manhãs serem preparados seis (6) recipientes, de 20 L cada, de soluções para uso nas análises, e na parte da tarde essas soluções são novamente feitas (4 galões de 20 litros cada), devido ao grande volume de amostras utilizadas.

Esse sistema de deionização descarta uma quantidade sem significância no seu processo.

Na tabela 19 podemos visualizar os valores da demanda de água no laboratório SARLE, mostrando que podemos reduzir em 22,4 % a quantidade de água potável utilizada, caso o excedente do laboratório de efluentes possa ser reaproveitamento no SARLE.

Quadro resumo da demanda de água no SARLE			
Demanda de água nos processo e na lavagem dos materiais (L)			Demanda de água para lavagem do laboratório (L)
Máquina industrial	Tanques de Banho-maria	Deionização	200
8640	500	240	
Total		9380	
Total da demanda			9580

Tabela 19 : Resumo da demanda de água no período de 5 dias úteis – SARLE.

Após a comparação entre a oferta de água não potável e a demanda de água nos três laboratórios selecionados, fica evidente o grande potencial que cada um dos laboratórios possui para a implementação de um plano de conservação de água, mais especificamente de reaproveitamento dos efluentes provenientes de aparelhos de uso específico, destiladores e condensadores.

No entanto, não basta somente quantificar os volumes ofertados e demandados é necessário a realização da qualificação dos efluentes gerados, como também a determinação dos padrões que a água tem que obedecer para poder ser reaproveitada nos laboratórios.

4.5 Qualificação dos efluentes gerados pelos aparelhos destiladores e torneiras dos laboratórios

Para a realização da qualificação dos efluentes gerados pelos aparelhos destiladores nos laboratórios escolhidos, estes foram observados no período de 08 de janeiro de 2007 a 08 de fevereiro de 2007.

Como não existe uma padronização para as águas de reúso no Brasil, realizamos em conjunto com a qualificação dos efluentes dos aparelhos, a análise da água potável disponibilizada nas torneiras dos laboratórios em estudo.

As análises realizadas nos efluentes dos aparelhos destiladores foram comparadas com os seguintes padrões:

- **Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde** - que estabelece procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de qualidade.

Referem-se a *Escherichia coli* e a coliformes fecais que devem estar ausentes em 100ml de água para consumo humano, e aos coliformes totais: ausência em 100ml em 95% das amostras para os sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês; e para os sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês, apenas uma amostra poderá apresentar resultados positivos mensalmente em 100ml (CONAMA,2004 apud FIORE, 2005). Segundo a Portaria a água de reúso para ser utilizada em bacias sanitárias, limpeza do chão e lavagem de vidraria, deve obedecer aos padrões de potabilidade da água, não oferecendo assim, nenhum

risco à saúde de quem entra em contato com a água e também quem manuseia o material lavado com a água de reúso;

- **Resolução CONAMA 357/05** – Refere-se aos padrões ambientais ou os padrões microbiológicos para o lançamento de efluentes nos corpos d'água do Brasil, ou às águas brutas destinadas a diversos usos.

Classifica as águas segundo seus usos preponderantes, em nove classes: As águas doces são enquadradas nas quatro primeiras e destinadas: Classe Especial – abastecimento doméstico, sem prévia ou com simples desinfecção; Classe 1 – ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado, à proteção de comunidades aquáticas, à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho) e à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem no solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; Classe 2 - ao abastecimento doméstico após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e à criação natural (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana; Classe 3 - ao abastecimento doméstico após tratamento convencional, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras e à dessecação de animais; e Classe 4 – navegação, harmonia paisagística e aos usos menos exigentes. O quadro 12 apresenta a classificação das águas em função dos usos (CONAMA,2004 apud FIORE, 2005).

- **Portaria 05/89–SSMA (Secretaria da Saúde e Meio Ambiente)** - que estabelece os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos a serem observados por todas as fontes poluidoras, existentes ou a serem implantadas, que lancem seus efluentes nos corpos d'água interiores do Rio Grande do Sul.

4.5.1 Resultados dos parâmetros analisados

4.5.1.1 Análises microbiológicas

As análises realizadas foram a de coliformes totais e fecais e a contagem total de bactérias patogênicas, para que se pudesse verificar a necessidade de tratamento da água para seu reúso quanto a possíveis possibilidades de danos a saúde dos usuários dos

laboratórios analisados. Na tabela 20 podemos observar os resultados obtidos nas análises realizadas no laboratório de água e microbiologia do curso de engenharia de alimentos, para os parâmetros de coliformes fecais e totais, junto com os valores máximos permitidos pelas legislações analisadas, onde pode-se observar a quantidade praticamente existente de coliformes estando a qualidade dessa água dentro dos padrões microbiológicos exigidos pelo Ministério da saúde.

Pesquisa de Coliformes Totais e Fecais				
Laboratório	Microbiologia	Efluentes	Valores permitidos	Possibilidade de reúso sem tratamento
Coliformes Totais/fecais	<1,1	<1,1	Ausência	Pode ser reutilizado sem tratamento
Portaria	518 Ministério da Saúde		518 Ministério da Saúde	

Tabela 20: Resultados e comparações para pesquisa de coliformes

Também para uma análise mais segura quanto a pesquisa microbiológica foram pesquisadas a presença de bactérias patogênicas, as quais podem causar muitos danos a saúde como infecções intestinais, vômitos etc.

Essa pesquisa foi realizada a partir da amostragem em placas de petry contendo meio de cultura nutritivo como se pode verificar na figura, onde o meio propicia o crescimento dessas bactérias e ficando em temperatura controlada por no mínimo 24 horas.

Depois do período de incubação nas estufas, as placas são retiradas e comparadas com as placas padrão, e então é feita a contagem das colônias de bactérias que se desenvolveram.

Não houve formação expressiva de colônias de bactérias, classificando assim, como potável quanto à presença de bactérias patogênicas.

Os valores encontrados e a comparação quanto a potabilidade estão presentes na tabela 21 e pode-se observar que os valores encontrados são inferiores aos valores máximos permitidos, esclarecendo que a qualidade dessa água obedece aos padrões exigidos pelo Ministério da Saúde.

Laboratório de Microbiologia e Laboratório de Efluentes				
Contagem total de bactérias patogênicas				
Laboratório	Microbiologia	Efluentes	Padrão	Pode ser reutilizado?
Resultado	$2,7 \times 10^2$	<1,0	Ministério da Saúde	Sim, potável
VMP	$5,0 \times 10^2$	$5,0 \times 10^2$	Ministério da Saúde	Sim, potável

Tabela 21: Resultados e comparações para pesquisa de coliformes conforme Portaria 518 do Ministério da Saúde.

Ressalta-se que tanto a coleta de amostras para análise microbiológica, como as coletas para análise físico-química foram realizadas em um mesmo dia.

Ressalta-se que tanto a coleta de amostras para análise microbiológica, como as coletas para análise físico-química foram realizadas em um mesmo dia.

4.5.1.2 Análises físico-químicas:

Para análises físico-químicas foram realizados análise de pH, condutividade, sólidos totais e dureza, para que então se houvesse necessidade, o aprofundamento da pesquisa.

Quanto ao pH, que dependendo de seu resultado pode acusar muitas contaminações, como se pode visualizar na tabela 20 e na figura 50 o resultado remetido pelo laboratório nos laudos mostram que as amostras encontram-se dentro dos padrões de potabilidade da água.

Após a realização de medição do pH, e o fornecimento de dados satisfatórios quanto ao mesmo foram então as amostras submetidas a análise de condutividade.

Novamente a condutividade respeitou os padrões de potabilidade como pode-se observar na tabela 20.

Depois de realizadas as análises de condutividade de pH, foram então submetidas as amostras a análise de sólidos totais para verificação quanto a impurezas que podem estar presentes nas amostras e interferirem na sua aparência e potabilidade.

Como a quantidade de sólidos totais não é significativa e encontra dentro dos padrões, a água foi considerada potável para análise de sólidos totais, segundo laudos fornecidos pelo laboratório de físico-química.

Para certificação e segurança dos resultados, foi realizada também análise de dureza da água. Da mesma maneira que a condutividade, pH e sólidos totais

obedeceram aos padrões de potabilidade, a análise de dureza também ofereceu resultados satisfatórios como se pode observar na figura 53 e 54, e na tabela 22, onde se encontram todos os resultados referentes a análises físico-químicas.

Laboratório de Microbiologia e Laboratório de Efluentes				
Pesquisa	Laboratório	Resultado	VMP	Potabilidade
Análise de pH	Microbiologia	7,79	6 – 9,5	Potável
Análise de pH	Efluentes	7,62	6 – 9,5	Potável
Análise de Condutividade	Microbiologia	65,8	2000	Potável
Análise de Condutividade	Efluentes	67,3	2000	Potável
Análise de sólidos Totais	Microbiologia	100	1000	Potável
Análise de sólidos Totais	Efluentes	107	1000	Potável
Análise de dureza	Microbiologia	18,6	500	Potável
Análise de dureza	Efluentes	17,8	500	Potável

Tabela 22: Resultados e comparações para pesquisa de pH, conforme os valores ideais ditados Standard Methods Measurement.

Após realização das análises e verificação de sua potabilidade através dos laudos fornecidos, passou-se então a analisar as possibilidades de cada um dos três laboratórios para futura instalação de um sistema de reúso.

Segundo esse acompanhamento, devido as condições de localização de sala de lavagem, destilador e ainda a disponibilidade do laboratório para implantação de um sistema, selecionou-se o laboratório de microbiologia, o qual destila grande quantidade de água por dia e tem uma captação significativa diariamente.

Ainda para segurança quanto à escolha do laboratório, elegeu-se a necessidade de realização de um acompanhamento mais longo da rotina desse laboratório.

Foi então realizado um acompanhamento durante trinta (30) dias no laboratório selecionado, o qual foi o indicado para implantação do sistema de reúso, onde se realizou o acompanhamento de rotina de funcionamento do equipamento destilador de água e lavagem de material (abertura de registros). Na tabela 23 pode-se visualizar a demanda de geração de efluentes pelo equipamento destilador de água no período de 08 de janeiro de 2007 a 07 de fevereiro de 2007 (dias de funcionamento).

Laboratório de Microbiologia - Destilador				
Acompanhamento dias úteis mês janeiro				
Dia da semana	Dia/mês	Período de funcionamento (h)	Vazão (L/h)	Volume total (L)
Segunda-feira	8/jan	4h 34min	102	442,68
Terça-feira	09 – 01	X	X	X
Quarta-feira	10 – 01	4h 50min	100,8	453,6
Quinta-feira	11 – 01	7h 25min	95,2	690,2
Sexta-feira	12/jan	5h 10min	112,4	573,24
Segunda-feira	15 – 01	X	X	X
Terça-feira	16 – 01	5h 23min	104,7	547,58
Quarta-feira	17 – 01	4h 03min	102,7	413,88
Quinta-feira	18 – 01	X	X	X
Sexta-feira	19 – 01	6h 17min	100,9	622,55
Segunda-feira	22 – 01	2h 26min	97,8	221,02
Terça-feira	23 – 01	5h 44min	110,7	602,21
Quarta-feira	24 – 01	X	X	X
Quinta-feira	25 – 01	X	X	X
Sexta-feira	26 – 01	3h 56min	103,9	369,88
Segunda-feira	29 – 01	6h 03min	92,7	558,98
Terça-feira	30/jan	X	X	X
Quarta-feira	31/jan	X	X	X
Quinta-feira	1/fev	5h 55min	100,8	559,44
Sexta-feira	02 – 02	X	X	X
Segunda-feira	03 – 02	6h 49min	102,5	665,22
Terça-feira	4/fev	3h 27min	102,3	334,52
Quarta-feira	05 – 02	X	X	X
Quinta-feira	06 – 02	2h 02min	100,3	202,61
Sexta-feira	7 - 02	7h 04min	98,7	694,85

Tabela 23: volume de água para reúso gerada e tempo de abertura do registro para destilação

OBS: A proximidade nos valores das vazões é devido ao laboratório possuir registro onde o mesmo é programado para abrir somente uma quantia aproximada.

O tempo aproximado que leva para o destilador começar a destilar é de três (3) minutos e sete (7) segundos, os quais foram computados, sendo cronometrados o tempo de destilação a partir do momento da abertura do registro.

Não oferecendo uma diferença significativa nos valores de volume, quando realizada a medida da vazão antes e depois do início da destilação, a medição revelou uma variação de 0,1 L/h, do momento em que o registro foi ligado e no momento da destilação.

Durante a realização do monitoramento no laboratório de Microbiologia foram novamente realizadas coletas de amostras do efluente gerado pelo destilador e da água do registro na sala de lavagem onde são lavados todos os materiais utilizados pelo laboratório, obedecendo ao mesmo padrão de análise da realizada anteriormente.

Estima-se que com a implantação de um sistema de reúso, haverá em um primeiro momento a diminuição de 10% (no mínimo) de economia de água.

Esta água será utilizada nos registros juntamente com a água aquecida da caldeira, podendo ser utilizada para lavagem de material, molho do material para lavagem, abastecimento de autoclaves, limpeza, bem como retornar para o destilador para processo de destilação, e ainda pode ser utilizada nas bacias sanitárias devido a obedecer os padrões de potabilidade.

5 CONCLUSÃO

A oportunidade de realização deste trabalho foi muito valiosa, uma vez que ampliou os horizontes e possibilitou uma visão bastante enriquecedora sobre o que seja a realidade dos laboratórios pertencentes ao campus I da Universidade de Passo Fundo, em relação a geração de efluentes provenientes dos equipamentos condensadores e destiladores de água, bem como a possibilidade de reutilização dos mesmos para vários fins no próprio laboratório. Também o acompanhamento da rotina dos laboratórios em estudo, permitiram um satisfatório conhecimento das atividades ali desenvolvidas, onde a maioria utiliza água em abundância. A oportunidade de conhecer e visualizar a execução de suas rotinas básicas e desenvolver o objetivo específico deste trabalho que foi quantificar o efluente gerado pelos equipamentos condensadores e destiladores de água, a rotina, que utilizam água para seu funcionamento e ainda estudar a viabilidade de implantação de um sistema de reúso.

Fica comprovada a validade da busca de adoção de medidas para reutilização da água proveniente como efluente dos equipamentos condensadores e destiladores de água nos laboratórios pertencentes a universidade em estudo, existindo como alternativa concreta para se obter a diminuição e até mesmo o controle dos desperdícios de água, sendo que pode-se visualizar a disposição da universidade em inovar, efetuar algum investimento e esperar para colher resultados mais duradouros, como futuramente a implantação de um sistema de reúso em outros laboratórios da universidade.

O estudo e quantificação do efluente gerado pelos equipamentos condensadores e destiladores de água da Universidade de Passo Fundo, exhibe resultados expressivos e satisfatórios, no que se refere a possibilidade de implantação de um programa de conservação e reúso, demonstrou que a utilização dos equipamentos condensadores e destiladores de água consome alto volume de água potável no seu processo de funcionamento e ao mesmo tempo gera um grande volume de efluente.

A essência do estudo está na observação e análise de todos os fatores que interferem no consumo de água de cada um dos laboratórios em estudo e a possibilidade de implantação de um sistema de reúso em cada um.

Observa-se também, que nos assuntos abordados pela revisão da literatura, foram poucas as contradições entre os autores abordados, em relação aos dados apresentados, apesar de ser um assunto novo, pouco abordado no país, quando se trata de implantação de reúso em Universidades.

Conclui-se, portanto, que os objetivos traçados nesta pesquisa foram atingidos, reafirmando os benefícios que foram alcançados pela Universidade na realização de um estudo de implantação de um programa de conservação e reúso, bem como a estimativa da economia que possivelmente será obtida após a implantação do sistema de reúso nos laboratórios pertencentes a Universidade de Passo Fundo, sendo que, os custos da implantação, através das estimativas realizadas, deverá ser revertido a curto prazo em lucro, pois no caso específico do laboratório de microbiologia a redução do volume de água potável pode chegar a 27,5%, no laboratório de efluentes a redução pode alcançar o valor de 76% da demanda do próprio laboratório. Caso a oferta de água for distribuída entre os laboratórios de efluentes e do SARLE a redução pode alcançar o valor de 17%, trazendo um retorno muito positivo utilizando a água desse reúso, no momento em que a universidade deixa de tratar uma água limpa, que antes de partir para ETE será reutilizada dentro do próprio laboratório, economizando em água, e produtos para tratamento, preservando assim o meio ambiente.

Como também, a análise qualitativa dos efluentes, demonstrou que estes podem ser utilizados diretamente nos processos que envolvem o uso de água nos próprios laboratórios onde são geradas, pois comparando com os padrões para água potável estes resultaram totalmente adequados.

Analisando o retorno financeiro obtido pela Universidade em economia de produtos para tratamento, torna-se evidente mais esse atrativo, para que outras universidades invistam em programas de conservação e reúso, pois está comprovado que além de possibilitar a organização uma imagem positiva perante os órgãos ambientais, estimula seus usuários a controlarem os desperdícios e aproveitarem melhor seus recursos hídricos tanto no ambiente de trabalho como em suas residências, trazendo assim, não só vantagens para a Universidade como para seus funcionários e alunos, uma vez que os mesmos estimulam mais pessoas a terem a mesma conduta em relação a água.

Tendo em vista que todos os aspectos analisados na pesquisa: usos da água, desperdícios nos laboratórios, controle de efluentes, implantação de programa de

conservação e reúso nos laboratórios da universidade, ressalta-se a importância em manter o controle dos desperdícios de água nos laboratórios e observação da possibilidade de reutilização dos efluentes gerados por determinados equipamentos utilizados nos mesmos, pois estas ações trazem à universidade, além de benefícios econômicos, uma imagem positiva, onde todos se preocupam com a água e conseqüentemente com o meio ambiente.

Apesar da escassez de tempo para realização da instalação do sistema, estima-se que a economia de água é significativa, podendo assim, conseqüentemente em um futuro bem próximo, acarretar em instalações de sistemas de reúso em muitos laboratórios pertencentes a universidade e servindo de modelo para outras instituições, não esquecendo que antes da implantação de um sistema de reúso deve-se implantar primeiro um programa de conscientização e conservação junto aos usuários quanto ao controle de desperdício e uso consciente dos recursos hídricos.

Quanto as análises de potabilidade, outro fator muito importante quando se trata de reúso, os resultados das análises foram satisfatórios no momento em que demonstram que a água a ser utilizada no sistema, além de obedecer aos padrões de potabilidade, tem qualidade semelhante a utilizada pelos mesmos nas torneiras, facilitando assim a instalação do sistema que pode ser realizado para fins de lavagem de materiais, abastecimento de autoclaves, nos reservatórios das bacias sanitárias.

Conclui-se também que, no momento em que há entre os usuários uma conscientização em um programa de conservação, as medidas adotadas pelos usuários refletem inclusive nas suas vidas pessoais, nas suas casas, onde todos acabam adquirindo o hábito da economia de água, fazendo melhor uso dos recursos hídricos e controlando o desperdício.

Em relação ao laboratório selecionado, o mesmo além de utilizar maior volume de água destilada e nos registros, está posicionado de maneira que a infra-estrutura na sofra grandes modificação com uma futura instalação e implantação do sistema, contando também com a colaboração dos funcionários que desde o primeiro momento, se dispõem a favor para que a implantação ocorra, controlando os desperdícios e tornando o ambiente favorável para instalação de um sistema de reúso.

Com base nestes resultados o próximo passo neste trabalho será a implantação e o monitoramento de um sistema de reúso para estes três laboratórios para determinar a redução real no consumo de água potável para o prédio em estudo.

5.1 Recomendações para trabalhos futuros

Como sugestões para trabalhos futuros pode-se indicar:

- Valorar os benefícios da implantação de um sistema de reúso nos demais laboratórios do CEPA;
- Implantação da parte estrutural do sistema de reúso e quantificação da economia de água e controle de desperdícios pelo laboratório de Microbiologia do CEPA, após implantação;
- Realizar trabalhos na universidade em estudo, utilizando técnicas de economia de material na parte de infra-estrutura e outros segmentos para facilitar um sistema de reúso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA; **MB-3463:1991**; Bactérias coliformes totais, coliformes fecais e Escherichia coli em alimentos; disponível em <http://www.redeblh.fiocruz.br/media/controlesan.pdf>; acesso em 06/07/2006.

ÁGUA ABSOLUTA; **Equipamentos para Laboratórios**; São Paulo; disponível em <http://www.aguaabsoluta.com>; acessado em 14/06/06

AL-SHAMMIRI, M.; AL-SAFFAR, A.; BOHAMAD, S.; AHMED, M.; **Água Residual Qualidade e Reúso em Irrigação no Kuwait Utilizando Tecnologia de Microfiltração no Tratamento**; disponível em <http://www.Science Direct.com>; acessado em 18/11/ 2005.

ANA, Agência Nacional das Águas; **Conservação da Água e Solo**; disponível em <http://www.ana.gov.br/gestaoRecHidricos/ConservacaoAguaSolo/default2.asp>; acessado em 25/06/2006.

ANA, Agência Nacional das Águas; **Conservação e Reúso da Águas em Edificações**; São Paulo – SP; 2005; disponível em: <http://www.ana.gov.br/gestaoRecHidricos/Conservacaoaguaedific/default2.asp>; acesso em 25/06/2006.

APHA; **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**; American Public Health Association, Washington; 1995.

ATKINS, P.; JONES, L.; **Princípios da Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente**; Editora ARTMED; São Paulo; 2001.

BRASIL; **Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981**; Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação (com redação dada pelas Leis nº 7804, de 18 de julho de 1989 e 8028, de 12 de abril de 1990) e dá outras providências; Art. 2º, Art. 4º, vii; Art. 14, iv, 1º; Diário Oficial da União, 02/09/1981.

COLT, J.; **Requisitos da Qualidade da Água para Sistemas de Reúso**; revista Science Direct; disponível em <http://www.elsevier.com/locate/desal>; acessado em 02/12/2005.

FERNANDES, V., M., C.; **Padrões para Reúso de Águas Residuárias em Ambientes Urbanos**; Palestra ministrada no II Simpósio Nacional sobre p Uso da Água na Agricultura; Passo Fundo; março; 2006.

FERRARI, K., R.; **Aspectos Ambientais do Processo de Fabricação de Placas de Revestimentos Cerâmicos (via úmida), com ênfase nos Efluentes Líquidos**; Tese apresentada como requisito parcial para Obtenção do grau de Doutor em Ciências na área de Tecnologia Nuclear – Materiais; Universidade de São Paulo; São Paulo – SP; 2000.

FIESP; CIESP; **Conservação e Reúso de água**; Manual de orientação para o Setor Industrial; Volume 1; São Paulo; ano 2005.

FIORI, S.; Avaliação Qualitativa e Quantitativa do Potencial de Reúso de Água Cinza em Edifícios Residenciais Multifamiliares; Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, para obtenção do título de Mestre em Engenharia; Passo Fundo, 2005.

GAW, A; COWAN, A., R.; O'REILLY, D., ST., J; STEWART, M., J.; SHEPHERD, J.; **Bioquímica Clínica**; Segunda edição; Editora Guanabara Koogan; Glasgow, Ucrânia; 2001; 165p.

GOLDSTEIN, G., E.; et al.; **Procedimentos para Utilização de Testes de Toxicidade no Controle de Efluentes Líquidos**; São Paulo – SP; CETESB; 1990 (séries manuais).

GOLDSTEIN, G., E.; et al.; **Procedimentos para Utilização de Testes de Toxicidade no Controle de Efluentes Líquidos**; São Paulo – SP; CETESB; 1990 (séries manuais).

GUSMÃO et al.; **Diagnóstico Brasil – A Ocupação do Território e o Meio Ambiente**; Rio de Janeiro – RJ; IBGE, 1990

IHP/UNESCO; **Ciclo Hidrológico da Água**; capítulo 1, página 7; disponível em <http://www.unesco.com.br>; acesso em: 20/12/2006.

IEPA – **Distribuição da água no planeta**, disponível em <http://www.iepa.ap.gov.br>; acesso em 20/12/2006.

ITASUL, Indústria e comércio de aparelhos para Laboratórios da região sul; **Destiladores Elétricos**; Disponível em <http://www.itasul.com.br/equipamentos/destila>; acessado em 14/6/2006.

MANCUSO, P.,C.,S.; SANTOS, H., F.; **Reúso de Água** – volume único – edição; Editora Manole; Universidade de São Paulo; Faculdade de Saúde Pública; Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental; NISAM – USP, ano 2003.

MANUAL DE REÚSO E CONSERVAÇÃO DE AGUA EM EDIFICAÇÕES. São Paulo. Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br>. Acesso em 17 de julho de 2006.

MICRONAL; Boletim de Aplicação; **A Saúde da Água**; disponível em: http://www.micronal.com.br/artigostecnicos/saude_agua.htm; acessado em 25/06/2006.

MORELLI, E., B.; **Reúso de água na Lavagem de Veículos**; Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia; São Paulo; 2005.

OGA, S.; **Fundamentos da Toxicologia**; Edição única; Editora Atheneu; São Paulo; 1996; 515p.

SÃO PAULO; **Manual de Reúso e Conservação de Água em Edificações**; Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br>. Acesso em 17 de julho de 2006.

MITCHELL a, V.G.*, DIAPER b, C.; **Simulação de Ciclos Urbanos da Água e sua Contaminação**; Revista Water Resource; Austrália; disponível em <http://www.periodicos.capes.gov.br>; acessado em 22/11/2005.

NUNES, S.; ILHA, M.; CELSO, L., G., B.; ROGGERS JR, A.; **Avaliação do Potencial de Reúso de Água em Equipamento de Análises Clínicas**; Departamento de Arquitetura e Construção – Faculdade de Engenharia Civil; Universidade Estadual de Campinas, Brasil; 2005.

NUNES, J., A.; **Tratamento Físico-químico de Efluentes Industriais**; Aracaju, 1993.

OLIVEIRA, L. H; **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da Água em edifícios**; 1999. 360p. Tese (Doutorado)-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

OLIVEIRA, L., H.; **Minimização de desperdícios de água em processos de purificação da água - Estudo de Caso – Universidade de São Paulo**; ANTAC; São Carlos, SP; 2007

PEREIRA, B. et al.; **Técnica de abastecimento e tratamento de água**; CETESB – Vol. I - 2ª edição, disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br>; acessado em 11/11/2005.

PERRY, R., H.; CHILTON, C., H.; **Manual de Engenharia**; Quinta edição traduzida; Editora Guanabara Dois; UFRJ; Pág. 17 – 46; Rio de Janeiro, 1980.

POMBEIRO, A., J., L., O.; **Técnicas e Operações Unitárias em Química Laboratorial**; 4ª edição; Lisboa; 2003.

RICHTER, C., A.; NETTO, J., M., A; **Tratamento de Água; Tecnologia Atualizada**; Editora Edgard Blücher LTDA; 4ª Reimpressão; pág 30 a 40; 2002.

RIVIÈRE, J.W.Maurits la; **Água**; Tese para obtenção do título de PhD em Microbiologia; Delft University of Technology, Holanda; 2004;; disponível em <http://www.geocities.com/~esabio/água>; acessado em 01/11/2005

REVISTA AMBIENTE BRASIL; **Ciência, Ecologia e Meio Ambiente**; Edição 20, Nº 19 – Julho/Agosto/99, Pag.44/45; disponível em <http://www.ambientebrasil.com.br/composer>; acessado em 20/11/2005.

SEMAD, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento sustentável de Minas Gerais; **Indicadores Ambientais**; acessado em 25/06/2006; disponível em http://www.semad.mg.gov.br/indicadores_agua.asp.

SIRIVEDHIN, T.; GRAY K., A.; **Parte I. Identificação antropogênica na superfície da água influenciada pelo tratamento de efluentes: uma ferramenta para o reúso de água potável**; Revista Water Research; volume nº39; páginas 1154 – 1164; disponível em <http://www.elsevier.com/locate/watres>; ano 2005; acesso em 14/12/2005.

TAMAKI, H. SILVA, G. GONÇALVES,O.; **Submetendo o Elemento Água a uma Administração da Demanda em Programas de Conservação de Água**; Revista Water Supply and Drainage for Buildings; September 17-20, 2001 - Portoroz, Slovenia; disponível em [http://www.periodicos.capes.gov/water supply](http://www.periodicos.capes.gov/water%20supply); acessado em 08/06/2006.

TAVARES, C., A.; **Confecção de Equipamento Purificador e Economizador de Água do ICB de Minas Gerais**; Universidade de Minas Gerais; *abril de 2004*; disponível em <http://www.ufmg.br/online/arquivos/carlosalberto-destilador>; acessado em 12/06/2006.

TOMMASI, L., R.; **Estudo de Impacto Ambiental**; São Paulo – SP; CETESB; Terragraph Artes e Informática; 1994; p 219 – 327.

UNIÁGUA, Universidade das Águas; **Qualidade das Águas**; acessado em 25/06/2006; disponível em <http://www.uniagua.org.br/website/default.asp?tp=3&pag=qualidade.htm>.

YANG, H.; WANG, L.; ABBASPOUR, K. C.; ZEHNDER, A. J. B; **Caminho da Água: Eficiência do Uso da Água no Comércio Global de Alimentos**; Revista Hydrology and Earth Systems Science Discussions; Volume 3; pág 1 – 26; jan, 2006; disponível em <http://www.sciencedirect.com>. acessado em 19/06/2006;

WUNDER, L., R.; **Avaliação Durante Operação dos Sistemas Hidráulicos Prediais e Urbanos E de Conjuntos Habitacionais de Interesse Social no Município de Passo fundo**; Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, para obtenção do título de Mestre em Engenharia.; Passo Fundo; 2006.