

PEDRO LUÍS PRADO FRANCO

**ANÁLISE DA POTENCIALIDADE DO REÚSO INDIRETO POTÁVEL:
ESTUDO DE CASO DA ETE ATUBA SUL, REGIÃO METROPOLITANA
DE CURITIBA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná em parceria com o SENAI-PR e a *Universität Stuttgart*, Alemanha, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Meio Ambiente Urbano e Industrial.

**Orientadora: Prof. Dra. Daniela Neuffer
Coorientadora: Prof. Dra. Karen Juliana do Amaral**

CURITIBA

2010

Franco, Pedro Luís Prado

Análise da potencialidade do reúso indireto potável: estudo de caso da ETE Atuba Sul, Região Metropolitana de Curitiba / Pedro Luís Prado Franco. – Curitiba, 2010.

238 f. : il.; graf.

Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial

Orientador: Daniela Neuffer

Co-orientador: Karen Juliana do Amaral

1. Águas residuais - Curitiba, Região Metropolitana de (PR). 2. Água - Reutilização. I. Neuffer, Daniela. II. Amaral, Karen Juliana do. III. Título.

CDD 628.162

Dedico este trabalho à minha esposa Carmen, aos meus filhos Gabriel e Gustavo, aos meus pais Pedro Nelson e Zélia e aos meus sogros Francisco e Edite, que me apoiaram incondicionalmente e serviram como exemplo e inspiração de que o conhecimento é o mais precioso valor a ser conquistado permanentemente.

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora Prof. Dra. Daniela Neuffer pela competência, incentivo e dedicação.

Ao DAAD e ao governo Alemão por ter me disponibilizado o apoio através da bolsa de mestrado.

À minha coorientadora Prof. Karen do Amaral e à todos os professores do programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial da UFPR, Universidade de Stuttgart e SENAI-PR, especialmente aos professores Regina Weinschutz, Uwe Menzel e Marielle F. Rebelatto.

À SANEPAR pelo apoio e disponibilidade das informações e aos amigos saneparianos da USEG, USGA, USHI, USAV e APD, especialmente à Edgard Faust e Cleverson V. Andreoli.

RESUMO

Em grandes centros urbanos tem se verificado a escassez hídrica por pressões de demanda para o atendimento aos diversos usos dos recursos hídricos, sobretudo ao saneamento básico. Neste contexto, o reúso indireto potável planejado pode ser um importante instrumento de racionalização, uso sustentado e melhoria da qualidade das águas. O presente trabalho avalia a potencialidade de aplicação do reúso indireto potável através do incremento em águas superficiais, nos âmbitos técnico, ambiental e legal, na estação de tratamento de esgotos Atuba Sul na Região Metropolitana de Curitiba. A análise da potencialidade técnica e ambiental foi fundamentada nos requisitos e padrões do Guia da USEPA para Reúso de Água (2004), da Portaria MS 518/04, da Resolução CONAMA 357/05 e na existência de sistemas de barreiras. A viabilidade legal foi baseada em levantamento e análise dos diplomas legais brasileiros e paranaenses relacionados diretamente ou indiretamente ao reúso indireto potável através do incremento em águas superficiais. O processo da ETE Atuba Sul demonstrou potencial atendimento aos requisitos de tecnologias de tratamento e aos limites de qualidade da água recuperada estabelecidos pelo modelo do Guia da USEPA para Reúso de Água (2004). Quanto a Portaria MS 518/04 e a Resolução CONAMA 357/05, nas condições estabelecidas pelo método, o processo é capaz de atender a totalidade dos padrões e requisitos, com exceção do nitrogênio amoniacal. Na situação da ETE Atuba Sul foi detectada a existência de nove barreiras presentes e oito potenciais. O conjunto dos diplomas legais avaliados demonstrou a viabilidade político institucional do reúso indireto potável com incremento em águas superficiais no Brasil e no Paraná. Porém há a necessidade de adequações e elaboração de instrumentos legais relativos à outorga e cobrança do uso dos recursos hídricos, licenciamento ambiental, potabilidade da água e conservação de mananciais de abastecimento público. Conclui-se que a atual concepção de processo da ETE Atuba Sul requer modificações visando a remoção de nitrogênio amoniacal. Atualmente a legislação ambiental brasileira e paranaense não oferecem segurança legal para a implantação do reúso indireto potável com incremento em águas superficiais na ETE Atuba Sul.

Palavras-chave: Reúso de água. Reúso indireto potável. Reúso indireto potável com incremento em águas superficiais. Tratamento de esgotos domésticos.

ABSTRACT

Water scarcity has been occurring in large urban centers due to major demands for the multiple water resources uses, mainly drinking water and sanitation. In this context, the planned indirect potable reuse can be an important tool of rationalization and sustainable use, also a means to improve water quality. The present work evaluates the potential application of indirect potable water reuse through surface water augmentation, in the technical, environmental and legal context, at the wastewater treatment plant (WWTP) Atuba Sul in the Metropolitan Region of Curitiba (Parana – Brazil). The analysis of technical and environmental potential was based on the regulations and standards of the EPA's Guide for Water Reuse (2004), standards of the Portaria MS 518/04, Resolução CONAMA 357/05, and the existence of system barriers. The legal study was conducted based on collection and analysis of Brazil's and Parana's legislation directly and indirectly related to indirect potable reuse through surface water augmentation. Atuba Sul WWTP's process demonstrated potential to comply with requirements of treatment technologies and standards for reclaimed water quality model established by the EPA's Guide for Water Reuse (2004). As for Portaria MS 518/04 and Resolução CONAMA 357/05, following the same methodology, the process is capable of meeting all standards and requirements, except ammonia nitrogen. In Atuba Sul WWTP there was detected the presence of nine barriers and eight potential barriers. The set of evaluated laws showed legal and political feasibility of indirect potable reuse through surface water augmentation in Brazil and Parana. Nevertheless, it lacks some adjustments and it also lacks preparing a legal framework regarding water rights, water taxation, environmental permits, drinking water potability and conservation of water sources for public supply. It is herein concluded that the present design of Atuba Sul treatment process requires a modification seeking removal of ammonia nitrogen. Currently, the environmental legislation of Brazil and Parana do not offer legal support for the implementation of planned indirect potable reuse through surface water augmentation in the Atuba Sul plant.

Key words: Water reuse. Indirect potable reuse. Indirect potable reuse through surface water augmentation. Municipal wastewater treatment.

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| QUADRO 1 - RELAÇÃO DEMANDA DISPONIBILIDADE HÍDRICA | 28 |
| QUADRO 2 - PROJEÇÃO DA POPULAÇÃO, CONSUMO “PER CAPITA” E DEMANDA POR ÁGUA NA RMC..... | 34 |
| QUADRO 3 - ÍNDICE DE ATENDIMENTO E TRATAMENTO DE ESGOTO NA BACIA DO ALTO IGUAÇU. POPULAÇÃO URBANA CALCULADA EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE LIGAÇÕES DE ÁGUA..... | 35 |
| QUADRO 4 - RELAÇÃO DAS ETES EM OPERAÇÃO NA BACIA DO ALTO IGUAÇU - RMC. | 36 |
| QUADRO 5 - HISTÓRICO DE PROJETOS DE REÚSO DE ÁGUA..... | 40 |
| QUADRO 6 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO ESGOTO DOMÉSTICO..... | 49 |
| QUADRO 7 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO ESGOTO DOMÉSTICO..... | 50 |
| QUADRO 8 - PRINCIPAIS MICRO-ORGANISMOS PRESENTES NO ESGOTO DOMÉSTICO..... | 51 |
| QUADRO 9 - COMPOSIÇÃO TÍPICA DO ESGOTO BRUTO PREDOMINANTEMENTE DOMÉSTICO | 52 |
| QUADRO 10 - PRINCIPAIS POLUENTES ORGÂNICOS PRESENTES NO ESGOTO, NAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS. | 54 |
| QUADRO 11 - EXEMPLOS DE CONTAMINANTES EMERGENTES DO ESGOTO E SUA APLICAÇÃO | 55 |
| QUADRO 12 - NÍVEIS DE TRATAMENTO DE ESGOTO..... | 57 |
| QUADRO 13 - PROCESSOS DE TRATAMENTO UTILIZADOS NA REMOÇÃO DOS PRINCIPAIS COMPONENTES DO ESGOTO | 58 |
| QUADRO 14 - CAPACIDADE DE REMOÇÃO DE ALGUNS CONSTITUINTES DO ESGOTO DOMÉSTICO PELO PROCESSO DE FILTRAÇÃO . | 70 |

| | |
|---|-----|
| QUADRO 15 - COMPARAÇÃO ENTRE OS DESINFETANTES MAIS COMUMENTE USADOS NO REÚSO DE ÁGUA. | 74 |
| QUADRO 16 - EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DO PROCESSO DE ADSORÇÃO COM CARVÃO ATIVADO | 77 |
| QUADRO 17 - CARACTERÍSTICAS DOS PROCESSOS DE SEPARAÇÃO POR MEMBRANAS. | 79 |
| QUADRO 18 - OBJETIVOS E RESULTADOS ESPERADOS DO PROJETO POISEDON | 85 |
| QUADRO 19 - CONCENTRAÇÕES DE ALGUNS PPCPS EM ETES DA SUÍÇA E ALEMANHA..... | 91 |
| QUADRO 20 - PRINCIPAIS PROTOZOÁRIOS PATOGÊNICOS TRANSMITIDOS VIA FECAL E ORAL E SUAS CARACTERÍSTICAS..... | 93 |
| QUADRO 21 - FATORES FAVORÁVEIS DO REÚSO INDIRETO POTÁVEL ATRAVÉS DO INCREMENTO EM ÁGUAS SUPERFICIAIS. | 94 |
| QUADRO 22 - TIPOS DE BARREIRAS MÚLTIPLAS COM EXEMPLOS DOS RISCOS A SEREM ATENUADOS E AÇÕES DE GERENCIAMENTO..... | 98 |
| QUADRO 23 - PROCESSOS DE TRATAMENTO UTILIZADOS NA REMOÇÃO DE COMPONENTES DO ESGOTO DOMÉSTICO. | 103 |
| QUADRO 24 - SUGESTÃO DE REQUISITOS MÍNIMOS PARA SISTEMAS DE REÚSO INDIRETO POTÁVEL COM INCREMENTO EM ÁGUAS SUPERFICIAIS..... | 106 |
| QUADRO 25 - EXEMPLOS DE REQUISITOS DE PROCESSOS DE REÚSO INDIRETO POTÁVEL COM SUPRIMENTO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS DOS ESTADOS DA FLÓRIDA E WASHINGTON. | 107 |
| QUADRO 26 - EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DE PPCPS DE PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS | 110 |

| | |
|---|-----|
| QUADRO 27 - EXEMPLOS DE PROCESSOS DE TRATAMENTO UTILIZADOS EM SISTEMAS DE REÚSO INDIRETO POTÁVEL EM OPERAÇÃO. | 111 |
| QUADRO 28 - COMPARATIVO DOS CUSTOS PARA DIFERENTES OPÇÕES DE REÚSO DE ÁGUA EM FUNÇÃO DO TAMANHO DO SISTEMA. | 113 |
| QUADRO 29 - INSTRUMENTOS APLICADOS EM PROGRAMAS DE ACEITAÇÃO PÚBLICA DE PROJETOS DE REÚSO DE ÁGUA. | 116 |
| QUADRO 30 - NÚMERO DE ESTADOS AMERICANOS COM REGULACOES OU GUIAS DE RECOMENDACAO POR TIPO DE REÚSO. | 121 |
| QUADRO 31 - CLASSIFICACAO DAS AGUAS DOCES E SUA DESTINACAO PARA USO. | 132 |
| QUADRO 32 - PROGRAMA: ESTUDOS PARA A IMPLANTACAO DE UMA POLITICA ESTADUAL DE REÚSO /PLERH/PR. | 137 |
| QUADRO 33 - SITUACAO ATUAL DOS COMITES DE BACIA DO ESTADO DO PARANA. | 138 |
| QUADRO 34 - VAZOES DE AFLUENTES E VOLUMES OPERACIONAIS DA ETE ATUBA SUL. | 156 |
| QUADRO 35 - PARAMETROS FISICO-QUIMICOS DO AFLUENTE E EFLUENTE DA ETE ATUBA SUL. | 158 |
| QUADRO 36 - COMPARACAO DOS VALORES DE PARAMETROS DO AFLUENTE DA ETE ATUBA SUL COM REFERENCIAL TEORICO DE CARACTERIZACAO DO ESGOTO DOMESTICO. | 160 |
| QUADRO 37 - EFICIENCIAS DE REMOCCAO DE DQO, DBO ₅ E SOLIDOS SUSPENSOS DO PROCESSO DA ETE ATUBA SUL. | 165 |
| QUADRO 38 - COMPARACAO DOS PARAMETROS DETECTADOS DO EFLUENTE DA ETE ATUBA SUL COM OS RESULTADOS DO ENSAIO EM ESCALA DE LABORATORIO. | 168 |

| | |
|---|-----|
| QUADRO 39 - COMPARAÇÃO DA ETE E URA (ATUBA SUL) COM OS REQUISITOS MÍNIMOS DE PROCESSO PARA REÚSO INDIRETO POTÁVEL COM INCREMENTO EM ÁGUAS SUPERFICIAIS DA REFERÊNCIA ADOTADA | 171 |
| QUADRO 40 - COMPARAÇÃO DOS LIMITES DOS PARÂMETROS ESTABELECIDOS PELA USEPA (2004) PARA RIPIAS E A CAPACIDADE TEÓRICA DO PROCESSO DA URA (ATUBA SUL). | 172 |
| QUADRO 41 - AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS E LIMITES DA PORTARIA MS 518/04 COM A CAPACIDADE DE ATENDIMENTO DA ETE ATUBA + URA. | 174 |
| QUADRO 42 - AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CORPOS HÍDRICOS CLASSE 2, A PRESENÇA ESPERADA NO ESGOTO BRUTO E A CAPACIDADE DE REMOÇÃO DAS TECNOLOGIAS EXISTENTES NO SISTEMA ATUBA SUL (ETE + URA). | 177 |
| QUADRO 43 - BARREIRAS ATUAIS E POTENCIAIS IDENTIFICADAS NO ÂMBITO DO SISTEMA ATUBA SUL (RMC). | 180 |
| QUADRO 44 - CONDIÇÕES DOS RESERVATÓRIOS IRAÍ, PIRAQUARA I E PIRAQUARA II. | 184 |
| QUADRO 45 - PLANO DE MONITORAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO AFLUENTE DA ETE ATUBA SUL:..... | 192 |
| QUADRO 46 - PLANO DE MONITORAMENTO DA ÁGUA RECUPERADA DA ETE ATUBA SUL + URA | 193 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| FIGURA 1 - MODIFICAÇÕES DA QUALIDADE DA ÁGUA NO USO MUNICIPAL AO LONGO DO TEMPO..... | 45 |
| FIGURA 2 - SUGESTÕES DOS NÍVEIS DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM FUNÇÃO DO TIPO DE REÚSO. | 46 |
| FIGURA 3 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE TRATAMENTO COM REATORES UASB..... | 60 |
| FIGURA 4 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE TRATAMENTO COM LODOS ATIVADOS CONVENCIONAIS | 62 |
| FIGURA 5 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE TRATAMENTO COM LODOS ATIVADOS COM AERAÇÃO PROLONGADA | 63 |
| FIGURA 6 - PRINCÍPIO OPERACIONAL DAS MEMBRANAS SEMIPERMEÁVEIS. | 78 |
| FIGURA 7 - ESQUEMA DO REÚSO INDIRETO POTÁVEL NÃO PLANEJADO. | 81 |
| FIGURA 8 - ESQUEMA DO REÚSO INDIRETO POTÁVEL PLANEJADO COM INCREMENTO EM ÁGUAS SUPERFICIAIS. | 82 |
| FIGURA 9 - CICLO DA ÁGUA NO MEIO URBANO E OS CAMINHOS DE CONTAMINAÇÃO DE MANANCIAS DE ABASTECIMENTO. | 87 |
| FIGURA 10 - EXEMPLO DE COMBINAÇÃO DE ETAPAS DE BARREIRAS MÚLTIPLAS NO REÚSO INDIRETO POTÁVEL. | 99 |
| FIGURA 11 - MODELO DE VAZO SANITÁRIO COM COLETA SEPARADA DE URINA. | 101 |
| FIGURA 12 - PROGRAMA DE PARTICIPAÇÃO PÚBLICA EM PROJETOS DE REÚSO DE ÁGUA. | 116 |
| FIGURA 13 - NÍVEIS DE RESTRIÇÕES DOS INSTRUMENTOS DE REGULAÇÃO EM FUNÇÃO DO TIPO DE REÚSO DE ÁGUA.... | 120 |
| FIGURA 14 - VISTA GERAL DA ETE ATUBA SUL. | 144 |
| FIGURA 15 - SITUAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ETE ATUBA SUL. | 145 |

| | |
|---|-----|
| FIGURA 16 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA ETE ATUBA SUL..... | 152 |
| FIGURA 17 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DA UNIDADE DE RECUPERAÇÃO DE ÁGUA (URA)..... | 153 |
| FIGURA 18 - VISTA DOS RALFS DA ETE ATUBA SUL | 154 |
| FIGURA 19 - VISTA DOS MÓDULOS DE FLOCO FLOTAÇÃO DA ETE ATUBA SUL..... | 154 |
| FIGURA 20 - VISTA GERAL DA URA DA ETE ATUBA SUL | 155 |
| FIGURA 21 - VISTA DA CÂMARA DE OZONIZAÇÃO (ESQUERDA) E DO FLOCO DECANTADOR (DIREITA) DA URA DA ETE ATUBA SUL..... | 155 |
| FIGURA 22 - FLUXOGRAMA RESUMIDO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA POTENCIALIDADE TÉCNICA E AMBIENTAL DE APLICAÇÃO DO RIPIAS NO PROCESSO DA ETE ATUBA SUL. | 170 |
| FIGURA 23 - FLUXOGRAMA RESUMIDO DO MÉTODO DE ANÁLISE DA VIABILIDADE LEGAL DO RIPIAS NA ETE ATUBA SUL..... | 195 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|-----|
| GRÁFICO 1- SITUAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA NO BRASIL..... | 30 |
| GRÁFICO 2 - CONCENTRAÇÃO MÉDIA E FREQUÊNCIA DE DETECÇÃO DE MICROPOLUENTES EM CORPOS DE ÁGUA NOS ESTADOS UNIDOS..... | 89 |
| GRÁFICO 3 - VAZÕES REGISTRADAS (MÉDIA DIÁRIA) DO AFLUENTE DA ETE ATUBA SUL AO LONGO DOS ANOS DE 2008, 2009 E 2010..... | 157 |
| GRÁFICO 4 - SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS DO AFLUENTE DA ETE ATUBA SUL. | 158 |
| GRÁFICO 5 - SÓLIDOS SUSPENSOS DO AFLUENTE DA ETE ATUBA SUL. | 159 |
| GRÁFICO 6 - DQO E DBO ₅ DO AFLUENTE DA ETE ATUBA SUL. | 159 |
| GRÁFICO 7 - SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS DO EFLUENTE DA ETE ATUBA SUL. | 162 |
| GRÁFICO 8 - SÓLIDOS SUSPENSOS DO EFLUENTE DA ETE ATUBA SUL. | 162 |
| GRÁFICO 9 - DQO E DBO ₅ DO EFLUENTE DA ETE ATUBA SUL. | 163 |
| GRÁFICO 10 -N AMONÍACAL DO EFLUENTE DA ETE ATUBA SUL..... | 163 |
| GRÁFICO 11 -FÓSFORO TOTAL DA ETE ATUBA SUL. | 164 |
| GRÁFICO 12 -EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE DQO E DBO ₅ DA ETE ATUBA SUL. | 166 |
| GRÁFICO 13 -EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO SÓLIDOS SUSPENSOS DA ETE ATUBA SUL..... | 166 |

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas
CE – Comunidade Européia
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO – Demanda Química de Oxigênio
OD - Oxigênio Dissolvido
ETA – Estação de Tratamento de Água
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto
HAP - Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos
IAP – Instituto Ambiental do Paraná
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
PCB – Bifenilas Policloradas
PLERH/PR - Plano Estadual de Recursos Hídricos do estado do Paraná
PNRH – Plano Nacional de Recursos Hídricos
PPCP – Pharmaceuticals and Personal Care Product Ingredients
RAFA – Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente
RALF – Reator Anaeróbio de Lodo Fluidizado
RIPIAS - reúso indireto potável com incremento em águas superficiais
RMC - Região Metropolitana de Curitiba
SABESP - Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo
SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná
SINGRH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SISNAMA - Sistema Nacional de Meio Ambiente
THM - Trihalometanos
UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket
USEPA – U.S Environmental Protection Agency
UV – Ultravioleta
VMP – Valor máximo permitido
WHO – World Health Organization

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 19 |
| 1.1 OBJETIVOS | 22 |
| 1.1.1 Geral..... | 22 |
| 1.1.2 Específicos | 22 |
| 1.2 ESTRUTURAÇÃO..... | 23 |
| 2 REVISÃO DA LITERATURA | 24 |
| 2.1 O USO DA ÁGUA, A ESCASSEZ E O SANEAMENTO AMBIENTAL | 24 |
| 2.1.1 A situação mundial | 24 |
| 2.1.2 A situação brasileira..... | 27 |
| 2.1.3 A situação na bacia do Alto Iguaçu (Região Metropolitana de Curitiba) | 31 |
| 2.2 CONCEITOS DE REÚSO DA ÁGUA, ASPECTOS HISTÓRICOS, CLASSIFICAÇÃO E ABORDAGEM TECNOLÓGICA DO REÚSO DE ÁGUA | 36 |
| 2.2.1 Definições de reúso da água | 37 |
| 2.2.2 Aspectos históricos do reúso de água | 38 |
| 2.2.3 Classificação do reúso quanto a forma de aproveitamento | 41 |
| 2.2.4 Classificação do reúso quanto a aplicação..... | 42 |
| 2.2.5 Aspectos tecnológicos quanto ao reúso de água..... | 45 |
| 2.3 CARACTERIZAÇÃO DO ESGOTO DOMÉSTICO | 47 |
| 2.3.1 Fontes geradoras | 47 |
| 2.3.2 Parâmetros de qualidade do esgoto doméstico | 48 |
| 2.3.3 Contaminação por poluentes orgânicos e contaminantes emergentes..... | 53 |
| 2.4 MÉTODOS, NÍVEIS E PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS..... | 55 |
| 2.4.1 Método e níveis de tratamento de esgoto | 55 |
| 2.4.2 Processos secundários e terciários de tratamento de esgoto..... | 58 |
| 2.4.2.1 Reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo - UASB | 59 |
| 2.4.2.2 Lodos ativados convencionais..... | 61 |
| 2.4.2.3 Lodos ativados com aeração prolongada | 62 |
| 2.4.2.4 Nitrificação e desnitrificação biológica..... | 63 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 2.4.2.5 | Coagulação, floculação e sedimentação..... | 65 |
| 2.4.2.6 | Flotação | 67 |
| 2.4.2.7 | Filtração..... | 69 |
| 2.4.2.8 | Oxidação química..... | 71 |
| 2.4.3 | Processo de desinfecção..... | 72 |
| 2.4.4 | Processos avançados de tratamento de esgoto..... | 75 |
| 2.4.4.1 | Processo de adsorção com carvão ativado | 75 |
| 2.4.4.2 | Processos de separação por membranas..... | 77 |
| 2.5 | REÚSO INDIRETO POTÁVEL ATRAVÉS DO INCREMENTO EM ÁGUAS SUPERFICIAIS | 80 |
| 2.5.1 | Exemplos de aplicação do reúso indireto potável planejado com incremento em águas superficiais..... | 82 |
| 2.5.1.1 | Occoquan – Virgínia – Estados Unidos | 83 |
| 2.5.1.2 | Hanningfield – Essex - Inglaterra..... | 83 |
| 2.5.1.3 | Projeto Poisedon – União Europeia..... | 84 |
| 2.5.2 | Saúde pública e o reúso indireto potável planejado | 86 |
| 2.5.3 | Aspectos técnicos levados em consideração na aplicação do reúso indireto potável através do incremento em águas superficiais..... | 94 |
| 2.5.3.1 | Avaliação e características da bacia hidrográfica a ser suprida com água recuperada..... | 95 |
| 2.5.3.2 | Quantidade de água recuperada a ser diluída | 96 |
| 2.5.3.3 | Sistemas de Barreiras Múltiplas | 97 |
| 2.5.3.4 | Tecnologias de tratamento e monitoramento exigidos..... | 102 |
| 2.5.3.5 | Aspectos institucionais, legais e custos..... | 112 |
| 2.5.4 | Participação e aceitação pública | 114 |
| 3 | ASPECTOS DA LEGISLAÇÃO RELACIONADA AO REÚSO DE ÁGUA E AO REÚSO INDIRETO POTÁVEL..... | 119 |
| 3.1 | LEGISLAÇÃO NOS ESTADOS UNIDOS | 120 |
| 3.2 | LEGISLAÇÃO NA EUROPA..... | 122 |
| 3.3 | LEGISLAÇÃO BRASILEIRA..... | 124 |
| 3.3.1 | Lei 9.433/1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos | 124 |

| | |
|--|------------|
| 3.3.2 Resolução CNRH n° 016/2001 que estabelece os critérios de outorga de uso dos recursos hídricos..... | 126 |
| 3.3.3 Resolução CNRH n° 048/05 que estabelece critérios gerais para cobrança do uso dos recursos hídricos | 128 |
| 3.3.4 Resolução CNRH n° 054/2005 que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais do reúso direto não potável de água..... | 129 |
| 3.3.5 Lei 6.938/81 que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente e Resolução CONAMA 237/97 que regulamenta o licenciamento ambiental..... | 130 |
| 3.3.6 Resolução CONAMA n° 357/2005 e Resolução CONAMA n° 397/2008 que abordam a classificação dos corpos de água e condições e padrões de lançamento de efluentes..... | 131 |
| 3.3.7 Portaria n° 518/2004 do Ministério da Saúde que estabelece os padrões de potabilidade da água | 134 |
| 3.4 LEGISLAÇÃO PARANAENSE | 136 |
| 3.4.1 Lei Estadual 12.726/99 que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos no estado do Paraná. | 136 |
| 3.4.2 Lei Estadual n° 12.448/1998 que cria o Sistema Integrado de Gestão e Proteção dos Mananciais da RMC..... | 139 |
| 3.4.3 Portaria SUDERHSA N° 019/2007 que dispõe sobre a outorga de uso dos recursos hídricos para saneamento | 139 |
| 3.4.4 Resolução N° 021/09 – SEMA que dispõe sobre licenciamento ambiental para saneamento..... | 141 |
| 4 CARACTERIZAÇÃO DA ETE ATUBA SUL | 143 |
| 4.1 LOCALIZAÇÃO E DADOS GERAIS | 143 |
| 4.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO | 146 |
| 4.2.1 Caracterização do processo de tratamento de esgoto da ETE Atuba Sul..... | 146 |
| 4.2.2 Caracterização do processo da Unidade de Recuperação de Água (URA) da ETE Atuba Sul..... | 149 |
| 4.3 CARACTERIZAÇÃO DO AFLUENTE..... | 156 |
| 4.3.1 Vazão afluente | 156 |
| 4.3.2 Caracterização qualitativa do afluente..... | 157 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 4.4 | CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE DA ETE..... | 161 |
| 4.4.1 | Parâmetros físico-químicos | 161 |
| 4.4.2 | Eficiência do processo | 164 |
| 4.5 | CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA RECUPERADA DA URA..... | 167 |
| 5 | ANÁLISE DA POTENCIALIDADE TÉCNICA E AMBIENTAL DO RIPIAS NA ETE ATUBA SUL..... | 169 |
| 5.1 | ASPECTOS SOBRE O MÉTODO DE ANÁLISE | 169 |
| 5.2 | POTENCIALIDADE AO ATENDIMENTO DO PROCESSO DE TRATAMENTO BASEADO NO MODELO DA USEPA..... | 171 |
| 5.3 | POTENCIALIDADE AO ATENDIMENTO AOS PADRÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA RECUPERADA DO MODELO DA USEPA | 172 |
| 5.4 | POTENCIALIDADE DO ATENDIMENTO À PORTARIA 518/04..... | 173 |
| 5.5 | POTENCIALIDADE DO ATENDIMENTO À CLASSE 2 DA RESOLUÇÃO CONAMA 357/05..... | 175 |
| 5.6 | SISTEMA DE BARREIRAS MÚLTIPLAS EXISTENTES E POTENCIAIS ... | 180 |
| 5.6.1 | Proteção de Mananciais de Abastecimento Público | 181 |
| 5.6.2 | Rede coletora e tratamento dos esgotos domésticos..... | 182 |
| 5.6.3 | Degradação natural de contaminantes da água recuperada | 183 |
| 5.6.4 | Monitoramento da qualidade da água de mananciais de abastecimento público | 184 |
| 5.6.5 | Sistema de tratamento e distribuição de água potável..... | 184 |
| 5.6.6 | Resposta à condições adversas e emergência | 185 |
| 5.7 | DISCUSSÃO | 186 |
| 5.8 | RECOMENDAÇÕES | 189 |
| 6 | ANÁLISE DA VIABILIDADE LEGAL DO RIPIAS NA ETE ATUBA SUL | 195 |
| 6.1 | LEVANTAMENTO DA LEGISLAÇÃO CORRELATA | 195 |
| 6.2 | ANÁLISE E DISCUSSÃO DA VIABILIDADE LEGAL..... | 197 |
| 6.3 | DIRETRIZES PARA A REGULAMENTAÇÃO DO RIPIAS..... | 200 |
| 7 | CONCLUSÕES | 204 |
| | REFERÊNCIAS | 208 |
| | GLOSSÁRIO | 215 |
| | ANEXOS..... | 218 |

1 INTRODUÇÃO

A água é o elemento fundamental da vida, sendo a base dos ciclos naturais. Além da importância no metabolismo, sobrevivência e conforto para a forma humana de vida, a água exerce um papel relevante nos ecossistemas e no meio ambiente.

Apesar de ser um recurso natural renovável, pela interferência antrópica inadequada no seu ciclo natural, a quantidade de água aproveitável com qualidade compatível aos usos do ser humano e aos ecossistemas vem diminuindo.

Segundo Andreoli (2003), o consumo de água na atualidade cresceu cerca de seis vezes em relação a duas gerações anteriores. Como consequência, ocasionou o incremento significativo da geração de efluentes e o comprometimento da qualidade da água, principalmente em áreas mais populosas e urbanizadas.

O estado de escassez não se pode unicamente ser atribuído a fatores climáticos e a disponibilidade hídrica natural. Deve-se considerar a relação entre as demandas e as disponibilidades hídricas dos diversos usos, como abastecimento humano, irrigação e diluição, transporte e disposição final de esgotos sanitários e efluentes industriais.

Observa-se em áreas com altas densidades populacionais o estado de escassez ocasionado pelas pressões das demandas de uso da água, mesmo não situadas em regiões áridas ou semiáridas, como a Região Metropolitana de Curitiba (RMC).

É fato, no contexto mundial, o crescimento da consciência sobre a importância do uso racional da água, onde se insere o reúso da água em suas diversas modalidades. Dentre essas modalidades, o reúso dos esgotos sanitários proporciona além da diminuição da pressão sobre a demanda de água, aumentando a sua oferta para outros usos, a redução de cargas poluentes lançadas nos corpos hídricos receptores. Portanto, tem potencialidade de proporcionar resultados de melhoria nos aspectos econômico, social e ambiental (FLORENCIO, 2006).

A UNESCO (2009) cita que 2,41% dos recursos hídricos utilizados mundialmente para todos os usos provêm do reúso de águas residuárias. No âmbito mundial, são crescentes a elaboração de estudos, a busca do aperfeiçoamento

tecnológico e a adoção da prática do reúso da água como instrumento de gestão dos recursos hídricos.

Nos Estados Unidos 5 a 6% dos esgotos municipais tratados são reutilizados. No estado de Israel mais de 70% dos efluentes domésticos sofrem reúso, principalmente para irrigação. Singapura recicla 15% de seus esgotos tratados com planos de dobrar este quantitativo até 2010. Cerca de 8% dos efluentes domésticos na Austrália são reutilizados com a meta de se chegar em 30% em 2015 (USEPA, 2004). No México as águas residuárias da Cidade do México são reutilizadas a jusante para irrigação agrícola no Vale do rio Mesquital (GIORDANI, 2002).

No Brasil, nos esforços em prol do desenvolvimento científico-tecnológico do reúso da água, destacam-se o Programa de Pesquisa em reúso da SABESP (Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo), principalmente com reúso direto não potável e no campo do desenvolvimento da pesquisa e ensino o CIRRA (Centro Internacional de Referência em Reúso de Água) vinculado à Universidade de São Paulo e a Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica.

No que tange ao arcabouço legal, no Brasil ainda é muito incipiente o conjunto de instrumentos legais relacionados ao reúso de água. Estudos comparativos dos modelos políticos, tecnológicos e legais de países que vêm adotando e aperfeiçoando este processo parece ser fundamental como fator catalisador na regulação e incentivo do reúso da água, em um contexto de racionalização do uso dos recursos hídricos.

A Lei 9.433/1997 que institui Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e seus instrumentos legais correlatos preconizam que a água é um recurso limitado e sua utilização deve ser racional e integrada entre seus diversos usos. Entre os usos de recursos hídricos passíveis de outorga, inclui-se o lançamento e diluição de esgotos domésticos tratados.

Em regiões de grande demanda e diversidade de usos, como o lançamento de esgotos domésticos, lançamento de efluentes industriais, captação para abastecimento público, irrigação e agricultura, associados a pouca disponibilidade hídrica, podem gerar conflitos e impossibilidade de atendimento para todos os usos e vazões pretendidas.

Alta densidade populacional, baixa disponibilidade hídrica, deficiência na capacidade de assimilação das cargas de esgotos domésticos e comprometimento da qualidade das águas são fatores presentes e que se inter-relacionam na Bacia do Alto Iguaçu na RMC (ANA, 2007).

Para o atendimento da demanda crescente de água para abastecimento público na RMC, há a tendência do aumento significativo dos custos de captação, adução e tratamento da água distribuída à população. Esta constatação se deve principalmente a fatores como a necessidade de utilização de mananciais mais distantes, implantação de novos reservatórios de regularização de vazões e o declínio da qualidade das águas dos mananciais atuais.

Este cenário indica a necessidade de adoção de instrumentos de gestão, baseados em políticas e planejamento que contemplem a aplicação de recursos financeiros que viabilizem medidas estruturais e não estruturais. A aplicação planejada da prática de reúso de efluentes de estações de tratamento de esgotos vem de encontro a este contexto.

A prática do reúso dos esgotos tratados de estações de tratamento de esgoto (ETEs), tem potencialidade de produzir, além de resultados no âmbito da racionalização e uso sustentado da água, ganhos ambientais na melhoria da qualidade das águas superficiais e a promoção da saúde pública através do saneamento ambiental.

Na RMC na bacia do Alto Iguaçu, salienta-se a proximidade das ETEs às áreas de manancial, como demonstrado no mapa do Anexo 1. São mais de 4.000 L/s com potencial para serem reutilizados, através do reúso indireto potável, em uma região onde a maior demanda de uso de água é para abastecimento urbano.

Diante dessa situação, a potencialidade do reúso indireto potável para a região merece ser averiguada, apesar de serem absolutamente escassos no Brasil estudos com esta abordagem.

A partir de 2009, a Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR inseriu em sua política de pesquisa e desenvolvimento a temática do reúso de efluentes de ETEs. Um dos projetos desta linha de pesquisa é a instalação e operação de uma

estação piloto de tratamento de efluentes exclusivamente para fins de pesquisa e experimentos na área de reúso na ETE Atuba Sul.

Esse trabalho pretende comparar as condições, parâmetros e padrões dos efluentes da ETE Atuba Sul disponíveis, com os parâmetros, padrões e requisitos internacionais que serão adotados como referência, levando-se em consideração os requisitos legais brasileiros vigentes relacionados à temática. Também o trabalho visa o levantamento de conteúdos bibliográficos quanto ao reúso indireto potável com incremento em águas superficiais compreendendo os processos e tecnologias de tratamento utilizados e os aspectos legais e normativos no âmbito internacional e brasileiro, propondo recomendações e considerando a situação da ETE Atuba Sul.

É neste contexto que é proposto o estudo da potencialidade do reúso indireto potável para os efluentes da ETE Atuba Sul na bacia do Alto Iguaçu no município de Curitiba.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Avaliar a potencialidade técnica, ambiental e legal da utilização dos efluentes do sistema de tratamento da estação Atuba Sul no reúso indireto potável, através do incremento em mananciais superficiais da Região Metropolitana de Curitiba.

1.1.2 Específicos

- a) Verificar as principais tecnologias de tratamento de esgotos domésticos utilizadas no reúso indireto potável com incremento em águas superficiais;
- b) Levantar os principais aspectos, condicionantes e padrões na prática do reúso indireto potável com incremento em águas superficiais adotados no contexto internacional;

- c) Avaliar os instrumentos de referência normativos e legais relacionados ao reúso indireto potável com incremento em águas superficiais, no Brasil, nos Estados Unidos e Europa;
- d) Propor recomendações de operação e monitoramento do sistema Atuba Sul, para o aprofundamento de estudos de reúso de água;
- e) Propor diretrizes para regulamentação da prática do reúso de água no estado do Paraná e no Brasil.

1.2 ESTRUTURAÇÃO

A estruturação do trabalho é composta por oito capítulos. O primeiro apresenta a introdução com a justificativa e objetivos da pesquisa. No segundo capítulo é descrita a revisão bibliográfica abordando a situação de escassez, uso da água e saneamento nos contextos mundial, brasileiro e da RMC, conceito, histórico e classificação do reúso de água. Ainda na revisão bibliográfica são explanadas as temáticas da caracterização qualitativa e quantitativa dos esgotos domésticos, os níveis, processos e tecnologias de tratamento importantes do contexto do reúso de água e exemplos de projetos. Os aspectos técnicos, de saúde pública e de aceitação no contexto do RIPIAS (reúso indireto potável com incremento em águas superficiais) também são discutidos neste capítulo. As situações das legislações, normativas e diretivas relativas ao reúso de esgotos domésticos tratados nos Estados Unidos, Comunidade Europeia, Brasil e no estado do Paraná são apresentadas no capítulo três. Na sequência, o capítulo quatro aborda a localização, processo e características qualitativas e quantitativas do afluente e efluente da ETE Atuba Sul. O capítulo cinco avalia a potencialidade técnica e ambiental do RIPIAS na ETE Atuba Sul, baseado em metodologia e referencial adotados sugerindo recomendações neste contexto. A análise da viabilidade legal do RIPIAS na ETE Atuba Sul, com recomendações de diretrizes é exposta no capítulo 6. Finalmente no capítulo 7 são apresentadas as conclusões finais do trabalho e as referências bibliográficas utilizadas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Esta revisão da literatura apresenta inicialmente as situações do uso, escassez da água e do saneamento nos âmbitos mundial, brasileiro e na bacia do Alto Iguaçu na RMC. A seguir são abordados os aspectos históricos, conceitos, classificação e tecnologias relativamente ao reúso de água. Na sequência é explanado sobre a caracterização do esgoto doméstico, contemplando as fontes geradoras, parâmetros de qualidade e poluentes emergentes no esgoto. Após é discorrido sobre os métodos, níveis e os principais processos de tratamento de esgoto que são importantes no contexto deste trabalho. Por fim são abordados os aspectos e exemplos de RIPIAS abrangendo a análise quanto à saúde pública, requisitos, tecnologias, monitoramentos exigidos e aceitação pública.

2.1 O USO DA ÁGUA, A ESCASSEZ E O SANEAMENTO AMBIENTAL

Para o entendimento da necessidade, importância e aplicação do RIPIAS é fundamental a análise da conjuntura atual e futura dos usos da água, da escassez hídrica e das demandas por serviços de saneamento em áreas urbanas. Neste capítulo são abordados estes aspectos nos âmbito mundial, brasileiro e na bacia do Alto Iguaçu na RMC.

2.1.1 A situação mundial

A UNESCO (2009), baseado em dados da FAO-AQUASTAT do ano 2000, cita que 73,42% de toda a água utilizada, no âmbito mundial provem de recursos hídricos superficiais, 19,02% de fontes subterrâneas, 4,82% do reaproveitamento de águas de drenagem, 2,41% do reúso de águas residuárias e 0,34% provem de processos de dessalinização. Especificamente para o uso de abastecimento com água potável às populações, cerca de 48% provem de recursos hídricos superficiais, os mesmos 48% de fontes subterrâneas e 3,5% de processos de dessalinização.

A mesma entidade, baseado em dados da *Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture* de 2007, salienta que a disponibilidade hídrica no planeta é cerca de 43.659 km³/ano de água, do qual uma vazão de 3.829 km³/ano é retirada e utilizada. Portanto, somente 8,8% dos recursos hídricos naturais renováveis disponíveis são utilizados para atender os diversos usos consuntivos. Cabe ressaltar que a disponibilidade hídrica não é uniforme entre as regiões e continentes, constatando-se o estado de escassez em determinadas regiões por fatores climáticos naturais ou por pressões de demanda em áreas populosas.

A irrigação agrícola é a atividade que mais consome água, correspondendo 70% da parcela utilizada mundialmente. Atividades para fins industriais, incluindo a geração de energia, é responsável por cerca de 20%. O uso doméstico urbano, sobretudo para a promoção do saneamento básico, demanda em torno de 10% da água consumida no planeta (UNESCO, 2009).

A quantidade de água usada para atividades e consumo humano triplicou nos últimos 50 anos, em virtude do crescimento populacional. Prevê-se que em 2030, 60% da população mundial será urbana, havendo um incremento, em relação a 2005, de 1,8 bilhões de pessoas no meio urbano. Neste aspecto destacam-se a América Latina, Caribe e América do Norte, com previsões de proporções de população urbana superiores a 80% (UNESCO, 2009).

Esta tendência indica o aumento progressivo da demanda da água para usos urbanos, como o abastecimento das populações com água tratada e a promoção do saneamento ambiental, utilizando-se dos recursos hídricos superficiais na diluição de efluentes.

Segundo a UNESCO (2009) o melhor indicador de avaliação do impacto das populações sobre a água é a quantidade de água, ou vazão retirada por pessoa, da região ou país em questão. Baseado em dados da FAO-AQUASTAT do ano 2000, o valor médio mundial deste indicador é 600 m³/pessoa ano. Países como os Estados Unidos, Sudão, Turquemenistão e Austrália retiram mais de 1.000 m³/pessoa ano de água dos recursos hídricos naturais. México, Egito, Alemanha, França, Índia e Rússia situam-se na faixa entre 500 a 1.000 m³/pessoa ano. Brasil, África do Sul, Suécia, Inglaterra e China figuram na faixa de 100 a 500 m³/pessoa ano. Países como Uganda,

Angola, Moçambique e Paraguai possuem uma vazão de retirada inferior a 100 m³/pessoa ano.

Estes dados demonstram que entre os países desenvolvidos e mesmo entre os ditos emergentes, há disparidades quanto ao impacto das populações sobre as águas. Países pobres, principalmente do continente africano, tendem a utilizar quantidades de água inferiores a 100 m³/pessoa ano.

Santos (2003) salienta que há 26 países em situação enquadrada como estado de escassez e observa-se um aumento progressivo e contínuo da escassez em determinadas regiões, principalmente pelo aumento da demanda e diminuição da qualidade ofertada de água. Até 2025 a população mundial em estado considerado de escassez aumentará em cerca de dez vezes em relação à situação atual, devido ao crescimento acentuado em áreas urbanizadas.

O *Global Water Supply and Sanitation Assessment 2000 Report* (WHO/UNICEF, 2000) destaca que 82% da população mundial é atendida por algum tipo de sistema de abastecimento de água e que 60% possui cobertura com sistemas de esgotamento sanitário. Este estudo adotou como critério na definição de cobertura ou atendimento com abastecimento de água as populações servidas com sistemas de tratamento da água e rede de abastecimento público domiciliar, torneiras ou redes comunitárias, poços e minas para abastecimento e utilização de água da chuva. Relativamente ao esgotamento sanitário considerou-se além da rede coletora pública de esgoto, sistemas de fossa e latrinas isoladas.

Avaliando-se a situação em áreas urbanas, o relatório da WHO/UNICEF (2000) indica a cobertura com abastecimento de água em 94% e com esgotamento sanitário em 86%. Porém, é importante enfatizar que na América Latina e Caribe 66% da população possui acesso a sistemas de tratamento de água e rede de abastecimento domiciliar. No continente asiático a cobertura com este tipo de sistema decresce para 49% e na África não ultrapassa 24%.

No que tange ao esgotamento sanitário, na América Latina e Caribe, 49% da população é coberta com rede pública coletora de esgoto. Na Ásia 18% da população possui este serviço e na África somente 13%.

A parcela do esgoto coletado, através das redes públicas urbanas, que sofre tratamento antes da disposição nos corpos hídricos, chega a 90% e 66% na América do Norte e Europa respectivamente. Cenários bem mais críticos são observados na Ásia, América Latina e Caribe e África, com 35%, 14% e zero, respectivamente, para a parcela de esgoto coletado que é tratado (WHO/UNICEF, 2000).

Estima-se que existam no mundo ainda 884 milhões de pessoas sem acesso a água tratada e 2,4 bilhões sem saneamento básico. Oitenta por cento dos esgotos domésticos coletados dos países em desenvolvimento são lançados sem tratamento algum nos corpos hídricos, ocasionando um significativo problema ambiental e a redução da disponibilidade de água com qualidade (UNESCO, 2009).

2.1.2 A situação brasileira

Entre as atividades e usos consuntivos no Brasil, a irrigação é responsável por 40% da vazão retirada dos recursos hídricos naturais. Para o uso para fins de abastecimento urbano são destinados 27%, 17% para indústria, 13% para a produção animal e 3% para abastecimento rural (ANA, 2007).

A UNESCO (2009) adota uma classificação que ilustra o estado de escassez hídrica para uma determinada região com demandas consuntivas de recursos hídricos. Neste modelo o valor inferior a 500 m³/hab.ano de disponibilidade hídrica caracteriza uma situação de escassez hídrica. Valores entre 500 m³/hab.ano e 1.700 m³/hab.ano enquadram a situação em o estresse hídrico e valores superiores a 1.700 m³/hab.ano demonstram uma situação confortável quanto ao equilíbrio entre a disponibilidade hídrica e as demandas.

Segundo a ANA (2007) o Brasil tem uma disponibilidade hídrica de 33.000 m³/hab. ano. No contexto deste indicador, o Brasil é bastante privilegiado quanto a disponibilidade hídrica. Porém, observa-se uma grande variabilidade entre as regiões do país. Enquanto as regiões nas bacias Amazônica e do Tocantins/Araguaia são registrados valores de 533.096 m³/hab.ano e 59.858 m³/hab.ano respectivamente, em regiões do nordeste brasileiro observa-se valores médios de 1.145 m³/hab.ano.

Apesar do Brasil possuir cerca de 8% da reserva de água doce do planeta, 80% desta encontra-se na Região Amazônica, onde habita somente cerca de 5% da população. A parcela de 20% concentra-se nas regiões habitadas por 95% da população brasileira (SANTOS, 2003).

Pela desuniformidade da distribuição espacial e temporal da água, observam-se regiões em estado de escassez e estresse hídrico, sobretudo em regiões onde há pouca disponibilidade natural conciliada à grande utilização dos recursos hídricos.

A ANA (2007) cita outra classificação, adaptada de publicações das Nações Unidas e da *European Enviroment Agency*, relativa à situação de escassez. Essa classificação é baseada no quociente entre a retirada total anual, ou seja, a vazão total captada de água para atender os diversos usos e a vazão de permanência de 95% ($Q_{95\%}$) ao longo de um período e é denominada Relação Demanda Disponibilidade Hídrica, representada no quadro 1.

| QUOCIENTE ENTRE VAZÃO RETIRADA E VAZÃO DISPONÍVEL | SITUAÇÃO | NECESSIDADE DE AÇÕES DE GERENCIAMENTO |
|--|-----------------|---|
| < 5% | Excelente | Nenhuma ou poucas ações de gerenciamento |
| 5% a 10% | Confortável | Ações de abrangência local |
| 10% a 20% | Preocupante | Ações com investimentos de médio porte |
| 20% a 40% | Crítica | Ações intensivas de gerenciamento com altos investimentos |
| > 40% | Muito crítica | |

QUADRO 1 - RELAÇÃO DEMANDA DISPONIBILIDADE HÍDRICA
 FONTE: ANA (2007)

Esta relação com valores inferiores a 10% indica uma situação confortável quanto ao uso e disponibilidade dos recursos hídricos, caracterizando-se pela ausência ou registro de poucos conflitos normalmente localizados. Esta condição sugere a aplicação de instrumentos de gerenciamento simples, de âmbito local e de baixo custo, como o monitoramento da qualidade da água e controle das outorgas de uso de recursos hídricos. Nesta situação enquadra-se a região da bacia amazônica e do Araguaia/Tocantins com uma área de 4.791.874 km² correspondendo a 56% da área do país, mas sendo habitada por apenas 8,8% da população do país (ANA, 2007).

Em uma condição antagônica, determinadas regiões do país indicam baixa disponibilidade hídrica associada à densidade populacional elevada, classificadas na Relação Demanda Disponibilidade Hídrica (Quadro 1) como críticas ou muito críticas. Como exemplos, destacam-se a bacia do Alto Tiete, onde situa-se a grande São Paulo, o rio Guandu e as bacias que drenam para a Baía de Guanabara no estado do Rio de Janeiro e a bacia do Alto Iguaçu na RMC. Estas bacias são usadas como mananciais de abastecimento público e chegam a atingir valores de disponibilidade hídrica próximos a $500 \text{ m}^3/\text{hab}/\text{ano}$. As vazões retiradas excedem as disponibilidades hídricas, impondo a busca por outras bacias hidrográficas mais distantes dos centros urbanos, aumentando os custos de captação e transporte da água. Outro aspecto característico nestas bacias é o comprometimento da qualidade das águas, provocando restrições aos usos e o aumento do custo de tratamento (ANA, 2007).

A condição crítica ou muito crítica da Relação Demanda Disponibilidade Hídrica obriga a adoção de instrumentos e ações de gerenciamento mais complexos e de maior custo. Medidas estruturais, como a implantação de reservatórios de água para a regularização de vazões para abastecimento público e programas de despoluição de rios, entram neste contexto. A integração do planejamento do uso e conservação dos recursos hídricos com os Planos Diretores dos municípios e das regiões metropolitanas e com os Planos Regionais e Municipais de Saneamento, instituídos pela Lei 11.445/07, é fundamental para a efetividade de programas e ações de gerenciamento. O Sistema nacional de informações sobre saneamento do ano de 2008, publicado pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (2010), destaca que a cobertura urbana com rede coletora de esgotos sanitários no Brasil é cerca de 50,6%, mas apresentando grande variabilidade regional. Enquanto o sudeste demonstra um índice de 72,1%, o norte e nordeste do país possuem 7,0% e 25,6% da população com este tipo de serviço respectivamente. Relativamente ao volume de esgoto sanitário coletado, apenas 34,6% sofre algum tipo de tratamento.

Estima-se que 2,89 bilhões de m^3/ano de esgotos sanitários são despejados diretamente nos corpos de água pelas redes coletoras de esgoto em áreas urbanizadas, sem tratamento (ANA, 2009).

A ANA, em 2006, a partir de 1.173 pontos de monitoramento, avaliou a qualidade das águas superficiais brasileiras, como demonstra o gráfico 1, baseado no Índice de Qualidade da Água (IQA). Este índice foi desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* dos Estados Unidos e adotado de forma direta ou adaptada, por vários órgãos ambientais do Brasil, como a CETESB no estado de São Paulo e o IAP no estado do Paraná. Os parâmetros que fazem parte do cálculo do IQA traduzem principalmente a contaminação de esgotos domésticos, já que este índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade dos corpos hídricos para o uso no abastecimento público.

O estudo indica que cerca de 79% das águas superficiais brasileiras possuem qualidade ótima ou boa, mas destaca bacias de regiões metropolitanas conurbadas com IQA classificado como péssimo ou ruim. Neste cenário enquadram-se as bacias do Alto Iguaçu (PR), Alto Tiete (SP) e Rio das Velhas (MG), situadas nas regiões metropolitanas de Curitiba, São Paulo e Belo Horizonte respectivamente no qual são usadas como mananciais de abastecimento público. Nestas bacias com Índices de Qualidade de Água comprometidos, também são verificados os estados crítico ou muito crítico da relação demanda disponibilidade hídrica, de acordo com a classificação do quadro 1.

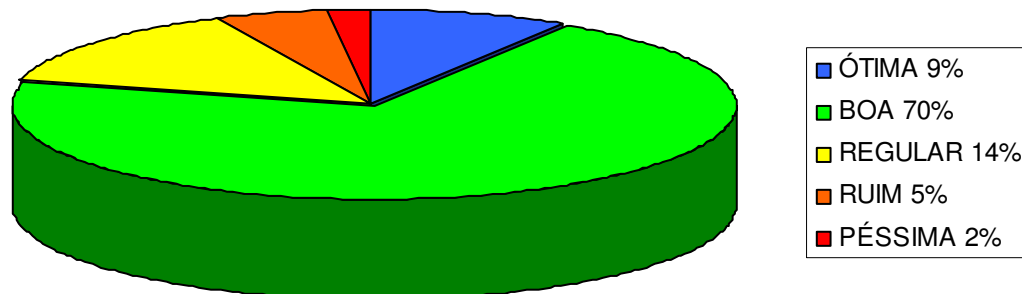


GRÁFICO 1- SITUAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA NO BRASIL
FONTE: ANA (2009)

A publicação sobre a Conjuntura de Recursos Hídricos (ANA, 2009) contempla uma análise do indicador Capacidade de Assimilação de Cargas de Esgotos dos corpos hídricos superficiais brasileiros. De forma geral 85% dos rios brasileiros possuem ótima ou boa capacidade de assimilação de cargas de esgotos domésticos e apenas 6% enquadram-se como ruim ou péssima. Ressalta-se que os trechos de rio com capacidade de assimilação classificadas como péssima ou ruim normalmente estão localizados em áreas com alta densidade populacional, como o Alto Iguaçu e Alto Tietê.

Nestas regiões há uma significativa demanda para o uso dos recursos hídricos superficiais para a diluição de esgotos domésticos tratados. Este aspecto combinado com a condição de baixa assimilação das cargas e a necessidade de atendimento a outros usos, como água para processos industriais, diluição de efluentes industriais e abastecimento público, demonstra a criticidade da situação demandando ações complexas de gerenciamento da água.

2.1.3 A situação na bacia do Alto Iguaçu (Região Metropolitana de Curitiba)

A Bacia Hidrográfica do Alto rio Iguaçu, aqui considerada, tem suas nascentes na face ocidental da serra do Mar no estado do Paraná, banhando os municípios de Curitiba, São José dos Pinhais, Almirante Tamandaré, Colombo, Araucária, Fazenda Rio Grande, Campo Largo, Campo Magro, Contenda, Campina Grande do Sul, Pinhais, Quatro Barras, Mandirituba e Piraquara na Região Metropolitana de Curitiba. Com intenso crescimento e ocupação urbana, a área abrangida possui cerca de 2.800 km² e uma população estimada de 2,8 milhões (PORTO, 2007).

Caracteriza-se pela sua localização próxima às cabeceiras e pelo predomínio de rios de baixas vazões. O mapa do anexo 1 mostra a região denominada bacia do Alto Iguaçu.

A SUDERHSA (2007) descreve no Plano de Bacia do Alto Iguaçu e Afluentes do Ribeira que cerca de 86% da vazão total média outorgada provem de águas superficiais e 14% de águas subterrâneas nesta região. O saneamento é responsável por 80% das vazões outorgadas de uso dos recursos hídricos superficiais e por 61% do uso

de águas subterrâneas. Este fato caracteriza o saneamento como o principal usuário de água no Alto Iguaçu. O uso industrial corresponde a 13,25% das outorgas de águas superficiais concedidas e o uso agropecuário a 2,53%.

O Projeto Bacias Críticas: bases técnicas para a definição de metas progressivas para seu enquadramento e a integração com os demais instrumentos de gestão (PORTO, 2007) determinou uma curva de permanência regionalizada para a Bacia do Alto Iguaçu, sendo possível esta ser aplicada para toda a bacia. A partir deste fundamento chegou-se a uma equação (equação 1) onde é possível se obter a vazão específica média para qualquer tempo de permanência.

$$q\% = - 0,0178 \text{ Ln } (\% \text{ PER}) + 0,084 \quad (1)$$

Onde:

$q\%$ - vazão específica média para um tempo de permanência (% PER)

% PER – tempo de permanência

Deste modo, aplicando-se a equação 1 chega-se a uma vazão $Q_{95\%}$, para um tempo de permanência de 95%, em 2,94 L/s km² na situação do Alto Iguaçu.

Segundo a SUDERHSA (2007), o volume de águas superficiais outorgado para os usos consuntivos, na bacia do Alto Iguaçu no ano de 2007, foi de aproximadamente 10.000 L/s. Considerando a área do Alto Iguaçu como sendo de 2.800 km², obtém-se uma vazão total outorgada de 3,57 L/s km². Adotando-se a vazão outorgada como igual a vazão de retirada, conclui-se que há mais retirada de água do que a vazão disponível, para uma vazão de 95% de permanência ($Q_{95\%}$). Esta análise confirma a classificação da ANA (2007) Demanda Disponibilidade Hídrica (quadro 1), para a bacia do Alto Iguaçu como muito crítica.

O Plano de Bacia do Alto Iguaçu (SUDERHSA, 2007) salienta que a vazão específica média do Alto Iguaçu é de 19,25 L/s km² de disponibilidade hídrica. Aplicando-se a razão entre a vazão retirada aqui adotada de 3,57 L/s km² chega-se a um valor de aproximadamente 0,185 ou 18,5%. Deste modo, para esta vazão específica média, a classificação Demanda Disponibilidade Hídrica (quadro 1) indicaria uma situação preocupante, próximo da crítica.

Enfatiza-se que a ANA (2007) utiliza a $Q_{95\%}$ na determinação da razão Demanda Disponibilidade Hídrica por refletir a situação mais próxima do real da utilização dos recursos hídricos.

Concernente ao modelo adotado pela UNESCO (2009) quanto à disponibilidade hídrica, adotando-se a população da bacia do Alto Iguaçu como 2,8 milhões e a vazão específica média de 19,25 L/s, convertendo-se as unidades em questão, estima-se uma disponibilidade hídrica de aproximadamente de 607 m³/hab ano para região. Com esse quadro a disponibilidade hídrica superficial do Alto Iguaçu se enquadraria em uma situação de estresse hídrico.

Vale lembrar que nas análises aqui descritas não foi considerada a disponibilidade dos aquíferos subterrâneos da região.

Relativamente a qualidade das águas, observa-se de forma geral um processo contínuo de degradação. Reiterando o estudo da ANA (2009), tendo como base o IQA, as águas da bacia do Alto Iguaçu são classificadas como péssimas neste contexto. Esta situação tem uma relação direta com o processo de urbanização e a baixa capacidade de assimilação de esgotos.

Segundo dados da SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná), atualmente a bacia do Alto Iguaçu é utilizada como manancial de abastecimento público contribuindo com uma vazão estimada em 7.000 L/s. É integrante do sistema de abastecimento quatro barragens de regularização de vazões (Piraquara I, Passaúna, Irai e Piraquara II) para o atendimento da demanda da região. Estima-se que 3.637 L/s corresponde à vazão que os quatro reservatórios atualmente incrementam ao sistema. Isto corresponde a cerca de 51% da demanda atual de água captada.

Alvarenga (2005) aponta projeções de crescimento populacional na RMC, tendo como base o ano de 2005, na ordem de 30% e 70% para os anos de 2020 e 2050 respectivamente. Quanto ao consumo “*per capita*” prevê-se um crescimento dos atuais 240 L/dia para 300 L/dia no ano de 2050. A demanda de aproximadamente 9 m³/s saltaria de para 14 m³/s em 2020 e 33,5 m³/s em 2050, como demonstra o quadro 2. Entre 2010 e 2035, em um período de 25 anos, a demanda necessária por água para abastecimento público duplicaria, e entre 2010 e 2050, em um período de 40 anos,

triplicaria. Este crescimento da demanda previsto ocorrerá mais em função do crescimento populacional do que do aumento do consumo “*per capita*”.

O estudo realizado por Alvarenga (2005) sugere que para o atendimento as demandas futuras da RMC seriam necessárias a utilização de mananciais mais distantes como as bacias do Várzea, Santana e Capivari e mais a longo prazo o Açungui, concomitantemente com a construção de novos reservatórios, como as barragens do Miringuava, Pequeno e posteriormente do Várzea e Açungui. Estas já estão planejadas para o complemento da vazão futura necessária.

| ANO | POPULAÇÃO | CONSUMO PER CAPITA (L/dia) | DEMANDA (m³/s) |
|------------|------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 2005 | 3.208.867 | 240 | 8,9 |
| 2010 | 3.678.025 | 240 | 10,3 |
| 2015 | 4.181.184 | 250 | 12,4 |
| 2020 | 4.718.343 | 250 | 14,0 |
| 2025 | 5.289.510 | 260 | 16,7 |
| 2030 | 5.894.675 | 260 | 18,6 |
| 2035 | 6.533.843 | 270 | 21,9 |
| 2040 | 7.207.012 | 280 | 25,3 |
| 2045 | 7.914.184 | 290 | 29,3 |
| 2050 | 8.655.357 | 300 | 33,5 |

QUADRO 2 - PROJEÇÃO DA POPULAÇÃO, CONSUMO “PER CAPITA” E DEMANDA POR ÁGUA NA RMC.

FONTE: Adaptação ALVARENGA (2005).

A cobertura com rede coletora e o índice de tratamento de esgotos das populações urbanas dos municípios do Alto Iguaçu estão demonstrados no quadro 3. Os dados evidenciam a disponibilidade de rede coletora de esgotos para cerca de 70% da população urbana. O índice de tratamento dos esgotos coletados é de 93%. Os municípios de Campo Magro e Contenda, até a data da coleta dos dados (dezembro de 2008), não havia sido contemplados com rede coletora de esgoto. Ressalta-se que os índices de atendimento demonstrados referem-se a disponibilização de rede de coleta de esgoto domiciliar à população, não contemplando a cobertura com fossa e latrinas isoladas.

| MUNICÍPIO | POPULAÇÃO URBANA (hab.) | ÍNDICE DE ATENDIMENTO COM REDE COLETORA | ÍNDICE DE TRATAMENTO DE ESGOTO |
|-----------------------|--|--|---|
| Almirante Tamandaré | 131.661 | 11,45% | 100% |
| Araucária | 108.855 | 37,90% | 95,63% |
| Campina Grande do Sul | 43.725 | 89,11% | 100% |
| Campo Largo | 88.662 | 37,31% | 100% |
| Campo Magro | 3.989 | 0 | 0 |
| Colombo | 261.585 | 30,91% | 100% |
| Contenda | 7.766 | 0 | 0 |
| Curitiba | 1.818.892 | 89,25% | 93,58% |
| Fazenda Rio Grande | 88.532 | 32,61% | 100% |
| Mandirituba | 6.845 | 5,92% | 100% |
| Pinhais | 127.376 | 50,18% | 93,30% |
| Piraquara | 86.156 | 67,21% | 98,53% |
| Quatro Barras | 22.322 | 70,49% | 100% |
| São José dos Pinhais | 272.376 | 50,05% | 75,87% |
| TOTAL | 3.069.042 (Total da população urbana na Bacia do Alto Iguaçu) | 69,59% (Parcela da população servida com rede coletora de esgoto) | 93,25% (Parcela da carga de esgoto coletada que é tratada) |

QUADRO 3 - ÍNDICE DE ATENDIMENTO E TRATAMENTO DE ESGOTO NA BACIA DO ALTO IGUAÇU. POPULAÇÃO URBANA CALCULADA EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE LIGAÇÕES DE ÁGUA.

FONTE: SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná – Dezembro/2008.

Os esgotos domésticos coletados são transportados para 23 ETEs com uma vazão total nominal instalada de 4.107,47 L/s, onde sofrem tratamento e são lançados nos corpos receptores da bacia do Alto Iguaçu, como descreve o quadro 4. Nota-se que ocorre uma grande variabilidade dos portes e vazões nominais, sendo que apenas cinco ETEs (Atuba Sul, Belém, Padilha, CIC Xisto e Santa Quitéria), respondem por cerca de 80% da vazão nominal total. Com exceção da ETE Belém, que se utiliza de processo de tratamento aeróbio e a ETE Martinópolis, todas as demais operam unicamente com RALF ou este complementado com algum processo de pós-tratamento. O processo de tratamento com RALF sem pós-tratamento sobressai nas ETEs com vazões nominais inferiores a 100 L/s. As ETEs com vazões nominais acima de 100 L/s que se utilizam de RALF possuem pós-tratamento, com a utilização de lagoas, processo físico-químico com flotação ou filtro anaeróbio. A exceção neste

contexto é a ETE Santa Quitéria que opera somente com RALF, porém está sendo implantado nesta unidade o processo de flotação.

| MUNICÍPIO | ETE | VAZÃO NOMINAL L/s | PROCESSO DE TRATAMENTO |
|-----------------------|---------------------------|-------------------|---|
| Almirante Tamandaré | ETE São Jorge | 70,00 | RALF e Flotação (Físico-químico) |
| Araucária | ETE Cachoeira | 87,00 | RALF |
| Araucária | ETE Iguaçu | 20,00 | RALF |
| Araucária | ETE Costeira I | 0,80 | RALF |
| Araucária | ETE Costeira II | 3,85 | RALF |
| Campina Grande do Sul | ETE Engenho | 9,00 | RALF e Lagoa de polimento |
| Campo Largo | ETE-Cambui | 100,00 | RALF e Flotação (Físico-químico) |
| Campo Largo | ETE Itaquí | 10,00 | RALF |
| Colombo | ETE Colombo Sede | 24,00 | RALF e Filtro anaeróbio |
| Colombo | ETE Guaraituba | 45,00 | RALF |
| Curitiba | ETE Padilha Sul | 420,00 | RALF e Lagoa de polimento |
| Curitiba | ETE Atuba Sul | 1.120,00 | RALF e Flotação (Físico-químico) |
| Curitiba | ETE Santa Candida | 1,15 | RALF |
| Curitiba | ETE Santa Quitéria | 420,00 | RALF |
| Curitiba | ETE CIC Xisto | 490,00 | RALF e Lagoa de polimento |
| Curitiba | ETE Belém | 840,00 | Lodo ativado aeração prolongada |
| Fazenda Rio Grande | ETE Faz. Rio Grande | 210,00 | RALF e Lagoa de polimento |
| Mandirituba | ETE Moradias Barcelona | 1,80 | RALF |
| Quatro Barras | ETE Menino Deus | 70,00 | RALF e Lagoa de polimento |
| São José dos Pinhais | ETE Afonso Pena | 1,67 | RALF |
| São José dos Pinhais | ETE Gralha Azul | 1,80 | RALF |
| São José dos Pinhais | ETE Iguaçu I | 70,00 | RALF |
| São José dos Pinhais | ETE Martinópolis | 30,00 | Lagoa Anaeróbia, Lagoa Facultativa e Lagoa de Polimento |
| TOTAL | | 4.107,47 | |

QUADRO 4 - RELAÇÃO DAS ETES EM OPERAÇÃO NA BACIA DO ALTO IGUAÇU - RMC.
FONTE: SANEPAR - Companhia de Saneamento do Paraná - Outubro/2009.

2.2 CONCEITOS DE REÚSO DA ÁGUA, ASPECTOS HISTÓRICOS, CLASSIFICAÇÃO E ABORDAGEM TECNOLÓGICA DO REÚSO DE ÁGUA

Brega Filho (2003) ressalta que há uma dificuldade no entendimento da definição de reúso da água, ocasionando diferenças e diversidades de conceituação

encontradas na literatura. O aspecto dificultador desta análise é a definição precisa do instante a partir do qual considera-se que a água está sendo reutilizada.

O mesmo autor comenta que o lançamento de esgoto tratado, ou não, de uma cidade em um corpo hídrico que serve como manancial de abastecimento público de outra cidade a jusante é uma prática comum adotada no Brasil e em várias partes do mundo. Como exemplos podem ser citados a cidade de Stenevage, na Inglaterra, que utiliza o rio Lea como corpo receptor de seus esgotos tratados. As águas deste mesmo rio são captadas por Londres, a jusante. No Brasil, no rio Paraíba do Sul que corta os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, esta prática também é verificada nas cidades situadas ao longo da bacia.

Os esgotos tratados de Curitiba e da maioria das cidades da RMC são lançados na bacia do rio Iguaçu, cerca de 350 km a montante da cidade de União da Vitória que utiliza o rio Iguaçu como manancial de abastecimento público.

O entendimento do conceito de reúso da água deve considerar os volumes de lançamento de efluente e a vazão dos corpos hídricos utilizados como receptores. Em um suposto lançamento de esgotos de baixo volume em rios de grande vazão com excepcional capacidade de diluição, de maneira geral não seria razoável caracterizar esta situação como reúso. Por outro lado em situações como a reutilização direta do esgoto tratado para fins potáveis ou mesmo na agricultura, como a fertiirrigação, caracterizam claramente a prática do reúso de água (BREGA FILHO, 2003).

2.2.1 Definições de reúso da água

Lavrador Filho (1987) define o reúso da água como o aproveitamento das águas anteriormente utilizadas, uma ou mais vezes, para atender atividades humanas, no seu uso original ou em outras demandas de uso.

Na resolução nº54 do CNRH (2005) no seu artigo 2º são descritas as seguintes definições:

- a) **água residuária:** esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não;
- b) **reúso de água:** utilização de água residuária;
- c) **água de reúso:** água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas.

Neste trabalho será adotado o conceito de água recuperada como a água provinda de tratamento adequado e passível de ser aproveitada novamente para determinado uso (ASANO, 2007).

2.2.2 Aspectos históricos do reúso de água

Brega Filho (2003) ressalta em seu trabalho o trecho da lei sânscrita (versículo 15, capítulo XIV do Ousruta Sanghita) datada possivelmente de 2.000 a.C, que recomenda: “*É bom guardar a água em vasilhas de cobre, expô-la ao sol e filtrá-la em carvão*”. Nesta citação são aconselhadas uma série de práticas análogas aos processos de sedimentação, desinfecção e filtração, tornado a água apta para uma possível reutilização.

Giordani (2002) comenta, baseado em citações de Outwater (1994), que os chineses, japoneses e indianos a milhares de anos já vêm aproveitando os esgotos humanos para fertilização dos solos.

Segundo Metcalf & Eddy (2003) a partir do século XIX com o advento dos sistemas de esgotamento sanitário, utilizou-se as chamadas “*fazendas de esgoto*” para disposição dos esgotos domésticos. Sendo a sua finalidade principal a disposição final do resíduo, as “*fazendas de esgoto*” acabaram sendo também utilizadas, inicialmente de forma acidental, para o cultivo agrícola e outros usos, demonstrando na época resultados benéficos neste contexto. Por volta de 1900 existiam numerosas “*fazendas de esgoto*” espalhadas nos Estados Unidos e em países da Europa.

O mesmo autor enfatiza que o primeiro registro de projeto para fins de reúso nos Estados Unidos foi a utilização de esgotos de fossas sépticas na manutenção de lagos ornamentais do Golden Gate Park na cidade de São Francisco em 1912.

Na França, desde o século 19 pratica-se o reúso para fins não potáveis. Os exemplos mais antigos de aplicação neste país são as estações de Achères nos arredores de Paris e Reims (USEPA, 2004).

Em 1997 em Essex na Inglaterra foi implementado um projeto de utilização de efluentes tratados visando o incremento de vazão no rio Chalmer e no reservatório de Hanningfield. Este é considerado o primeiro projeto de reúso indireto potável da Europa (USEPA, 2004).

O quadro 5 apresenta exemplos de projetos de reúso nos Estados Unidos e em diversos países ao longo da história a partir do final do século XIX.

No Brasil, a SABESP reutiliza os esgotos tratados em suas próprias instalações desde a década de 80. Em 1998, a mesma companhia iniciou a experiência de reutilização de esgotos sanitários tratados para fins industriais. A Coasts Corrent, indústria do ramo têxtil e fabricante da marca comercial Linhas Corrente começou a utilizar água de reúso provinda da ETE Jesus Netto em São Paulo-SP (AISSE, 2006).

Metcalf & Eddy (2003) observam na análise da evolução histórica do reúso nos Estados Unidos, que entre 1995 e 2000 houve um crescimento de 36% da quantidade de água reutilizada. Verifica-se também que as regiões onde mais se pratica o reúso de água localizam-se em estados áridos e semiáridos, como os estados da Califórnia, Colorado e Arizona. Entretanto há um aumento do número de projetos em áreas úmidas como nos estados da Flórida, Maryland e Missouri, visando principalmente o controle da poluição hídrica e aumento de oferta para abastecimento.

Pela evolução histórica das práticas de reúso de esgoto tratado, nota-se uma prioridade para o reúso urbano não potável e agrícola até o momento. Porém, devido ao crescimento e concentração urbanos, em cidades com dificuldades de ampliação do abastecimento público de água, há a necessidade de investigação da opção do reúso potável indireto e de outras modalidades que propiciem o aumento da disponibilidade hídrica para o uso potável. Projetos mais recentes como o de Essex/ Hanningfield na Inglaterra e o Projeto Poisedom da Comunidade Europeia, a ser abordado no item 2.5.1 deste trabalho, reforçam esta tendência.

| ANO | LOCALIZAÇÃO | PAÍS | APLICAÇÃO |
|-----------|---|----------------|---|
| 1890 | Cidade do México | México | Construção de canais de drenagem de esgoto não tratado para irrigação agrícola |
| 1912-1985 | Golden Gate Park San Francisco - California | Estados Unidos | Irrigação de gramados e suprimento de água para lagos ornamentais |
| 1926 | Grand Canyon National Park - Arizona | Estados Unidos | Descarga de vasos sanitários, irrigação paisagística, água de refrigeração e alimentação de caldeiras |
| 1929 | Pomona - California | Estados Unidos | Irrigação de áreas verdes |
| 1942 | Baltimore - Maryland | Estados Unidos | Resfriamento no processo de fabricação de aço (Bethlehem Steel Company) |
| 1960 | Colorado Springs - Colorado | Estados Unidos | Irrigação de campos de golfe, parques, cemitérios e vias públicas |
| 1961 | Irvine Ranch Water District - California | Estados Unidos | Irrigação e uso para descarga de vasos sanitários em residências e edifícios |
| 1962 | La Soukra | Tunísia | Irrigação de culturas cítricas e recarga de aquífero contra a intrusão de cunha salina |
| 1962 | County Sanitation Districts of Los Angeles - California | Estados Unidos | Recarga de aquífero subterrâneo por infiltração |
| 1968 | Windhoek | Namíbia | Sistema avançado de tratamento de esgoto doméstico para suprimento de água potável |
| 1969 | Wagga Wagga | Austrália | Irrigação de campos esportivos, gramados e cemitérios |
| 1976 | Orange County Water District - California | Estados Unidos | Recarga de aquífero subterrâneo por injeção direta |
| 1977 | Tel - Aviv | Israel | Recarga de aquífero subterrâneo do qual é retirado a água e levada por um sistema de dutos a uma distância de 100 km para irrigação agrícola |
| 1977 | St. Petesburg - Florida | Estados Unidos | Irrigação de parques, campos de golfe, jardins residenciais e de escolas e água para torres de resfriamento |
| 1984 | Tokyo Metropolitan Government | Japão | Reciclagem de água para o uso de descarga de vasos sanitários em edifícios do distrito de Shinjuku |
| 1985 | El Passo - Texas | Estados Unidos | Recarga de aquífero subterrâneo por injeção direta e uso para resfriamento em usinas de energia |
| 1987 | Monterey- California | Estados Unidos | Irrigação agrícola de hortaliças de consumo cru como aipo, alcachofra, alface, brócolis e couve-flor |
| 1989 | Consorti de La Costa Brava- Girona | Espanha | Irrigação de campos de golf |
| 1997 | Essex - Hanningfield | Inglaterra | Incremento de vazão no rio Chalmer para reúso indireto potável |
| 2003 | Singapore's NEWATER | Cingapura | Sistema de produção de água para reúso indireto potável através do suprimento em reservatórios de abastecimento e para o fornecimento à indústrias de semi-condutores |

QUADRO 5 - HISTÓRICO DE PROJETOS DE REÚSO DE ÁGUA.

FONTE: Adaptado de METCALF & EDDY (2003), USEPA (2004) e ASANO (2007).

2.2.3 Classificação do reúso quanto a forma de aproveitamento

A WHO (1973), na publicação do Relatório Técnico nº 517 sobre reúso de efluentes, apresenta uma classificação quanto às formas de reúso, sendo:

- **reúso indireto:** ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída;
- **reúso direto:** é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável;
- **reciclagem interna:** é o reúso da água internamente a instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

A mesma publicação distingue no conceito de reúso indireto o uso intencional e não intencional. O primeiro ocorre quando o despejo de efluentes em corpos hídricos superficiais a montante ou a recarga de aquíferos subterrâneos é planejado para o reúso, com o controle cabível visando um propósito definido. Já o reúso indireto não intencional não é planejado e desprovido de controle, embora largamente utilizado, como por exemplo, para fins de irrigação agrícola, de recreação e para processos industriais.

De acordo com Brega Filho (2003), Lavrador Filho (1987) aperfeiçoa e propõe uma terminologia visando a uniformização das definições relativas ao reúso:

- **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 e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Neste 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, dentre outros, além de eventuais misturas com outros despejos advindos de diferentes atividades humanas.
- **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 de efluentes 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.
- **reúso indireto planejado de água:** ocorre quando os efluentes, depois de convenientemente tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos d'água superficiais ou subterrâneos, para serem utilizados a

jusante em sua forma diluída e de maneira controlada, no intuito de algum uso benéfico.

- **reúso direto planejado de água:** ocorre quando os efluentes, após convenientemente tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reúso; sofrendo em seu percurso os tratamentos adicionais e armazenamentos necessários, mas não sendo, em nenhum momento, descarregados no meio ambiente.
- **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 do reúso direto.

Brega Filho (2003) apresenta uma classificação baseada no trabalho de Wasterhoff (1984) que diferencia o reúso da água para fins potáveis e não potáveis. O reúso potável pode ser direto, quando o esgoto tratado, através de processo de tratamento adequado, é diretamente reutilizado em sistemas de abastecimento de água potável. O reúso potável indireto caracteriza-se quando o esgoto tratado é despejado em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos e após diluição e autodepuração natural é captado a jusante e tratado para abastecimento de água potável.

O primeiro e único exemplo da aplicação do reúso direto potável de forma contínua é o da cidade de Windhoek (Namíbia), implantado em 1968 e operando até o momento (USEPA, 2004).

2.2.4 Classificação do reúso quanto a aplicação

A USEPA (2004), em seu Guia para o Reúso de Água, apresenta os tipos de reúso de acordo com a sua aplicação e finalidade.

- a) **Reúso Urbano para fins não potáveis:** Os esgotos tratados admitem uma qualidade inferior em relação ao uso potável. Na distribuição e entrega da água reutilizada há a necessidade da instalação de redes internas ou externas específicas, em paralelo à rede de água potável ou o transporte e entrega ao usuário através do emprego de caminhões pipa. Nesta modalidade estão inclusos os usos com os propósitos de:
 - irrigação de parques, praças e logradouros públicos e esportivos;
 - irrigação de jardins e áreas verdes e lavagem predial de residências, estabelecimentos comerciais e industriais;

- lavagem de veículos e ruas;
- ornamentação, fontes, cachoeiras e espelhos d'água;
- produção de concreto e lavagem de pisos para evitar a formação de poeira na construção civil;
- prevenção contra incêndio, como água para hidrantes;
- descarga de aparelhos sanitários em banheiros residenciais, públicos, de estabelecimentos comerciais e de indústrias.

Ainda para reúso urbano, é possível a denominação de duas categorias:

- **reúso urbano irrestrito:** onde não ocorre restrição ao acesso de pessoas às áreas onde ocorre a reutilização da água, como por exemplo nas finalidades de irrigação e ornamentação de parques, jardins e vias públicas, prevenção de incêndio e descarga de banheiros;
 - **reúso urbano restrito:** onde é possível o controle e restrição do acesso de pessoas às áreas onde ocorre a reutilização da água.
- b) **reúso industrial:** Os efluentes tratados são utilizados em processos e instalações industriais. Entre as finalidades de usos na indústria cabe citar:
- resfriamento;
 - lavagem de equipamentos e instalações industriais;
 - cozimento, após tratamento específico;
 - processos industriais, como por exemplo na aplicação em indústria de papel e celulose, têxtil, química e petroquímica.
- c) **reúso agrícola:** Caracteriza-se pelo emprego dos efluentes tratados na irrigação de culturas alimentícias, não alimentícias, na produção de forrageiras para consumo animal e na prática da hidroponia.
- d) **reúso ambiental e recreacional :** Este tipo de reúso caracteriza-se pela construção ou recuperação de corpos de água para os seguintes fins:
- manutenção da vida aquática e utilização de refúgio e habitat de espécies diversas;
 - recreação irrestrita, onde ocorre o contato primário com a água reutilizada, como exemplo a prática da natação;

- recreação restrita, onde ocorre somente o contato secundário com a água reutilizada, como exemplo a pesca e navegação recreativa.
- e) **reúso para manutenção de vazões:** Os esgotos tratados são empregados na manutenção de vazões mínimas para viabilizar os diversos usos como diluição de efluentes, navegação e preservação da vida aquática. Este tipo de reúso tem uma importância diferenciada em períodos de estiagem, podendo garantir a quantidade de água necessária para o atendimento as demandas durante todo o ano.
- f) **reúso para recarga de aquíferos subterrâneos:** A recarga artificial de aquíferos subterrâneos com esgotos tratados pode ser efetuada através da infiltração e percolação no solo e pela injeção direta no aquífero. Tem como propósitos o incremento e armazenamento de água no aquífero para usos na forma potável ou não potável, complemento no tratamento de efluentes, controle de ocorrências de subsidências no solo e o estabelecimento de barreira contra a intrusão de cunha salina em aquíferos costeiros.
- g) **reúso para suprimento de água potável:** Inserem-se aqui as modalidades do uso indireto potável através do suprimento em águas superficiais e da recarga de aquíferos subterrâneos e do uso direto potável. São fatores fundamentais para o reúso para fins potáveis:
- a adoção de processos de tratamento avançado;
 - o estabelecimento de critérios e parâmetros analíticos mais abrangentes na avaliação de poluentes no efluente, no meio ambiente e na água potável servida;
 - o controle dos demais usos dos corpos hídricos utilizados para diluição e depuração dos esgotos tratados.

Bevilacqua (2006) cita a possibilidade de utilização de esgotos tratados em piscicultura. O suprimento de água e nutrientes ofertados pelo esgoto tratado são elementos atrativos e podem ser compatíveis com a prática de criação de peixes.

2.2.5 Aspectos tecnológicos quanto ao reúso de água

Conceitualmente a água que serve uma comunidade sofre ao longo do tempo modificações em sua qualidade. As alterações do nível de qualidade se dão em função dos diversos usos da água que a comunidade necessita (ASANO, 2007).

A figura 1 elucida as modificações da qualidade da água nos seus usos municipais, ao longo do tempo.

A partir desta ilustração nota-se que posteriormente ao uso doméstico e industrial a qualidade da água decresce significativamente na forma de efluentes industriais e esgotos domésticos. A seguir, o tratamento convencional de esgoto ou efluente industrial propicia uma melhora na qualidade, porém não o suficiente para atingir um patamar para nova utilização da água. A partir deste momento, com a aplicação de processos de tratamento avançado, a água recuperada, conforme o nível de qualidade apropriado poderá ser reutilizada nos seus diversos usos.

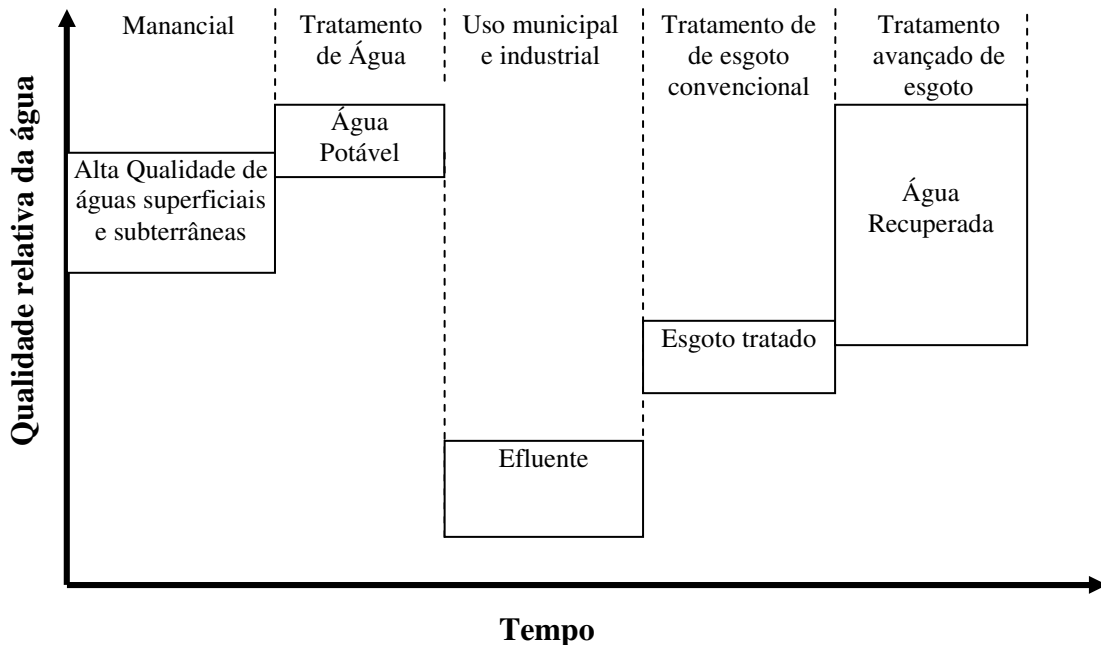


FIGURA 1 - MODIFICAÇÕES DA QUALIDADE DA ÁGUA NO USO MUNICIPAL AO LONGO DO TEMPO
 FONTE: ASANO (2007).

A tecnologia a ser aplicada no tratamento dos esgotos visando o reúso da água, de acordo com Asano (2007), passa pela análise da qualidade da água requerida para o uso desejado a ser aplicado. A aplicação de processos de tratamento em níveis mais avançados, viabilizando o reúso, dota a água de valor econômico. A água como esgoto tratado ou efluente, passa a ser um recurso hídrico, propício para diversos usos na sociedade.

A USEPA (2004) sugere níveis de tratamento adequados em função do tipo de reúso a ser aplicado. A figura 2 ilustra sinteticamente as sugestões elaboradas pela USEPA, com exemplos de reúso. Observa-se que cresce a exigência de aplicação de tecnologias e processos mais avançados a medida que o tipo de reúso abranja o contato primário, consumo de alimentos irrigados e ingestão da água pelo ser humano.

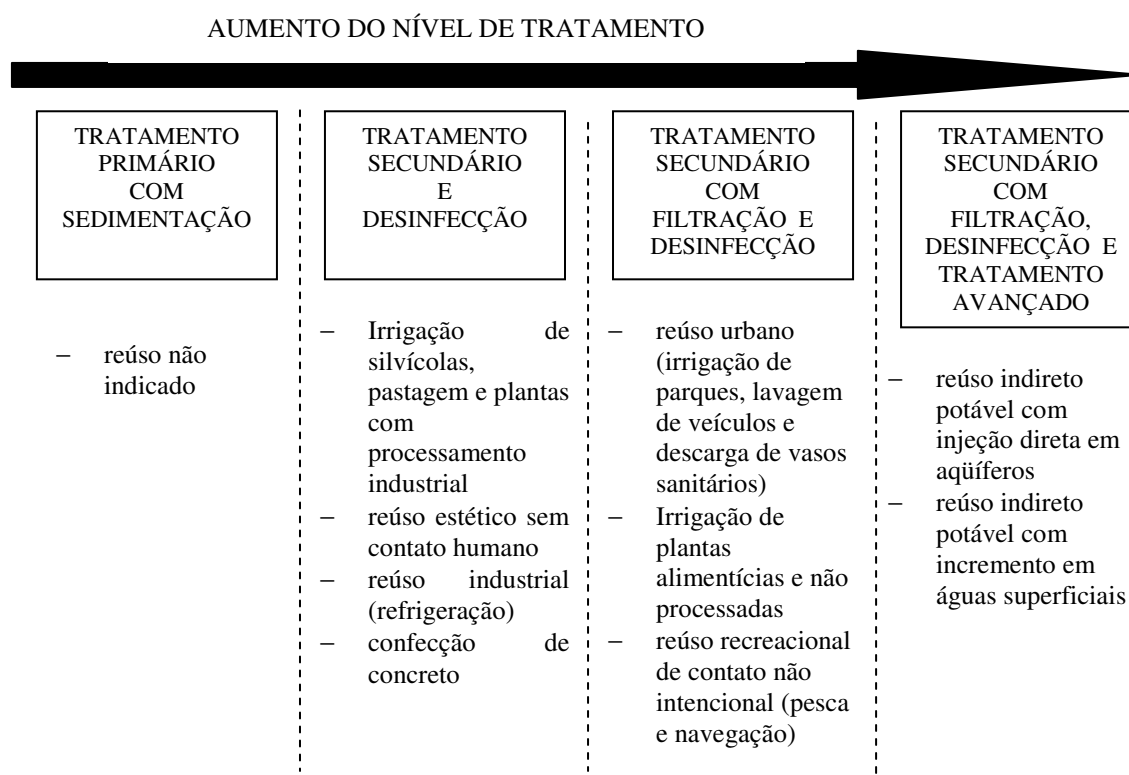


FIGURA 2 - SUGESTÕES DOS NÍVEIS DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM FUNÇÃO DO TIPO DE REÚSO.

FONTE: USEPA (2004)

No tratamento de esgotos sanitários e na aplicação do reúso de água, uma gama de tecnologias são utilizadas, de forma isolada ou combinada. Porém ressalta-se

a importância de tecnologias dos níveis secundário, terciário e avançado no contexto da eficácia do reúso de água nas suas diversas modalidades (ASANO, 2007).

2.3 CARACTERIZAÇÃO DO ESGOTO DOMÉSTICO

Uma vez que se pretende a utilizar efluentes tratados de estações de tratamento de esgotos para fins de reúso é indispensável a caracterização do esgoto doméstico contemplando suas principais fontes geradoras e seus aspectos qualitativos. É pertinente estar incluso nesta caracterização as contaminações por poluentes de origem antrópica.

2.3.1 Fontes geradoras

Von Sperling (1996) comenta que os esgotos domésticos são compostos por cerca de 99,9% de água. A parcela de 0,1%, não composta por água, é a que demanda a necessidade do tratamento. Os esgotos podem ser produzidos basicamente por três fontes geradoras:

- a) contribuições de residências, comércio e instituições públicas, em que a vazão de contribuição está diretamente relacionada ao consumo de água tratada pela população em questão;
- b) água proveniente de infiltrações na rede de esgoto, ocasionadas por defeitos em tubulações e juntas e infiltração em poços de visita, que quantitativamente é influenciada por aspectos como extensão da rede, densidade populacional, tipo de solo, profundidade do lençol freático e topografia;
- c) efluentes de origem industrial, cujo a contribuição no esgoto sanitário, tanto sob os aspectos quantitativo como qualitativo, dependem do tipo, porte, processo e nível de pré-tratamento da indústria .

A característica do esgoto produzido está diretamente relacionada às vazões de contribuição e qualidade dos afluentes oriundos das fontes geradoras. Clima, hábitos

de higiene e situação socioeconômica da população são fatores que influenciam de maneira significativa os parâmetros do esgoto gerado a ser transportado à ETE.

No Brasil, relativamente ao tipo de sistema de esgotamento sanitário, verifica-se a predominância do uso do sistema separador. Neste sistema as águas pluviais são drenadas em redes independentes, separadas das redes de esgotos, não contribuindo à ETE. Em outros países, como Alemanha e França, há a predominância do uso do sistema combinado, onde as águas pluviais são transportadas conjuntamente com o esgoto na mesma rede até a ETE (VON SPERLING, 1996).

Na situação das ETEs da SANEPAR no estado do Paraná, incluindo o sistema da ETE Atuba Sul, é utilizado o sistema separador de esgotamento sanitário.

2.3.2 Parâmetros de qualidade do esgoto doméstico

Segundo Metcalf & Eddy (2003) o esgoto pode ser caracterizado sob os aspectos físico, químico e biológico. Cabe ressaltar que os componentes das propriedades químicas, físicas e biológicas se inter-relacionam. Por exemplo, a temperatura, que é uma propriedade física, afeta diretamente a quantidade de gases dissolvidos e a atividade microbiana no esgoto.

Os quadros 6 e 7 apresentam as principais características físicas e químicas do esgoto doméstico respectivamente. O quadro 8 descreve os principais microorganismos presentes nos esgotos.

| PARÂMETRO | DESCRIÇÃO |
|-------------------------------|--|
| Temperatura | <ul style="list-style-type: none"> - Ligeiramente superior à água de abastecimento - Variação conforme as estações do ano - Influência na atividade microbiana, na solubilidade dos gases e na viscosidade do líquido |
| Cor | <ul style="list-style-type: none"> - Esgoto fresco: ligeiramente cinza - Esgoto séptico: cinza escuro ou preto |
| Odor | <ul style="list-style-type: none"> - Esgoto fresco: odor oleoso, relativamente desagradável - Esgoto séptico: odor fétido (desagradável), devido ao gás sulfídrico e a outros produtos da decomposição - Despejos industriais: odores característicos |
| Turbidez | <ul style="list-style-type: none"> - Causada por uma grande variabilidade de sólidos em suspensão - Esgotos mais frescos ou mais concentrados: geralmente maior turbidez |
| Sólidos totais | - Classificados como orgânicos e inorgânicos; suspensos, dissolvidos e sedimentáveis |
| Sólidos em suspensão totais | - Fração de sólidos inorgânicos e orgânicos que não são filtráveis (não dissolvidos) |
| Sólidos em suspensão fixos | - Fração de sólidos inorgânicos, minerais, não incineráveis que não são filtráveis (não dissolvidos) |
| Sólidos em suspensão voláteis | - Fração de sólidos orgânicos que não são filtráveis (não dissolvidos) |
| Sólidos dissolvidos totais | - Fração de sólidos inorgânicos e orgânicos que são filtráveis |
| Sólidos dissolvidos fixos | - Fração de sólidos inorgânicos que são filtráveis |
| Sólidos dissolvidos voláteis | - Fração de sólidos orgânicos que são filtráveis |
| Sólidos sedimentáveis | - Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que sedimenta em uma hora no cone Imhoff |

QUADRO 6 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO ESGOTO DOMÉSTICO.

FONTE: Adaptação de VON SPERLING (1996) e METCALF & EDDY (2003)

| CARACTERÍSTICAS INORGÂNICAS | |
|--|---|
| PARÂMETRO | DESCRIÇÃO |
| Nitrogênio Total | Inclui o nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato |
| Nitrogênio Total Kjeldahl | Compreende o nitrogênio orgânico e a amônia |
| Nitrogênio orgânico | Nitrogênio na forma de proteínas, aminoácidos e uréia. |
| Amônia (NH ₄ ⁺) | Produzida como primeiro estágio da decomposição do nitrogênio orgânico |
| Nitrito (NO ₂ ⁻) | Produzido no estágio intermediário da oxidação da amônia. Praticamente ausente no esgoto bruto. |
| Nitrato (NO ₃ ⁻) | Produto final da oxidação da amônia. Praticamente ausente no esgoto bruto. |
| Fósforo total | Presente na forma orgânica e inorgânica. |
| Fósforo orgânico | Combinado à matéria orgânica. |
| Fósforo inorgânico | Na forma de ortofosfatos e polifosfatos. |
| pH | Indicador das características básicas e ácidas do esgoto. |
| Alcalinidade | Indicador da capacidade tampão do meio (resistência às variações de pH) |
| Cloretos | Provenientes das águas de abastecimento e dos dejetos humanos. Relacionado a potencialidade do reúso do esgoto na agricultura. |
| Sulfato (SO ₄ ⁻²) | Relacionado a produção de odores. |
| Metais (Ex: As, Cd, Ca, Cr, Co, Cu, Pb, Mg, Hg, Mo, Ni, Se, Na, Zn e Fe) | Importante na avaliação ao potencial para o reúso do esgoto, Alguns metais (ex: Fe e Mg) são nutrientes necessários para o tratamento biológico. Metais pesados como Hg e Pb são extremamente tóxicos e outros (Cd e As) possuem propriedades carcinogênicas e mutagênicas. |
| Gases (O ₂ , CO ₂ , N ₂ , NH ₃ , H ₂ S, CH ₄) | O ₂ , CO ₂ e N ₂ são os principais componentes dos gases da atmosfera e são encontrados em toda água ou esgoto exposto ao ar. NH ₃ , H ₂ S e CH ₄ são produtos da decomposição da matéria orgânica do esgoto. |
| CARACTERÍSTICAS ORGÂNICAS | |
| Carbono orgânico Total (COT) | É a medida direta da matéria orgânica carbonácea do esgoto. É determinado através da conversão do carbono orgânico em gás carbônico. |
| Demanda bioquímica de Oxigênio (DBO ₅) | Está associada a fração biodegradável dos componentes orgânicos carbonáceos. É a medida do oxigênio consumido após 5 dias pelos micro-organismos na estabilização bioquímica da matéria orgânica. |
| Demanda Química de Oxigênio (DQO) | Representa a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar quimicamente a matéria orgânica carbonácea. |
| Demanda Última de Oxigênio (DBO última) | Representa o consumo total de oxigênio, ao final de vários dias, requerida pelos micro-organismos para a estabilização bioquímica da matéria orgânica |

QUADRO 7 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO ESGOTO DOMÉSTICO
 FONTE: Adaptação de VON SPERLING (1996) e METCALF & EDDY (2003)

| TIPO DE ORGANISMO | DESCRIÇÃO | EXEMPLOS DE PATÓGENOS/DOENÇAS |
|-------------------|---|---|
| Bactérias | <ul style="list-style-type: none"> - Organismos protistas unicelulares, apresentando-se em várias formas e tamanhos. - São os principais responsáveis pela estabilização da matéria orgânica | <ul style="list-style-type: none"> - <i>Escherichia coli</i>/ Gastroenterite - <i>Legionella pneumophila</i>/ doença do legionário - <i>Leptospira (spp.)</i>/Leptospirose - <i>Salmonella</i>/ Salmonelose - <i>Vibrio cholerae</i>/ Cólera |
| Fungos | <ul style="list-style-type: none"> - Organismos aeróbios, multicelulares, não fotossintéticos, heterotróficos. - Tem grande importância na decomposição da matéria orgânica - Podem crescer em condições de pH baixo | ----- - |
| Protozoários | <ul style="list-style-type: none"> - Organismos unicelulares, sem parede celular. - A maioria aeróbia ou facultativa - São essenciais no tratamento biológico para a manutenção do equilíbrio entre os diversos grupos | <ul style="list-style-type: none"> - <i>Cryptosporidium parvum</i>/Criptosporidiose - <i>Entamoeba histolytica</i>/ Amebíase - <i>Giardia lamblia</i>/Giardiase |
| Vírus | <ul style="list-style-type: none"> - Organismos parasitas, formados pela associação de material genético (DNA ou RNA) e uma carapaça proteica - Podem ser de difícil remoção no tratamento de esgoto e água | <ul style="list-style-type: none"> - Adenovirus/ Doença respiratória - Enterovirus/Gastroenterite e anomalias cardíacas - Vírus da Hepatite A/Hepatite infecciosa - Rotavirus/Gastroenterite |
| Helmintos | <ul style="list-style-type: none"> - Animais superiores - Ovos de helmintos presentes no esgoto podem causar doenças | <ul style="list-style-type: none"> - <i>Ascaris lumbricoides</i>/Ascariose - <i>Taenia saginata</i>/Teníase |

QUADRO 8 - PRINCIPAIS MICRO-ORGANISMOS PRESENTES NO ESGOTO DOMÉSTICO.
 FONTE: Adaptação de VON SPERLING (1996) e METCALF & EDDY (2003)

Asano (2007) enfatiza que o afluente de estações de tratamento de esgoto doméstico é uma mistura de elementos com variações de composição e vazões no âmbito diário, semanal, mensal e sazonal, dependendo das condições e tipologia das fontes contribuintes de esgoto bruto.

O quadro 9 demonstra a composição típica do esgoto bruto predominantemente doméstico.

| CONTAMINANTE | CONCENTRAÇÃO | |
|------------------------------------|--|--|
| | FAIXA | TÍPICA |
| Sólidos Totais | 390 mg/L – 1230 mg/L | 720 mg/L |
| Sólidos Dissolvidos | 270 mg/L – 860 mg/L | 500 mg/L |
| Sólidos Dissolvidos Fixos | 160 mg/L – 520 mg/L | 300 mg/L |
| Sólidos Dissolvidos Voláteis | 110 mg/L – 340 mg/L | 200 mg/L |
| Sólidos Suspensos | 120 mg/L – 400 mg/L | 210 mg/L |
| Sólidos Suspensos Fixos | 25 mg/L – 85 mg/L | 50 mg/L |
| Sólidos Suspensos Voláteis | 95 mg/L – 315 mg/L | 160 mg/L |
| Sólidos sedimentáveis | 5 mg/L – 20 mg/L | 10 mg/L |
| DBO ₅ | 110 mg/L – 350 mg/L | 190 mg/L |
| Carbono Orgânico Total | 80 mg/L – 260 mg/L | 140 mg/L |
| DQO | 250 mg/L – 800 mg/L | 430 mg/L |
| Nitrogênio Total | 20 mg/L – 70 mg/L | 40 mg/L |
| Nitrogênio orgânico | 8 mg/L – 25 mg/L | 15 mg/L |
| Nitrogênio amoniacal | 12 mg/L – 45 mg/L | 25 mg/L |
| Nitritos | 0 até traços | 0 |
| Nitratos | 0 até traços | 0 |
| Fósforo total | 4 mg/L – 12 mg/L | 7 mg/L |
| Fósforo orgânico | 1 mg/L – 4 mg/L | 2 mg/L |
| Fósforo inorgânico | 3mg/L – 10 mg/L | 5 mg/L |
| Cloretos | 30 mg/L – 90 mg/L | 50 mg/L |
| Sulfato | 20 mg/L – 50 mg/L | 30 mg/L |
| Óleos e graxas | 50mg/L – 100 mg/L | 90 mg/L |
| Compostos orgânicos voláteis | < 100 mg/L - > 400 mg/L | 100 mg/L – 400 mg/L |
| Coliformes totais | 10 ⁶ /mL - 10 ⁹ /mL | 10 ⁷ /mL - 10 ⁸ /mL |
| Coliformes fecais | 10 ³ /mL - 10 ⁷ /mL | 10 ⁴ /mL - 10 ⁵ /mL |
| Oocistos de <i>Cryptosporidium</i> | 10 ⁻¹ /mL - 10 ² /mL | 10 ⁻¹ /mL - 10 ¹ /mL |
| Cistos de <i>Giardia lamblia</i> | 10 ⁻¹ /mL - 10 ³ /mL | 10 ⁻¹ /mL - 10 ² /mL |
| Arsênio | ----- | 0,0032 mg/L |
| Boro | ----- | 0,35 mg/L |
| Cádmio | ----- | 0,0006 mg/L |
| Cromo | ----- | 0,003 mg/L |
| Cobre | ----- | 0,063 mg/L |
| Ferro | ----- | 0,6 mg/L |
| Chumbo | ----- | 0,008 mg/L |
| Mercúrio | ----- | 0,0003 mg/L |
| Níquel | ----- | 0,007 mg/L |
| Selênio | ----- | 0,003 mg/L |
| Prata | ----- | 0,002 mg/L |
| Zinco | ----- | 0,081 mg/L |

QUADRO 9 - COMPOSIÇÃO TÍPICA DO ESGOTO BRUTO PREDOMINANTEMENTE DOMÉSTICO

FONTE: ASANO (2007).

Von Sperling (1996) cita que a relação DQO/DBO₅ típica para esgoto doméstico bruto situa-se na faixa de 1,7 a 2,4. Adotando-se analogamente a relação

DBO₅/DQO, a faixa varia entre 0,4 a 0,6. Estes indicadores são utilizados na avaliação da biodegradabilidade das águas residuárias.

2.3.3 Contaminação por poluentes orgânicos e contaminantes emergentes

Atividades antrópicas, como a industrialização, agricultura, descarte de resíduos de uso doméstico e o próprio processo de tratamento de efluentes, geram poluentes orgânicos que podem contaminar o esgoto bruto e tratado e as águas superficiais e subterrâneas. Estes compostos têm sua importância por apresentarem propriedades tóxicas, carcinogênicas, teratogênicas e mutagênicas ao ser humano além de efeitos deletérios ao meio ambiente aquático (METCALF & EDDY, 2003).

Ternes (2006) comenta que até recentemente a atenção quanto à presença de micropoluentes na água e no esgoto era limitada aos componentes considerados clássicos como PCBs, dioxinas, DDT e agrotóxicos. Mais recentemente o foco da preocupação se estendeu aos chamados contaminantes emergentes. Estes compostos, denominados PPCPs (*pharmaceuticals and personal care products*), incluem-se os fármacos para uso humano e veterinário, como antibióticos, anti-inflamatórios, antidepressivos e reguladores de gordura, substâncias com efeito endócrino (hormônios sintéticos e naturais) e produtos para estética, beleza e higiene pessoal. Uma das principais razões das atenções se voltarem aos contaminantes emergentes foi o desenvolvimento de novos métodos e ferramentas analíticas nos últimos quinze anos. Outra razão importante é a constatação do crescimento significativo do consumo destes produtos pela população. Na Alemanha em 2003 foram consumidos mais de 6.500 ton de fármacos sintéticos, proporcionando uma média de consumo por habitante de 79 g/ano. Mais de 3.000 tipos de remédios são atualmente comercializados na Europa. Embora ainda escassos estudos recentes têm apontado impactos adversos dos PPCPs no meio ambiente, como a feminilização ou masculinização de populações de organismos aquáticos causados por hormônios. Outro exemplo seria o caso do Paquistão, em que problemas renais em abutres ocasionaram a redução de mais de 95% da população desta espécie, fato

provavelmente causado pelo efeito do anti-inflamatório para uso veterinário diclofenaco.

O mesmo autor salienta que os PPCPs acabam sendo destinados às redes de esgotos após o consumo, ocorrido principalmente em residências e hospitais, constituindo parte integrante dos esgotos domésticos a serem tratados nas ETEs. A maior parte dos fármacos, hormônios e produtos para estética, não são totalmente removidos pelo processo de convencional de tratamento de esgoto. Este aspecto reforça a importância dos contaminantes emergentes na aplicação do reúso indireto potável.

O quadro 10 apresenta os principais poluentes orgânicos presentes no esgoto e em águas superficiais e subterrâneas e o quadro 11 demonstra exemplos de contaminantes emergentes.

| POLUENTE ORGÂNICO | CARACTERÍSTICAS |
|--|---|
| Surfactantes (agentes tenso ativos) | <ul style="list-style-type: none"> - Originários do descarte de detergentes e produtos de limpeza de residências e de efluentes industriais. - Detergentes a base de fósforo têm efeito de eutrofização em corpos hídricos - Altera a tensão superficial da água afetando a biota aquática |
| Agrotóxicos | <ul style="list-style-type: none"> - Agrotóxicos organoclorados são bioacumulativos e carcinogênicos - Grupo dos carbamatos e fosforados são tóxicos para o ser humano |
| Compostos orgânicos halogenados | <ul style="list-style-type: none"> - Formados na cloração (desinfecção) do tratamento de água para abastecimento e de esgotos, pela reação do Cl com a matéria orgânica natural (ácidos fúlvicos e húmicos) - Potencial cancerígeno para o ser humano |
| Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs) | <ul style="list-style-type: none"> - Formados na combustão incompleta e no processamento de petróleo - Muitos compostos deste grupo são altamente carcinogênicos mesmo em baixas concentrações - Pouco solúvel em água, se acumulando em maior quantidade em sedimentos e em organismos. |
| Bifinilas Policloradas (PCBs) | <ul style="list-style-type: none"> - Presente em águas contaminadas com óleos refrigeradores de transformadores - Tóxicos, bioacumulativos e extremamente estáveis em água |

QUADRO 10 - PRINCIPAIS POLUENTES ORGÂNICOS PRESENTES NO ESGOTO, NAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS.

FONTE: Adaptação de METCALF & EDDY (2003).

| SUBSTÂNCIA | APLICAÇÃO |
|--|--------------------------------------|
| AHTN (Tonalide) 7- Acetyl-1,1,3,4,4,6- hexamethyltetralin | Essência para perfumes e cosméticos |
| Amoxicilina | Antibiótico |
| Cafeína | Estimulante |
| Carbamazepine | Droga Anti-epilética |
| Diazepan | Droga psiquiátrica |
| Diclofenaco | Anti-inflamatório |
| Estrogênio | Hormônio esteroide natural |
| 17 β - Estradiol | Hormônio esteroide natural |
| 17 α -Ethinylestradiol | Anticoncepcional esteroide sintético |
| HHCB (Galoxolide) | Essência para perfumes e cosméticos |
| Ibuprofen | Anti-inflamatório |
| Iopromide | Contraste de raio X |
| Lincomicina | Antibiótico |
| Progesterona | Hormônio natural sexual |
| Roxithromycina | Antibiótico |
| Salbutamol | Antiasmático |
| Sulfamethoxazole | Antibiótico |
| Testosterona | Hormônio natural sexual |

QUADRO 11 - EXEMPLOS DE CONTAMINANTES EMERGENTES DO ESGOTO E SUA APLICAÇÃO

FONTE: Adaptação de THERNES (2006) e METCALF & EDDY (2003).

2.4 MÉTODOS, NÍVEIS E PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

Este item visa discorrer sobre a classificação dos métodos e níveis de tratamento que serão adotados no transcorrer do trabalho. Também descreve os processos de tratamento de esgoto doméstico da ETE Atuba Sul, bem como apresenta processos importantes para a concepção do RIPIAS.

2.4.1 Método e níveis de tratamento de esgoto

De acordo com Metcalf & Eddy (2003) os métodos de tratamento de esgoto pode ser classificados em:

- a) Operações físicas unitárias: predomina a utilização de forças físicas para a remoção de poluentes (ex: gradeamento, sedimentação, flotação, filtração e diluição);
- b) processos químicos unitários: utiliza-se da adição de produtos químicos ou de reações químicas para a remoção ou conversão de poluentes (ex: precipitação, adsorção e desinfecção);
- c) processos biológicos unitários: os poluentes são removidos pela atividade biológica empregada no tratamento, utilizando-se de bactérias aeróbias e anaeróbias (ex: remoção de matéria orgânica carbonácea e desnitrificação).

As formas de tratamento não ocorrem de forma isolada, comumente havendo uma associação entre as formas. A classificação e nomenclatura têm como base o processo que predomina no tratamento.

Von Sperling (1996) comenta que a adequação da qualidade do esgoto ao uso pretendido ou aos padrões legais estabelecidos está relacionada ao conceito de nível de tratamento, que indica a eficiência de remoção dos diversos contaminantes e materiais constituintes do esgoto.

Metcalf & Eddy (2003) enfatizam que o padrão de qualidade do efluente desejado e o tipo de uso pretendido da água recuperada é que vai definir o nível de tratamento adequado, levando-se em consideração as características do esgoto a ser tratado.

A classificação descrevendo os vários níveis de tratamento de esgotos está ilustrada no quadro 12.

A escolha do processo de tratamento a ser adotado é fundamental para o alcance dos padrões de qualidade do efluente desejados e para a viabilidade do uso planejado da água recuperada de uma ETE. A caracterização aprofundada do esgoto a ser tratado, o conhecimento das diversas técnicas de tratamento existentes e os requisitos e padrões necessários para a aplicação do reúso de água pretendido, são fatores importantes para o sucesso do empreendimento que pretende aplicar as modalidades de reúso (METCALF & EDDY, 2003).

O quadro 13 ilustra os processos de tratamento usados na remoção dos principais componentes do esgoto.

| NÍVEL DE TRATAMENTO | DESCRIÇÃO |
|--|---|
| Preliminar | Remoção de materiais grosseiros, trapos, madeiras, materiais flutuantes, areia e gordura que podem provocar problemas na operação e manutenção dos processos operacionais e auxiliares de tratamento de esgoto. |
| Primário | Remoção de parte dos sólidos em suspensão e da matéria orgânica do esgoto. |
| Primário avançado | Remoção mais eficiente dos sólidos em suspensão e da matéria orgânica do esgoto. Uso de adição de produtos químicos ou filtração. |
| Secundário | Remoção da matéria orgânica biodegradável (na solução ou em suspensão) e sólidos suspensos. A desinfecção é usualmente incluída na definição de tratamento secundário convencional. |
| Secundário com a remoção de nutrientes | Remoção da matéria orgânica biodegradável, sólidos suspensos e nutrientes (nitrogênio, fósforo ou ambos). |
| Terciário | Remoção do residual de sólidos suspensos (após o tratamento secundário), normalmente por filtro de areia profundo ou micromembrana. Desinfecção é normalmente parte do tratamento terciário. Remoção de nutrientes é frequentemente incluída nesta definição. |
| Avançado | Remoção do material dissolvido e em suspensão remanescente do tratamento biológico convencional. Remoção de contaminantes que não sofreram reduções significativas no processo secundário. Requerido na aplicação de vários tipos de reúso de água. |

QUADRO 12 - NÍVEIS DE TRATAMENTO DE ESGOTO.
 FONTE: METCALF & EDDY (2003).

| COMPONENTE | PROCESSO |
|--------------------------------|---|
| Sólidos suspensos | <ul style="list-style-type: none"> - Peneira - Desarenador - Sedimentação - Flotação - Precipitação química - Filtração lenta - Filtração rápida |
| Matéria orgânica biodegradável | <ul style="list-style-type: none"> - Sistemas aerados de Lodos ativados - Sistemas aerados de leito fixo - Sistemas anaeróbios de leito fluidizado - Sistemas anaeróbios de leito fixo - Lagoas de estabilização - Sistemas físico-químicos - Oxidação química - Oxidação avançada - Membranas |
| Nitrogênio | <ul style="list-style-type: none"> - Oxidação química - Nitrificação - Denitrificação - Remoção biológica - Troca iônica |
| Fósforo | <ul style="list-style-type: none"> - Tratamento químico - Remoção biológica |
| Patógenos | <ul style="list-style-type: none"> - Cloração - Tratamento com dióxido de cloro - Ozônio - Radiação Ultra Violeta |
| Coloides e sólidos dissolvidos | <ul style="list-style-type: none"> - Membranas - Tratamento Químico - Adsorção por carvão ativado - Troca iônica |
| Orgânicos voláteis | <ul style="list-style-type: none"> - Air stripping (Sistema de arraste com ar) - Adsorção por carvão ativado - Oxidação avançada |
| Odores | <ul style="list-style-type: none"> - Reatores químicos (Chemical scrubbers) - Biofiltros - Adsorção por carvão ativado |

QUADRO 13 - PROCESSOS DE TRATAMENTO UTILIZADOS NA REMOÇÃO DOS PRINCIPAIS COMPONENTES DO ESGOTO
 FONTE: METCALF & EDDY (2003).

2.4.2 Processos secundários e terciários de tratamento de esgoto

Serão apresentados sucintamente alguns processos de tratamento dos níveis secundário, terciário e avançado e processos de desinfecção integrantes do sistema de tratamento da ETE Atuba Sul ou comumente empregados no RIPIAS.

2.4.2.1 Reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo - UASB

No âmbito internacional é comumente empregada a sigla UASB para este tipo de processo. No Brasil, além de UASB, outras denominações foram adotadas como RALF, nos sistemas da SANEPAR no estado do Paraná e RAFA. (CHERNICHARO, 2006).

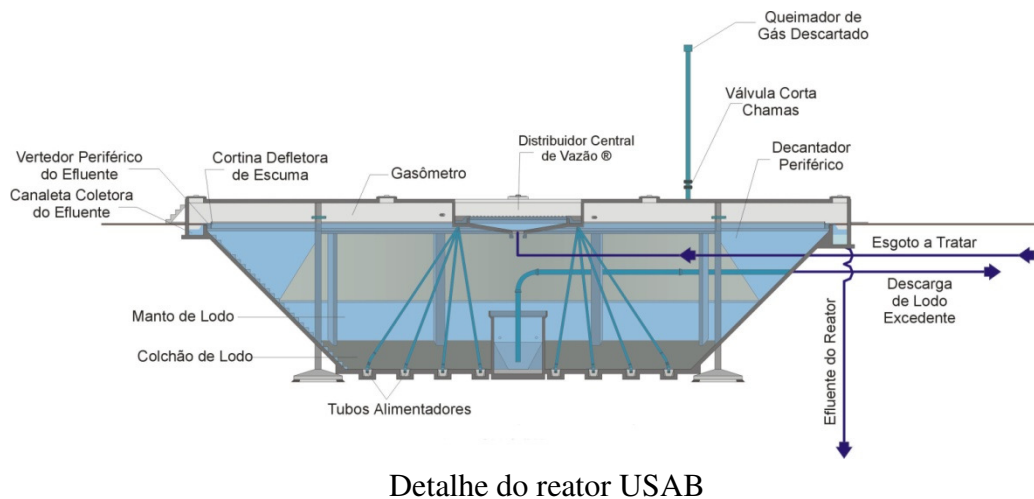
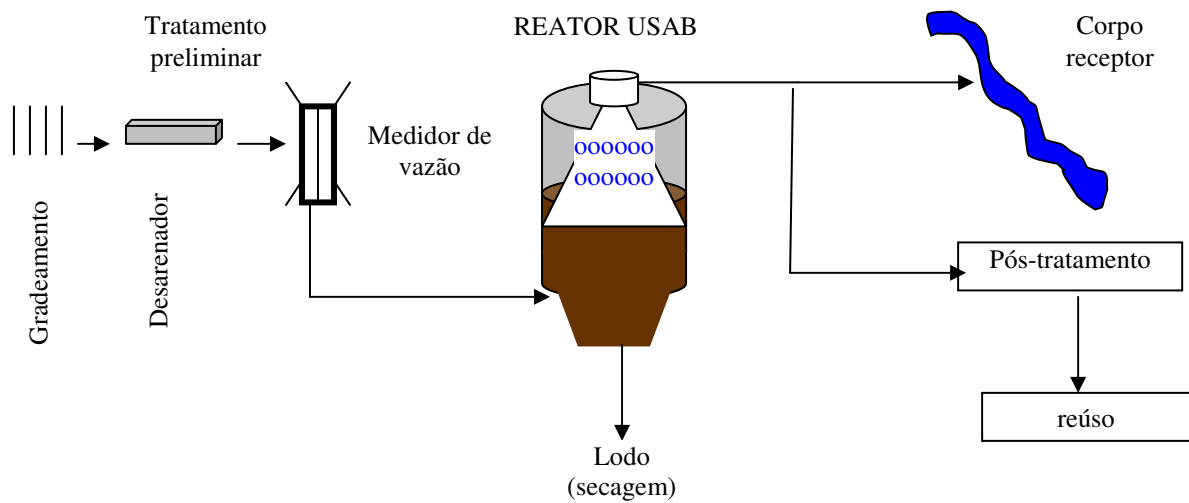
Nos reatores anaeróbios, o processo de digestão, realizado por diversos grupos de bactérias, consiste na conversão de matéria orgânica na forma complexa em metano, gás carbônico, água, gás sulfídrico e amônia, através de reações de oxidação-redução. O sulfato presente no esgoto bruto é reduzido a H_2S (sulfeto), que no efluente se concentra mais na fase gasosa em detrimento da fase líquida (CHERNICHARO, 1997).

Neste processo a entrada do esgoto ocorre na parte inferior do reator criando um fluxo ascendente do líquido. No interior do reator a matéria orgânica é degradada por bactérias anaeróbias, formando uma manta de lodo. Na parte superior, de forma cônica ou piramidal, situam-se as zonas de sedimentação e de coleta de gases. Na zona de sedimentação ocorre a separação da biomassa que sedimenta retornando ao reator e a saída do efluente clarificado, através de um vertedor periférico. Os gases resultantes da degradação anaeróbia (metano e gás carbônico) são coletados, também na parte superior, podendo ser queimado ou reaproveitado como energia. O lodo quando excedente deve ser descartado e conduzido ao processo de secagem. (CHERNICHARO, 2006 e VON SPERLING, 1996).

A figura 3 apresenta o fluxograma típico do sistema de tratamento através de reatores UASB, com o detalhamento do reator.

De acordo com Chernicharo (2006) a adoção em larga escala de reatores anaeróbios no tratamento de esgotos domésticos no Brasil é uma realidade. Isto se deve a vantagem econômica que este tipo de sistema oferece em relação a outros processos, como o aeróbio. Porém, constatam-se limitações na eficiência de remoção de matéria orgânica e muito pouca efetividade na remoção de nutrientes e patógenos, necessitando de tratamento complementar, tanto para o lançamento em corpos hídricos como para reúso.

A eficiência de remoção de DBO_5 situa-se na faixa de 70%. Há pouca produção de lodo, que já sai estabilizado, necessitando apenas de secagem, antes da disposição final. O reator UASB é sensível às variações de carga do afluente e há a possibilidade de geração de efluentes com aspecto desagradável e liberação de maus odores (VON SPERLING, 1996).



Detalhe do reator UASB

FIGURA 3 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE TRATAMENTO COM REATORES UASB
 FONTE: Adaptação de CHERNICHARO (2006) e SANEPAR (2008)

2.4.2.2 Lodos ativados convencionais

O princípio básico deste sistema é a introdução de oxigênio no processo resultando em um crescimento acentuado de bactérias aeróbias que degradam a matéria orgânica do esgoto (NUVOLARI, 2007).

Após o tratamento preliminar (gradeamento e retirada de areia) o esgoto bruto passa por um decantador primário, onde são retirados os sólidos sedimentáveis (lodo primário) que posteriormente sofre a secagem e destinação final. Na etapa seguinte, o fluxo sofre a injeção de oxigênio na unidade de aeração, através de aeradores mecânicos ou de ar difuso, ocorrendo a degradação aeróbia e a formação de flocos contendo micro-organismos. Em seguida a biomassa é separada no decantador secundário, sendo que parte dela retorna à unidade de aeração através de uma bomba elevatória de recirculação de lodo. Esta etapa visa manter uma concentração adequada de flocos biológicos na unidade de aeração e é fundamental para eficiência do processo (NUVOLARI, 2007 e VON SPERLING, 1996).

Para esse tratamento há a necessidade de estabilização do lodo removido do decantador secundário. Normalmente o tempo de retenção hidráulica no sistema é de 6 a 8 horas. O tempo de retenção de sólidos recomendado, comumente chamado de idade do lodo, é cerca de 4 a 10 dias. É a idade do lodo aplicada de maneira adequada que vai garantir uma boa eficiência do processo. A faixa de remoção de DBO_5 para este tipo de processo é de 85% a 93%. Nutrientes (P e N) também são reduzidos de forma menos significativa (30% a 40%). A eficiência de redução de coliformes normalmente não atende aos requisitos dos padrões legais de lançamento. (NUVOLARI, 2007 e VON SPERLING, 1996).

A figura 4 apresenta o fluxograma típico do sistema de tratamento de lodos ativados convencionais.

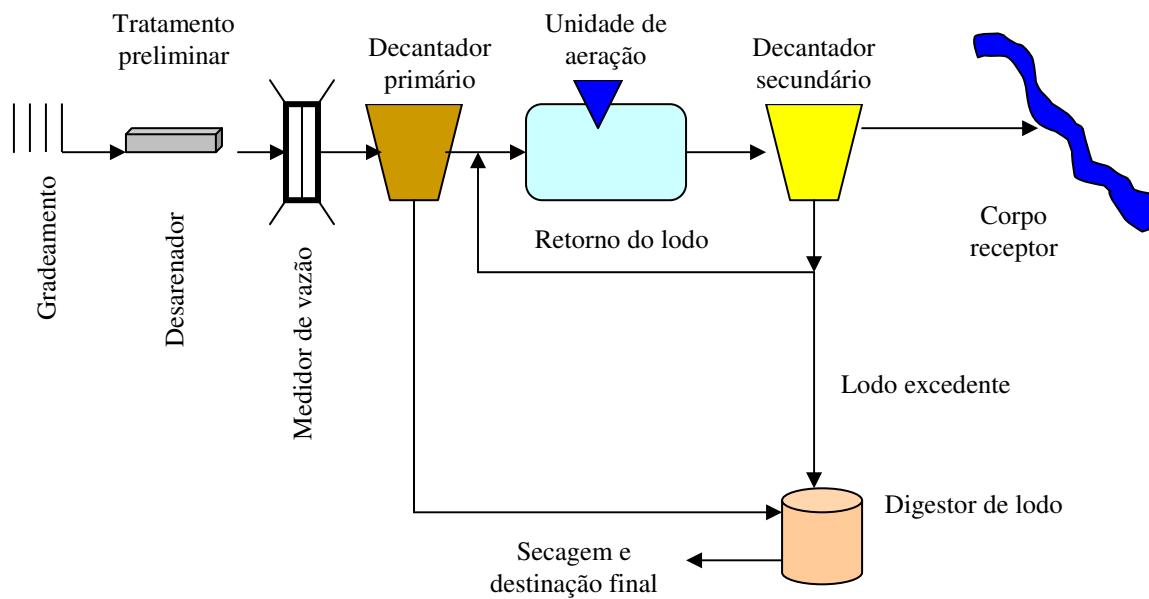


FIGURA 4 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE TRATAMENTO COM LODOS ATIVADOS CONVENCIONAIS
 FONTE: VON SPERLING (1996).

2.4.2.3 Lodos ativados com aeração prolongada

Semelhante ao Lodos Ativados Convencional, tem como principal diferença o fato do tempo de permanência da biomassa no reator ser superior, variando de 20 a 30 dias. Ao receber uma carga afluyente igual ao processo convencional, o sistema de aeração prolongada terá menos concentração de DBO_5 por unidade de volume, ou seja, menos matéria orgânica disponível para a degradação das bactérias. Para que o tempo de permanência seja maior, é necessária uma unidade de aeração com maiores dimensões. Nesta situação, as bactérias se utilizam da matéria orgânica de suas próprias células, pela indisponibilidade de alimento no ambiente. Deste modo, a estabilização aeróbia do lodo ocorre na própria unidade de aeração, não sendo necessária a digestão do lodo em uma etapa posterior. Como não é necessária estabilização do lodo neste tipo de sistema, normalmente os Lodos Ativados com Aeração Prolongada dispensam a utilização do decantador primário. Além da vantagem de ser um processo mais simplificado, a eficiência de remoção de DBO_5 (93% a 98%) é superior ao sistema convencional. Entretanto, há um consumo maior de energia para a aeração requerida (VON SPERLING, 1996).

A figura 5 apresenta o fluxograma que representa o sistema de tratamento de lodos ativados com aeração prolongada.

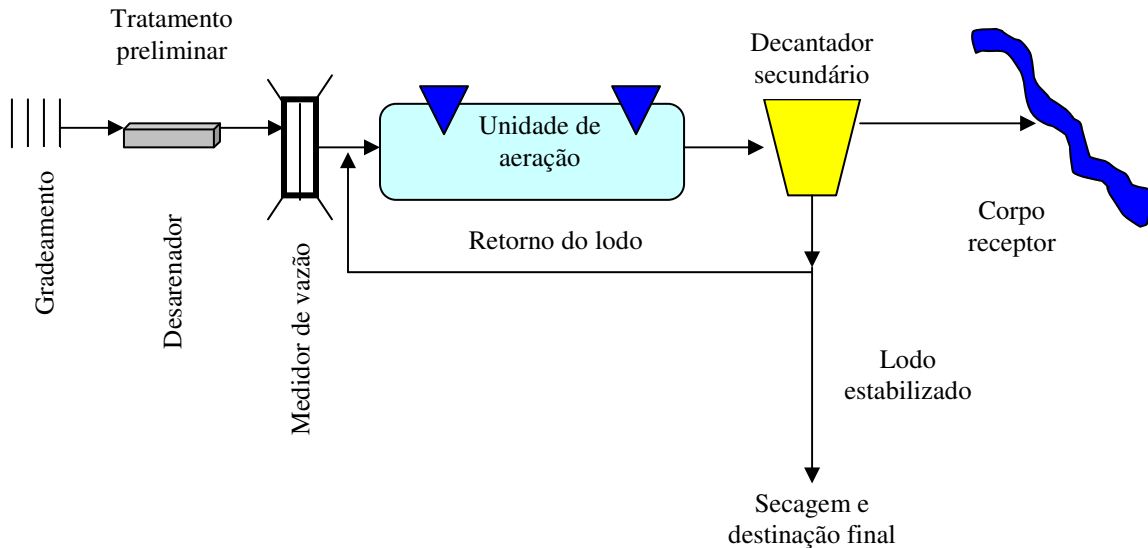


FIGURA 5 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE TRATAMENTO COM LODOS ATIVADOS COM AERAÇÃO PROLONGADA
 FONTE: VON SPERLING (1996).

2.4.2.4 Nitrificação e desnitrificação biológica

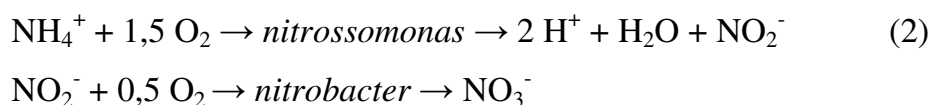
Mancuso (2003) relata que o esgoto doméstico bruto possui concentrações de N que variam de 15 a 50 mg/L, sendo que cerca de 40% estão na forma orgânica e 60% na forma amoniacal. A proporção do N amoniacal e orgânico vai depender do pH do meio. Para pHs próximos da neutralidade a fração de amônia (NH_4^+) livre é insignificante, aumentando a proporção desta forma em função do aumento do pH, diminuindo a fração da forma orgânica.

O mesmo autor comenta que a remoção de compostos de nitrogênio é importante para se evitar o processo de eutrofização nos corpos de água. Considerando o reúso de água é fundamental se observar os padrões de qualidade para a modalidade pretendida e dependendo do tipo de reutilização da água, pode-se chegar a uma remoção total dos compostos de nitrogênio.

2.4.2.4.1 Nitrificação biológica

A oxidação bioquímica da amônia em nitritos e nitratos é denominada de nitrificação, que ocorre em duas etapas. Inicialmente bactérias chamadas de *nitrossomonas* transformam a amônia em nitritos (NO_2^-) e na segunda etapa bactérias *nitrobacter* transformam os nitritos em nitratos (NO_3^-) (Mancuso, 2003).

A equação 2 apresenta resumidamente o processo de nitrificação.



As bactérias *nitrossomonas* e *nitrobacter* são aeróbias e autotróficas necessitando de oxigênio e compostos inorgânicos. A operação do processo de nitrificação é similar ao processo de lodos ativados convencionais, sendo fundamental para a sua eficácia o controle da quantidade de oxigênio no sistema, do pH e da temperatura. As faixas de pH em torno de 8,4 e temperaturas entre 20°C a 30°C são recomendadas para a operação do sistema (MANCUSO, 2003).

A remoção de compostos de amônia também pode ser obtida através de processos físico-químicos ou químicos como troca iônica, cloração e arraste da amônia com ar, casos em que a retirada da amônia é feita de forma direta (MANCUSO, 2003).

2.4.2.4.2 Desnitrificação biológica

A nitrificação é um processo bioquímico que remove o nitrogênio da forma amoniacal. Para a remoção dos demais compostos de N é necessário o processo de desnitrificação que ocorre posteriormente a etapa de nitrificação.

A desnitrificação consiste em transformar o nitrogênio da forma de nitrato em nitrogênio livre que é liberado para a atmosfera em estado gasoso. Como a nitrificação é um processo biológico, ocorrendo a participação de bactérias de várias espécies, como as *pseudomonas*, *micrococcus* e *aechromobacter*. Basicamente a desnitrificação

ocorre em duas etapas. Na primeira etapa o nitrato é reduzido em nitrito e posteriormente o nitrito é convertido em nitrogênio livre gasoso (MANCUSO, 2003). A equação 3 apresenta resumidamente o processo de desnitrificação.



As bactérias promotoras da desnitrificação podem se utilizar tanto do oxigênio dos nitratos como o oxigênio livre disponível no ar. Nesta segunda hipótese a eficiência do processo de desnitrificação ficaria comprometida. Como há uma preferência pela utilização do oxigênio livre do ar pelos organismos, é fundamental na desnitrificação a manutenção de um ambiente anóxico. Nestas condições haverá a utilização do oxigênio combinado do nitrato pelas bactérias (MANCUSO, 2003).

Na operação do processo de desnitrificação biológica é fundamental a homogeneização da biomassa sem a introdução de oxigênio. Também há a necessidade da introdução de compostos orgânicos como fonte de carbono. Uma das opções é a utilização do metanol, porém com custos operacionais elevados. A concepção de sistemas que se utilizam da introdução do próprio esgoto bruto no processo tem se demonstrado uma solução mais barata (MANCUSO, 2003).

Mancuso (2003) cita como padrão máximo para nitratos nos efluentes tratados o valor de 10 mg/L para reúso indireto potável, desta maneira a desnitrificação é necessária na adoção desta prática.

2.4.2.5 Coagulação, floculação e sedimentação

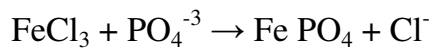
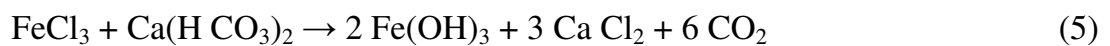
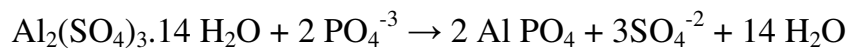
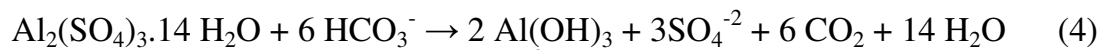
Processo no qual ocorre a remoção de sólidos do esgoto na forma orgânica e inorgânica, solúveis ou em suspensão, com a precipitação dos contaminantes através da adição de produtos químicos, visando a formação de flocos que são sedimentados em unidades de decantação (MANCUSO, 2003).

De acordo com Aisse (2001), a formação de flocos ocorre em três fases. A etapa da coagulação os flocos inicialmente formados possuem diâmetros entre 0,5 mm e 5 mm e são denominados de partículas primárias. Na segunda fase chamada de

floculação, as partículas primárias de menor tamanho, através do contato e coalescência, se agregam em partículas maiores, com diâmetros entre 100 μm e 5000 μm . A última etapa do processo é a separação dos flocos, através da sedimentação, filtração e flotação. Este último abordado no item 2.4.2.6.

Os produtos químicos utilizados neste processo são cal, sais de alumínio, sais de ferro e polímeros. A cal, em meio alcalino, remove carbonatos e ortofosfatos, diminui os níveis de metais pesados e reduz a quantidade de vírus e bactérias. Entre os sais de alumínio, o sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) é o comumente mais empregado. Para a sua eficácia no processo, o meio deve ser alcalino. Por esta razão normalmente adiciona-se cal em situações de baixa alcalinidade. Os sais de ferro têm grande capacidade de remoção de sólidos suspensos e fósforo. Para a maior eficiência na produção de flocos são adicionados, juntamente com os sais de ferro, a cal e o hidróxido de sódio (MANCUSO, 2003).

As equações 4 e 5 demonstram respectivamente as reações do sulfato de alumínio e cloreto férrico (FeCl_3) com a alcalinidade e com o fósforo.



Metcalf & Eddy (2003) enfatizam que o grau de clarificação obtida com a adição de agentes químicos nas águas residuárias depende principalmente da quantidade de produto químico utilizada, tempo de mistura e a forma de como o processo é controlado e monitorado. Com a precipitação química é possível se alcançar níveis de remoção de 80% a 90% para sólidos suspensos totais, incluindo algumas partículas coloidais, 50% a 80% de DBO_5 e 80% a 90% de bactérias.

A precipitação química também é frequentemente utilizada na remoção de fósforo, na forma de fosfatos, aplicando-se como agente coagulante sais de cálcio, ferro e alumínio. Metais como arsênio (As), bário (Ba), cádmio (Cd), cobre (Cu), mercúrio (Hg), níquel (Ni), selênio (Se), chumbo (Pb), ferro (Fe), prata (Ag), manganês (Mn) e zinco (Zn) podem ser removidos com eficácia através da precipitação com sais de hidróxidos e sulfetos. Fluoretos também podem ser removidos eficazmente (METCALF & EDDY, 2003 e ASANO, 2007).

2.4.2.6 Flotação

Segundo Metcalf & Eddy (2003), a flotação é um processo de separação de partículas suspensas, óleos e gorduras da fase líquida do efluente. Esta separação ocorre através da produção de bolhas de gás, normalmente o ar, que se agrupa com as partículas sólidas formando agregados de densidade menor que o meio líquido. Os agregados, por terem menor densidade, sobem à superfície e podem ser retirados por sistemas de raspagem.

Aisse (2001) comenta que o processo de flotação é capaz de remover do esgoto sanitário sólidos em suspensão e quando associado a adição de produtos químicos coagulantes retira nutrientes, principalmente o fósforo. Também a flotação promove a diminuição de gases que provocam odores e o aumento dos níveis de oxigênio dissolvido (OD) do efluente tratado.

O mesmo autor comenta que experiências realizadas no Brasil com reatores RALF ou UASB com pós-tratamento com flotação, demonstraram níveis de redução capazes de alcançar valores superiores à 90% de DQO, DBO₅, sólidos suspensos e fosfato total. Para turbidez observou-se valores de 1,4 a 6,8 UT, com uma média de 4,1 UT, na ETE Cambuí da SANEPAR.

O sistema combinado UASB com flotação com ar dissolvido propicia eficiências médias de remoção na ordem de 83% a 93% para DBO₅, 83% a 90% para DQO, 90% a 97% para sólidos suspensos e 75% a 88% de fósforo total. Baixas eficiências de remoção são observados para os parâmetros de amônia, nitrogênio total e coliformes termotolerantes (CHERNICHARO, 2006).

A flotação com ar dissolvido comumente é utilizada na remoção de óleos e graxas, algas e de matéria orgânica particulada em suspensão de difícil remoção pelo processo convencional de floculação e sedimentação (ASANO, 2007).

A FUNASA (2003) sugere o processo de flotação na remoção de algas e cianobactérias da água.

Aisse (2001) explica que os tipos de flotação comumente são classificados pela forma de produção de bolhas.

- a) eletroflotação: geração de bolhas de H_2 e O_2 através da eletrólise da água, usado no tratamento de efluentes radioativos ou contaminados com tintas e emulsões de pinturas;
- b) flotação por ar disperso: geração de bolhas através do processo mecânico (agitação) sob pressão atmosférica, formando bolhas de cerca de 1.000 mm;
- c) flotação por ar dissolvido: geração de bolhas através da supersaturação do líquido com o ar, formando bolhas entre 30 mm e 120 mm.

A flotação por ar dissolvido é a mais utilizada no tratamento de esgotos domésticos, por produzir bolhas de menor tamanho e propiciar uma operação mais eficiente quanto a quantidade de ar injetado. O princípio deste processo consiste na injeção do ar em uma câmara de saturação pressurizada contendo o líquido, provocando a dissolução do ar no líquido. Em seguida o líquido pressurizado e saturado é liberado no flotador, nas condições atmosféricas normais. Neste momento ocorre o desprendimento de bolhas e microbolhas que aderem às partículas sólidas subindo à superfície. O tamanho das microbolhas é um fator importante no processo, devendo-se situar entre 10 mm a 100 mm e com a maioria das bolhas próximas aos 50mm. Também uma operação adequada visando à distribuição uniforme das microbolhas no flotador é um aspecto a ser aplicado (AISSE, 2001).

Para a remoção eficiente de sólidos e fósforo através da flotação é necessário juntamente com a geração de microbolhas de ar, a coagulação e a floculação química das partículas. Este processo já foi abordado no item 2.4.2.5 deste trabalho.

2.4.2.7 Filtração

De acordo com Mancuso (2003) o processo de filtração consiste na passagem do efluente por um elemento filtrante que retém as partículas sólidas em suspensão. Na operação dos filtros há a necessidade de lavagens eventuais, que ocorrem através da passagem da água no sentido contrário ao fluxo de filtração. No tratamento de efluentes a filtração é comumente utilizada preliminarmente a processos avançados, como carvão ativado e troca iônica ou a desinfecção.

Os filtros podem ser classificados de acordo com a forma de ação da filtração, como superficiais ou profundos. No primeiro, a filtração se limita à superfície do elemento filtrante e tem como exemplo a filtração através de micropeneiras. Nos filtros profundos, a filtração se dá pela passagem do esgoto por um volume formado por material granular, normalmente combinações de areia, antracito e carvão. Os filtros profundos são bem mais utilizados no tratamento de efluentes, em relação aos superficiais (MANCUSO, 2003).

Metcalf & Eddy (2003) complementam que há outras formas de classificar os filtros, como por exemplo, de acordo com:

- a) o sentido do fluxo do efluente em ascendentes ou descendentes;
- b) o material do leito filtrante (areia, carvão e antracito);
- c) a velocidade ou taxa de filtração (lentos e rápidos);
- d) o mecanismo de filtração (sob pressão ou utilizando a gravidade).

O processo de filtração em filtros profundos ocorre basicamente em duas fases:

- a) o transporte das partículas até a interfase sólido-líquido do grão do material filtrante;
- b) a retenção, captura e adsorção na superfície da partícula filtrante.

A construção do leito filtrante deve ser feita de tal forma que nas partes superiores são dispostos os materiais de maior granulometria e mais leves. Na parte inferior são colocados materiais mais pesados e de menor granulometria. Esta medida possibilita a realização da retro lavagem sem haver a mistura de materiais ou entupimento do filtro (MANCUSO, 2003).

Metcalf & Eddy (2003), salientam que o processo de filtração normalmente é utilizado para a remoção de partículas com diâmetro superior à 1 µm. Para a remoção de partículas menores que 1 µm (sólidos dissolvidos), outros processos são utilizados, como as membranas.

O quadro 14 apresenta a capacidade de remoção da filtração profunda e superficial de alguns constituintes do esgoto doméstico bruto

Nota-se que basicamente a filtração superficial remove somente sólidos suspensos e a filtração profunda adicionalmente pode remover fósforo e protozoários. A filtração não se demonstra adequada para a remoção de matéria orgânica dissolvida, compostos nitrogenados, bactérias e vírus.

Bastos (2009) comenta que, baseado em dados da USEPA (2006), no tratamento convencional de água, no processo de coagulação, floculação, decantação e posterior filtração com areia e antracito é possível se chegar a uma redução de *Cryptosporidium* e *Giárdia* na ordem de 3 log.

| PARÂMETRO | FILTRAÇÃO PROFUNDA | FILTRAÇÃO SUPERFICIAL |
|-----------------------------------|--------------------|-----------------------|
| Sólidos suspensos | X | X |
| Matéria orgânica dissolvida | | |
| Amônia | | |
| Nitrato | | |
| Fósforo* | X | |
| Bactéria | | |
| Cistos e oocistos de protozoários | X | |
| Vírus | | |

QUADRO 14 - CAPACIDADE DE REMOÇÃO DE ALGUNS CONSTITUINTES DO ESGOTO DOMÉSTICO PELO PROCESSO DE FILTRAÇÃO

Fonte: Adaptação de METCALF & EDDY (2003).

*A remoção de fósforo pode ser compatível em dois estágios de filtração.

A FUNASA (2003) recomenda o processo de floco-sedimentação seguido de filtração simples para a remoção eficiente de algas e cianobactérias da água.

2.4.2.8 Oxidação química

Segundo Metcalf & Eddy (2003) os agentes químicos oxidantes normalmente utilizados no tratamento de esgotos são o ozônio (O_3), cloro (Cl_2) ou $(HOCl)$, dióxido de cloro (ClO_2), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), permanganato (MnO_4) e oxigênio (O_2). Destes, os mais comumente aplicados são o ozônio e cloro. O processo de oxidação química proporciona reduções nos níveis de DBO_5 e DQO, a oxidação de amônia e de substâncias orgânicas não biodegradáveis e o controle de odores, através da oxidação de sulfetos. Ressalta-se que o denominado processo de oxidação avançada, diferentemente da oxidação química, utiliza-se como agente oxidante o radical hidroxila (OH), com maior poder oxidante, capaz de destruir componentes orgânicos que oxidantes convencionais, como o ozônio e cloro, não conseguem oxidar. O cloro é um agente eficaz na oxidação da amônia em nitrogênio gasoso ou em outros compostos nitrogenados, como os nitratos e nitritos. Embora tenha a capacidade de oxidar a totalidade de amônia do efluente, a utilização do cloro traz desvantagens em sua aplicação. Além de requerer altas dosagens de cloro, normalmente ocorre um aumento dos teores de HCl e sólidos dissolvidos e a formação secundária de compostos organo clorados. Por estas razões, a oxidação química da amônia atualmente raramente tem sido empregada no tratamento de efluentes (METCALF & EDDY, 2003).

Braile (1979) enfatiza a utilização da oxidação química com cloro gás, hipoclorito de sódio e ozônio na remoção de cianetos, cujo a origem é de processos industriais como a galvanoplastia, petroquímica e fabricação de plásticos.

O Ozônio é um forte agente oxidante, sendo o seu poder de oxidação 52% superior ao do cloro. É um eficiente desinfetante, de ação não seletiva (ver item 2.4.3 deste trabalho). Na aplicação no tratamento de esgotos, o ozônio pode ser utilizado na remoção por oxidação, de agrotóxicos, PPCPs, trihalometanos, fenóis, zinco e detergentes. Também a ozonização é empregada no controle de algas e na remoção de cor e componentes odoríferos, pela oxidação do H_2S (ASANO, 2007, NUVOLARI, 2007 e METCALF & EDDY, 2003).

Asano (2007) apresenta entre as desvantagens do uso do ozônio no tratamento de efluentes a sua instabilidade, a complexidade operacional que o sistema exige, o alto consumo de energia e o seu custo de instalação e operação que é relativamente superior a outras soluções, como o cloro.

Por ser quimicamente muito instável o ozônio precisa ser produzido no local do seu uso. A forma mais eficaz de produção de ozônio é através de descarga elétrica. O princípio se resume da passagem do ar ou oxigênio puro entre dois eletrodos que recebem uma alta voltagem. A energia da descarga quebra a molécula de oxigênio em duas partes de oxigênio elementar, que após se reúne a molécula de O_2 , formando o ozônio (O_3). Tendo como fonte de oxigênio o ar, o gás gerado neste processo contém de 1% a 3% de ozônio. Enquanto o gás produzido a partir de oxigênio puro pode chegar a níveis de 3% a 10% de ozônio. (METCALF & EDDY, 2003).

Mancuso (2003) aborda que o ozônio é indicado em sistemas que visam a reutilização da água, principalmente onde constatada a necessidade de uma desinfecção mais eficaz, como a eliminação de vírus e cistos resistentes ao cloro. Também pode ser utilizado nas situações onde se busca evitar a formação de compostos organoclorados.

2.4.3 Processo de desinfecção

De acordo com Chernicharo (2001) o esgoto doméstico contém uma ampla variedade e quantidade de micro-organismos, no qual alguns se caracterizam como patógenos para o ser humano. Os efluentes tratados por tecnologias de nível secundário convencional não atingem padrões de qualidade satisfatórios na eliminação de organismos patogênicos. A transmissão de doenças, através da água contaminada com patógenos, pode ocorrer por ingestão direta, ingestão de alimentos contaminados e penetração pela pele e mucosas no contato com a água contaminada.

O quadro 8 do item 2.3.2 deste trabalho apresenta os principais micro-organismos presentes no esgoto com exemplos de doenças e patógenos transmissores.

Metcalf & Eddy (2003) citam que diversos compostos químicos têm sido usados para desinfecção como o cloro e seus compostos, bromo, iodo, fenóis e

compostos fenólicos, alcoóis, ozônio, tinturas, sabões e detergentes sintéticos, compostos de amônia, peróxido de hidrogênio, ácido hiperacético e compostos ácidos e alcalinos. Os compostos oxidantes são os mais utilizados e entre estes o cloro, no âmbito mundial, é o mais comumente empregado. O ozônio é o desinfetante mais eficaz, observando-se atualmente um crescimento em sua utilização.

Na aplicação de agentes desinfetantes químicos devem ser considerados alguns fatores que influenciam a ação destes compostos, como:

- a) tempo de contato;
- b) concentração e tipo do agente químico;
- c) intensidade e natureza do agente químico;
- d) temperatura;
- e) tipo e condições dos micro-organismos;
- f) características do meio líquido submetido à desinfecção.

A radiação ultravioleta (UV) também tem sido utilizada largamente na desinfecção de água e esgotos. O resultado deste tipo de desinfecção está associado a capacidade de penetração do raio UV no líquido (METCALF & EDDY , 2003).

Asano (2007) relata que entre os agentes desinfetantes mais comumente empregados no reúso da água estão o cloro gás, hipoclorito de sódio, o cloro em sua forma combinada, dióxido de cloro, ozônio e radiação UV.

A comparação das características entre os desinfetantes mais utilizados na prática do reúso está demonstrada no quadro 15.

| CARACTERÍSTICA | COLORO GÁS | HIPOCLO- RITO DE SÓDIO | COLORO COMBI- NADO | DIÓXI- DO DE CLORO | OZÔNIO | RADIA- ÇÃO UV |
|--|--|--|--|---------------------------|---------------------|--|
| Capacidade de remoção de odores | Alta | Moderada | Moderada | Alta | Alta | Não aplicável |
| Interação com a matéria orgânica | Oxidação química | Oxidação química | Oxidação química | Oxidação química | Oxidação química | Absorbância de raios UV |
| Corrosividade | Altamente corrosivo | Corrosivo | Corrosivo | Altamente corrosivo | Altamente corrosivo | Não aplicável |
| Toxicidade para as formas superiores de vida | Altamente tóxico | Altamente tóxico | Tóxico | Tóxico | Tóxico | Tóxico |
| Penetração nas partículas | Alta | Alta | Moderada | Alta | Alta | Moderada |
| Preocupação com a segurança | Alta | Moderada a baixa | Alta a moderada | Alta | Moderada | Baixa |
| Solubilidade | Moderada | Alta | Alta | Alta | Alta | Não aplicável |
| Estabilidade | Estável | Ligeiramente instável | Ligeiramente instável | Instável | Instável | Não aplicável |
| Efetividade contra bactérias | Excelente | Excelente | Bom | Excelente | Excelente | Bom |
| Efetividade contra protozoários | Moderada a pouca | Moderada a pouca | Pouca | Boa | Boa | Excelente |
| Efetividade contra vírus | Excelente | Excelente | Moderada | Excelente | Excelente | Boa |
| Formação de subprodutos prejudiciais | Trihalome- tanos e ácidos haloacéticos | Trihalome- tanos e ácidos haloacéticos | Traços de trihalome- tanos e ácidos haloacéticos | Cloritos e cloratos | Bromatos | Não conhecida em concentra- ções mensuráveis |
| Aumento do teor de sólidos dissolvidos | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não |
| Uso como desinfetante | Comum | Comum | Comum | Ocasional | Ocasional | Crescendo rapidamente |

QUADRO 15 - COMPARAÇÃO ENTRE OS DESINFETANTES MAIS COMUMENTE USADOS NO REÚSO DE ÁGUA.

FONTE: ASANO (2007).

2.4.4 Processos avançados de tratamento de esgoto

Serão descritos neste capítulo os processos de tratamento de adsorção de carvão ativado que é integrante da URA da ETE Atuba Sul e o processo de separação por membranas usualmente empregado no RIPIAS.

2.4.4.1 Processo de adsorção com carvão ativado

O processo de adsorção com carvão ativado é classificado como tratamento avançado de esgotos. Visa fundamentalmente à eliminação de materiais orgânicos solúveis não biodegradáveis, cujos sistemas ditos convencionais não possuem a capacidade de remover. Estas substâncias na literatura são chamadas de compostos refratários (MANCUSO, 2003).

O carvão ativado é um material poroso com superfície específica interna elevada, na ordem de 500 a 1.500 m²/g. É produzido a partir de matérias primas como madeira, nó de pinho, eucalipto, casca de coco, casca de dendê, babaçu, carvão mineral, caroços de frutas e resíduos de petróleo. A grande área superficial é obtida no processo de ativação, no qual a matéria prima sofre de forma controlada a oxidação, através da carbonização, em fornos com temperaturas de 199°C a 243°C e pressão em torno de 51 kg/cm² (MORIKAWA, 1990 e MANCUSO, 2003).

A estrutura interna do carvão ativado é formada por poros e microporos, com grande superfície específica, propiciando a adsorção de poluentes. A capacidade de adsorção está relacionada com a compatibilidade do tamanho das moléculas que se deseja remover e o tamanho dos poros (NUVOLARI, 2007).

Mancuso (2003) comenta que o carvão ativado pode ser utilizado nas formas em pó e granular. Esta última é a mais utilizada no tratamento de esgotos. Na modalidade em pó, o carvão é aplicado diretamente no efluente e posteriormente se procede à remoção do carvão saturado por filtração. Na situação de aplicação em tratamento de esgotos sanitários, há a necessidade de grandes quantidades para a adsorção eficaz dos compostos orgânicos. Este aspecto encarece o processo, normalmente inviabilizando a sua utilização.

A aplicação do carvão granular ocorre através da passagem do efluente por leitos ou colunas, normalmente de baixo para cima, ocorrendo a adsorção dos componentes refratários. Quando a capacidade de adsorção dos poros e microporos se esgota é necessária a regeneração do carvão granular através da ativação (MANCUSO, 2003).

Sob o ponto de vista operacional, o carvão ativado pode ser utilizado em sistemas de qualquer porte e no tratamento de vazões totais ou parciais de ETEs. Pode ser adotado em diversas fases do tratamento, como antes ou após o tratamento biológico e posteriormente ao tratamento físico-químico, como a flotação. Neste último arranjo evita-se problemas operacionais na coluna de carvão pelo entupimento por sólidos (MANCUSO, 2003).

Asano (2007) enfatiza o emprego da adsorção com carvão ativado no tratamento de esgotos principalmente na remoção de micropoluentes, compostos inorgânicos e metais, além do controle de odor. A efetividade de remoção de fluoretos e alguns metais podem exceder os 90%. Observa-se deficiências na adsorção de substâncias orgânicas polares de baixo peso molecular. Abaixo estão relacionados alguns grupos de compostos orgânicos, com exemplos, que o processo de adsorção por carvão ativado tem demonstrado eficácia na remoção:

- a) solventes aromáticos: benzeno, tolueno e nitrobenzenos;
- b) aromáticos clorados: PCBs e clorofenóis;
- c) aromáticos polinucleares: acenafteno, bezopyrenos;
- d) agrotóxicos: DDT, aldrin, chlordane e atrazina;
- e) clorados não aromáticos: tetracloreto de carbono, aloroalkil, eters, dicloroetano, cloreto de vinila, tricloroetano, clorofórmio, bromofórmio e cloraminas;
- f) hidrocarbonetos com alto peso molecular: corantes, gasolina, aminas e húmicos

O quadro 16 apresenta a eficiência de remoção do processo de carvão ativado para alguns compostos orgânicos, organoclorados e cloro.

O tratamento da água com carvão ativado é capaz de remover toxinas e cianotoxinas, inclusive neurotoxinas e hepatotoxinas, produzidas por algas e cianobactérias a partir do processo de eutrofização (FUNASA, 2003).

| COMPOSTOS | ADSORÇÃO (%) |
|--------------------------|---------------------|
| Carbono orgânico total | 72 a 82 |
| Cloro | 98 |
| Clorofórmio | 98,1 |
| 2- Cloronaftaleno | > 83 |
| Hexaclorobutadieno | 99,9 |
| Hexaclorociclopentadieno | 99,9 |
| Hexaclaroetano | 99,8 |
| Naftaleno | > 99,4 |
| Tetracloroeto de carbono | 97,3 |
| Tetracloroeteno | 99,7 |
| Tolueno | 99,9 |

QUADRO 16 - EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DO PROCESSO DE ADSORÇÃO COM CARVÃO ATIVADO
 FONTE: NUVOLARI (2007).

2.4.4.2 Processos de separação por membranas

O processo de separação por membranas, de acordo com MANCUSO (2003), tem como princípio a utilização de membranas semipermeáveis, providas de poros, que agem como uma barreira seletiva impedindo fisicamente a passagem de alguns tipos de materiais. Para a efetividade da separação é necessária a aplicação de uma força para a passagem pela membrana, denominada força motriz. Além da força motriz o desempenho do processo é condicionado ao tipo, estrutura da membrana e da natureza e concentrações dos componentes do efluente.

O princípio operacional do processo consiste na passagem do fluxo pela membrana, resultando no permeado (material que passou pela membrana) e no concentrado (material que não passou pela membrana), como demonstrado na figura 6.

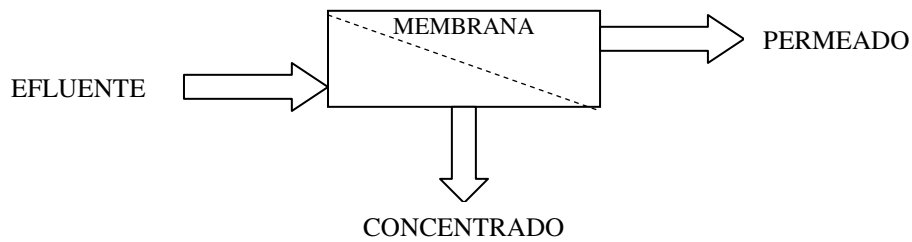


FIGURA 6 - PRINCÍPIO OPERACIONAL DAS MEMBRANAS SEMIPERMEÁVEIS.
FONTE: MANCUSO (2003).

Metcalf & Eddy (2003) comentam que a filtração, já vista no item 2.4.2.7 deste trabalho, é utilizada na remoção de material particulado e coloidal. Já processos com membranas são destinados na remoção de materiais sólidos dissolvidos, com partículas entre 0,0001 μm a 1 μm .

O mesmo autor classifica o processo de separação por membranas em microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração, osmose reversa, diálise e eletrodiálise. As características e diferenciações entre os processos de separação com membranas estão apresentados no quadro 17.

Na composição das membranas são utilizados diversos materiais orgânicos e inorgânicos como celulose, acetato, cerâmicas, nylon, polipropileno, teflon e poliamidas aromáticas. Comercialmente as membranas são disponibilizadas nas formas tubular, em composições de fibras finas e ocas e na forma plana (ASANO, 2007).

| PROCESSO | FORÇA MOTRIZ | PRESSÃO OPERACIONAL | ESTRUTURA DA MEMBRANA | MATERIAL REMOVIDO/ PARÂMETRO |
|----------------|--|------------------------------|------------------------------|---|
| Microfiltração | Diferença de pressão hidrostática ou vácuo | 0,5 a 5,0 kg/cm ² | > 50 nm (macroporos) | Sólidos suspensos, turbidez, oocistos e cistos de protozoários e algumas bactérias e vírus. |
| Ultrafiltração | Diferença de pressão hidrostática ou vácuo | 0,5 a 5,0 kg/cm ² | 2 nm até 50 nm (mesoporos) | Macromoléculas, coloides, a maioria das bactérias, alguns vírus e proteínas |
| Nanofiltração | Diferença de pressão hidrostática | 5,0 a 15 kg/cm ² | < 2nm (microporos) | Pequenas moléculas, alguma dureza, vírus |
| Osmose reversa | Diferença de pressão hidrostática | 51 a 81 kg/ cm ² | < 2nm (estrutura não porosa) | Moléculas muito pequenas, cor, dureza, sulfatos, nitratos, sódio e outros íons. |
| Diálise | Diferença de concentração | Não aplicável | 2 nm até 50 nm (mesoporos) | Macromoléculas, coloides, maioria das bactérias alguns vírus e proteínas |
| Eletrodiálise | Potencial elétrico | Não aplicável | < 2nm (microporos) | Íons |

QUADRO 17 - CARACTERÍSTICAS DOS PROCESSOS DE SEPARAÇÃO POR MEMBRANAS.
 FONTE: Adaptações de METCALF & EDDY (2003) e MANCUSO (2003).

A microfiltração e ultrafiltração são alternativas na remoção de sólidos que podem concorrer com a filtração (item 2.4.2.7) combinada com adição de produtos químicos, floculação e decantação. Entretanto, a microfiltração e ultrafiltração trazem como principais vantagens à remoção adicional de macro moléculas, coloides e algumas bactérias e vírus. Como desvantagens ressalta-se os custos e consumo de energia no processo, comparativamente à filtração (ASANO, 2007).

Em alguns tipos de reúso de água, como o indireto potável, e alguns usos industriais, há a necessidade de remoção eficaz de sólidos dissolvidos e micropoluentes. Neste contexto, a aplicação dos processos de nanofiltração e osmose reversa devem ser consideradas. A eficácia de remoção dos dois modelos são semelhantes, sendo a principal diferença a remoção de íons. Enquanto a nanofiltração oferece níveis de remoção de íons monovalentes na faixa de 50% a 90%, a osmose reversa remove mais de 98% destes compostos. A nanofiltração tipicamente remove partículas com peso molecular entre 300 a 1000, no qual engloba alguns sais e a grande maioria dos compostos orgânicos e micro-organismos. Já a osmose reversa

consegue remover partículas com peso molecular inferior a 300, tendo a capacidade de remoção de sais, porém requerendo no sistema pressões superiores à nanofiltração. Embora os custos dos sistemas de nanofiltração e osmose reversa sejam relativamente bem superiores aos outros processos, com o desenvolvimento de novos materiais que trabalham com pressões menores, verifica-se uma acentuada queda nos custos operacionais. É esperado que no futuro os custos envolvidos se reduzam ainda mais, provendo mais viabilidade na aplicação destas concepções (ASANO, 2007).

2.5 REÚSO INDIRETO POTÁVEL ATRAVÉS DO INCREMENTO EM ÁGUAS SUPERFICIAIS

Asano (2007) comenta que atualmente nos Estados Unidos o reúso direto potável não é considerado viável para a aplicação em abastecimento público de água para consumo humano. Porém, o reúso indireto potável com incremento em águas superficiais cresce, apesar de ainda se observar poucos exemplos neste contexto.

A concepção do reúso indireto potável através do incremento em águas superficiais preconiza a utilização de processos de tratamento avançados para posterior mistura em rios, lagos ou reservatórios para fins de abastecimento humano. A montante da captação, no corpo hídrico, é acrescido um determinado volume de água recuperada provinda de ETEs. A mistura sofre um processo adicional e natural de tratamento proporcionando uma melhoria da qualidade da água (ASANO, 2007).

Como já comentado neste trabalho, o reúso indireto potável de forma não planejada e não intencional é praticado no mundo todo, como em Rouen e Le Pecq na França, Londres na Inglaterra e Indianápolis e New Orleans nos Estados Unidos (TERNES, 2006).

Neste último país citado, mais de 24 grandes estações de tratamento de água se utilizam de mananciais superficiais que a montante recebem despejos de esgotos tratados. Estima-se que em períodos de baixa vazão os efluentes tratados correspondam a 50% ou mais da vazão total dos rios que se prestam como corpos receptores e mananciais de forma concomitante (ASANO, 2007).

As figuras 7 e 8 ilustram as concepções de reúso indireto potável não planejado e reúso indireto potável planejado com incremento em águas superficiais.

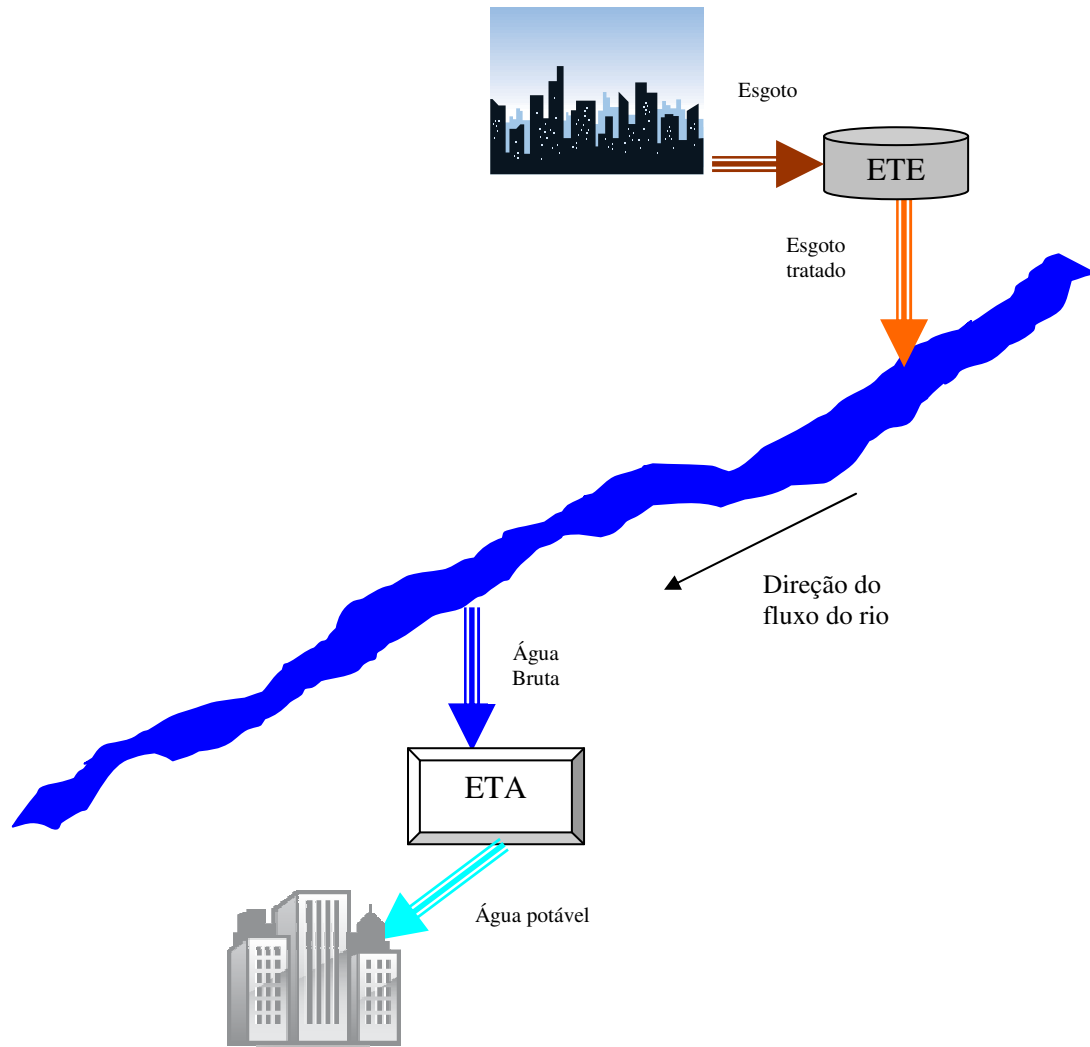


FIGURA 7 - ESQUEMA DO REÚSO INDIRETO POTÁVEL NÃO PLANEJADO.
FONTE: Adaptação de ASANO (2007).

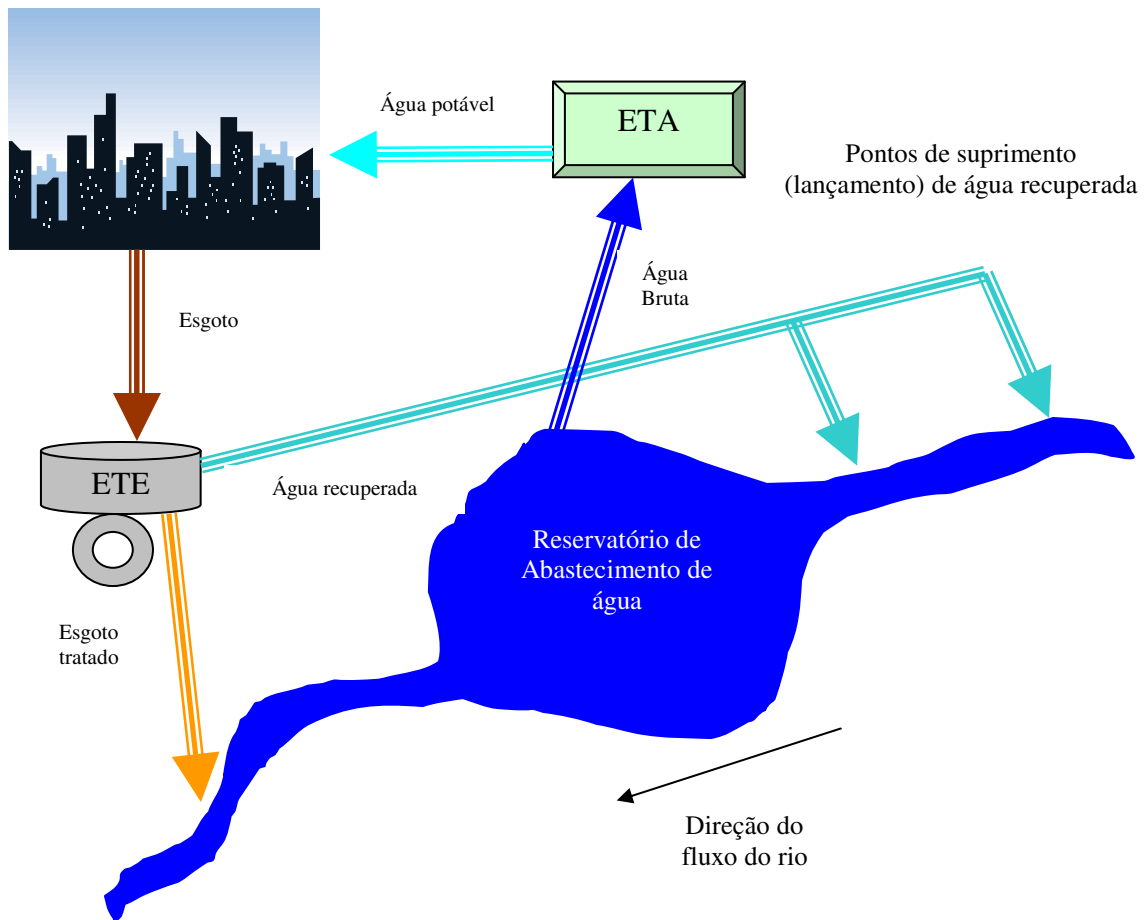


FIGURA 8 - ESQUEMA DO REÚSO INDIRETO POTÁVEL PLANEJADO COM INCREMENTO EM ÁGUAS SUPERFICIAIS.

FONTE: Adaptação de ASANO (2007).

2.5.1 Exemplos de aplicação do reúso indireto potável planejado com incremento em águas superficiais

Este item tem como objetivo apresentar alguns exemplos de sistemas de reúso indireto potável com incremento em águas superficiais (RIPIAS) atualmente em operação no mundo e o projeto Poisedon da União Europeia. Este último enfoca, na concepção do reúso indireto potável planejado, estudos e avaliações abrangendo a preocupação com os PPCPs.

2.5.1.1 Occoquan – Virgínia – Estados Unidos

Operando desde 1998, este sistema fornece água recuperada ao reservatório de Occoquan, no norte do estado de Virgínia, abastecendo mais de um milhão de pessoas aos arredores de Washington D.C. Anteriormente a este projeto, a situação de Occoquan caracterizava-se como reúso indireto não intencional, com a existência de uma ETE que lançava seus efluentes na bacia, o que ocasionou sérios problemas na qualidade da água do reservatório.

O sistema previu a implantação de uma nova ETE com tecnologia avançada utilizando os processos de lodo ativado, estabilização alcalina, recarbonatação, filtro de areia, filtro com carvão ativado e cloração. A ETE despeja a água reutilizada em um tributário do reservatório de Occoquan, o rio Bull Run, a 9,7 km a montante do reservatório e a 32 km do ponto de captação. Cerca de 50% da água para abastecimento é suprida através do sistema e em períodos de estiagem chega a oferecer 90% do fluxo do reservatório. Uma agência independente monitora a qualidade da água reutilizada, no qual é considerada superior à qualidade de outros tributários do reservatório de Occoquan (ASANO, 2007).

2.5.1.2 Hanningfield – Essex - Inglaterra

Hanningfield é considerado o primeiro projeto de reúso indireto potável da Europa e foi implementado a partir de 1997. Atualmente são acrescidos, a 4 km do ponto de captação, 30.000 m³/dia de água reutilizada no rio Chelmer que alimenta o reservatório de Hanningfield em Essex. O tempo de residência no reservatório é cerca de 214 dias. A ETE para reúso de água opera com os processos de clarificação, nitrificação e desnitrificação, biofiltro e desinfecção com UV. A planta é responsável por um acréscimo de 8% do volume das águas utilizadas para abastecimento na região, produzindo água recuperada de alta qualidade, com uma remoção de mais de 94% de hormônios esteroides (TERNES, 2006).

A água do reservatório é tratada na estação de tratamento de Hanningfield com tecnologia avançada, que contempla os processos de pré-ozonização, coagulação, estabilização alcalina, filtro de areia rápido, ozonização, filtração com carvão ativado e cloração final. O programa de controle da qualidade do sistema prevê o monitoramento de vírus, substâncias endócrinas e estudos de impacto do reúso da água no meio ambiente e na saúde pública (TERNES, 2006).

2.5.1.3 Projeto Poisedon – União Europeia

A Comunidade Econômica Europeia, através da Alemanha, Suíça, Finlândia, Áustria, Espanha, Polônia e França, vem desenvolvendo o projeto Poisedon. Este projeto tem como foco principal avaliar, desenvolver e disseminar tecnologias de remoção de PPCPs, a fim de se aumentar e viabilizar a prática do reúso indireto potável planejado. A sustentabilidade do abastecimento de água para as populações é o elemento principal do Projeto Poisedon (SANTOS, 2003 e TERNES, 2006).

Os objetivos e resultados esperados do Projeto Poisedon são apresentados no quadro 18.

| PROJETO POISEDON – UNIÃO EUROPEIA | |
|--|--|
| OBJETIVOS | 1. Desenvolver estudos e avaliações de melhoria da eficiência de remoção de PPCP em efluentes de processos de tratamento convencionais e avançados, bem como de tecnologias de tratamento de água potável. |
| | 2. Investigar a eficiência do tratamento convencional e avançado de água potável em relação à eliminação de determinados PPCPs. |
| | 3. Estudar a viabilidade de separação da urina na fonte geradora, reduzindo os níveis de contaminação de produtos farmacêuticos em esgotos, facilitando o tratamento. |
| | 4. Avaliar a poluição de aquíferos subterrâneos por PPCPs provenientes de águas para irrigação agrícola. |
| | 5. Analisar detalhadamente determinados PPCPs em esgotos e na água potável determinando seus destinos e, se possível, elucidando suas rotas de degradação. |
| | 6. Desenvolver estudos de Riscos Ambientais em relação às tecnologias convencionais e avançadas de tratamento de esgotos, incluindo: <ol style="list-style-type: none"> a. Identificação do risco para um determinado compartimento ambiental (ar, água, sedimento e biota) sujeito ao impacto de PPCBs presentes no meio ambiente; b. Avaliação da exposição para determinar a concentração do produto no compartimento ambiental em estudo; c. Determinação da concentração de PPCP previsivelmente sem efeito, ou nulo, no compartimento em estudo; d. Quantificação do risco que poderia ser causado por PPCPs no compartimento ambiental em estudo. |
| | 7. Contribuir para formulação de estratégias de reutilização indireta de água potável, considerando a contaminação de PPCP nos esgotos, combinando tecnologias de tratamento de esgotos e de água para fins potáveis. |
| RESULTADOS ESPERADOS | – Aumento do abastecimento de água pelo reúso potável indireto em áreas onde o crescimento da população urbana demanda uma quantidade de água que ultrapassou a disponibilidade hídrica dos mananciais naturais. |
| | – Melhoria dos processos de tratamento de esgotos com a redução dos níveis de PPCPs no meio ambiente. |
| | – Adoção da separação da urina na fonte geradora, visando a redução de PPCPs no esgoto, bem como dos requisitos de tratamento e dos custos associados. |
| | – Fornecimento de dados e informações sobre a eficiência de remoção de PPCPs do esgoto em áreas com escassez de água, identificando custos factíveis para permitir o reúso indireto planejado |
| | – Prover orientação e diretrizes para as autoridades ambientais europeias relativamente aos aspectos ambientais dos PPCBs |

QUADRO 18 - OBJETIVOS E RESULTADOS ESPERADOS DO PROJETO POISEDON
 FONTE: Adaptação Projeto POISEDON e SANTOS (2003).

2.5.2 Saúde pública e o reúso indireto potável planejado

No que tange à saúde pública, na prática do reúso indireto potável planejado, Asano (2007) ressalta dois fatores a serem especialmente abordados. A presença de patógenos e de micropoluentes na água recuperada. A percepção e preocupação da população concernente à prática do reúso indireto potável têm-se demonstrado muito focada nos efeitos da saúde dos que consomem água potável oriunda de água recuperada de esgotos tratados.

A contaminação por micropoluentes e patógenos em águas de mananciais de abastecimento público no meio urbano pode ocorrer através de vários caminhos. A figura 9 demonstra as diversas fontes e rotas possíveis de contaminação que ocorrem de forma combinada. Foi inserido entre as possibilidades de contaminação o despejo direto de esgoto bruto em corpos hídricos oriundos de redes de esgotamento sanitário, já que no Brasil constata-se que somente 34,6% do esgoto coletado é tratado (item 2.1.2). O ciclo da água no meio urbano, sua dinâmica e interações acaba caracterizando um processo de reúso indireto não planejado da água.

Quanto ao reúso indireto potável planejado, este ciclo demonstra que mesmo com a remoção eficaz e controle de micropoluentes e patógenos provindos de água recuperada de ETEs, os mananciais de abastecimento não necessariamente oferecerão uma qualidade segura para abastecimento público, por haver outras fontes e caminhos de contaminação.

Micropoluentes como dioxinas, furanos, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPC), PCBs e pesticidas organoclorados normalmente não provêm de esgotos domésticos tratados e não tratados. As suas principais fontes são atividades industriais e agrícolas. Potencialmente possuem efeitos carcinogênicos, teratogênicos e mutagênicos.

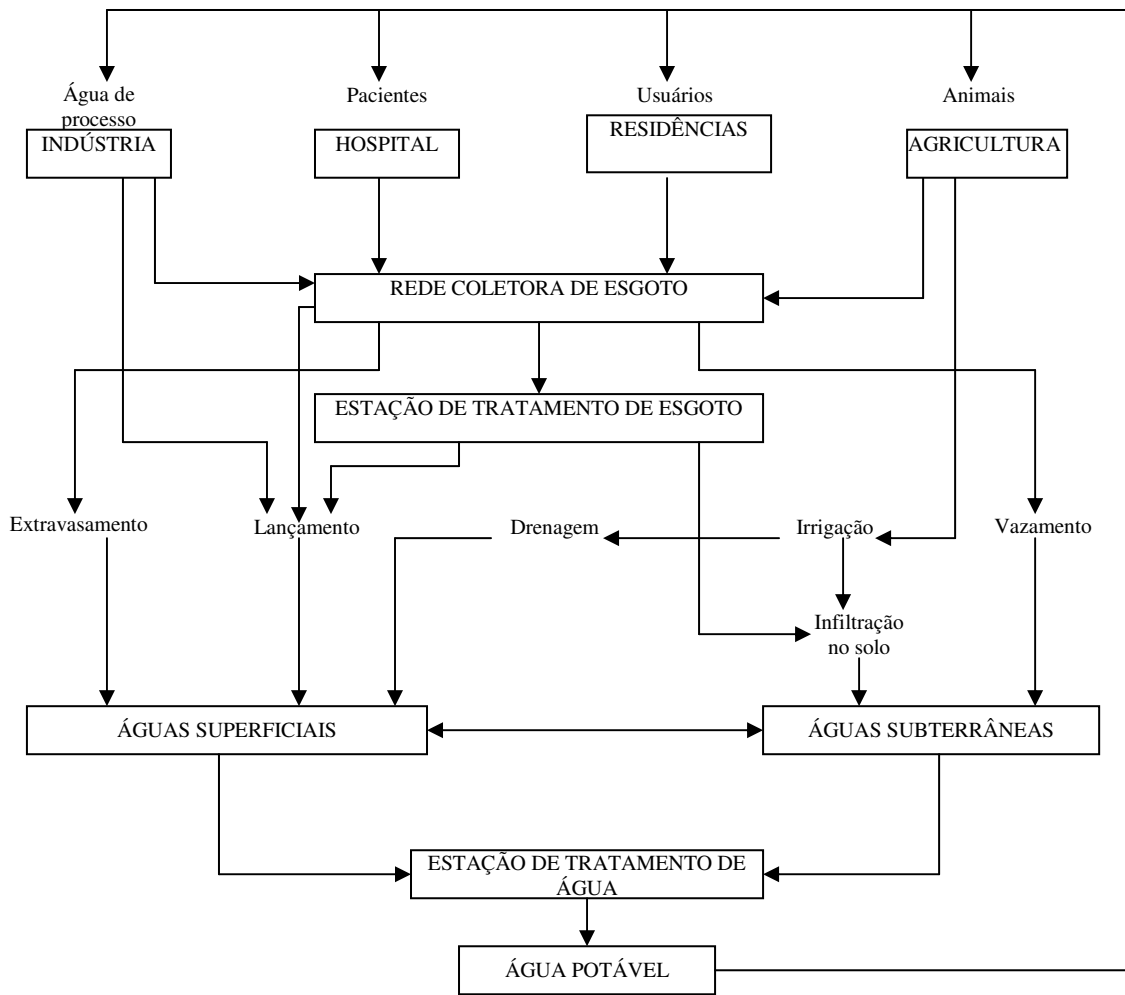


FIGURA 9 - CICLO DA ÁGUA NO MEIO URBANO E OS CAMINHOS DE CONTAMINAÇÃO DE MANANCIAIS DE ABASTECIMENTO.
 FONTE: Adaptação de TERNES (2006) e MIERZWA (2009).

Na aplicação do reúso indireto potável, Asano (2007) também recomenda a atenção aos subprodutos formados na desinfecção. O processo de cloração pode gerar, como resultado da oxidação química da matéria orgânica compostos com propriedades carcinogênicas, teratogênicas e mutagênicas ao ser humano. Entre os principais subprodutos da desinfecção estão os trihalometanos (THM), haloacetoneitrilas, ácidos haloacéticos, clorofenóis, aldeídos, N-nitrosodimetilamina e tricloronitrometano. Os THMs e ácidos haloacéticos são os mais comuns e encontrados em maior concentração em esgotos tratados. Tem-se verificado a presença em águas recuperadas da N-nitrosodimetilamina que possui um alto potencial cancerígeno. Sendo assim, a remoção de matéria orgânica com compostos de cloro, fenólicos e de nitrogênio é

importante para o controle destes poluentes e deve ser feita anteriormente à desinfecção.

Mierzwa (2009), baseado em informações do Serviço de Compêndio de Substâncias Químicas (CAS), afirma que foram desenvolvidas para diversas finalidades e registradas mais de 41,8 milhões de substâncias químicas no âmbito mundial. Destas, 26,5 milhões são comercializadas, sendo potencialmente poluidoras ao meio ambiente.

A USEPA (2004) aborda que nos últimos anos houve um acentuado crescimento na capacidade de detecção de compostos químicos presentes na água. Este fato refletiu nos instrumentos de regulação dos padrões de qualidade da água potável que acompanharam de certa maneira esta evolução. Um exemplo é a norma americana NPDWR (*National Primary Drinking Water Regulations*) que estabelece padrões para a água potável. No início da década de 80 esta norma regulamentava cerca de 75 contaminantes para a água potável. A partir de sucessivas atualizações em 2000 este número subiu para 180 compostos regulamentados.

Porém Mierzwa (2009) observa que micropoluentes desreguladores endócrinos, comumente presentes em esgotos domésticos tratados e não tratados não são cobertos por importantes padrões de potabilidade de água internacionais (OMS, USEPA, União Europeia) e também pelo instrumento legal brasileiro (Portaria MS 518/04).

A USEPA (2004) salienta que diante de centenas de milhares de substâncias químicas fabricadas ou utilizadas na fabricação de produtos, a quantidade de contaminantes regulamentados representam uma pequena fração da totalidade potencialmente existente na água. No entanto, os contaminantes podem ser regulados por requisitos de processos de tratamento, especificando padrões de desempenho, sem medir diretamente o contaminante em questão.

Mierzwa (2009) destaca a presença de desreguladores endócrinos nos esgotos domésticos tratados e não tratados. Entre os mais comumente encontrados estão o nonilfenol, o estradiol e o etinilestradiol. O estradiol é um hormônio natural e o etinilestradiol é componente de pílulas anticoncepcionais. O nonilfenol é um

subproduto da degradação de produtos de limpeza e higiene pessoal contendo aquilfenóis polietoxilados.

O gráfico 2 mostra a concentração e frequência de detecção de micropoluentes identificados em amostras de 139 corpos de água nos Estados Unidos. Cabe ressaltar que neste estudo, apresentado por Mierzwa (2009), baseado no trabalho da *United States Geological Survey*, foram observados valores máximos de 18,3 $\mu\text{g/L}$ para esteroides, 17,4 $\mu\text{g/L}$ para drogas não prescritas, 55,6 $\mu\text{g/L}$ para metabólitos de detergentes, 17,5 $\mu\text{g/L}$ para plastificantes, 3,6 $\mu\text{g/L}$ para antibióticos e 4,3 $\mu\text{g/L}$ para fragrâncias.

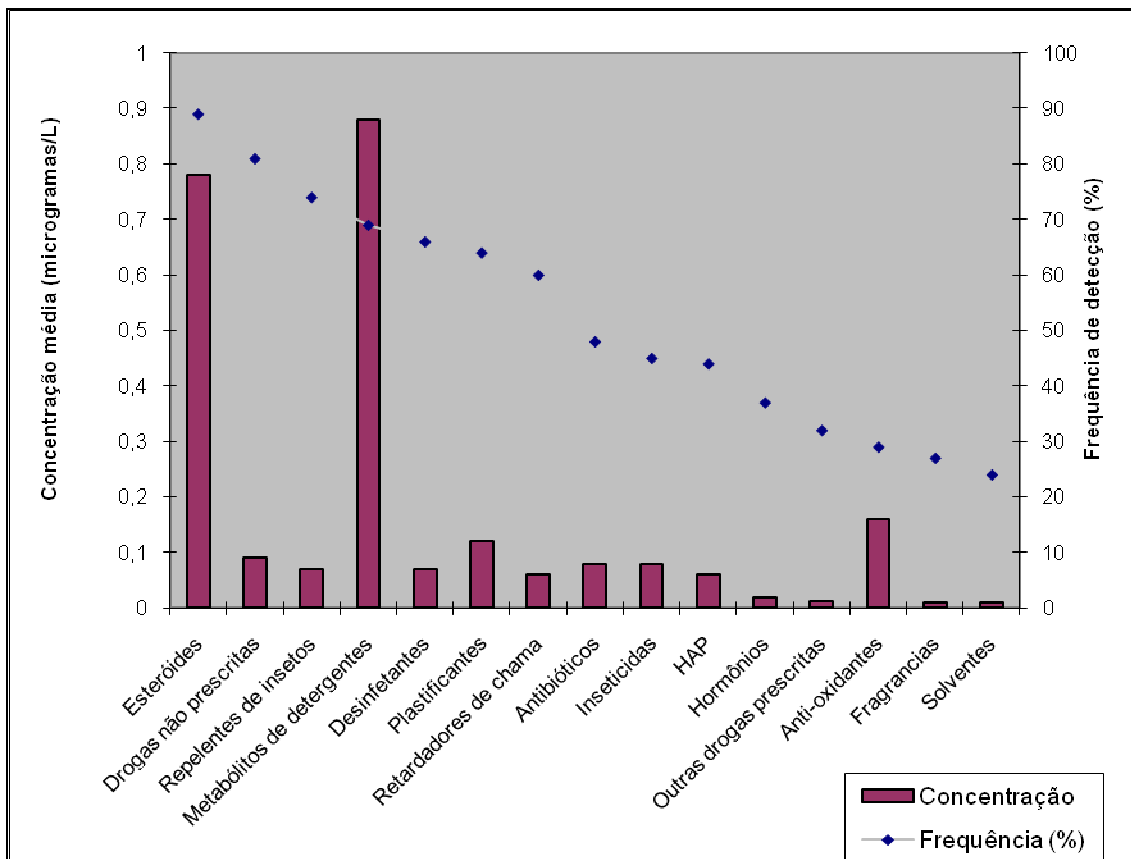


GRÁFICO 2 - CONCENTRAÇÃO MÉDIA E FREQUÊNCIA DE DETECÇÃO DE MICROPOLUENTES EM CORPOS DE ÁGUA NOS ESTADOS UNIDOS.

FONTE: Adaptação de MIERZWA (2009).

Segundo Mierzwa (2009) os estudos atualmente que abordam a contaminação por micropoluentes emergentes em mananciais, estão restritos mais aos países desenvolvidos. Este autor enfatiza um trabalho desenvolvido por Ternes e

colaboradores de 1999, no qual avaliou a presença de estrógenos em ETEs na Alemanha, Canadá e Brasil. No Brasil, em uma ETE no Rio de Janeiro, foram encontradas concentrações de 21 ng/L e 40 ng/L dos estrogênios naturais 17 β -estradiol e estrona respectivamente. Também foi constatada em concentrações menores a presença de 17 α -etinilestradiol (sintético).

No Brasil sobressai o uso de sistemas de esgotamento sanitário tipo separador absoluto. Em especial no estado do Paraná o esgoto afluente de ETEs tem características predominantemente domésticas (ver item 4.3.2). Estes aspectos apontam para uma maior importância dos PPCPs, entre os micropoluentes, em uma aplicação do reúso indireto potável no estado do Paraná.

Alguns projetos de reúso indireto potável nos Estados Unidos, como San Diego e Denver, aplicaram testes toxicológicos para comparar a água de mananciais de abastecimento com a água recuperada. Embora ainda existam dúvidas quanto à sensibilidade adequada do método empregado, de forma geral os resultados mostram que não há diferença entre a água recuperada e a água utilizada para abastecimento doméstico nesta abordagem (USEPA, 2004).

Nos anos de 1996 e 1999 foram realizados estudos epidemiológicos para monitorar a saúde de quem consome água recuperada no Condado de Los Angeles (Estados Unidos). O objetivo do estudo de 1996 foi avaliar a ocorrência de doenças infecciosas e a incidência de câncer na população. O trabalho de 1999 abordou problemas relacionados ao nascimento de crianças (desenvolvimento pré-natal, mortalidade infantil e defeitos de nascimento). Em ambos os estudos os resultados mostraram que não houve correlação entre o uso de água recuperada e taxas de doenças infecciosas, incidência de câncer e resultados adversos do nascimento de crianças (USEPA, 2004).

Ternes (2007) aborda que nos projetos de reúso indireto potável implementados no passado a preocupação com a saúde da população se traduzia na remoção e controle de patógenos e compostos orgânicos e inorgânicos que comprovadamente afetavam a saúde humana. Contaminantes como os agrotóxicos, subprodutos formados na desinfecção (trihalometanos e nitrosodimethylamina) e na oxidação (bromatos) eram o foco do controle da qualidade da água recuperada.

Concomitantemente os instrumentos regulatórios de qualidade de água potável incluíram padrões e requisitos de controle em suas exigências.

Nos últimos anos os contaminantes emergentes (PPCPs) vêm sendo investigados de forma especial na aplicação do reúso indireto potável. Os fármacos e substâncias de efeito endócrino, como analgésicos, antibióticos, beta bloqueadores, contraceptivos, reguladores de lipídios, antidepressivos e tranquilizantes são ingeridos sofrendo um processo no corpo humano que resulta em uma combinação de componentes não transformados, modificados e metabólitos do produto inicial. Esta combinação de substâncias é excretada, principalmente na forma de urina e disposta nas redes municipais de esgotamento sanitário para posterior tratamento. Os processos de tratamento de esgoto convencionais não tratam parte significativa destes contaminantes, logo estão normalmente presentes nos efluentes de estações de tratamento de esgoto (TERNES, 2006).

O quadro 19 apresenta a concentração de alguns PPCPs em efluentes de ETES da Alemanha e Suíça.

| COMPONENTE | SUIÇA Concentração (ng/L) | ALEMANHA Concentração (ng/L) |
|--|--|---|
| 17 α -Ethinylestradiol (anticoncepcional) | 0,7 – 4,3 | 6 - 10 |
| Bezafibrate (controle de triglicerídeos) | Não avaliado | 3.000 – 5.600 |
| Carbamazepina (anti epilético) | 250 – 1.900 | 2.200 |
| Diazepan (tranqüilizante) | Não detectado | Não avaliado |
| Diclofenaco (anti inflamatório) | 890 – 1.900 | 1.800 - 1.900 |
| Ibuprofen (anti inflamatório) | 1.430 – 2.080 | 4.300 – 4.400 |
| Iopromide (contraste para diagnóstico médico) | 280 – 6.730 | 7.500 |
| Roxithromicina (antibiótico) | 10 - 40 | 810 |
| Clarithromycina (antibiótico) | 330 - 600 | 140 |
| Sulfamethoxazol (antibiótico) | 940 – 1.900 | 1.370 |
| Ciprofloxacina (antibiótico) | 300 - 600 | Não avaliado |
| Norfoxacina (antibiótico) | 340 - 510 | Não avaliado |

QUADRO 19 - CONCENTRAÇÕES DE ALGUNS PPCPS EM ETES DA SUIÇA E ALEMANHA.
FONTE: Adaptação de ALDER (2006)

As concentrações de PPCPs encontradas em efluentes de ETEs geralmente estão na faixa de ng/L à no máximo baixos valores de µ/L, como exemplifica o quadro 19. Em águas superficiais as concentrações observadas destes compostos ficam entre 10 a 500 ng/L. Traços, em níveis de ng/L também foram detectados na água tratada e subterrânea. Comprovadamente micropoluentes, como o grupo dos desreguladores endócrinos, provocam efeitos adversos ao meio ambiente, como a feminilização de espécies de peixes. A questão primordial a ser respondida é se estes compostos presentes nestes níveis na água potável coloca em um patamar de risco não aceitável a saúde da população abastecida por água. O atual conhecimento, pelos poucos dados disponíveis quanto à exposição humana, ainda não permite uma resposta segura para esta indagação (TERNES, 2006).

Outro fator de qualidade importante para o reúso indireto potável planejado é a contaminação de micro-organismos emergentes na água tratada.

Bevilacqua (2009) define como micro-organismos emergentes

aqueles para os quais a atenção e a preocupação de médicos, especialistas e epidemiologistas têm se voltado a partir de períodos mais ou menos recentes. Assim, podem constituir espécies recém-descobertas ou organismos já identificados e conhecidos, porém que apenas agora descobriu-se serem capazes de infectar e serem patogênicos aos seres humanos.

Entre os micro-organismos emergentes os protozoários dos gêneros *Cryptosporidium* e *Giardia* merecem uma consideração especial nas águas recuperadas para uso potável e para sistemas de abastecimento de água tratada.

A ocorrência de parasitoses provocadas por protozoários transmitidos via fecal oral através do consumo de água tem sido constatada em várias partes do mundo. Surto e infecções têm sido registradas, principalmente as transmitidas por *Cryptosporidium* e *Giardia*. Com menor registro de ocorrências podem se destacar as espécies *Cyclospora cayetanensis* e *Toxoplasma gondii*. Apesar dos registros comprovados de surtos se restringirem aos países desenvolvidos, há registros de surtos de *Cyclospora cayetanensis* no Brasil, ocorridos em General Salgado-SP em 2000 e Antonina – PR no ano de 2001 (BEVILACQUA, 2009).

Características importantes de *Cryptosporidium* e *Giardia* são a alta resistência aos processos de desinfecção convencionais que se utilizam de cloro, a

grande quantidade presente nas fezes dos hospedeiros transmissores e a sua grande capacidade infectante, ou seja, possuem uma grande capacidade de causar doenças mesmo em baixas quantidades. Estes protozoários também são relativamente resistentes no ambiente, principalmente nas formas de cistos e oocistos. Todavia, em condições naturais podem ser controlados sendo consumidos por espécies de rotíferos, ciliados e amebas.

O quadro 20 demonstra os principais protozoários patogênicos transmitidos via fecal oral e suas características.

| PATÓGENO | EPIDEMIAS /SURTOS | PERSISTÊNCIA | RESISTÊNCIA AO CLORO* |
|--------------------------------|------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| <i>Entamoeba histolytica</i> | Vários | Moderada | Alta |
| <i>Giárdia duodenalis</i> | Vários | Moderada | Alta |
| <i>Cryptosporidium spp.</i> | Vários | Longa | Muito alta |
| <i>Toxoplasma gondii</i> | Poucos | Longa | Muito alta |
| <i>Cyclospora cayetanensis</i> | Poucos | Longa | Alta |
| Microsporídios | Incertos | Longa | Alta |
| <i>Balantidium coli</i> | Muito poucos | Longa | Alta |
| <i>Isoospora belli</i> | Sem registros | Longa | Alta |
| <i>Blastocystis hominis</i> | Sem registros | Longa | Não conhecida |

QUADRO 20 - PRINCIPAIS PROTOZOÁRIOS PATOGÊNICOS TRANSMITIDOS VIA FECAL E ORAL E SUAS CARACTERÍSTICAS.

FONTE: Adaptação de BEVILACQUA (2009).

* Desinfecção nas dosagens e tempos usuais para inativação de 99% das formas infectantes (cistos e oocistos).

Asano (2007) enfatiza que não há risco zero no contexto do reúso indireto potável planejado. A aplicação conjugada de tecnologias apropriadas, de gerenciamento e operação de sistemas de tratamento de esgoto e recuperação de água adequados e monitorados e da adoção do conceito de barreiras múltiplas tornam a água recuperada muitas vezes com qualidade superior às águas de mananciais superficiais de abastecimento.

2.5.3 Aspectos técnicos levados em consideração na aplicação do reúso indireto potável através do incremento em águas superficiais

No que tange aos aspectos técnicos a serem considerados no planejamento e aplicação do reúso indireto potável através do incremento em águas superficiais, Asano (2007) apresenta importantes vantagens deste modelo em comparação ao suprimento de água considerado convencional. Entende-se como convencional o sistema que se utiliza de mananciais superficiais com incremento de vazões através de reservatórios de acumulação de água para o atendimento de áreas urbanas. O quadro 21 sintetiza os fatores favoráveis dentro desta abordagem.

| FATOR | DESCRIÇÃO |
|---|--|
| Alto custo e impacto ambiental dos reservatórios de acumulação de água e regularização de vazões para abastecimento | A construção de reservatórios de acumulação e sua infraestrutura necessária em áreas retiradas dos centros urbanos têm altos custos, muitas vezes proibitivos. A implantação de barragens causa impactos socioambientais significativos. |
| Legislação e padrões dos efluentes de ETEs cada vez mais restritos | Principalmente, no lançamento de efluentes em ecossistemas mais sensíveis, a tendência dos padrões de lançamento é de terem restrições compatíveis com o uso indireto potável. Como por exemplo, a remoção de nutrientes e metais. Muitas vezes é mais vantajosa a utilização de água recuperada do que o lançamento nos ecossistemas aquáticos. |
| Limitação e exaustão do reúso urbano de água para fins não potáveis | As demandas do uso urbano não potável é sujeito sazonalidades, requerendo a implementação de sistemas de distribuição e reservação específicos. Os padrões de qualidade exigidos muitas vezes são próximos aos da qualidade do reúso indireto potável |
| Aumento de vazões de esgoto tratado e água recuperada em bacias hidrográficas | Com o crescimento populacional em áreas urbanas as vazões de esgotos tratados despejados em bacias hidrográficas vêm crescendo significativamente. Incremento de vazões de águas recuperadas com melhor qualidade em bacias de manancial é um importante componente no suprimento da demanda por água |

QUADRO 21 - FATORES FAVORÁVEIS DO REÚSO INDIRETO POTÁVEL ATRAVÉS DO INCREMENTO EM ÁGUAS SUPERFICIAIS.

FONTE: Adaptação de ASANO (2007)

De acordo com Asano (2007), os objetivos fundamentais do reúso indireto potável com incremento em águas superficiais são o suprimento de água seguro e

capaz de atender as demandas atuais e futuras das populações e a preservação da qualidade da água dos corpos hídricos. Para o alcance destes objetivos é necessário um planejamento eficiente que tenha como diretrizes os seguintes aspectos, abordados em detalhe a sequência.

- a) Avaliação da bacia hidrográfica a ser suprida com água recuperada e suas características;
- b) quantidade de água recuperada a ser diluída nos corpos hídricos;
- c) aplicação da concepção de Sistemas de Barreiras Múltiplas;
- d) adoção de tecnologias de tratamento, procedimentos de operação e sistemas de monitoramento apropriados;
- e) análise dos fatores institucionais e legais;
- f) custos.

2.5.3.1 Avaliação e características da bacia hidrográfica a ser suprida com água recuperada

Antes da implantação de um projeto de reúso indireto potável através do incremento em águas superficiais é necessário uma avaliação dos usos e condições da bacia hidrográfica que receberá as vazões de água recuperada. Despejos de estações de tratamento de esgotos domésticos e de efluentes industriais, fontes de poluição difusa de origem agrícola e urbana devem ser considerados (ASANO, 2007).

Paralelamente, programas de monitoramento da qualidade da água devem ser implementados para a análise comparativa das situações anterior e posterior ao projeto de reúso indireto potável. Parâmetros microbiológicos, de componentes orgânicos e inorgânicos devem ser mensurados em pontos representativos e frequências de acordo com as situações e características dos usos e atividades na bacia hidrográfica. A identificação e a quantificação precisa das fontes de poluição difusa contendo matéria fecal são muito importantes na avaliação de bacias hidrográficas na prática do reúso indireto potável (ASANO, 2007).

2.5.3.2 Quantidade de água recuperada a ser diluída

O volume de água recuperada a ser introduzida nos mananciais de abastecimento é fundamental no planejamento e implantação de sistemas de reúso indireto potável. A quantidade de água recuperada introduzida nas águas naturais de rios e reservatórios determinará a percentagem de água recuperada do montante total da água utilizada para abastecimento. Esta fração pode variar ao longo do tempo, dependendo da demanda por água tratada e da disponibilidade hídrica natural. Este dado, além de ser uma variável para o planejamento do sistema deve ser informado aos organismos reguladores e à comunidade envolvida. Concomitantemente, processos naturais como a biodegradação, bioacumulação, reações químicas e fotoquímicas, sedimentação e volatilização ocorrem nos rios e reservatórios de acumulação provocando a diminuição de componentes residuais originários da água recuperada. (ASANO, 2007).

Reservatórios de acumulação propiciam uma grande capacidade de diluição e mistura da água recuperada. A maior preocupação, concernente ao reúso indireto potável, é com a introdução de residuais de nutrientes, patógenos e micropoluentes provindos da água recuperada. Contudo, a aplicação de processos de tratamento avançados, como micromembranas, osmose reversa e oxidação avançada, podem resultar em uma água recuperada com alta qualidade, capaz de provocar uma melhoria na qualidade da água do reservatório após a mistura (ASANO, 2007).

É importante ressaltar que os reservatórios de acumulação para abastecimento de água comumente são utilizados para diversos fins, como geração de energia, regularização de vazões e cheias, irrigação, navegação e lazer. Este aspecto indica a necessidade de se considerar as alterações qualitativas e quantitativas provocadas pelos usos da água e conseqüentemente serem inseridas no planejamento no reúso indireto potável. Fenômenos de transporte e de transformação de elementos naturais e de poluentes ocorrem sob influência de variáveis físicas, químicas e biológicas. O regime hidráulico afeta significativamente este tipo de sistema, tornando a dinâmica de transporte e transformação muito complexa. Para o entendimento deste contexto é necessário o uso de modelos matemáticos. (ASANO, 2007).

O tempo de residência é um fator importante no uso de reservatórios de acumulação. Quanto maior for este parâmetro maior é a tendência de redução de poluentes na água. Em muitas situações, principalmente em períodos de forte estiagem, o tempo de residência é pequeno (inferior a seis meses) e a capacidade de diluição é baixa (vazão da água recuperada maior que 10% da vazão total). Este fato reforça a necessidade de processos de tratamento avançados e de alta confiabilidade na aplicação do reúso indireto potável (ASANO, 2007).

2.5.3.3 Sistemas de barreiras múltiplas

A concepção dos sistemas de barreiras múltiplas se baseia no princípio de que se uma barreira for ineficiente na remoção de poluentes da água, haverá outras barreiras capazes de retirar estes elementos atuando de forma independente. Entende-se como barreira qualquer processo, natural ou não, que vise evitar a contaminação ou remover componentes da água que possam afetar adversamente a saúde do ser humano e o meio ambiente. A combinação de diversas barreiras independentes proporciona maior segurança e confiabilidade, sendo fundamental no planejamento e operação de sistemas de reúso indireto potável planejado (ASANO, 2007 e TERNES, 2006).

Asano (2007) sugere uma classificação, baseada no objetivo a ser alcançado, para as barreiras múltiplas usualmente aplicadas em sistemas de RIPIAS. Neste aspecto, os tipos de barreiras múltiplas são:

- a) Proteção de mananciais de abastecimento público;
- b) degradação natural;
- c) tratamento de esgoto e da água eficazes;
- d) sistema de distribuição de água potável íntegro e seguro;
- e) monitoramento de qualidade da água;
- f) resposta à condições adversas e de emergência.

O quadro 22 apresenta os tipos de barreiras múltiplas com exemplos dos riscos a serem atenuados e ações de gerenciamento.

| TIPO DE BARREIRA | RISCOS | EXEMPLOS DE AÇÕES DE GERENCIAMENTO (BARREIRA) |
|--|---|---|
| Proteção de mananciais de abastecimento público | Patógenos Poluentes orgânicos | Plano de Conservação da bacia hidrográfica Tratamento de esgoto avançado e eficaz Escolha de manancial adequado |
| Tratamento de esgoto e da água eficazes | Patógenos Poluentes orgânicos Subprodutos da desinfecção | Padrões e normativas de qualidade da água Processos avançados de tratamento Desinfecção |
| Sistema de distribuição de água potável íntegro e seguro | Infiltração na rede Ressurgimento de patógenos | Cloração residual Redes pressurizadas Plano de manutenção preventiva em redes |
| Degradação natural | Micropoluentes Contaminantes não regulados pelos padrões legais | Autodepuração e decaimento natural Diluição Armazenamento em reservatórios de acumulação |
| Monitoramento de qualidade da água | Falhas não identificadas no sistema | Sistema automatizado de monitoramento Sistema de alarme e interrupção de processo |
| Resposta às condições adversas e de emergência | Falhas não controladas pelo sistema Falhas que necessitam de ações rápidas Falhas de comunicação com as autoridades de saúde e população. | Planos de contingência e emergência ambiental |

QUADRO 22 - TIPOS DE BARREIRAS MÚLTIPLAS COM EXEMPLOS DOS RISCOS A SEREM ATENUADOS E AÇÕES DE GERENCIAMENTO.

FONTE: Adaptação de ASANO (2007).

Diversas combinações de medidas e ações podem ser empregadas para compor o conjunto de barreiras múltiplas. O controle e identificação de cargas afluentes na rede de esgoto, processos de tratamento de esgotos robustos e avançados, utilização de reservatórios de acumulação para diluição e maior tempo de residência, monitoramento da qualidade da água em diversos pontos e com frequência adequada e programas de educação ambiental à população, são alguns exemplos. As etapas e composição de ações e medidas que vão estruturar o sistema de barreiras múltiplas devem ser planejados e gerenciados levando-se em consideração as características e usos da bacia hidrográfica. A aplicação do princípio da redundância é fundamental

para segurança e confiabilidade do sistema. Este princípio tem como base que uma barreira isolada não é o suficiente para prover segurança em relação a um determinado risco. Portanto, no planejamento do sistema de barreiras múltiplas deverá contemplar mais de uma barreira capaz de atenuar o mesmo risco (USEPA, 2004 e ASANO, 2007).

A figura 10 exemplifica uma possível combinação de etapas de multibarreiras para o reúso indireto potável.

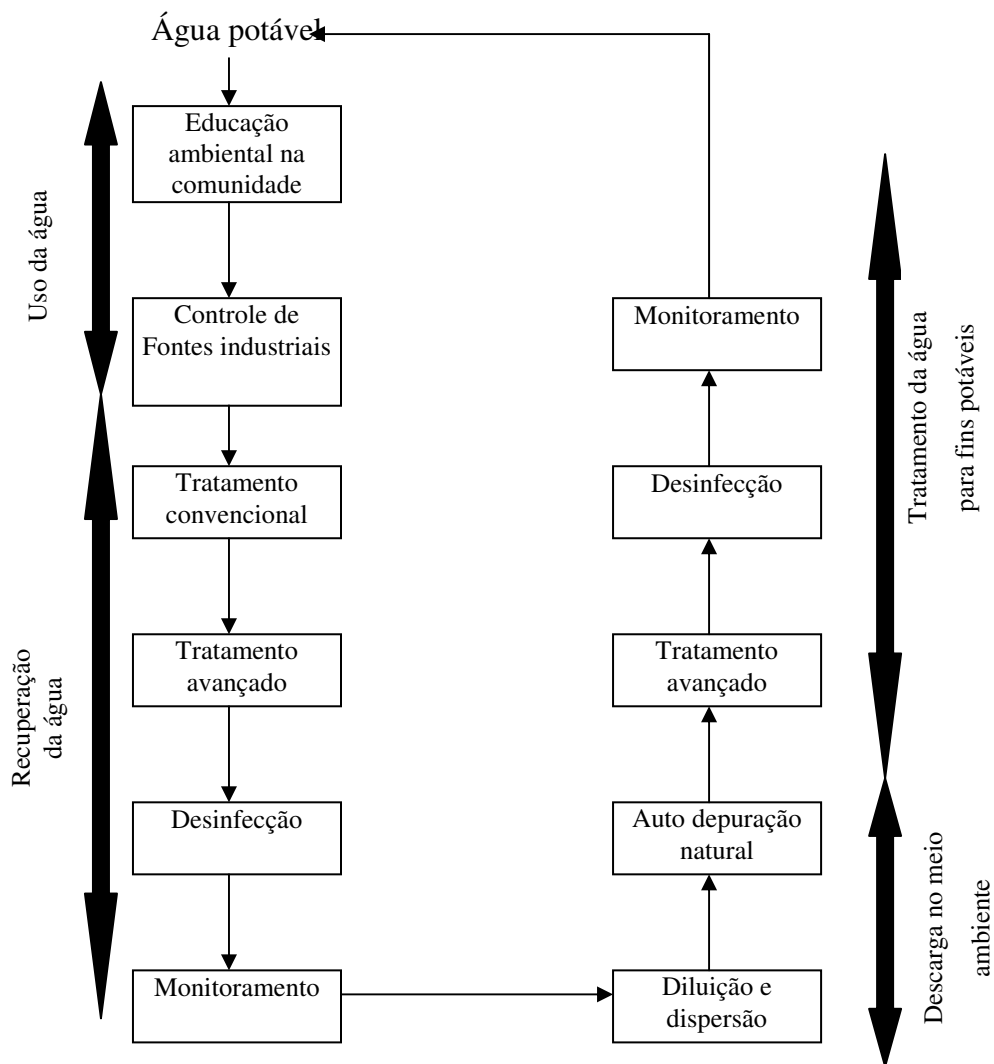


FIGURA 10 - EXEMPLO DE COMBINAÇÃO DE ETAPAS DE BARREIRAS MÚLTIPLAS NO REÚSO INDIRETO POTÁVEL.

FONTE: ASANO (2007).

Como demonstrado na figura 10 há diversas possibilidades de combinações de barreiras que podem ser implementadas na fonte geradora de poluentes, no processo de

tratamento e recuperação da água, no monitoramento e ainda contar com a utilização de processos que a própria natureza oferece.

No que tange a uma das grandes preocupações no reúso indireto potável, que são os PPCPs, JOSS (2006) propõe a utilização de barreiras na fonte geradora destes componentes. Como a grande maioria dos PPCPs são dispostos nas redes coletoras de esgoto doméstico, é interessante a adoção de medidas de controle destes componentes junto a indústrias, hospitais e ao próprio usuário residencial de remédios e produtos de higiene e limpeza.

As indústrias químicas vêm implantando programas de gerenciamento ambiental, como o *Responsible Care Initiative*, que objetivam ações de redução de resíduos e impactos ambientais de seus processos de fabricação e produtos. Medidas de regulação no processo de tratamento, limitações, ou mesmo proibição do lançamento de efluentes de determinadas tipologias industriais na rede coletora de esgoto doméstico e em corpos hídricos utilizados como manancial são indispensáveis (TERNES, 2006).

Segundo Joss (2006) a concentração de antibióticos nos efluentes de hospitais é de 4 a 100 vezes maior que a concentração no esgoto doméstico bruto. Potencialmente também os hospitais são grandes fontes geradoras de outros tipos de medicamentos e contrastes de diagnóstico médico. Preventivamente é interessante a aplicação de barreiras de controle e tratamento especial de efluentes em estabelecimentos hospitalares.

Estima que cerca de 70% dos fármacos do esgoto doméstico bruto provêm da urina humana e 30% das fezes. Por esta razão atualmente tem sido estudada a possibilidade de separação da urina humana na fonte geradora, ou seja, nos toaletes e banheiros (ALDER, 2006).

Joss (2006) enfatiza que embora haja muitas pesquisas desta temática, sistemas de separação de urina ainda não se demonstraram economicamente viáveis. Mas cabe esclarecer que este tipo de solução além da redução drástica de PPCPs no esgoto doméstico traz outras vantagens importantes elencadas abaixo.

- a) Como a urina contribui com 75% do fósforo e 50% do nitrogênio do esgoto doméstico bruto, os sistemas de separação removem parte significativa destes nutrientes evitando a eutrofização dos corpos hídricos;
- b) possibilita a redução do tamanho e custos operacionais de ETEs;
- c) os nutrientes (N e P) podem servir de matéria prima de fertilizantes usados na agricultura;
- d) reduzem o consumo de água.

As maiores dificuldades de aplicação deste tipo de sistema é a necessidade de implantação de uma rede de coleta específica de urina e a forma de acondicionamento e transporte.

O projeto Novaquatis desenvolve pesquisas com quatro projetos piloto de separação de urina em banheiros de apartamentos e edifícios públicos na Suíça. A mesma entidade está implantando um projeto na cidade de Kunming na China.

A figura 11 ilustra um vaso sanitário desenhado para a separação de urina e fezes.



FIGURA 11 - MODELO DE VAZO SANITÁRIO COM COLETA SEPARADA DE URINA.
FONTE: ISWA- *Institut für Siedlungswasserbau Wassergüte – und Abfallwirtschaft. Universität Stuttgart* (2009).

Ainda como bom exemplo de barreira na fonte geradora de poluentes, JOSS (2006) cita os programas educativos junto a população para o uso e destino adequado de resíduos perigosos e medicamentos. Este tipo de programa deve ser integrado à um sistema efetivo de transporte e tratamento destes resíduos.

O Sistema de Saúde Pública da Suécia implantou um programa denominado *Modelo de Estocolmo* que classifica os produtos farmacêuticos quanto ao risco de impacto adverso no meio ambiente. A classificação é baseada nos graus de biodegradabilidade, bioacumulação e ecotoxicidade que o produto apresenta. A intenção do Sistema de Saúde sueco é que na prescrição de medicamentos ao paciente, o médico possa optar pelo produto mais “ecológico” de mesma eficácia e qualidade que outras alternativas disponíveis. Com a divulgação pública da classificação, o usuário de medicamentos fica mais consciente quanto ao uso abusivo, descarte e disposição de resíduos e frascos de produtos farmacêuticos. Embora muito interessante, a concepção do sistema sueco avalia o risco sob o aspecto ambiental. Apesar de ser possível uma correlação com o risco à saúde humana, o método deste modelo poderia ser mais abrangente, incluindo variáveis como toxicidade e capacidade do produto de ser removido no tratamento de esgoto e de água potável (JOSS, 2006).

2.5.3.4 Tecnologias de tratamento e monitoramento exigidos

Asano (2007) afirma que muitos micropoluentes presentes nos esgotos domésticos que possuem efeitos potencialmente carcinogênicos, teratogênicos e endócrinos não são removidos com a necessária eficácia pelo tratamento convencional de esgotos. Alguns patógenos também não são removidos em níveis adequados no emprego do nível secundário de tratamento. Por estas razões, na aplicação do reúso indireto potável é indispensável a adoção de processos avançados de tratamento em combinação com tecnologias de nível secundário.

O quadro 23 apresenta alguns processos de tratamento usados na remoção de grupo de componentes presentes no esgoto doméstico na prática do reúso de água.

| PROCESSO | Sólidos suspensos | Coloides | Matéria orgânica (particulada) | Matéria orgânica dissolvida | Nitrogênio | Fósforo | Micro poluentes | Sólidos Totais dissolvidos | Bactérias | Cistos e oocistos de protozoários | Vírus |
|---|-------------------|----------|--------------------------------|-----------------------------|------------|---------|-----------------|----------------------------|-----------|-----------------------------------|-------|
| Tratamento secundário | X | | | X | | | | | | | |
| Tratamento secundário com remoção de nutrientes | | | | X | X | X | | | | | |
| Filtração | X | | X | | | | | | X | X | |
| Microfiltração | X | X | X | | | | | | X | X | |
| Ultrafiltração | X | X | X | | | | | | X | X | X |
| Nanofiltração | | | X | X | | | X | X | X | X | X |
| Osmose reversa | | | | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Flotação com ar dissolvido | X | X | X | | | | | | | X | X |
| Adsorção com carvão ativado | | | | X | | | X | | | | |
| Oxidação avançada | | | X | X | | | X | | X | X | X |
| Desinfecção | | | | X | | | | | X | X | X |

QUADRO 23 - PROCESSOS DE TRATAMENTO UTILIZADOS NA REMOÇÃO DE COMPONENTES DO ESGOTO DOMÉSTICO.

FONTE: ASANO (2007).

Como há uma especial preocupação com os micropoluentes na aplicação do reúso indireto potável, é imprescindível nas tecnologias das ETEs para esta finalidade a utilização de processos como a adsorção com carvão ativado, oxidação avançada e utilização de membranas (nanofiltração e osmose reversa), em combinação com tecnologias de nível secundário, como demonstrado no quadro 23.

Outro fator importante para o reúso indireto potável é prover ao sistema a chamada confiabilidade. Asano (2007) define como confiabilidade do processo a probabilidade de uma performance adequada durante um período de tempo sob determinadas condições, onde a performance é determinada pela capacidade em atender a requisitos de concentrações de componentes do efluente pré-estabelecidos. A operação eficiente, o monitoramento em cada etapa do processo e a capacidade de detecção prévia de falhas no sistema são fundamentais. A população que se utiliza da água recuperada deve ser informada e estar convencida que há confiabilidade no sistema em uso.

Asano (2007) aponta alguns fatores que podem influenciar na confiabilidade do sistema de reúso de água, apresentados a seguir.

- a) quantidade de esgoto bruto disponível para as vazões de água recuperada necessárias;
- b) composição, qualidade e concentrações do esgoto afluyente do processo;
- c) nível de qualidade que o processo de recuperação de água pode atingir, considerando a qualidade do esgoto afluyente;
- d) infiltrações e ligações de fontes não domésticas, como as industriais, nas redes coletoras que transportam o afluyente à ETE;
- e) nível de instrumentação e automação no sistema;
- f) qualificação das pessoas que operam o sistema;
- g) modo de operação (ex: contínua, intermitente sazonal);
- h) viabilidade de utilização de processos e equipamentos sobressalentes e de substituição emergencial, incluindo suprimento alternativo de energia.

O mesmo autor comenta que a qualidade da água recuperada para reúso indireto potável deve seguir os mesmos padrões de qualidade da água para fins potáveis. Normalmente os instrumentos regulatórios existentes de reúso indireto potável têm como um dos requisitos que a qualidade da água recuperada deva seguir os mesmos padrões da normativa de qualidade da água potável. Porém, somente os padrões de qualidade de água potável não são suficientes para prover a segurança necessária.

A USEPA (2004) desenvolveu um guia de reúso de água que sugere requisitos para o reúso indireto potável com incremento em águas superficiais. Estes requisitos abrangem o tipo de tratamento a ser empregado, a qualidade da água recuperada, o monitoramento e as distâncias a serem consideradas em relação à captações para fins potáveis do ponto de lançamento. Trata-se de um guia e não de uma regulamentação e recomenda requisitos e valores mínimos. É um instrumento destinado a sistemas de tratamento de esgotos predominantemente domésticos, sem a interferência significativa de efluentes industriais e de outras fontes não domésticas. Esse guia foi desenvolvido levando-se em consideração os seguintes fatores:

- a) a experiência do reúso de água nos Estados Unidos e em outros países;

- b) pesquisa e resultados demonstrados em plantas piloto;
- c) material técnico da literatura disponível;
- d) políticas e regulamentações de vários estados americanos que aplicam o reúso de água;
- e) viabilidade;
- f) a prática de uma engenharia confiável (segura).

O quadro 24 descreve os requisitos sugeridos pela USEPA (2004).

Na prática do reúso indireto potável com o incremento em águas superficiais nos Estados Unidos a USEPA (2004) destaca que a regulamentação em estados como a Califórnia e Havaí determina que os requisitos de processo de tratamento, de monitoramento e de controle devem ser estipulados caso a caso. Outros estados como Flórida e Washington estabelecem requisitos e limites mais específicos de alguns parâmetros, inclusive a distância mínima necessária entre o ponto de lançamento e a captação para o tratamento de água potável. O quadro 25 exemplifica alguns limites e requisitos dos estados da Flórida e Washington.

De acordo com a USEPA (2004) o estado da Flórida considera como reúso indireto potável qualquer lançamento em águas de manancial de abastecimento com um tempo de percurso inferior à 24 horas até o ponto de captação. Tempo de percurso acima de 24 horas não é considerado como a modalidade de reúso indireto potável. Também estão contidas nas regulamentações de alguns estados americanos, exigências relativas à confiabilidade do sistema, como:

- a) instalação prévia à implantação do sistema de uma unidade piloto;
- b) adoção de sistemas de alarmes contra falha operacional;
- c) previsão de fonte alternativa de energia para suprimento emergencial em caso de interrupção da fonte principal;
- d) planos de manutenção preventiva e suprimento de equipamentos reservas;
- e) qualificação diferenciada dos profissionais envolvidos na operação do sistema.

| TRATAMENTO | QUALIDADE ¹ DA ÁGUA RECUPERADA | MONITORAMENTO DA ÁGUA RECUPERADA | DISTÂNCIAS DE CAPTAÇÕES DE ÁGUA PARA FINS POTÁVEIS | COMENTÁRIOS |
|---|---|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Secundário² - Filtração³ - Desinfecção⁴ - Tratamento avançado⁵ | <ul style="list-style-type: none"> - pH: 6,5 – 8,5 - Turbidez: ≤ 2 UT⁶ - Coliformes totais: não detectável - Cloro residual (mínimo): 1 mg/L - COT⁷: ≤ 3 mg/L - Requisitos das normas e padrões de água potável | <ul style="list-style-type: none"> - pH: diário - Turbidez: contínuo - Coliformes totais: diário - Cloro residual: contínuo - Requisitos das normas e padrões de água potável: trimestralmente - Outros⁸ | <ul style="list-style-type: none"> - Definida em cada caso | <ul style="list-style-type: none"> - O nível de tratamento recomendável para cada caso depende de fatores como qualidade do esgoto afluente, tempo e distância do ponto de captação, diluição e posterior tratamento da água para fins potáveis antes da distribuição; - A água recuperada não deve conter níveis mensuráveis de patógenos viáveis; - Maior nível de cloro residual e maior tempo de contato são necessários na desinfecção para assegurar a inativação de vírus e protozoários; |

QUADRO 24 - SUGESTÃO DE REQUISITOS MÍNIMOS PARA SISTEMAS DE REÚSO INDIRETO POTÁVEL COM INCREMENTO EM ÁGUAS SUPERFICIAIS

FONTE: USEPA (2004).

1-Limites recomendáveis no ponto de lançamento da unidade de produção de água recuperada.

2- Processos de tratamento secundário incluem lodos ativados, filtro biológico percolador e também lagoas de estabilização. Devem produzir um efluente com no máximo 30 mg/L de Sólidos Totais Sedimentáveis e de DBO₅;

3- Filtração é o processo de passagem do esgoto por leitos de areia ou antracito, filtros de tecido ou por membranas;

4- Desinfecção consiste na destruição, inativação ou remoção micro-organismos patogênicos por meios químicos, físicos ou biológicos. Pode ser realizada através da cloração, radiação UV, ozonização, outros desinfetantes químicos, membranas ou outros processos;

5- Processos de Tratamento Avançados incluem clarificação química, adsorção com carvão ativado, osmose reversa e outros processos com membranas, lavagem de gases, ultrafiltração e troca iônica;

6- UT= Unidade de Turbidez. Limite de turbidez recomendável antes da desinfecção. A média de turbidez deve ser baseada no período de 24 horas. A turbidez não deve exceder 5 UT em qualquer período. Se adotado sólidos totais sedimentáveis (STS) em vez da turbidez, o STS não deve exceder a concentração de 5 mg/L.

7- Carbono Orgânico Total;

8- Compostos orgânicos e inorgânicos não contemplados nos padrões e requisitos de água potável, com potencialidade carcinogênica, mutagênica e teratogênica devem ser incluídos.

| REQUISITO | FLÓRIDA | WASHINGTON |
|--|--|---|
| Tratamento | Tratamento avançado, filtração e desinfecção | Oxidação- coagulação- filtração - osmose reversa e desinfecção |
| DBO ₅ | ≤ 20 mg/L | ≤ 5 mg/L |
| STS | ≤ 5 mg/L | ≤ 5 mg/L |
| Turbidez | Não especificada | ≤ 0,1 UT (valor médio) ≤ 0,5 UT (valor máximo) |
| Coliformes totais | Não detectável | ≤ 1/100 ml (valor médio) ≤ 5/100 ml (valor máximo) |
| Nitrogênio Total | ≤ 10 mg/L | ≤ 10 mg/L |
| Carbono Orgânico Total | ≤ 3 mg/L (valor médio) ≤ 5 mg/L (valor máximo) | ≤ 1,0 mg/L |
| Padrões primários e secundários da água potável | Conformidade | Conformidade |
| Compostos orgânicos alogenados | ≤ 0,2 mg/L (valor médio) | Não especificada |
| Distância mínima necessária entre o ponto de lançamento e a captação para o tratamento de água potável | 150 m | 610 m |
| Requisitos de monitoramento da água recuperada | <ul style="list-style-type: none"> – Turbidez e cloro residual: contínuo; – Carbono Orgânico Total, compostos alogenados, sólidos suspensos totais, pH e coliformes totais: diário; – *Parâmetros primários da normativa de potabilidade da água: mensal; – **Parâmetros secundários da normativa de potabilidade da água: trimestral; – Contaminantes orgânicos não regulamentados: anual; – <i>Cryptosporidium</i> e <i>Giardia</i>: trimestral. | <ul style="list-style-type: none"> – Turbidez e cloro residual: contínuo; – DBO₅, Carbono Orgânico Total, sólidos suspensos totais, e coliformes totais: diário; – Nitrogênio Total: semanal; – *Parâmetros primários da normativa de potabilidade da água e compostos carcinogênicos: trimestral. |

QUADRO 25 - EXEMPLOS DE REQUISITOS DE PROCESSOS DE REÚSO INDIRETO POTÁVEL COM SUPRIMENTO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS DOS ESTADOS DA FLÓRIDA E WASHINGTON.

FONTE: adaptação da USEPA (2004) e USEPA (2010).

* Parâmetros primários da normativa de potabilidade da água: parâmetros que fora dos limites podem causar danos diretos à saúde humana.

** Parâmetros secundários da normativa de potabilidade da água: parâmetros que podem causar efeitos estéticos e afetar a aceitação pública da água produzida (odor, sabor e cor). Em concentrações elevadas podem causar efeitos danosos à saúde humana.

Com relação a patógenos, a USEPA (2004) recomenda como indicador o nível de coliformes totais. Este indicador é considerado viável e seguro, mesmo para o controle de vírus e outras bactérias, deste que exigida à condição de ausência de

coliformes totais na água recuperada. Normativas de alguns estados americanos determinam adicionalmente algum tipo de controle de patógenos emergentes. A Califórnia exige monitoramento mensal de *Giardia* e *Cryptosporidium* no primeiro ano de operação de sistemas de reúso indireto potável. No segundo ano a exigência passa a ser trimestral e a partir do terceiro ano, dependendo da situação, pode ser dispensado este tipo de controle.

Determinados micropoluentes emergentes também podem ser monitorados. No estado da Califórnia, por exemplo, é exigido a cada trimestre o monitoramento de compostos orgânicos não incluídos na norma de qualidade da água potável e que foram detectados pelo menos uma vez na água para abastecimento. Outros micropoluentes como a N-Nitrosodimetilamina, N-Nitrosopirrolidina, fármacos e desreguladores endócrinos também são monitorados anualmente na água recuperada (USEPA-2004).

Como há uma especial preocupação com os PPCPs na prática do reúso indireto potável, Joss (2006), em seus estudos sobre tecnologias de remoção de PPCPs em esgotos domésticos, aponta algumas conclusões importantes citadas a seguir.

- a) A maioria dos PPCPs são parcialmente removidos por processos de tratamento de lodos ativados complementados com a remoção de nutrientes (N). Neste tipo de processo percebe-se que a remoção de PPCPs é limitada para idades de lodos inferiores ou igual a 4 dias e mais eficiente com lodos acima de 10 dias, como é o caso da nitrificação;
- b) na digestão anaeróbia de lodos de esgoto são reduzidos os teores em mais de 80% de alguns antibióticos como naproxenina, sulfamethoxazolina e roxithromicina. Estrogênios naturais (estrone e 17 β -estradiol) são removidos na faixa de 60% a 80%;
- c) a oxidação por ozonização de maneira geral reduz significativamente as concentrações de PPCPs. Há necessidade de se avaliar este tipo de processo quanto à formação de subprodutos com propriedades ecotoxicológicas. A oxidação avançada (UV e H₂O₂) são menos suscetíveis a este problema;
- d) o uso do carvão ativado na remoção de PPCPs tem se demonstrado eficiente no tratamento de água potável. Ainda há poucos dados e

pesquisas no uso em tratamento de esgotos, embora demonstre-se potencialmente cabível. Porém é necessária uma avaliação quanto a viabilidade econômica da aplicação deste processo no tratamento de esgotos;

- e) A aplicação do tratamento com membranas (nanofiltração e osmose reversa) tecnicamente é uma boa opção. Todavia, deve-se também avaliar os custos envolvidos e a comparação com outras alternativas mais baratas como a ozonização.

O quadro 26 apresenta a eficiência na remoção de grupos de PPCPs de alguns processos de tratamento de esgoto.

Analisando-se o quadro 26, observa-se que os processos de tratamento avançado são mais eficientes e também têm uma maior abrangência na capacidade de remoção entre os grupos de PPCPs, em comparação com os processos convencionais de tratamento primário e secundário. Este fato justifica a literatura e recomendações como da USEPA condicionarem na prática do reúso indireto potável a utilização de processos de tratamento avançado como ozonização, carvão ativado, nanofiltração e osmose reversa.

| Remoção PPPC | Anti-Biótico | | Anti-Depressivo | Anti-Epilético | Anti-Inflamatório | | Regulador de Lipídios | Hormônios | | Contraste Diagnóstico | Fragrâncias |
|----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------|----------------|-------------------|------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | Roxithromycina | Sulfamethoxazole | Diazepan | Carbamazepina | Diclofenaco | Ibuprofeno | Bezafibrate | 17β-Estradiol | 17α-Ethynilestradiol | Iopromide | |
| PROCESSO | | | | | | | | | | | |
| Tratamento primário | < 10% | < 10% | < 10% | < 10% | < 10% | < 10% | < 10% | 10% -50% | 10% -50% | < 10% | 10% -50% |
| Lodo ativado | 10% -50% | > 90% | < 10% | < 10% | < 10% | 50-90% | < 10% | 10% -50% | < 10% | < 10% | 50-90% |
| Nitrificação | 10% -50% | > 90% | < 10% | < 10% | 10% -50% | > 90% | > 90% | > 90% | > 90% | 50-90% | 50-90% |
| Digestão anaeróbio do lodo | > 90% | > 90% | 10% -50% | 10% -50% | 10% -50% | 10% -50% | Sem dados | 50-90% | 50-90% | Sem dados | 50-90% |
| Ozonização | > 90% | > 90% | 10% -50% | > 90% | > 90% | 50-90% | 50-90% | > 90% | > 90% | 10% -50% | 50-90% |
| Filtração | > 90% | 50-90% | Sem dados | < 10% | > 90% | > 90% | 50-90% | > 90% | > 90% | 50-90% | > 90% |
| Carvão ativado granular | > 90% | 50-90% | > 90% | > 90% | > 90% | > 90% | > 90% | > 90% | > 90% | 50-90% | > 90% |
| Nanofiltração | > 90% | > 90% | > 90% | > 90% | > 90% | > 90% | > 90% | > 90% | > 90% | > 90% (Esperado/ Teórico) | > 90% (Esperado/ Teórico) |
| Oxidação avançada | 50-90% | 50-90% | 50-90% | 50-90% | 50-90% | 50-90% | 50-90% | 50-90% | 50-90% | 50-90% | 50-90% |
| UV* | Sem dados | > 90% | Sem dados | Sem dados | > 90% | Sem dados | Sem dados | > 90% | 10% -50% | > 90% | Sem dados |
| Cloração (cloro gás) | 50-90% (Esperado/ Teórico) | > 90% (Esperado/ Teórico) | < 10% | < 10% | 50-90% | < 10% | < 10% | 50-90% (Esperado/ Teórico) | 50-90% (Esperado/ Teórico) | < 10% (Esperado/ Teórico) | < 10% (Esperado/ Teórico) |
| Dióxido de cloro | 50-90% | > 90% | < 10% | < 10% | > 90% | < 10% | < 10% | > 90% | > 90% | < 10% | < 10% (Esperado/ Teórico) |

QUADRO 26 - EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DE PPCPS DE PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

FONTE: TERNES (2006).

* Dose de UV aplicada cem vezes maior que a utilizada no tratamento de água.

Asano (2007) comenta que para determinados tipos de reúso que necessitam da remoção de micropoluentes, como o RIPIAS, a escolha do processo de tratamento adequado deve ser analisada caso a caso. Em situações em que os métodos convencionais secundários e terciários não são satisfatórios para a remoção de micropoluentes, os processos de oxidação avançada, adsorção e torção iônica devem ser considerados, inclusive em combinação com nanofiltração ou osmose reversa, se necessário. Um modelo típico para reúso indireto potável em situações mais críticas é a combinação de lodo ativado, nitrificação/denitrificação, microfiltração, osmose reversa e oxidação avançada (UV ou H₂O₂).

Nos atuais sistemas de reúso indireto potável em uso no mundo há uma variação de combinações de processos de tratamento de esgoto. O quadro 27 exemplifica os processos de três sistemas atualmente em utilização para reúso indireto potável com incremento em águas superficiais.

| SISTEMA PROCESSO | OCCOGNAN (Estados Unidos) | LANGFORD- HANNINGFIELD* (Inglaterra) | SINGAPORE (Cingapura) |
|-----------------------------------|--|---|--|
| Lodo ativado | X | X | X |
| Nitrificação/ denitrificação | X | X | |
| Clarificação secundária | X | X | X |
| Filtração | X | | |
| Carvão ativado granulado | X | | |
| Cloração | X | | |
| Desinfecção com UV | | X | |
| Osmose reversa | | | X |

QUADRO 27 - EXEMPLOS DE PROCESSOS DE TRATAMENTO UTILIZADOS EM SISTEMAS DE REÚSO INDIRETO POTÁVEL EM OPERAÇÃO.

FONTE: ASANO (2007), USEPA (2004) e TERNES (2006)

* Na estação de tratamento de água de Hanningfield são usados os processos de adsorção com carvão ativado granulado e ozonização.

Fatores como as características do esgoto afluente, condições de diluição, tempo de permanência, tipo e eficácia das barreiras múltiplas aplicadas e o nível de tratamento da água a ser distribuída são importantes para a determinação de um modelo de tratamento de esgoto capaz de prover segurança sanitária e ambiental ao sistema concomitantemente a viabilidade econômica e operacional.

2.5.3.5 Aspectos institucionais, legais e custos

O desenvolvimento e a implementação de guias e regulamentações tiveram um papel fundamental no avanço e no aperfeiçoamento da prática do reúso de água nos Estados Unidos e no mundo todo. Cabe diferenciar a conceituação, aqui adotada, de guia e de regulamento. O guia é um instrumento de recomendação, não mandatário e que pode ser a base para uma regulamentação. Regulamento é um instrumento legal, mandatário, adotado e utilizado no controle e fiscalização por um organismo oficial. Como exemplos de guias de referência mundial estão o *Guidelines for Water Reuse* da USEPA publicado em setembro de 2004, já citado várias vezes neste trabalho e o *World Health Organization Guidelines for Water Reuse* com sua última edição publicada em 2006 (ASANO, 2007).

O Guia da WHO (2006) não aborda critérios e requisitos para a modalidade de reúso indireto potável.

Asano (2007) preconiza que guias e regulamentos para reúso de água devam ser desenvolvidos tendo como base os seguintes fatores:

- a) proteção à saúde pública, principalmente no uso potável;
- b) controle e segurança nas áreas onde há efetivamente a prática do reúso de água e aspectos estéticos;
- c) requisitos físicos, químicos e microbiológicos da água recuperada e de condições de processo;
- d) impacto no meio ambiente;
- e) aspectos econômicos e custos;
- f) realidade política e social da comunidade que usufrui do reúso de água.

Os requisitos e padrões para a água recuperada para uso potável, mesmo que indireto, deve atender às normas de qualidade de água para fins potáveis. Porém as normas de qualidade de água não são suficientes para proporcionar a segurança devida. Requisitos adicionais de concepção e operação de processos, monitoramento, controle de micropoluentes e emprego de barreiras múltiplas são necessários (ASANO, 2007).

Os aspectos institucionais e legais serão comentados com mais profundidade no capítulo 3 deste trabalho.

Quanto aos custos de implementação e operação, a USEPA (2004) menciona que principalmente em áreas urbanas, os sistemas de reúso indireto potável podem ter custos equivalentes ou até menores que sistemas de reúso para fins não potáveis. Isto se deve a infraestrutura necessária, como transporte e redes de distribuição especiais, que a modalidade de reúso não potável exige. Na análise dos custos deve-se considerar os custos de implementação, operação e indiretos envolvidos e a comparação com outras alternativas, dentro do contexto de reúso ou não, capazes de aumentar a disponibilidade hídrica desejada.

O quadro 28 apresenta uma comparação estimada de custos diretos e indiretos entre algumas opções de reúso.

Nota-se que para sistemas maiores, a tendência do modelo de reúso indireto potável com incremento em águas superficiais é ser mais barato, em comparação com as outras opções, sendo que a partir de vazões de 37.800 m³/dia é a alternativa com menor custo por m³ entre as avaliadas. As variações dos custos do reúso na irrigação e injeção direta em aquíferos são insignificantes em sistemas com vazões a partir de 18.000 m³/dia. A opção de reúso por infiltração de aquífero tende a ficar mais cara com o aumento do porte do sistema.

| OPÇÃO DE REÚSO | CUSTOS ¹ EM FUNÇÃO DO TAMANHO DO SISTEMA | | | |
|--|---|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | 3.800 m ³ /dia | 18.900 m ³ /dia | 37.800 m ³ /dia | 94.600 m ³ /dia |
| Injeção direta no aquífero (reúso indireto com recarga de aquífero) ³ | 5,20 \$ ² / m ³ | 2,94 \$ ² / m ³ | 2,93\$ ² / m ³ | 2,92 \$ ² / m ³ |
| Reúso indireto potável com incremento em águas superficiais ^{3,4} | 4,91 \$ ² / m ³ | 2,99 \$ ² / m ³ | 2,46 \$ ² / m ³ | 2,30 \$ ² / m ³ |
| Irrigação | 3,72 \$ ² / m ³ | 3,88 \$ ² / m ³ | 3,88 \$ ² / m ³ | 3,88 \$ ² / m ³ |
| Reúso indireto por infiltração (recarga de aquífero) | 1,40 \$ ² / m ³ | 1,77 \$ ² / m ³ | 2,22 \$ ² / m ³ | 3,54 \$ ² / m ³ |
| Wetlands | 0,95 \$ ² / m ³ | 0,95 \$ ² / m ³ | Não avaliado | Não avaliado |

QUADRO 28 - COMPARATIVO DOS CUSTOS PARA DIFERENTES OPÇÕES DE REÚSO DE ÁGUA EM FUNÇÃO DO TAMANHO DO SISTEMA.

FONTE: ASANO (2007).

1- Custos estimados diretos e indiretos para 30 anos.

2- Dólar americano

3- Adotado o tratamento com membranas

4- Adotada a descarga no corpo hídrico por gravidade

2.5.4 Participação e aceitação pública

Hespanhol (2008) aborda a necessidade da adoção do que ele denomina de novo paradigma no contexto da gestão de recursos hídricos, principalmente em áreas urbanas. Esta abordagem foca a conservação e o reúso de água como instrumentos de redução de custos e impactos ambientais e aumento da oferta de água. A aplicação desta concepção se dá através de programas de gestão de oferta de recursos hídricos aliados ao processo de educação ambiental às populações.

No que tange a participação e aceitação pública, Asano (2007) afirma que o sucesso de um projeto de reúso de água é determinado pelo nível de envolvimento e aceitação da população, de entidades públicas e políticas envolvidas e interessadas no projeto.

A USEPA (2004) observa que no passado, de maneira geral, os projetos que envolviam o uso dos recursos hídricos eram informados à sociedade somente após a decisão final de implantação do empreendimento. Nos últimos trinta anos, pela importância do tema da disponibilidade de água com qualidade, é uma necessidade incorporar valores públicos integrados a tecnologias e aos aspectos legais para viabilizar a implantação e garantir os resultados propostos do projeto.

No envolvimento e aceitação pública, a USEPA (2004) expressa a importância em primeiramente se definir qual é o público a ser atingido e quais são os grupos da sociedade que deverão ser envolvidos. Há diferentes interesses, motivações e interpretações dos vários grupos da sociedade que têm interesse no projeto de reúso de água. A definição de quais segmentos a serem trabalhados depende de cada situação e do tipo de reúso a ser implantado. No reúso indireto potável, é interessante a participação de segmentos como:

- a) público em geral;
- b) associação de moradores;
- c) grupos ambientalistas;
- d) órgãos ambientais e agências reguladoras;
- e) instituições e autoridades de saúde pública;
- f) usuários em potencial;

- g) instituições educacionais e acadêmicas;
- h) líderes políticos, empresariais e acadêmicos;
- i) líderes comunitários

A aceitação pública, segundo Asano (2007), é conquistada através de um consistente programa de envolvimento, comunicação e educação. Um aspecto essencial é a informação repassada à sociedade da necessidade de se incluir o reúso indireto potável no contexto do planejamento e gestão dos usos dos recursos hídricos e do suprimento de água à população. Os temas mais relevantes a serem inseridos nos programas de comunicação e participação pública em projetos de reúso indireto potável são:

- a) necessidade de suprimento adicional de água perante a disponibilidade hídrica atual e futura;
- b) amarração do conceito de conservação e uso racional da água com o reúso;
- c) impactos, medidas preventivas e corretivas potenciais na saúde pública e no meio ambiente;
- d) informações sobre os projetos de sucesso de reúso indireto potável existentes;
- e) informações sobre os dados de qualidade da água, critérios e padrões de qualidade e tecnologias utilizadas nas unidades de recuperação de água;
- f) comparação dos custos de sistemas de reúso indireto potável com os custos de outras alternativas de suprimento de água.

O início da participação pública começa já na fase de planejamento. Esta medida ajuda a identificar e resolver problemas em potencial antes que eles ocorram e desenvolver alternativas que possam ser mais eficientes e aceitas pela comunidade. Somente os cidadãos que se tornarem parte do processo de planejamento são os que irão defender o projeto (USEPA, 2004).

Após a primeira etapa de definição dos grupos da sociedade envolvidos e interessados, a USEPA (2004) sugere um modelo de programa composto por uma seqüência de etapas definidas na figura 12.

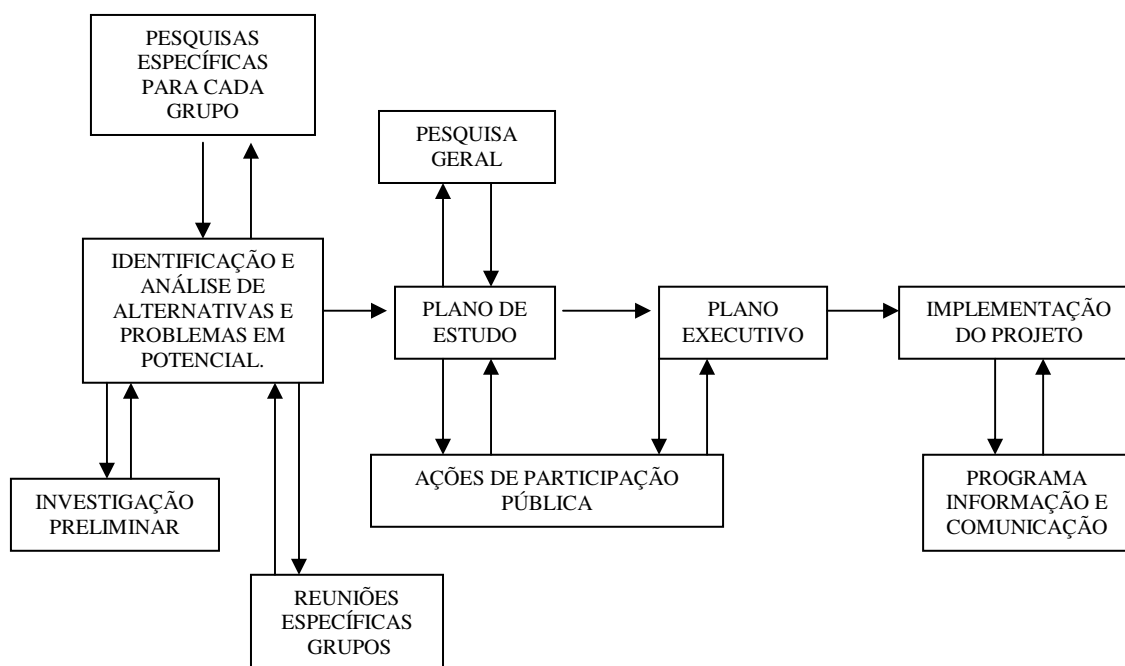


FIGURA 12 - PROGRAMA DE PARTICIPAÇÃO PÚBLICA EM PROJETOS DE REÚSO DE ÁGUA.

FONTE: USEPA (2004).

Na execução de um programa de participação pública, a aplicação de alguns instrumentos é fundamental. Como exemplos incluem-se as pesquisas qualitativas, que podem ser direcionadas aos segmentos de público identificados ou serem aplicadas ao público em geral e as audiências e reuniões públicas que devem ser devidamente divulgadas e registradas. (USEPA -2004).

O quadro 29 apresenta alguns instrumentos que podem ser aplicados em Programas de Participação Pública em projetos de reúso de água.

| PROPÓSITO | INSTRUMENTOS |
|---|--|
| Educação e informação à comunidade | Uso da mídia (jornais, televisão, e revistas), publicações, sites na internet, visitas à unidades de reúso, folhetos, vídeos educacionais, programas em escolas |
| Contato direto com a população e com líderes da sociedade | Reuniões comunitárias, palestras técnicas aos grupos interessados, pesquisas qualitativas e quantitativas, uso da internet em “chats” e respostas à questionamentos. |
| Formalização do processo | Audiências e reuniões públicas, apresentações ao poder público (ex: câmara de vereadores e ministério público) e criação de comitês consuntivos |

QUADRO 29 - INSTRUMENTOS APLICADOS EM PROGRAMAS DE ACEITAÇÃO PÚBLICA DE PROJETOS DE REÚSO DE ÁGUA.

FONTE: Adaptação da USEPA (2004).

Asano (2007), baseado em dados de várias pesquisas de opinião pública em cidades norte americanas realizadas entre os anos de 1972 e 2004, descreve a faixa de percentagem de oposição de determinados usos de água recuperada. Alguns exemplos são descritos abaixo.

- a) água potável: 56% a 74%;
- b) banho em residências: 37% a 52%;
- c) natação: 24%;
- d) lavagem de roupas: 23% a 30%;
- e) irrigação de culturas: 7% a 31%;
- f) descarga de banheiros: 4% a 13%;
- g) irrigação de jardins residenciais: 1% a 17%;
- h) irrigação de parques públicos: 3% a 15%;
- i) irrigação de campo de golfe: 2% a 7%.

Há de forma geral uma tendência de menor aceitação a medida que o uso fique mais próximo do contato direto com a água recuperada. Porém, o mesmo autor pondera que as pesquisas acima mencionadas são estruturadas em um único questionamento, se o entrevistado é simplesmente contra ou a favor do determinado tipo de reúso. Há a possibilidade de somente duas respostas, sim ou não. Pesquisas mais exploratórias onde há a oportunidade de o entrevistado comentar e condicionar a problemática, há uma tendência do reúso indireto potável ter mais aceitação, chegando a mais de 70% de apoio.

O reúso de água para fins potáveis é o modelo onde há maior resistência e de mais difícil aceitação pela sociedade. Alguns projetos de reúso indireto potável foram desenvolvidos e não implementados devido à oposição da comunidade. O projeto desenvolvido em San Diego no estado americano da Califórnia, no período de 1993 a 1998, com a pressão da comunidade se transformou em um projeto de reúso não potável. Na cidade de Tampa na Flórida, no início da década de 90, o fracasso do projeto de reúso indireto potável foi atribuído a falhas na articulação e envolvimento da classe política e do governo. (WATEREUSE FOUNDATION, 2004).

Questões que envolvem a saúde pública e o convencimento da comunidade de que o reúso indireto potável é a mais viável opção perante outras alternativas de

abastecimento de água são dois aspectos primordiais. Diante destes aspectos, a atuação de organismos reguladores, agências ambientais e órgãos de saúde devem ter um papel especial no planejamento e implantação de programas de participação e aceitação pública de projetos de reúso indireto potável (USEPA, 2004).

3 ASPECTOS DA LEGISLAÇÃO RELACIONADA AO REÚSO DE ÁGUA E AO REÚSO INDIRETO POTÁVEL

Define-se legislação como qualquer instrumento mandatário, passível de fiscalização por organismo competente, nos níveis federal, estadual e internacional, como é o caso das normativas da Comunidade Europeia (CE). Leis, regulações, resoluções e portarias são instrumentos contemplados neste contexto.

Neste capítulo serão abordados alguns aspectos de como estão estruturadas as legislações e regulações de reúso de água, nos Estados Unidos, Europa, Brasil e no estado do Paraná, enfatizando a modalidade de reúso indireto potável.

Na legislação brasileira e paranaense são analisados os principais conteúdos de documentos relacionados ao reúso de água. Este conjunto foi fruto de levantamento realizado junto ao arcabouço legal brasileiro e paranaense da área de meio ambiente, recursos hídricos e saúde. Este levantamento foi utilizado na avaliação da viabilidade legal do RIPIAS, explicado no capítulo 6 desta dissertação. Entre estes documentos também serão contemplados os que não tratam diretamente da temática, mas são importantes para contextualização e interpretação da potencialidade da aplicação do reúso indireto potável com incremento em águas superficiais no Brasil.

No atual arcabouço legal internacional que trata de reúso de água, verifica-se de forma geral uma tendência de crescimento de exigências e restrições à medida que o reúso se aproxime da exposição direta da água recuperada ao ser humano. A figura 13 ilustra os níveis de restrições dos instrumentos de regulação em função do tipo de reúso de água.



FIGURA 13 - NÍVEIS DE RESTRIÇÕES DOS INSTRUMENTOS DE REGULAÇÃO EM FUNÇÃO DO TIPO DE REÚSO DE ÁGUA.
 FONTE: MILLER (2009).

3.1 LEGISLAÇÃO NOS ESTADOS UNIDOS

A legislação aplicada ao reúso de água nos Estados Unidos é de competência dos estados da federação. No âmbito federal, o Guia da USEPA de Reúso de Água, já abordado no item 2.5, apesar de ser uma referência, é um instrumento de recomendação não compulsório.

O primeiro documento de regulamentação de reúso de água nos Estados Unidos é datado do ano de 1918, no estado na Califórnia e tratava do reúso para fins de irrigação agrícola. A partir deste marco, os instrumentos normativos foram sendo adotados por outros estados, acrescentando outras modalidades e aperfeiçoados, à medida que a pesquisa e os recursos tecnológicos foram evoluindo (RODRIGUES, 2005).

Segundo dados da USEPA (2004), dos 50 estados americanos, 26 possuem regulações de Reúso de Água, 15 possuem somente guias de recomendação e 9 não possuem nenhum instrumento de recomendação ou ordenamento.

A mesma entidade esclarece que somente os estados da Califórnia e Flórida possuem regulamentos de reúso indireto potável. Washington, Hawai e Massachusetts possuem guias de recomendação para a prática desta modalidade. Nestes instrumentos de regulação ou recomendação há em comum aspectos a serem atendidos, abrangendo:

- a) processos e tecnologias de tratamento que devem ser aplicadas;
- b) padrões, parâmetros e monitoramento da qualidade da água recuperada;
- c) atendimento da água recuperada aos padrões legais da água potável;
- d) requisitos para prover confiabilidade ao sistema (planos de manutenção, suprimento de energia, qualificação dos operadores e planos de emergência);
- e) requisitos relacionados ao armazenamento da água recuperada;
- f) distâncias mínimas entre o lançamento da água recuperada e o ponto de captação de água para o tratamento.

O quadro 30 representa o número de estados que possuem regulação ou guias de recomendação por tipo de reúso.

| TIPO DE REÚSO | NÚMERO DE ESTADOS |
|--|--------------------------|
| Irrigação urbana irrestrita | 28 |
| Descarga de vasos sanitários e banheiros | 10 |
| Proteção contra incêndio | 9 |
| Construção civil | 9 |
| Estético e paisagístico | 11 |
| Lavagem de vias | 6 |
| Urbano restrito | 34 |
| Irrigação agrícola de plantas não alimentícias | 40 |
| Irrigação agrícola de plantas alimentícias | 21 |
| Recreacional irrestrito | 7 |
| Ambiental | 3 |
| Industrial | 9 |
| Recarga de aquífero para fins não potáveis | 5 |
| Indireto potável | 5 |

QUADRO 30 - NÚMERO DE ESTADOS AMERICANOS COM REGULAÇÕES OU GUIAS DE RECOMENDAÇÃO POR TIPO DE REÚSO

FONTE: USEPA (2004).

Percebe-se que há um maior número de estados com regulações e recomendações se concentrando nos reúsos urbanos não potáveis e irrigação agrícola.

Asano (2007) comenta que os estados da Califórnia e Flórida são os mais evoluídos na regulamentação do reúso indireto potável planejado. No estado da Califórnia, a aplicação da legislação tem como princípio a análise e definição de requisitos e padrões caso a caso, baseado em critérios gerais estabelecidos e considerando as diversas variáveis ambientais e de processo envolvidas. Já na Flórida, há requisitos e padrões já constituídos a serem cumpridos. Mas também se preconiza a análise de cada situação, podendo haver medidas adicionais mais restritivas que os padrões já estabelecidos. O quadro 25 do item 2.5.3.4 demonstra de forma resumida os requisitos do regulamento para reúso indireto potável com incremento de águas superficiais no estado da Flórida.

3.2 LEGISLAÇÃO NA EUROPA

No conjunto das diretivas da Comunidade Europeia (CE) não há instrumento específico, regulação ou artigo que disponha efetivamente sobre o Reúso de Água. A única referência é na Diretiva do Conselho da Comunidade Europeia 271, de 21 de maio de 1991 (91/271/CEE), que dispõe sobre a coleta, tratamento e descarga de águas residuais urbanas, que no seu artigo 12 é citado: “As águas residuais tratadas devem ser reutilizadas sempre que adequado. As vias de eliminação devem minimizar os efeitos nocivos sobre o meio ambiente”.

Com relação ao conteúdo do artigo 12 da 91/271/CEE, Angelakis (2003), enfatiza que há a necessidade de se definir o que seria “adequado” neste contexto.

Itália e Espanha são países que possuem leis e regulamentações que abordam efetivamente o Reúso de Água. Na França, existe no âmbito federal, um documento de recomendação, não compulsório, publicado pelo CSHPF (Conselho Superior de Higiene Pública da França) em 1991 denominado “Recomendações Sanitárias para o uso, após o tratamento de efluentes municipais, para irrigações de culturas e áreas verdes”. Nestes três países o arcabouço legal ou de recomendações são voltados à modalidade de reúso para irrigação (ANGELAKIS, 2003 e RODRIGUES, 2005).

Em alguns países europeus, como Bélgica, Inglaterra, Portugal, Holanda e Suécia, apesar de ainda não disporem de instrumentos legais ou de recomendação, existem atualmente esforços para a concretização de regulamentos para a prática de Reúso de Água. Na Bélgica projetos estão em elaboração para o aumento de disponibilidade de água para abastecimento público através do reúso indireto potável com recarga de aquíferos. Na Inglaterra está em operação o sistema de reúso indireto potável com incremento em águas superficiais em Essex nas proximidades de Londres, já citado no item 2.5.1 deste trabalho, além de projetos de reúso não potável urbano e irrigação. Também Portugal, Holanda e Suécia se empenham na regulamentação do reúso à medida que adotam o reúso, principalmente para irrigação (ANGELAKIS, 2003).

A Alemanha e outros países como a Áustria não possuem instrumentos legais ou de recomendação de abrangência nacional e não há no momento mobilizações neste sentido. Os requisitos e padrões são estabelecidos a partir da análise individual de cada empreendimento, levando-se em consideração as peculiaridades de cada situação. Isto não significa que nestes países não existam projetos e sistemas de Reúso de Água. Na Áustria, em *Halbturn* está em operação um sistema de reúso visando à recarga de aquífero. Na Alemanha, em *Braunschweig*, o efluente da ETA municipal, que atende 385.000 habitantes, é utilizado para irrigação agrícola. (ANGELAKIS, 2003 e TERNES, 2006).

Na Europa central é interessante destacar os usos múltiplos do lago *Bodensee* situado entre a Alemanha, Áustria e Suíça. Neste corpo hídrico observam-se usos pelos três países, para o suprimento de água, diluição de esgotos tratados pelas cidades da bacia do lago, além da navegação e lazer. O Sistema de abastecimento de água *Bodenseewasserversorgung* (BWV) atende mais de 4 milhões de habitantes no estado de *Baden-Württemberg* na Alemanha. Apesar dos sistemas de tratamento e lançamentos de esgotos do lago não tenha como objetivo o aumento de disponibilidade hídrica, os processos de tratamento de esgoto e água, seus controles e monitoramento são equivalentes aos adotados no reúso indireto potável planejado.

Da mesma maneira que nos Estados Unidos, na Europa há uma predominância de regulação das modalidades de reúso para irrigação e reúso urbano não potável.

Todavia, este fato não impede a aplicação de outros tipos de reúso, como o indireto potável. Nesta situação, a análise e autorização pela autoridade ambiental competente são feitas empreendimento por empreendimento, levando-se em consideração a situação local em questão.

3.3 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

Peters (2002) ressalta na legislação brasileira, a aplicação do princípio da hierarquia das leis. Na esfera federal são elaborados leis, resoluções, portarias e outros instrumentos legais na área ambiental, de recursos hídricos e saúde. Os estados também elaboram e aplicam leis e outros instrumentos legais próprios, podendo estes serem mais restritivos que a federação. Porém, jamais as leis estaduais podem contradizer as federais. É nessa abordagem que foram levantados os diplomas legais a seguir explanados.

3.3.1 Lei 9.433/1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos

A Lei 9.433, publicada em 9 de janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Este diploma legal estabelece fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos visando a orientação no planejamento e gerenciamento do uso dos recursos hídricos no país. Possui entre seus fundamentos a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão e determina que a água é um bem de domínio público. Preconiza que a água é um recurso limitado e sua utilização deve ser racional e integrada entre seus diversos usos. Seus objetivos estão definidos como:

- assegurar à atual e as futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável ;
- a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural, ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Como instrumentos da política, estão instituídos o Plano de Recursos Hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes, a outorga de uso dos recursos Hídricos, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos e o Sistema de Informações sobre recursos hídricos.

O Plano de Recursos Hídricos deve contemplar diretrizes, programas e metas que propiciem a racionalização de uso, aumento da quantidade de água ofertada e melhoria da qualidade dos recursos hídricos. Também é pertinente destacar as competências relativas à elaboração dos planos de Recursos Hídricos. Na esfera nacional este papel cabe ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e no âmbito estadual ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Na abrangência da bacia hidrográfica a responsabilidade de elaboração e aprovação do Plano de Bacia é da agência de bacia e do Comitê de Bacia respectivamente.

O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) atualmente vigente, aprovado em agosto de 2006 através da Resolução nº 58/2006 do CNRH possui 64 macrodiretrizes, 13 programas e 32 subprogramas. Dentro do programa denominado Usos Múltiplos e Gestão Integrada de Recursos Hídricos está inserido o subprograma Gestão da Oferta, da Ampliação, da Racionalização e reúso das Disponibilidades Hídricas. Este subprograma tem os seguintes objetivos:

Objetivo geral: ampliação das disponibilidades hídricas no Brasil, principalmente em regiões que apresentem maior vulnerabilidade, seja em função da escassez natural, da densidade de demandas ou do comprometimento qualitativo das fontes disponíveis.

Objetivos específicos: implementação de medidas estruturais e não estruturais que propiciem o aumento da oferta de água, por intermédio de obras e equipamentos e da melhoria e otimização do aproveitamento das disponibilidades hídricas, inclusive com a adoção de mecanismos institucionais e econômicos que induzam a mudanças de comportamento por parte dos usuários.

São previstas ações de gestão da oferta de água bruta, incluindo a prática do Reúso de Água, nos campos da pesquisa, disseminação de práticas e tecnologias, indução de incentivos, elaboração de diplomas legais e implantação de infraestrutura. Apesar de ter uma abrangência nacional, o documento ressalta a sua conveniência de implementação em áreas urbano-industriais e regiões metropolitanas. São estabelecidas 8 metas para o subprograma, das quais 3 são relacionadas ao Reúso de

Água nas modalidades agrícola, industrial e de sistemas hidráulico-sanitários prediais. Portanto, nenhuma meta aborda de forma direta ou indireta o RIPIAS.

A Lei 9.433/97 cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGRH) que é constituído pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, Agência Nacional de Águas, Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal, Comitês de Bacia Hidrográfica, órgãos gestores de recursos hídricos nos âmbitos federal, estadual e municipal e as agências de água. A composição e competência de integrantes do SINGRH é sintetizada no Anexo 2.

Pela análise das competências do Comitê de Bacia e da Agência de Bacia, estes também podem exercer uma função fundamental no incentivo e implementação do Reúso de Água, principalmente na elaboração dos Planos de Bacia.

3.3.2 Resolução CNRH n° 016/2001 que estabelece os critérios de outorga de uso dos recursos hídricos

A Resolução CNRH n° 016/2001 no seu artigo 1° define que outorga é:

o ato administrativo mediante o qual a autoridade outorgante faculta ao outorgado previamente ou mediante o direito de uso de recurso hídrico, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato, consideradas as legislações específicas vigentes.

A outorga é um instrumento que tem por finalidade o controle quantitativo e qualitativo dos diversos usos dos recursos hídricos, visando o direito de acesso e disponibilidade da água, como bem público (FINK, 2003).

É um ato legal de autorização, proferido pelo órgão gestor de recursos hídricos, estabelecendo requisitos, condições e prazos relativos ao uso da água.

No seu artigo 4°, são definidos os usos sujeitos à outorga, que entre eles estão:

- lançamentos em corpos de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte e disposição final;
- outros usos e/ou interferências, que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

No parágrafo segundo do artigo 1º é estabelecido que “A outorga confere o direito de uso de recursos hídricos condicionado à disponibilidade hídrica e ao regime de racionamento...”

Ainda nesta resolução constam alguns itens relevantes relacionados a outorga de diluição de efluentes, citados abaixo.

A outorga deverá observar os planos de recursos hídricos e, em especial (Art.12):

I - as prioridades de uso estabelecidas;

II - a classe em que o corpo de água estiver enquadrado, em consonância com a legislação ambiental;

III - a preservação dos usos múltiplos previstos;

IV - a manutenção das condições adequadas ao transporte aquaviário, quando couber.

§ 1º As vazões e os volumes outorgados poderão ficar indisponíveis, total ou parcialmente, para outros usos no corpo de água, considerando o balanço hídrico e a capacidade de autodepuração para o caso de diluição de efluentes.

§ 2º A vazão de diluição poderá ser destinada a outros usos no corpo de água, desde que não agregue carga poluente adicional.

A outorga de direito de uso da água para o lançamento de efluentes será dada em quantidade de água necessária para a diluição da carga poluente, que pode variar ao longo do prazo de validade da outorga, com base nos padrões de qualidade da água correspondentes à classe de enquadramento do respectivo corpo receptor e/ou em critérios específicos definidos no correspondente plano de recursos hídricos ou pelos órgãos competentes (Art.15).

Pela análise do conteúdo da Resolução CNRH 016/01, fica claro que a diluição de efluentes é tratada como um uso consuntivo de recurso hídrico, concorrendo com outros usos sujeitos à outorga. Em regiões de grande demanda e diversidade de usos, associadas à pouca disponibilidade hídrica pode ocorrer conflitos e impossibilidade de atendimento para todos os usos e vazões pretendidas, inclusive para diluição de esgoto tratado.

No momento a Câmara Técnica de Integração de Procedimentos, Ações de Outorga e Ações Reguladoras (CTPOAR) do CNRH está discutindo e elaborando uma proposta de resolução do CNRH que dispõe especificamente sobre procedimentos para outorga de diluição de lançamento de efluentes.

3.3.3 Resolução CNRH n° 048/05 que estabelece critérios gerais para cobrança do uso dos recursos hídricos

Outro instrumento da Política de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97) que se insere no contexto de Reúso de Água é a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

Segundo Fink (2003), a cobrança pelo uso das águas se fundamenta no princípio “*usuário-pagador*”. Ou seja, há a efetiva cobrança baseada na quantidade utilizada para um determinado uso. Entre dos instrumentos, é o que pode trazer maior incentivo à prática do reúso.

A Resolução n° 48 do CNRH de março de 2005, que estabelece critérios gerais para cobrança do uso dos recursos hídricos, cita no seu artigo 2°, como objetivos da cobrança:

- I - reconhecer a água como bem público limitado, dotado de valor econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor;
- II - incentivar a racionalização do uso da água e a sua conservação, recuperação e manejo sustentável;
- III - obter recursos financeiros para o financiamento de estudos, projetos, programas, obras e intervenções, contemplados nos Planos de Recursos Hídricos, promovendo benefícios diretos e indiretos à sociedade;
- IV - estimular o investimento em despoluição, reúso, proteção e conservação, bem como a utilização de tecnologias limpas e poupadoras dos recursos hídricos, de acordo com o enquadramento dos corpos de águas em classes de usos preponderantes; e,
- V – induzir e estimular a conservação, o manejo integrado, a proteção e a recuperação dos recursos hídricos, com ênfase para as áreas inundáveis e de recarga dos aquíferos, mananciais e matas ciliares, por meio de compensações e incentivos aos usuários.

O objetivo IV estabelece de forma direta a cobrança como efetivo instrumento de incentivo a prática de reúso.

No artigo 7° item II desta resolução aponta os aspectos a serem observados na fixação de valores cobrados pelo lançamento de efluentes, abaixo elencados:

- a) natureza do corpo de água;
- b) classe em que estiver enquadrado o corpo de água receptor no ponto de lançamento;
- c) a disponibilidade hídrica;
- d) grau de regularização assegurado por obras hidráulicas;
- e) carga de lançamento e seu regime de variação, ponderando-se os parâmetros biológicos, físico-químicos e de toxicidade dos efluentes;

- f) natureza da atividade;
- g) sazonalidade do corpo receptor;
- h) características e a vulnerabilidade das águas de superfície e dos aquíferos;
- i) características físicas, químicas e biológicas do corpo receptor;
- j) localização do usuário na bacia;
- k) práticas de racionalização, conservação, recuperação e manejo do solo e da água;
- l) grau de comprometimento que as características físicas e os constituintes químicos e biológicos dos efluentes podem causar ao corpo receptor;
- m) vazões consideradas indisponíveis em função da diluição dos constituintes químicos e biológicos e da equalização das características físicas dos efluentes;
- n) redução da emissão de efluentes em função de investimentos em despoluição;
- o) atendimento das metas de despoluição programadas nos Planos de Recursos Hídricos pelos Comitês de Bacia;
- p) redução efetiva da contaminação hídrica;
- q) sustentabilidade econômica da cobrança por parte dos segmentos usuários.

3.3.4 Resolução CNRH n° 054/2005 que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais do reúso direto não potável de água.

A resolução n° 054/2005 do CNRH, no seu artigo 1° define como objetivos deste documento “Estabelecer modalidades, diretrizes e critérios gerais que regulamentam e estimulem a prática de reúso direto não potável de água em todo o território nacional”. Ela define como reúso direto de água o “uso planejado de água de reúso, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais e subterrâneos”.

As modalidades de reúso abrangidas são:

- I - reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;
- II - reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;
- III - reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;
- IV - reúso para fins industriais: utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais; e,
- V - reúso na aqüicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

Este instrumento não contempla a modalidade de reuso indireto potável, limitando-se na regulação do reuso direto não potável.

No momento a Câmara Técnica de Ciência e Tecnologia (CTCT) do CNRH está elaborando uma proposta de resolução que estabelece procedimentos para disciplinar a prática de reuso na modalidade agrícola florestal definida na Resolução CNRH nº 54/2005.

3.3.5 Lei 6.938/81 que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente e Resolução CONAMA 237/97 que regulamenta o licenciamento ambiental

A Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981 dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

Peters (2002) comenta que a Lei 6.938/81 é o mais importante instrumento legal ambiental brasileiro. Foi fruto de uma reflexão a partir do Encontro das Nações Unidas de Estocolmo em 1972 e da discussão e articulação internacional sobre meio ambiente nas décadas de 79 e 80. Ela delibera, com a criação do SISNAMA (Sistema Nacional de Meio Ambiente), as composições e atribuições do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), Ministério do Meio Ambiente, IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) e órgãos ambientais estaduais e municipais. Também define os instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente, entre eles o licenciamento ambiental de atividades potencialmente poluidoras.

O licenciamento ambiental, como instrumento da Política de Meio Ambiente, é regulamentado pela resolução CONAMA nº 237 de 19 de dezembro de 1997. Esta traz como definição de licenciamento ambiental o:

procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

O licenciamento ambiental passa por uma análise prévia dos impactos ambientais potenciais do empreendimento nas fases de implantação e operação. A partir desta análise o órgão ambiental concederá ou não a licença ambiental. Se concedida, a licença expressará os requisitos e padrões a serem cumpridos e fiscalizados na implantação e operação da atividade. Entre as atividades sujeitas ao licenciamento ambiental contida na resolução CONAMA n° 237/97 estão os “interceptores, emissários, estação elevatória e tratamento de esgoto sanitário”.

3.3.6 Resolução CONAMA n° 357/2005 e Resolução CONAMA n° 397/2008 que abordam a classificação dos corpos de água e condições e padrões de lançamento de efluentes

A Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Sob o aspecto pragmático poderíamos dividir a Resolução CONAMA 357/05 em duas partes. A primeira está relacionada à classificação, condições e padrões de qualidade dos corpos de água e está intimamente ligada e integrada ao sistema de recursos hídricos (Lei 9.433/97). A segunda parte aborda as condições e padrões de lançamento de efluentes e está mais relacionada ao sistema de meio ambiente, principalmente na aplicação dos instrumentos de licenciamento e fiscalização.

A classe de qualidade é definida pela a Resolução CONAMA 357/05 como o “conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais e futuros”. O documento estabelece classes de água doces, salobras e salgadas sob os aspectos de qualidade requerida e de seus usos preponderantes. O quadro 31 resume a classificação das águas doces (salinidade inferior ou igual a 0,5‰) e sua destinação para uso, de acordo com a Resolução CONAMA 357/05. As condições e padrões de qualidade da água do corpo hídrico para cada classe de uso também são estabelecidas por esta resolução. Os padrões para águas doces classes 2 e 3 são apresentados no anexo 3.

| CLASSE | DESTINAÇÃO PARA USO |
|-----------------|---|
| Classe especial | <ul style="list-style-type: none"> – Abastecimento para consumo, com desinfecção; – Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; – Preservação de ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral |
| Classe 1 | <ul style="list-style-type: none"> – Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; – Proteção das comunidades aquáticas; – Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000*; – Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; – Proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas. |
| Classe 2 | <ul style="list-style-type: none"> – Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; – Proteção das comunidades aquáticas; – Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000* – Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; – Aquicultura e a atividade de pesca. |
| Classe 3 | <ul style="list-style-type: none"> – Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; – Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; – Pesca amadora; – Recreação de contato secundário; – Dessedentação de animais. |
| Classe 4 | <ul style="list-style-type: none"> – Navegação; – Harmonia paisagística. |

QUADRO 31 - CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DOÇES E SUA DESTINAÇÃO PARA USO.
 FONTE: Resolução CONAMA 357/05.

*Resolução CONAMA n° 274, de 2000 dispõe sobre os critérios de balneabilidade das águas no Brasil.

O enquadramento dos corpos de água, instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/07), é definido pela Resolução CNRH n° 12/2000, como “estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um dado segmento de um corpo de água ao longo do tempo”. Segundo a Resolução CNRH n° 91/2008, o responsável pela elaboração de propostas de enquadramento é a agência de bacia, que a submete ao respectivo Comitê de Bacia para aprovação. Na ausência da agência de bacia, o órgão gestor de recursos hídricos poderá apresentar ao Comitê de Bacia ou ao Conselho de Recursos Hídricos para aprovação. A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece no seu artigo 42 que “enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2”.

Relativamente aos sistemas de reuso indireto potável com incremento em águas superficiais, corpos de água das classes de qualidade 2 e 3 estariam mais apropriadas a integrarem o sistema, como mananciais passíveis de recebimento de água recuperada. As classes especial e 1 seriam menos indicadas para RIPIAS, apesar de estar entre os seus usos preponderantes o abastecimento humano. Nestas classes o processo de tratamento de água para abastecimento requerido é do tipo simplificado para classe 1 ou unicamente a desinfecção para a classe especial. Estes níveis de tratamento de água não estariam condizentes com a aplicação de mecanismos de barreiras múltiplas requeridos na aplicação do RIPIAS, visando prover segurança sanitária ao sistema. Corpos de água classe 4 não são destinados ao abastecimento humano, portanto não utilizáveis em sistemas de RIPIAS. Porém, podem ser indicados para outros tipos de reuso indireto não potável de água, como a regularização de vazões para navegação.

O artigo 28 da Resolução CONAMA 357/05 determina que “os efluentes não poderão conferir ao corpo de água características em desacordo com as metas obrigatórias, intermediárias e final, do seu enquadramento”. Ainda neste artigo, no parágrafo 3º, é citado que “na ausência de metas intermediárias progressivas obrigatórias, devem ser obedecidos os padrões de qualidade da classe em que o corpo receptor estiver enquadrado”. Isto significa que o lançamento de qualquer efluente não pode descaracterizar os padrões de qualidade de água da classe (anexo 3) no qual o corpo hídrico está enquadrado. Mesmo que as condições reais de qualidade do corpo hídrico sejam inferiores aos padrões da classe em que está enquadrado, o efluente não deve teoricamente descaracterizar a classe de uso para o qual foi destinado. Deste modo, a qualidade da água recuperada lançada em um corpo hídrico superficial para fins de reuso indireto potável, deve no mínimo manter as características correspondentes às classes 2 ou 3.

Outro viés deste instrumento normativo é concernente aos padrões e requisitos mínimos necessários de qualquer efluente lançado em corpos de água, independentemente da classe estabelecida do corpo hídrico receptor. Em abril de 2008, a Resolução CONAMA n° 397 alterou alguns padrões mínimos de parâmetros de efluentes contidas na Resolução CONAMA 357/05. As condições e padrões exigidos

para efluentes nas Resoluções CONAMA 357/05 e 397/08 estão apresentadas no anexo 4.

Ressalta-se que a Resolução CONAMA 397/08, que alterou a 357/05, acaba dispensando o nitrogênio amoniacal total entre os padrões de lançamento a serem atendidos por sistemas de tratamento de esgotos sanitários. Esta flexibilização do CONAMA foi justificada pela prioridade na eliminação do alto déficit de coleta e tratamento e esgoto existente atualmente no país, em detrimento a remoção de nutrientes, que despenderia elevados custos na implantação e tratamento de esgotos. Substâncias importantes no contexto do reúso indireto potável, como os PPCPs, não são consideradas tanto nos padrões de qualidade das classes como nos padrões de efluentes. Entretanto, a Resolução CONAMA 357/05 permite que sejam acrescentadas novas condições e padrões de qualidade em determinados corpos de água, levando-se em consideração as peculiaridades locais.

3.3.7 Portaria n° 518/2004 do Ministério da Saúde que estabelece os padrões de potabilidade da água

A Portaria n° 518/2004 do Ministério da Saúde é a norma de qualidade da água para consumo humano no Brasil, no qual “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”. Nela são determinados os padrões microbiológicos, físicos, químicos e de radioatividade para a água tratada a serem atendidos para o consumo humano. O anexo 5 traz os padrões de potabilidade da Portaria MS n° 518/2004.

A preocupação com a qualidade da água dos mananciais utilizados para abastecimento público, nesta portaria, é abordada nos artigos 9° e 19°, definindo obrigações ao responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, como descrito abaixo.

Art. 9.º Ao(s) responsável(is) pela operação de sistema de abastecimento de água incumbe:

...

III - manter avaliação sistemática do sistema de abastecimento de água, sob a perspectiva dos riscos à saúde, com base na ocupação da bacia contribuinte ao manancial, no histórico das características de suas águas, nas características físicas do sistema, nas práticas operacionais e na qualidade da água distribuída;

...

V - promover, em conjunto com os órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos, as ações cabíveis para a proteção do manancial de abastecimento e de sua bacia contribuinte, assim como efetuar controle das características das suas águas, nos termos do artigo 19 deste Anexo, notificando imediatamente a autoridade de saúde pública sempre que houver indícios de risco à saúde ou sempre que amostras coletadas apresentarem resultados em desacordo com os limites ou condições da respectiva classe de enquadramento, conforme definido na legislação específica vigente;

...

Art. 19. Os responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistemas e de soluções alternativas de abastecimento supridos por manancial superficial devem coletar amostras semestrais da água bruta, junto do ponto de captação, para análise de acordo com os parâmetros exigidos na legislação vigente de classificação e enquadramento de águas superficiais, avaliando a compatibilidade entre as características da água bruta e o tipo de tratamento existente.

O conteúdo do artigo 9º remete na prática à obrigatoriedade de realização de ensaios semestrais dos parâmetros, no ponto de captação, previstos na classe de uso do manancial de acordo com a Resolução CONAMA 357/05.

Quanto aos requisitos para processos e tecnologias de tratamento de água, apenas cita no item II do artigo 9º, que o responsável pela operação do sistema de abastecimento deve:

operar e manter sistema de abastecimento de água potável para a população consumidora, em conformidade com as normas técnicas aplicáveis publicadas pela ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas – e com outras normas e legislações pertinentes.

Da mesma maneira que na Resolução CONAMA 357/05, substâncias importantes para o contexto do reúso indireto potável, como os fármacos e os desreguladores endócrinos não são considerados na Portaria MS nº 518/2004, como demonstrado no anexo 5. Recentemente o Ministério da Saúde criou um grupo de trabalho para a revisão desta portaria.

Como já comentado neste trabalho no item 2.5.3.4, várias normativas de RIPIAS, principalmente de estados americanos e do próprio guia de reúso da USEPA (2004) exigem como um dos padrões de qualidade da água recuperada os requisitos das normas e padrões de água potável.

3.4 LEGISLAÇÃO PARANAENSE

3.4.1 Lei Estadual 12.726/99 que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos no estado do Paraná.

Lei Estadual 12.726/99 basicamente replica os fundamentos, objetivos e instrumentos da Política Nacional (Lei 9.433/07).

O Plano Estadual de Recursos Hídricos do estado do Paraná (PLERH/PR), aprovado recentemente pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos, na data de 09 de dezembro de 2009 (Resolução nº61 CERH/PR – 2009), inclui como um dos seus programas os Estudos para a Implantação de uma Política Estadual de Reúso de Água. Um resumo deste Programa é apresentado no quadro 32.

| PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PARANÁ Programa: Estudos para implantação de uma Política Estadual de Reúso de Água | |
|---|--|
| OBJETIVOS/JUSTIFICATIVA | <ul style="list-style-type: none"> – Elaborar a estratégia a ser adotada pelo Poder Público Estadual para a definição das diretrizes da Política Estadual de Reúso de Água; – Detalhar a Política Estadual de Reúso de Água, com base nos seguintes objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none"> – identificar as possíveis formas de reúso da água, destacando as práticas e técnicas atualmente em uso no estado; – formular práticas orientativas quanto a viabilidade das diversas formas de reúso e as melhores condições de suas aplicações; – desenvolver e difundir tecnologias sustentáveis no uso de água a fim de incrementar a oferta hídrica em áreas sujeitas a limitações de disponibilidade, tendo como uma das alternativas o Reúso de Água, obras de infraestrutura para regularizações de vazões e ampliação da oferta de água bruta; – dar suporte para a sua operacionalização junto aos setores usuários de recursos hídricos, incluindo os consumidores finais dos sistemas de saneamento; – disseminar a prática e socialização de pesquisas acadêmicas para uso racional da água; tecnologias para captação, tratamento, armazenamento e uso de água de chuva; – identificar a compatibilidade das formas de reúso da água com a legislação vigente; – adequar-se, por meio da formulação de seus próprios diplomas legais, à legislação dos setores usuários de recursos hídricos, notadamente os setores de saneamento, agrícola, urbanístico e saúde pública. |
| ENTIDADES EXECUTORAS | Órgão gestor de Recursos Hídricos, por meio de parcerias |
| PRAZO | 39 meses após a aprovação do PLERH/PR |
| ORÇAMENTO | R\$ 1.113.504,00 (PREVISÃO DE SERVIÇOS DE CONSULTORIA) |
| FONTES DE FINANCIAMENTO | Essencialmente o Fundo Estadual de Recursos Hídricos, com aportes da Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia e outras fontes externas. |
| INDICADOR | Consolidação da Política Estadual de Reúso de Água |

QUADRO 32 - PROGRAMA: ESTUDOS PARA A IMPLANTAÇÃO DE UMA POLÍTICA ESTADUAL DE REÚSO /PLERH/PR.

FONTE: Plano Estadual de Recursos Hídricos do estado do Paraná (2009).

Segundo informações do Instituto das Águas do Paraná, até o momento foram instituídos formalmente seis Comitês de Bacia no estado. O Comitê do Piquiri e Paraná II está em formação, possuindo mesa provisória e aguardando a sua criação formal. É de responsabilidade dos Comitês de Bacia a elaboração de seus respectivos

Planos de Bacia Hidrográfica. O quadro 33 apresenta a situação dos Comitês de Bacia no estado do Paraná em relação aos seus Planos de Bacia.

| COMITÊ | DATA DA INSTITUIÇÃO FORMAL | SITUAÇÃO DO PLANO DE BACIA |
|---|------------------------------------|---|
| Alto Iguaçu e Afluentes do Ribeira | 13/12/2005 | Plano em elaboração, com a fase de diagnóstico concluída e aprovada |
| Tibagi | 13/06/2002 | Plano em elaboração, com a fase de diagnóstico concluída e aprovada |
| Rio Jordão | 13/06/2002 | Plano em elaboração, com a fase de diagnóstico concluída e aprovada |
| Pirapó, Paranapanema III e Paranapanema IV | 03/03/2008 | Plano de Bacia não iniciado |
| Paraná III | 05/05/2004 | Plano de Bacia em início de elaboração |
| Cinzas, Itararé, Paranapanema I e Paranapanema II | 22/09/2009 | Plano de Bacia não iniciado |
| Piquiri e Paraná II | Não institucionalizado formalmente | Plano de Bacia não iniciado |

QUADRO 33 -. SITUAÇÃO ATUAL DOS COMITÊS DE BACIA DO ESTADO DO PARANÁ.
 FONTE: Instituto das Águas do Paraná (Abril de 2010)

De acordo com a Resolução CNRH nº 17/2001, o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica, deve contemplar no mínimo:

- a) diagnóstico e prognóstico da bacia hidrográfica, englobando a avaliação quantitativa e qualitativa da disponibilidade hídrica da bacia, as demandas atuais e potenciais futuras e avaliação socioambiental;
- b) prioridades de usos, estudos de cenários e possíveis conflitos de uso;
- c) estabelecimentos de estratégias, metas, programas e projetos, definindo prioridades e propostas de critérios para outorga, cobrança e enquadramento.

Como pode ser observado através do quadro 33, nenhum Comitê de Bacia no estado do Paraná concluiu o seu Plano de Bacia. No Comitê de Bacia do Alto Iguaçu e Afluentes do Ribeira, cuja abrangência inclui a RMC e a ETE Atuba Sul, está em estágio de elaboração a proposta de enquadramento dos rios pela Câmara Técnica de Acompanhamento da Elaboração do Plano, de âmbito interno do Comitê.

3.4.2 Lei Estadual nº12.448/1998 que cria o Sistema Integrado de Gestão e Proteção dos Mananciais da RMC

A Lei Estadual nº12.448/1998 dispõe sobre a criação de um Sistema Integrado de Gestão e Proteção dos Mananciais da RMC. É uma lei estadual com abrangência regional no âmbito da Região Metropolitana de Curitiba e trata primordialmente da implantação e funcionamento de um sistema de gerenciamento, através do Conselho Gestor de Mananciais da RMC. A sua importância no contexto do RIPIAS está no artigo 23 e seu parágrafo único, cujo conteúdo é descrito abaixo.

Art.23 – Os esgotos sanitários coletados nas áreas protegidas deverão ser afastados da área de proteção aos mananciais.

Parágrafo Único – caso seja comprovada a inviabilidade técnica de afastamento, prevista no caput deste artigo, poderá optar-se por tratamento localizado dos esgotos sanitários, observados níveis de remoção de cargas poluidoras definidos por Modelos de Simulação de Recursos Hídricos, ou através de Estudo de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) a ser avaliado pelo órgão de fiscalização ambiental competente, assegurando-se em qualquer caso, a infiltração dos efluentes finais no solo, em área compatível, e o respeito às condições ambientais definidas pela legislação em vigor.

As áreas denominadas protegidas neste instrumento são as áreas de bacias hidrográficas destinadas como mananciais de abastecimento público atuais ou futuras, definidas pelo decreto estadual 3.411/08.

3.4.3 Portaria SUDERHSA Nº 019/2007 que dispõe sobre a outorga de uso dos recursos hídricos para saneamento

A Portaria SUDERHSA nº 019/2007

estabelece as normas e procedimentos administrativos para a análise técnica de requerimentos de Outorga Prévia (OP) e de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos (OD) para empreendimentos de saneamento básico e dá outras providências.

Este instrumento normativo aborda os procedimentos de outorga especificamente para empreendimentos de saneamento, contemplando obras de barragem de acumulação/regularização, obras de perfuração de poços tubulares

profundos, captações de água subterrânea, captações de águas superficiais e lançamento de esgotos sanitários em corpo hídrico superficial.

Tanto para captações de águas superficiais como para lançamento de esgotos sanitários, o órgão gestor de recursos hídricos verifica a vazão outorgável na seção de captação ou de lançamento de esgotos tratados, passível de ser alocada para o empreendimento de saneamento. São considerados os outros usos a montante e jusante na determinação da vazão passível de utilização para captação ou diluição de esgotos ($Q_{outorgável}$). As equações 6 e 7 detalham a formulação do cálculo da vazão outorgável da Portaria SUDERHSA 19/2007.

$$Q_{outorgável\ i} = C \cdot (Q_{95\%}) - Q_{indisponível} \quad (6)$$

$$Q_{indisponível\ i} = \sum Q_{outorgadas\ m} + \sum Q_{outorgadas\ j} \quad (7)$$

Onde:

seção i: seção do corpo hídrico superficial onde ocorre a captação ou lançamento de esgoto;

$Q_{outorgável\ i}$: é a vazão máxima que pode ser outorgada na seção i do corpo hídrico superficial;

C: é o coeficiente que limita a porcentagem da vazão natural de permanência de 95% do tempo na seção i ($Q_{95\%}$). Para captação $c= 0,5$. Para lançamento pode variar entre 0,5 e 0,8;

$Q_{95\%}$: é a vazão natural com permanência de 95% do tempo na seção i;

$\sum Q_{outorgadas\ m}$: é a somatória das vazões outorgadas a montante da seção i;

$\sum Q_{outorgadas\ j}$: é a somatória das vazões outorgadas a jusante, que dependem da vazão na seção i;

No lançamento de esgotos sanitários a vazão apropriada para a diluição no corpo hídrico receptor é definida baseada na vazão lançada e na DBO_5 do esgoto tratado. Quanto maior a eficiência do processo na remoção de carga orgânica maior a vazão passível para a diluição no corpo hídrico receptor. Deste modo, a vazão apropriada para a diluição acaba tendo como base o parâmetro de carga orgânica lançada.

A Portaria SUDERHSA 019/2007, como a Resolução CNRH 016/2001 que trata dos procedimentos de outorga no âmbito nacional, considera a diluição do esgoto

tratado como um uso consuntivo, concorrendo no balanço hídrico para alocação de água com outros usos a montante e jusante, como demonstrado nas equações 6 e 7.

3.4.4 Resolução Nº 021/09 – SEMA que dispõe sobre licenciamento ambiental para saneamento

A Resolução SEMA 021/2009 dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento.

Este diploma legal trata do processo de licenciamento ambiental e alguns padrões e condições especificamente para atividades de saneamento nos processos de esgotamento sanitário e tratamento de água para fins de abastecimento público.

No processo de licenciamento ambiental de ETEs de qualquer porte é condicionado, entre outros requisitos, a apresentação da outorga de diluição de efluentes. Deste modo, o licenciamento ambiental considerará os requisitos de outorga no licenciamento ambiental. Na hipótese de não haver disponibilidade hídrica para diluição de uma determinada vazão e carga do efluente de uma ETE e a impossibilidade de emissão de outorga de diluição, o empreendimento não obterá a licença ambiental cabível.

São estabelecidos também os seguintes padrões para o lançamento de esgotos tratados:

- a) DBO₅: até 90 mg/L;
- b) DQO: até 225 mg/L;
- c) óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L;
- d) óleos minerais: até 20 mg/L.

Vale lembrar que pelo princípio da hierarquia das leis, além destes padrões é obrigatório o atendimento aos requisitos estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05. Um aspecto a ser observado é que os padrões acima são limites superiores, podendo, dependendo das características do empreendimento, se adotar padrões mais restritivos, inclusive em função dos requisitos de outorga.

Com relação ao RIPIAS, o licenciamento ambiental deve analisar os impactos potenciais de maneira integrada à outorga de uso dos recursos hídricos. Os padrões de efluentes a Resolução SEMA 021/2009 de forma geral não são mais restritivos que a Resolução CONAMA 357/05. Apenas acrescenta nos padrões exigidos os parâmetros de DBO₅ e DQO em limites que uma ETE com tratamento convencional secundário atenderia plenamente.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ETE ATUBA SUL

A análise da potencialidade legal e técnica da aplicação do RIPIAS, objeto deste trabalho, será baseada na situação, processos e desempenho esperado da ETE Atuba Sul da SANEPAR. A escolha deste sistema foi fundamentada, principalmente pela implantação recente de uma unidade de recuperação de água (URA), a nível piloto para fins de pesquisa, a jusante do processo de tratamento da ETE. Além deste contexto, a ETE Atuba Sul situa-se na RMC, que sofre grande pressão por demanda de recursos hídricos e está próxima a áreas de mananciais de abastecimento público. Tem capacidade de oferecer grandes vazões na possibilidade de adição de água recuperada em corpos hídricos através do RIPIAS. O tratamento biológico anaeróbio (RALF), utilizado na ETE Atuba, é o tipo de processo mais utilizado entre as ETEs da SANEPAR em operação.

4.1 LOCALIZAÇÃO E DADOS GERAIS

A ETE Atuba Sul localiza-se no município de Curitiba, Jardim Acrópolis, rua 2 n°1000. Ela está inserida na bacia hidrográfica do rio Atuba, na margem direita do mesmo rio a cerca de 1,5 km da captação Iguaçu da SANEPAR, na área de abrangência do Comitê de Bacia do Alto Iguaçu e Afluentes do Ribeira (item 3.4.1). A Figura 14 ilustra a vista geral da ETE Atuba Sul. O mapa do anexo 1 situa a ETE Atuba Sul na abrangência da bacia do Alto Iguaçu e a figura 15 apresenta a situação e localização de ETE em relação às áreas próximas de mananciais de abastecimento, barragens de acumulação e captações da SANEPAR.



FIGURA 14 - VISTA GERAL DA ETE ATUBA SUL.
FONTE: SANEPAR (1998)

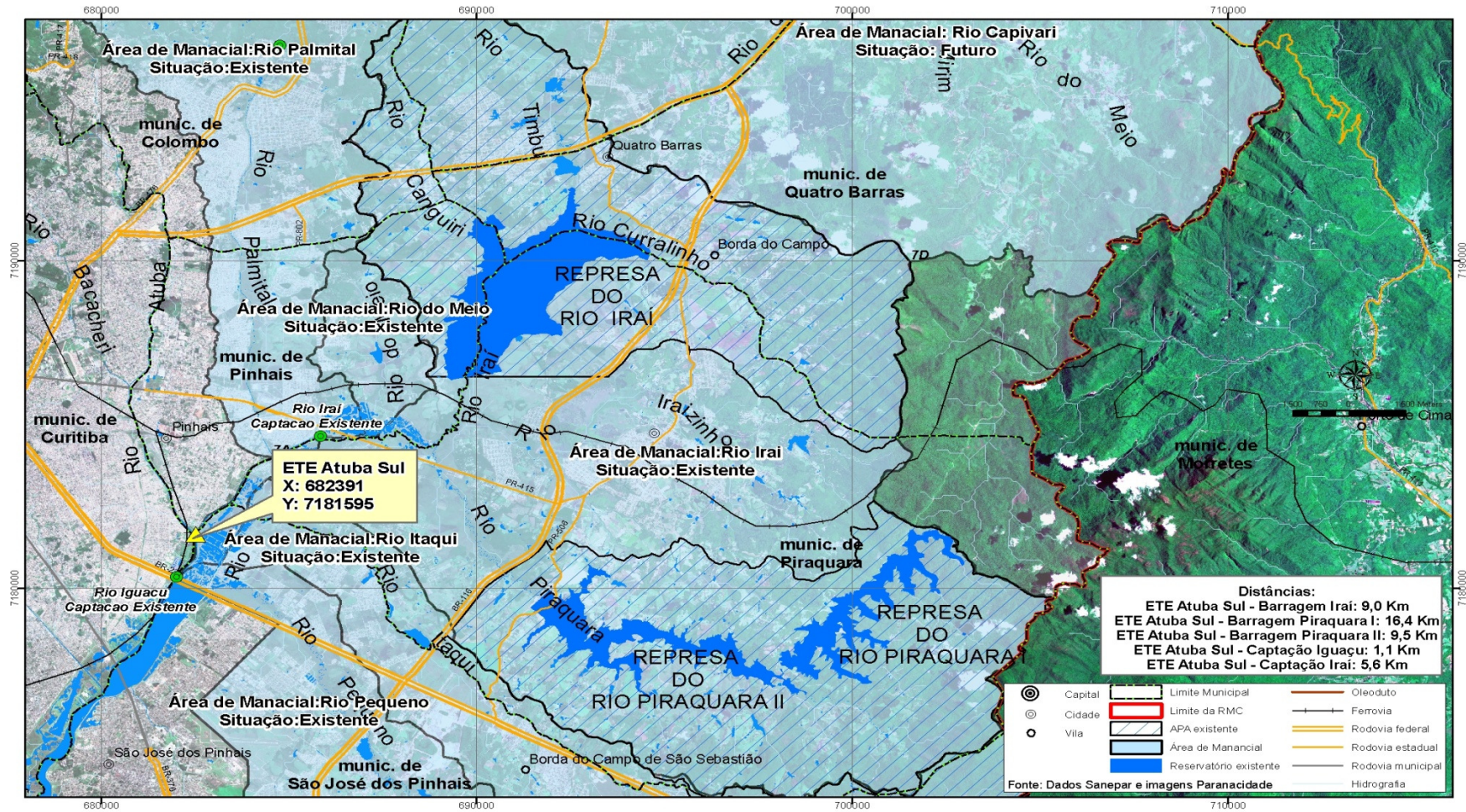


FIGURA 15 - SITUAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ETE ATUBA SUL.
 FONTE: SANEPAR E PARANACIDADE (2010)

A ETE Atuba Sul iniciou a sua operação em 1998 e atualmente sua capacidade nominal de tratamento de esgoto é de 1.120 L/s. A estação utiliza como corpo receptor para a disposição de seu esgoto tratado o rio Atuba, onde o ponto de lançamento situa-se a aproximadamente 200 m da ETE. O sistema de esgotamento sanitário da ETE Atuba Sul é do tipo separador absoluto, possuindo 118.668 ligações, coletando e tratando o esgoto de cerca de 544.000 pessoas dos municípios de Piraquara, Pinhais, São José dos Pinhais, Colombo, Almirante Tamandaré e Curitiba.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO

Neste item, para o melhor entendimento dos processos de tratamento que compõe o sistema, serão descritos de forma separada o processo de tratamento de esgoto da ETE Atuba Sul, com capacidade nominal de tratamento de 1.120 L/s e a Unidade de Recuperação de Água (URA) que atua como pós-tratamento, com capacidade de 15 L/s. A URA da Atuba Sul está sendo concebida como piloto para fins de pesquisa de Reúso de Água.

4.2.1 Caracterização do processo de tratamento de esgoto da ETE Atuba Sul

As unidades operativas que compõe a ETE Atuba Sul estão descritas a seguir. A Figura 16 demonstra o fluxograma do processo de tratamento. É importante comentar que as unidades do processo de floco-decantação foram implementadas em dezembro de 2008 e ainda passam por período de ajustes operacionais, não se obtendo ainda a sua eficiência operacional desejada e possível.

a) Estação elevatória de esgoto bruto

O esgoto bruto inicialmente passa por um sistema de gradeamento grosseiro, onde o material é retirado manualmente. A Estação elevatória é constituída por um conjunto de 03 bombas tipo parafuso com capacidade individual de 700 L/s.

b) Sistema de gradeamento

Após ser elevado na estação elevatória, o esgoto bruto passa através de canais paralelos por dois sistemas mecanizados de grade com espaçamento de 9 mm e correia transportadora de sólidos. Os sólidos retirados são armazenados em caçambas e posteriormente destinados ao aterro sanitário.

c) Desarenador

O esgoto bruto passa por um desarenador de formato de caixa quadrada mecanizado, com raspador central circular e defletores para o controle do fluxo. O descarregando é através de um canal lateral onde uma bomba parafuso transporta a areia para descarga em caçambas para posterior destino ao aterro sanitário.

d) Calha Parshall

Possui dimensão de 7 pés e é equipada com sensor ultra-sônico para medição da vazão instantânea.

e) Caixa de distribuição de vazão

Tem a finalidade de distribuir a vazão por igual em todas as linhas dos 16 reatores anaeróbios.

f) Caixas de alimentação dos reatores

Duas caixas recebem o esgoto da caixa de distribuição de vazão. Cada caixa de alimentação pode alimentar até 8 reatores, distribuindo a vazão por igual em cada reator.

g) Reatores anaeróbios tipo RALF

O processo de tratamento com reatores anaeróbios com fluxo ascendente foi explicitado no item 2.4.2.1 deste trabalho. A ETE Atuba Sul possui um conjunto de 16 reatores RALF, cada um com um volume útil de 2.000m³, 70 L/s de vazão média e dispostos em 4 linhas de 4 reatores (figura 18). O excesso de lodo é descarregado do fundo dos reatores em poços laterais, por gravidade, mediante a abertura de válvulas de descarga. O biogás formado no processo de biodegradação anaeróbia é armazenado no gasômetro dos reatores e conduzido, através de tubulações à queimadores com acendimento contínuo e automático providos de válvula corta-chamas

de segurança. No poço, onde os lodos do reator foram descarregados, uma bomba submersa de baixa rotação conduz o lodo ao adensador de lodos.

h) Adensador de lodos

O adensador é constituído por um tanque cilíndrico de 16 m de diâmetro. O lodo adensado é removido do fundo do adensador e conduzido ao processo de secagem. O excesso de água é recirculado no sistema, sendo transportada por gravidade até a estação elevatória de esgoto bruto.

i) Processo de Secagem do Lodo

No prédio destinado à secagem de lodos há duas prensas desaguadoras, que recebem o lodo do adensador por meio de bombeamento. Em um tanque há a preparação da solução de polímero para a otimização da secagem. O lodo e a solução de polieletrólito são previamente misturados e alimentam cada uma das prensas desaguadoras. O lodo, depois de desaguado, apresenta cerca de 25% de teor de sólidos. Em seguida o lodo é misturado com cal para higienização, visando atingir os padrões legais exigidos para o uso agrícola. Na sequência, a mistura lodo com cal é disposta em pátios para cura e posterior disposição na agricultura.

j) Unidades de preparo à floco-flotação

Após o tratamento biológico nos reatores anaeróbios RALF, o efluente líquido é conduzido ao processo de floculação e flotação, já descritos neste trabalho no item 2.4.2.6. Anteriormente ao processo de floco flotação propriamente dito, os efluentes provindos dos reatores são conduzidos à uma caixa de distribuição que alimenta o efluente equitativamente nos quatro módulos de floco-flotação de 280 L/s cada (figura 19). A caixa de distribuição é provida de uma calha parshall, com sensor ultrassônico, para a medição de vazões, que é fundamental para a dosagem do coagulante. O coagulante utilizado é o cloreto férrico hexa hidratado, que é armazenado em dois tanques de polietileno de 75 m³.

k) Módulos de floco-flotação

O efluente é misturado com o coagulante em uma câmara de mistura rápida, com agitador tipo turbina radial. Após a mistura com o coagulante,

o efluente é conduzido à um tanque de floculação, que possui três câmaras de mistura em série e agitadores tipo turbina de fluxo axial, onde ocorre a formação dos flocos. O efluente floculado é conduzido aos tanques de flotação. Parte da água clarificada provinda do próprio processo de flotação é saturada com ar a uma pressão de 4 a 6 bar, dentro de um tanque de saturação. Esta água saturada é liberada no flotador e sob condições de pressão atmosférica normal formam microbolhas ascendentes que aderem aos flocos carregando-os para a superfície, de onde são retirados por raspadores mecanizados. O lodo separado é transportado ao adensador de lodo. O efluente líquido oriundo dos flotadores é lançado no rio Atuba, ou encaminhado à Unidade de Recuperação de Água (URA) do sistema.

A ETE Atuba Sul ainda possui um prédio com salas de administração e treinamento e um laboratório para a realização de ensaios de pH, alcalinidade, sólidos suspensos, sólidos sedimentáveis, DQO e DBO₅. As análises de nitrogênio amoniacal e fósforo total são realizadas no laboratório da Unidade de Serviços de Avaliação de Conformidades (USAV) da SANEPAR.

4.2.2 Caracterização do processo da Unidade de Recuperação de Água (URA) da ETE Atuba Sul.

A URA da ETE Atuba Sul até o mês de julho de 2010 não havia ainda iniciado a sua operação, embora a sua implementação estivesse praticamente concluída. As unidades operativas que compõe a URA, com capacidade de tratamento de 15 L/s, estão descritas na sequencia abaixo. A figura 17 demonstra o fluxograma do processo de tratamento da URA que é integrado ao processo de tratamento de esgoto da ETE Atuba Sul, apresentado na figura 16. A figura 20 apresenta a vista geral da URA da ETE Atuba Sul.

a) Geração de ozônio

O ozônio é produzido no local, a partir da utilização do ar que sofre um processo de filtração e remoção de umidade, obtendo-se oxigênio com um grau de pureza acima de 95%. Três geradores, através de descarga elétrica

com alta voltagem e utilizando o O_2 purificado, produzem o ozônio. Cada gerador de ozônio tem a capacidade de produção de 90 g O_3/h .

b) Câmara de ozonização

O ar ozonizado é conduzido à parte superior da câmara de ozonização (figura 21), com um volume de $15 m^3$, onde é misturado com o efluente de ETE com o auxílio de misturadores estáticos de material plástico. O tempo de contato do ar ozonizado com o efluente é de 9 minutos. Na sequência o efluente é conduzido ao floco decantador.

c) Floco decantador

Na tubulação, entre a câmara de ozonização e o floco decantador é adicionado o floculante policloreto de alumínio. O floco-decantador vertical acelerado de manto de lodo (Figura 21) recebe o efluente pela parte inferior onde ocorre a mistura hidráulica do floculante ocorrendo a coagulação, floculação e decantação. O efluente clarificado é retirado através de canaletas e conduzido ao filtro.

d) Filtro

O efluente clarificado passa por um filtro descendente composto por uma camada superior de 0,45 m de carvão antracitoso de granulometria de 1 mm, uma camada intermediária de 0,25 m de areia com granulometria de 0,45 mm e $1,6 m^3$ de pedregulho na camada inferior. Há um fundo falso de suporte composto por uma placa de vibra de vidro. A taxa de filtração é de $300 m^3/m^2/dia$.

e) Tanque de passagem

O sistema contempla um tanque de $6 m^3$ que é utilizado como passagem para as demais etapas do processo.

f) Geração de hipoclorito

A unidade produz para o processo de desinfecção hipoclorito de sódio, a partir do cloreto de sódio (NaCl), utilizando geradores com eletrodos. O hipoclorito de sódio produzido é armazenado em um tanque de $6 m^3$.

g) Câmara de contato para cloração

O efluente na câmara de contato sofre a desinfecção com a mistura com o hipoclorito de sódio, com um tempo de contato de 30 min. para uma vazão de 15 L/s.

h) Filtro de carvão ativado

Na etapa final o efluente é conduzido ao filtro de carvão ativado granulado obtido a partir de fibras de coco. O filtro de fluxo descendente possui 2m de espessura de carvão ativado granular e foi concebido para um tempo de detenção de 10 minutos. A taxa do filtro de carvão ativado é de 300 m³/m²/dia

i) Reservatório de água recuperada

Após o processo de tratamento completo a água recuperada é armazenada em um tanque de 50 m³. O tanque é dividido em duas partes, sendo metade do volume (25 m³) destinada a lavagem dos filtros e a outra metade para a estocagem da água recuperada para reúso. Este tanque também pode ser utilizado como câmara de contato de desinfecção para a obtenção de cloro residual, se necessário.

j) Laboratório da URA

Junto a URA há um pequeno laboratório para a realização de ensaios de turbidez, pH, alcalinidade, DBO₅ e DQO.

O sistema da URA permite, a partir da câmara de ozonização que o efluente seja conduzido diretamente à cloração ou ao filtro de carvão ativado. Da mesma forma o fluxo pode ser simplificado do tanque de passagem diretamente ao reservatório, como demonstra a figura 17.

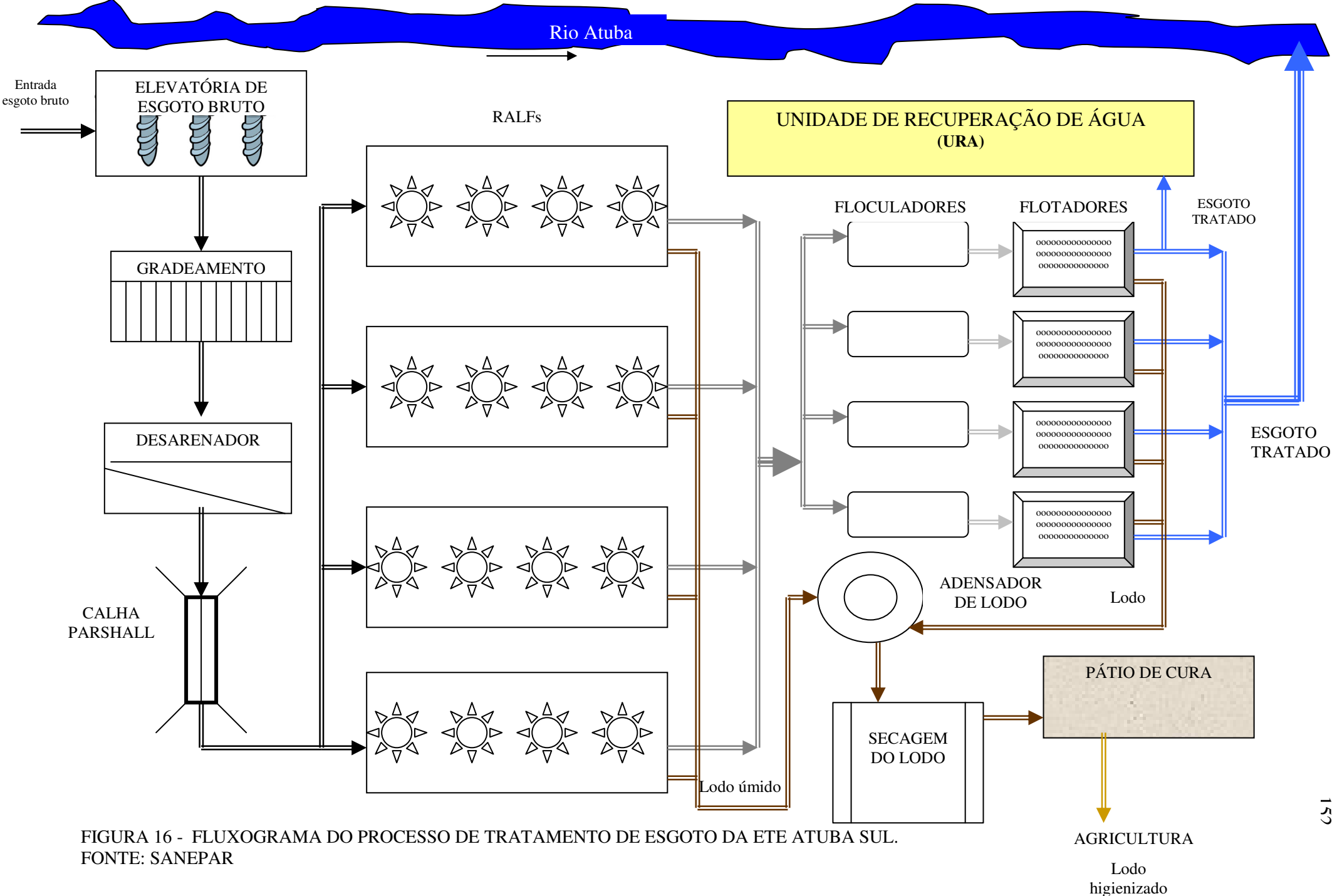


FIGURA 16 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA ETE ATUBA SUL.
 FONTE: SANEPAR

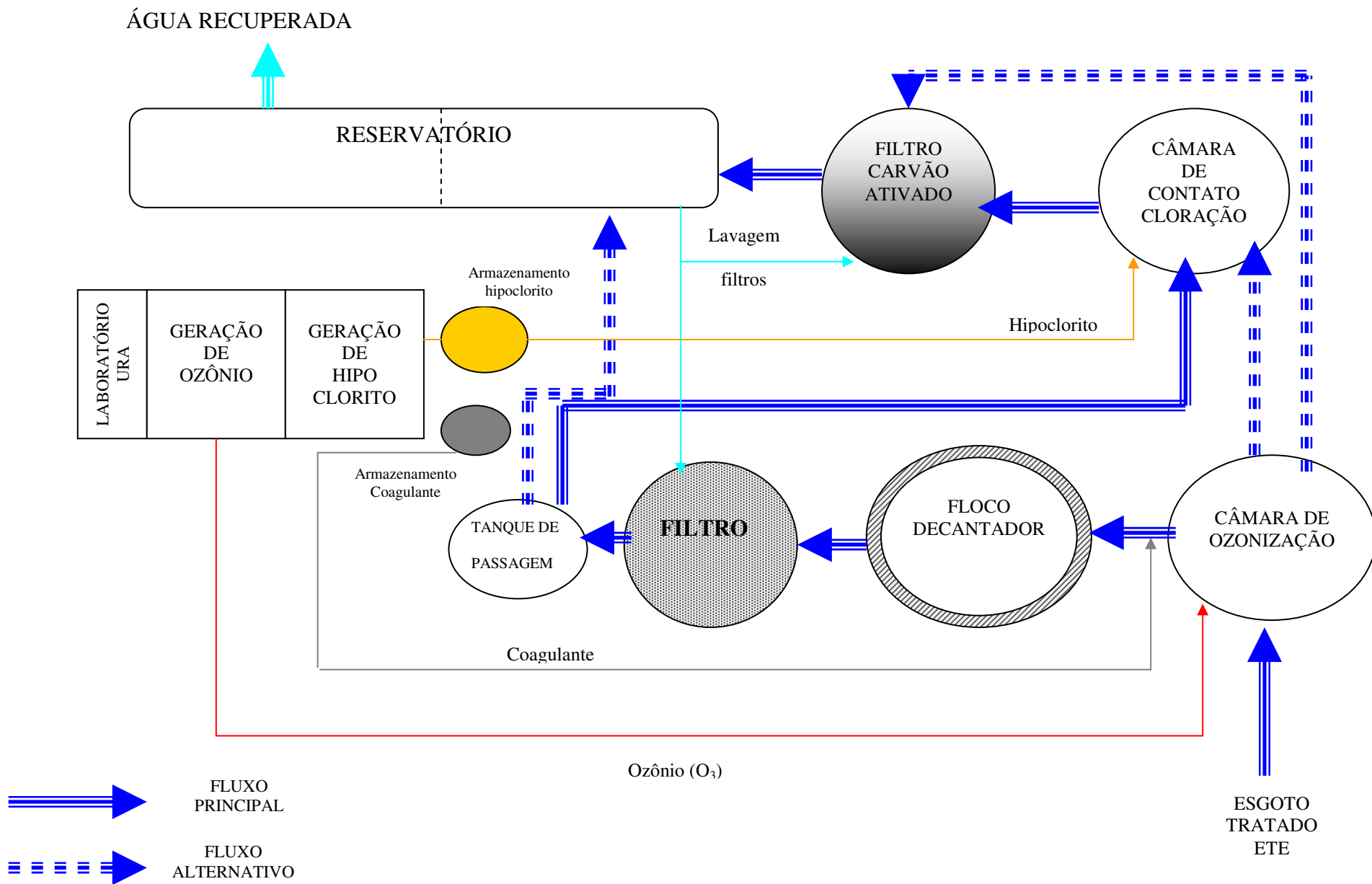


FIGURA 17 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DA UNIDADE DE RECUPERAÇÃO DE ÁGUA (URA).
 FONTE: SANEPAR



FIGURA 18 - VISTA DOS RALFS DA ETE ATUBA SUL



FIGURA 19 - VISTA DOS MÓDULOS DE FLOCO FLOTAÇÃO DA ETE ATUBA SUL



FIGURA 20 - VISTA GERAL DA URA DA ETE ATUBA SUL



FIGURA 21 - VISTA DA CÂMARA DE OZONIZAÇÃO (ESQUERDA) E DO FLOCO DECANTADOR (DIREITA) DA URA DA ETE ATUBA SUL

4.3 CARACTERIZAÇÃO DO AFLUENTE

4.3.1 Vazão afluente

A vazão média do afluente da ETE Atuba Sul é de cerca de 884 L/s, baseado em dados do ano de 2009. As vazões são obtidas através de medidor ultrassônico em tempo real e seus registros correspondem às vazões médias diárias. Segundo a SANEPAR, as amplitudes de vazões observadas são devido principalmente à infiltração de águas pluviais na rede em períodos de alta pluviosidade. Em algumas situações a baixa vazão afluente registrada foi devido às restrições operacionais de vazão para a realização de manutenções corretivas e preventivas na ETE. O volume operacional mensal médio, ou seja, o volume total de entrada de esgoto bruto afluente no mês, é cerca de 2.223.446 m³, baseado no ano de 2009. O Quadro 34 demonstra as vazões mínimas, média e máxima registradas nos anos de 2008, 2009 e 2010 (janeiro, fevereiro e março) e os volumes mensais operacionais registrados.

O gráfico 3 ilustra as vazões registradas de entrada de afluentes ao longo dos anos de 2008, 2009 e 2010. Percebem-se eventos de variações diárias acentuadas nas vazões afluentes registradas. A partir do ano de 2009 houve um aumento do número de medições de vazão/mês.

| ANO | VAZÕES | | VOLUME OPERACIONAL/MÊS | |
|--------------|--------------|-------------|----------------------------------|--------------------------|
| 2008 | Vazão mínima | 439,0 L/s | Volume mensal mínimo (fevereiro) | 1.784.200 m ³ |
| | Vazão média | 817,08 L/s | Volume mensal médio | 2.039.519 m ³ |
| | Vazão máxima | 1.139,0 L/s | Volume mensal máximo (agosto) | 2.298.980 m ³ |
| 2009 | Vazão mínima | 604,0 L/s | Volume mensal mínimo (maio) | 1.864.470 m ³ |
| | Vazão média | 883,78 L/s | Volume mensal médio | 2.223.446 m ³ |
| | Vazão máxima | 1.182,0 L/s | Volume mensal máximo (julho) | 2.498.470 m ³ |
| 2010* | Vazão mínima | 449,0 L/s | Volume mensal mínimo (fevereiro) | 2.196.320 m ³ |
| | Vazão média | 982,0 L/s | Volume mensal médio | 2.319.220 m ³ |
| | Vazão máxima | 1.160,0 L/s | Volume mensal máximo (janeiro) | 2.442.120 m ³ |

QUADRO 34 - VAZÕES DE AFLUENTES E VOLUMES OPERACIONAIS DA ETE ATUBA SUL
 FONTE: SANEPAR/USEG (2010)

*As vazões de 2010 correspondem aos meses de janeiro, fevereiro e março. Os volumes operacionais correspondem as medições dos meses de janeiro e fevereiro.

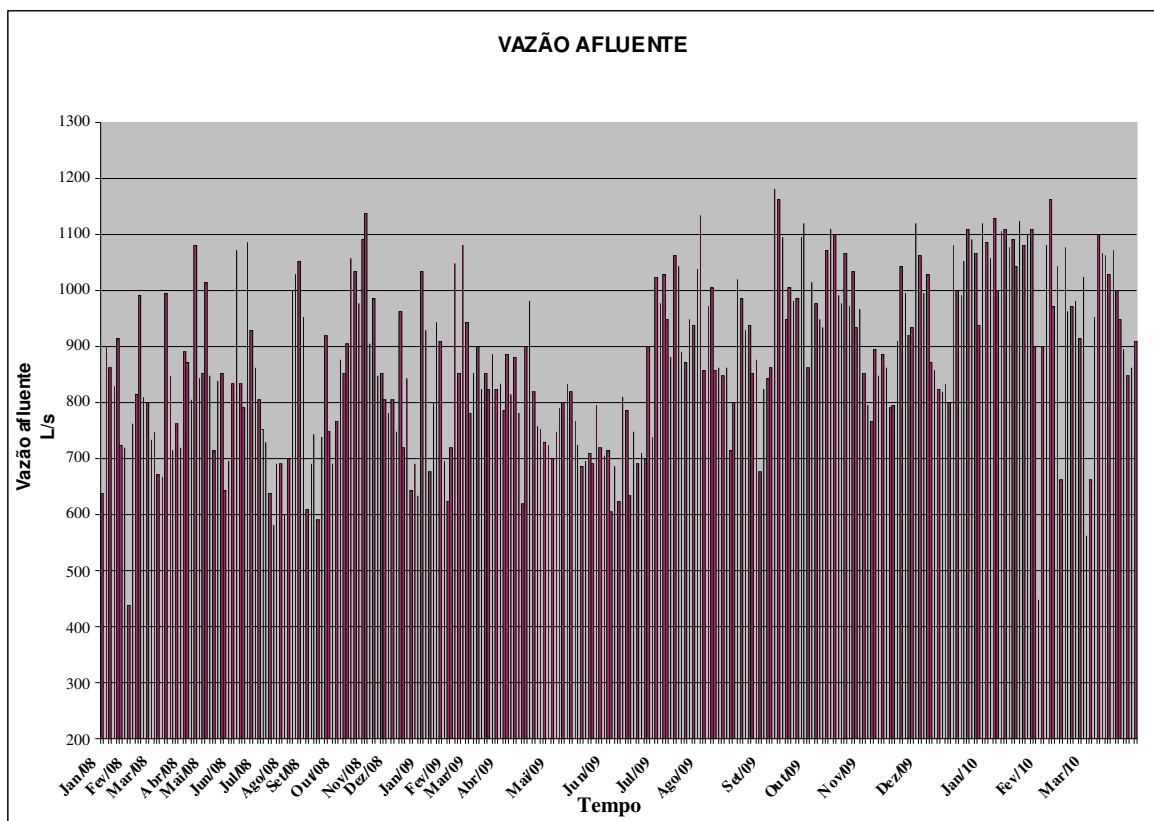


GRÁFICO 3 -VAZÕES REGISTRADAS (MÉDIA DIÁRIA) DO AFLUENTE DA ETE ATUBA SUL AO LONGO DOS ANOS DE 2008, 2009 E 2010

4.3.2 Caracterização qualitativa do afluente

Os parâmetros físico-químicos do esgoto bruto afluente avaliados na ETE Atuba Sul são temperatura, pH, DQO, DBO₅, sólidos sedimentáveis e sólidos suspensos. As amostras são compostas e coletadas automaticamente a cada hora, durante 24 horas. São coletadas 6 a 10 amostras compostas no mês. Pelo menos uma amostra na semana é coletada. Um sistema avalia e define a proporcionalidade adequada da alíquota na amostra, em função da vazão instantânea medida. Os valores mínimos, médios e máximos registrados para estes parâmetros nos anos de 2008, 2009 e 2010 (janeiro, fevereiro e março) são demonstrados no quadro 35. Os gráficos 4, 5 e 6 mostram os valores médios mensais ao longo dos anos de 2008, 2009 e 2010, de sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos, DQO e DBO₅ respectivamente. No gráfico 6 também é demonstrada a relação DBO₅/DQO.

| ANO | Valores | TEMP. °C | | pH | | DQO mg/L | | DBO ₅ mg/L | |
|-------|---------|---------------|----------|----------------|----------|-------------------|----------|--------------------------|----------|
| | | Afluente | Efluente | Afluente | Efluente | Afluente | Efluente | Afluente | Efluente |
| 2008 | Mínimo | 13,1 | 13,3 | 7,6 | 6,8 | 111,0 | 75,0 | 48,0 | 30,0 |
| | Médio | 20,5 | 20,5 | 7,2 | 7,2 | 407,5 | 170,2 | 207,4 | 65,6 |
| | Máximo | 27,1 | 26,9 | 6,7 | 7,6 | 1.038 | 371,0 | 540,0 | 125,0 |
| 2009 | Mínimo | 13,5 | 13,2 | 6,2 | 6,3 | 120 | 45 | 32 | 23,0 |
| | Médio | 20,5 | 20,0 | 7,2 | 7,2 | 518,5 | 142,6 | 228,7 | 50,7 |
| | Máximo | 28,0 | 28,2 | 7,7 | 7,7 | 1.487,0 | 329,0 | 600,0 | 105,0 |
| 2010* | Mínimo | 21,0 | 20,1 | 6,1 | 6,3 | 158,0 | 49,0 | 60,0 | 13,0 |
| | Médio | 22,6 | 22,5 | 6,8 | 6,9 | 242,7 | 95,0 | 113,8 | 38,9 |
| | Máximo | 25,2 | 25,9 | 7,3 | 7,5 | 435,0 | 172,0 | 185,0 | 60,0 |
| ANO | Valores | SÓL. SED.mL/L | | SÓL. SUSP.mg/L | | N Amoniacal* mg/L | | P total* mg/L | |
| | | Afluente | Efluente | Afluente | Efluente | Afluente | Efluente | Afluente | Efluente |
| 2008 | Mínimo | 0,3 | 0,1 | 32,0 | 18,0 | Não avaliado | 6,7 | Não avaliado | 0,7 |
| | Médio | 3,7 | 0,8 | 171,1 | 75,2 | Não avaliado | 28,5 | Não avaliado | 4,3 |
| | Máximo | 15,0 | 3,0 | 666,0 | 184,0 | Não avaliado | 40,3 | Não avaliado | 7,2 |
| 2009 | Mínimo | 0,3 | 0,1 | 24,0 | 19,0 | Não avaliado | 17,2 | Não avaliado | 2,4 |
| | Médio | 5,1 | 1,3 | 249,0 | 74,9 | Não avaliado | 30,3 | Não avaliado | 4,0 |
| | Máximo | 20,0 | 4,5 | 1.022,0 | 174,0 | Não avaliado | 43,5 | Não avaliado | 5,7 |
| 2010* | Mínimo | 0,5 | 0,1 | 37,0 | 19,0 | Não avaliado | 14,6 | Não avaliado | 2,3 |
| | Médio | 1,3 | 0,4 | 90,5 | 43,2 | Não avaliado | 14,6 | Não avaliado | 2,3 |
| | Máximo | 2,5 | 0,9 | 180,0 | 71,0 | Não avaliado | 14,6 | Não avaliado | 2,3 |

QUADRO 35 - PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DO AFLUENTE E EFLUENTE DA ETE ATUBA SUL

FONTE: SANEPAR/USEG (2010).

*Para 2010: coletas nos meses de janeiro, fevereiro e março.

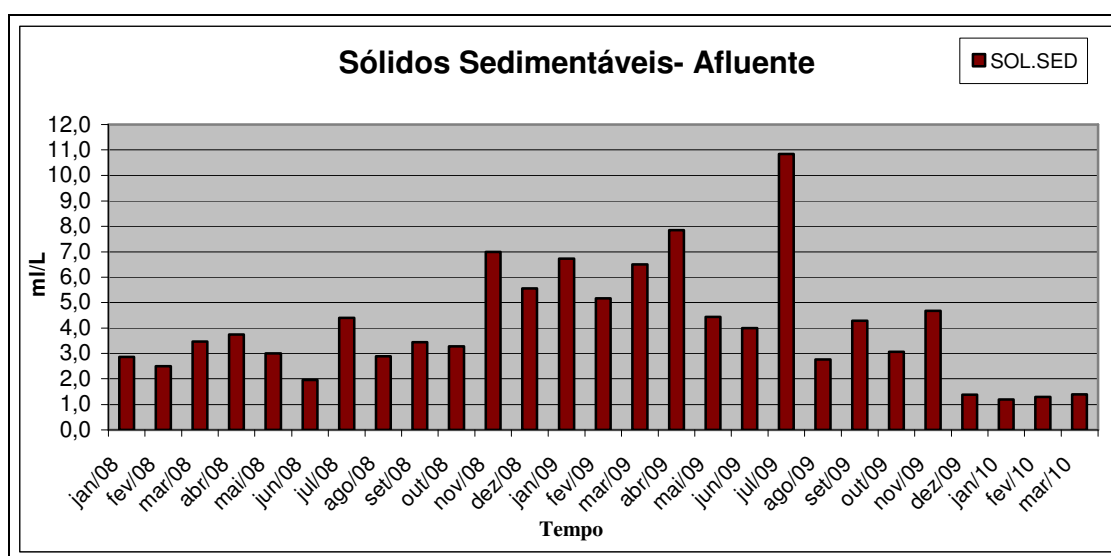


GRÁFICO 4 - SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS DO AFLUENTE DA ETE ATUBA SUL.

FONTE: SANEPAR/USEG (2010).

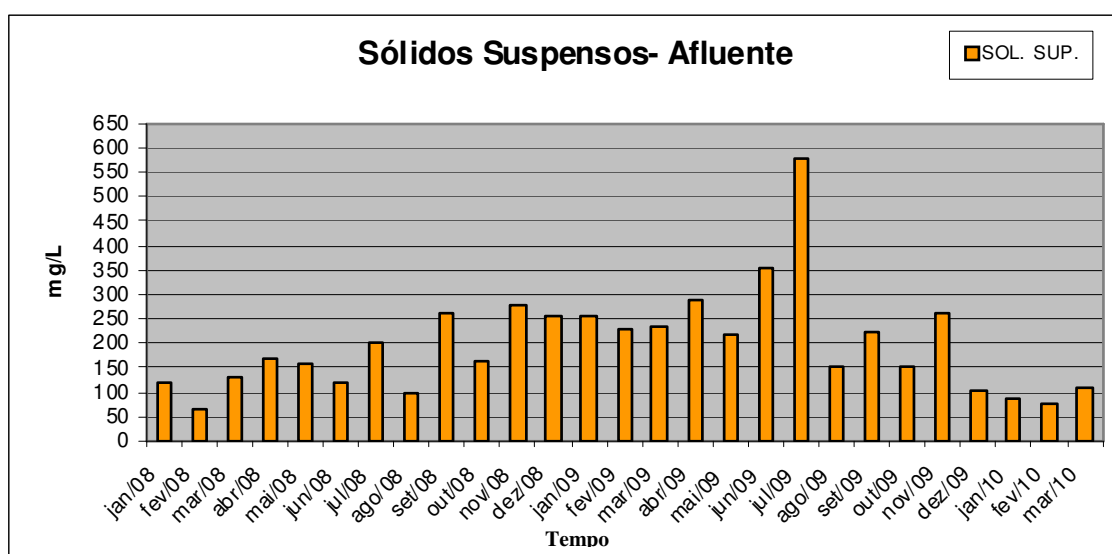


GRÁFICO 5 - SÓLIDOS SUSPENSOS DO AFLUENTE DA ETE ATUBA SUL.
 FONTE: SANEPAR/USEG (2010).

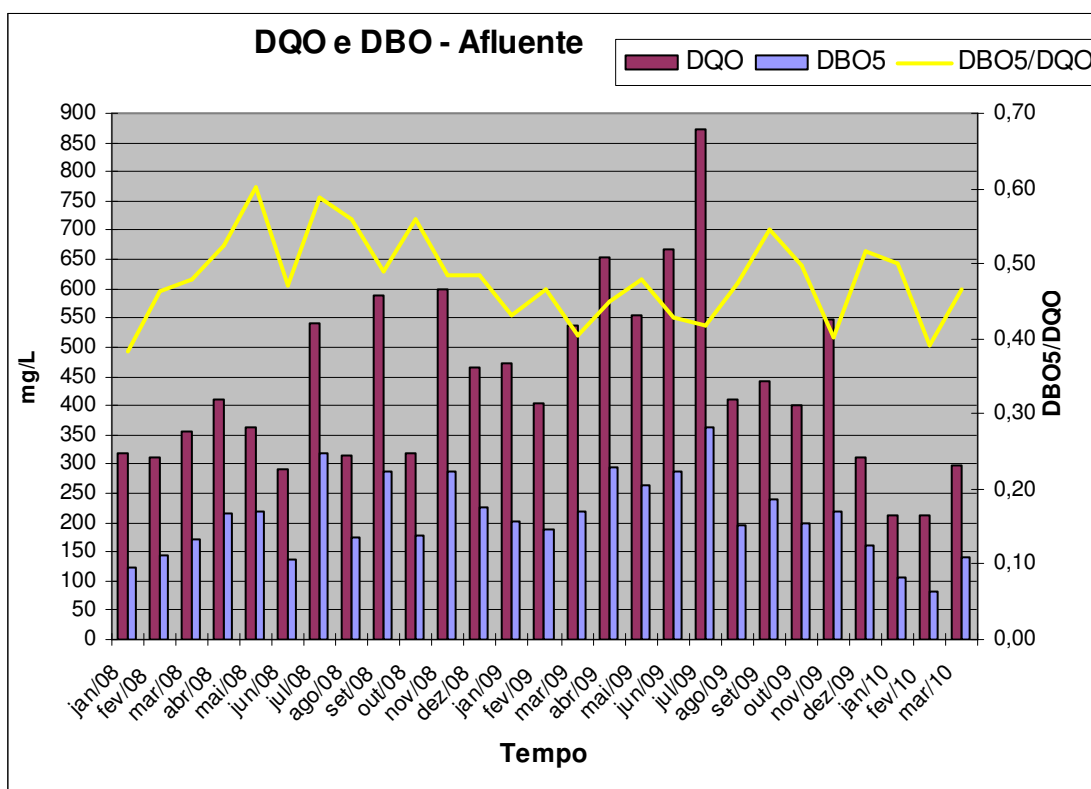


GRÁFICO 6 - DQO E DBO₅ DO AFLUENTE DA ETE ATUBA SUL.
 FONTE: SANEPAR/USEG (2010).

Analisando-se os dados dos parâmetros disponíveis do afluente da ETE Atuba Sul, com as faixas esperadas para esgoto doméstico, baseado em referencial teórico (ASANO, 2007), conclui-se que o esgoto bruto da ETE pode ser caracterizado como predominantemente doméstico. O quadro 36 compara os valores médio, mínimo e máximo dos parâmetros disponíveis do ano de 2009 com o referencial teórico de caracterização de esgoto doméstico demonstrado no quadro 9 do item 2.3.2.

| | ETE Atuba Sul (2009) | | | Referencial teórico | | |
|------------------------------|----------------------|-------|--------|---------------------|--------|--------|
| | Mínimo | Médio | Máximo | Mínimo | Típico | Máximo |
| DQO (mg/L) | 120 | 518,5 | 1.487 | 250 | 430 | 800 |
| DBO ₅ (mg/L) | 32 | 228,7 | 600 | 110 | 190 | 350 |
| Sólidos suspensos (mL/L) | 24 | 249 | 1.022 | 120 | 210 | 400 |
| Sólidos sedimentáveis (mg/L) | 0,3 | 5,1 | 20 | 5 | 10 | 20 |

QUADRO 36 - COMPARAÇÃO DOS VALORES DE PARÂMETROS DO AFLUENTE DA ETE ATUBA SUL COM REFERENCIAL TEÓRICO DE CARACTERIZAÇÃO DO ESGOTO DOMÉSTICO.

FONTE: Adaptação de ASANO (2007) e SANEPAR/USEG (2010).

Na comparação, através da tabela 36, os picos mínimos detectados abaixo do limite inferior da faixa do referencial teórico, podem ser explicados pelos eventos de alta vazão afluente e conseqüentemente alta diluição do esgoto, observada em períodos de alta pluviosidade, em decorrência da entrada de águas pluviais na rede coletora da ETE Atuba Sul.

Relativamente aos picos máximos, no ano de 2009 verificou-se que cerca de 88% dos resultados das amostras coletadas para DQO ficaram abaixo do limite máximo do referencial teórico (800 mg/L). Para DBO₅, 93% dos resultados foram inferiores ao referencial (350 mg/L) e para o parâmetro de sólidos suspensos 85,5% dos resultados apresentaram valores abaixo da faixa esperada para esgoto doméstico (400 mg/L).

Os valores da relação DBO₅/DQO, demonstrados através do gráfico 6, situam-se na faixa característica de esgoto tipicamente doméstico.

A característica predominantemente doméstica do afluente da ETE Atuba Sul é reforçada pelo fato da atual legislação no estado do Paraná não permitir lançamento de efluente industrial tratado ou não tratado na rede coletora de esgoto. Para o eventual

lançamento regular de efluente industrial na rede coletora de esgoto, deve haver autorização formal da operadora do sistema de esgotamento sanitário e registro desta disposição na licença de operação da indústria. A SANEPAR adota como procedimento a excepcionalidade de autorização de lançamento de efluente industrial tratado ou não tratado nas redes que opera. No caso de eventual autorização, esta é efetivada somente a tipologias e processos industriais que não comprometam a capacidade hidráulica da rede coletora, o desempenho do processo de tratamento e a qualidade do esgoto tratado.

4.4 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE DA ETE

4.4.1 Parâmetros físico-químicos

Os parâmetros físico-químicos do efluente monitorados, após o processo de tratamento da ETE Atuba Sul são temperatura, pH, DQO, DBO₅, sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos, nitrogênio amoniacal e fósforo total. As amostras são compostas e coletadas automaticamente a cada hora, durante 24 horas. Um sistema avalia e define a proporcionalidade adequada da alíquota na amostra, em função da vazão instantânea medida. Para os parâmetros de temperatura, pH, DQO, DBO₅, sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos são coletadas 6 a 10 amostras compostas no mês. O Nitrogênio amoniacal e fósforo total são avaliados mensalmente ou bimensalmente. Coliformes totais e fecais são monitorados eventualmente. Os valores mínimos, médios e máximos registrados para estes parâmetros nos anos de 2009 e 2010 (janeiro, fevereiro e março) são demonstrados no quadro 35. Os gráficos 7, 8, 9, 10 e 11 mostram os valores médios mensais ao longo dos anos de 2008, 2009 e 2010, de sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos, DQO, DBO₅, nitrogênio amoniacal e fósforo total respectivamente. Cabe reiterar que o processo de floco-decantação começou a operar em janeiro de 2009 e até o momento sofre um processo de ajuste operacional. Portanto, a partir de janeiro de 2009 os resultados aqui demonstrados contaram com a floco-decantação em operação.

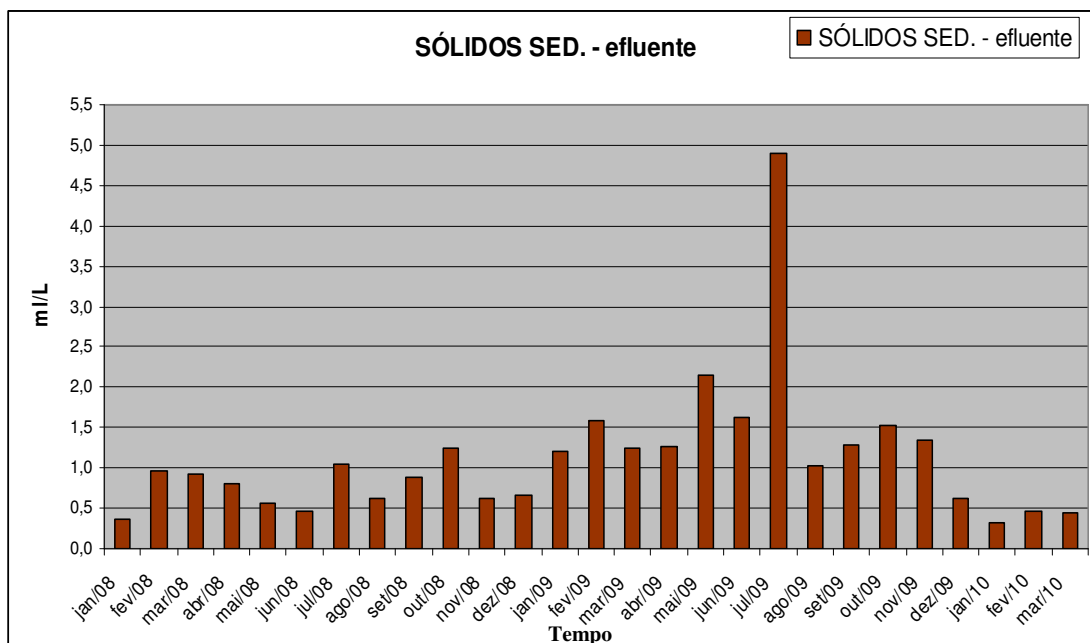


GRÁFICO 7 - SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS DO EFLUENTE DA ETE ATUBA SUL.
 FONTE: SANEPAR/USEG (2010).

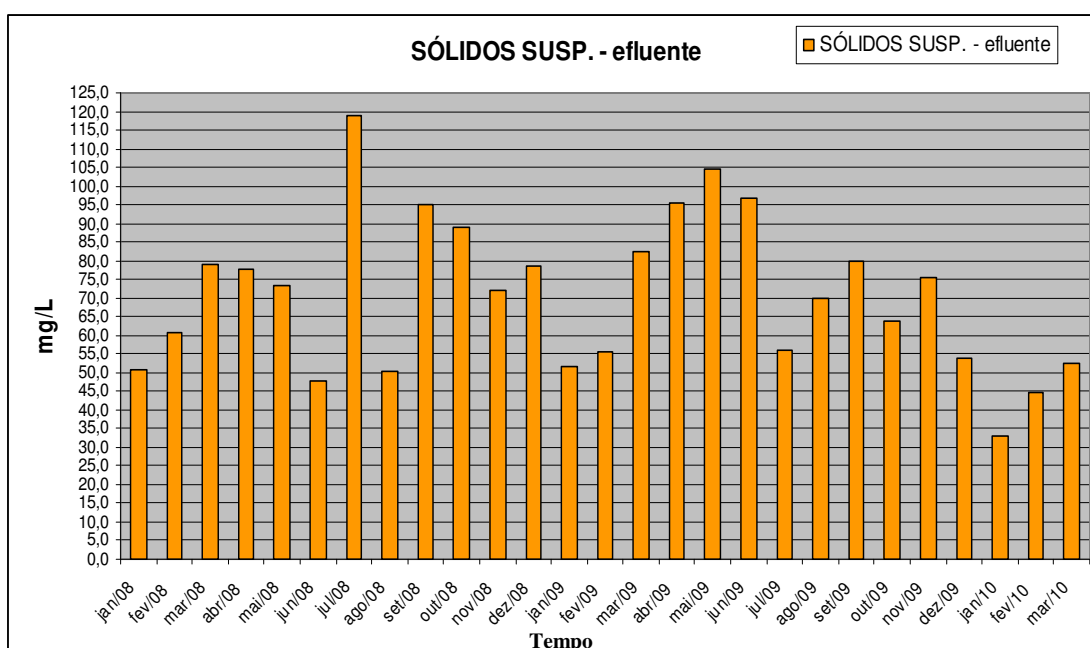


GRÁFICO 8 - SÓLIDOS SUSPENSOS DO EFLUENTE DA ETE ATUBA SUL.
 FONTE: SANEPAR/USEG (2010)

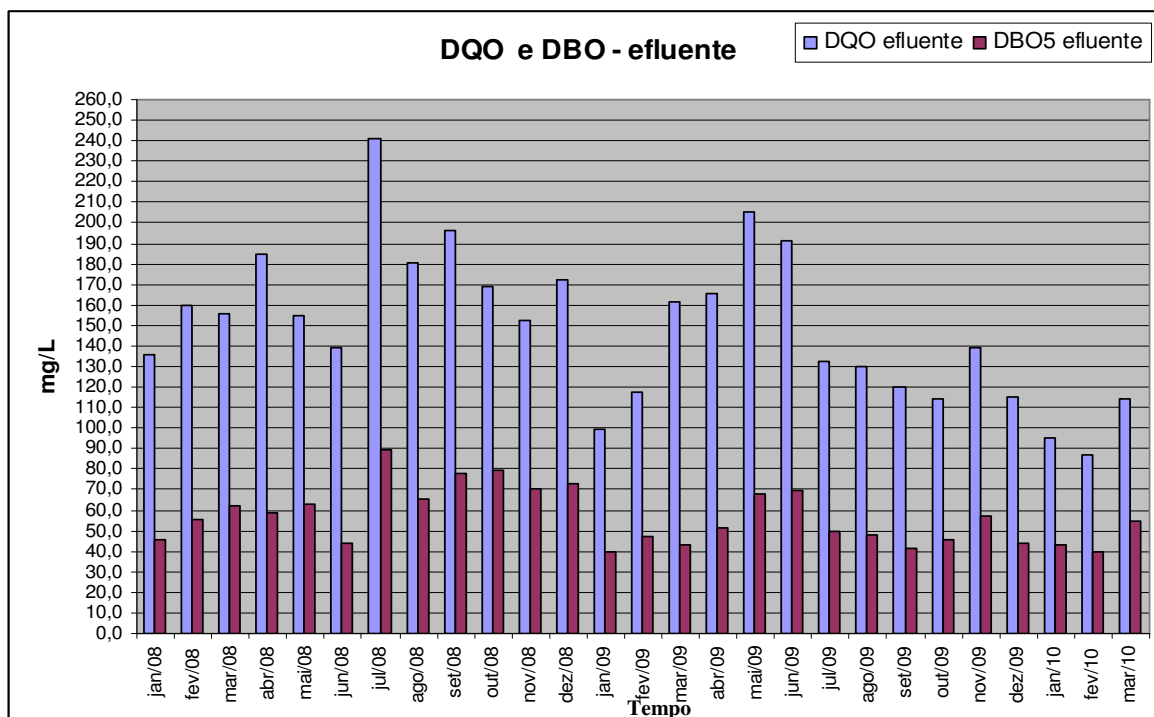


GRÁFICO 9 - DQO E DBO₅ DO EFLUENTE DA ETE ATUBA SUL.
 FONTE: SANEPAR/USEG (2010)

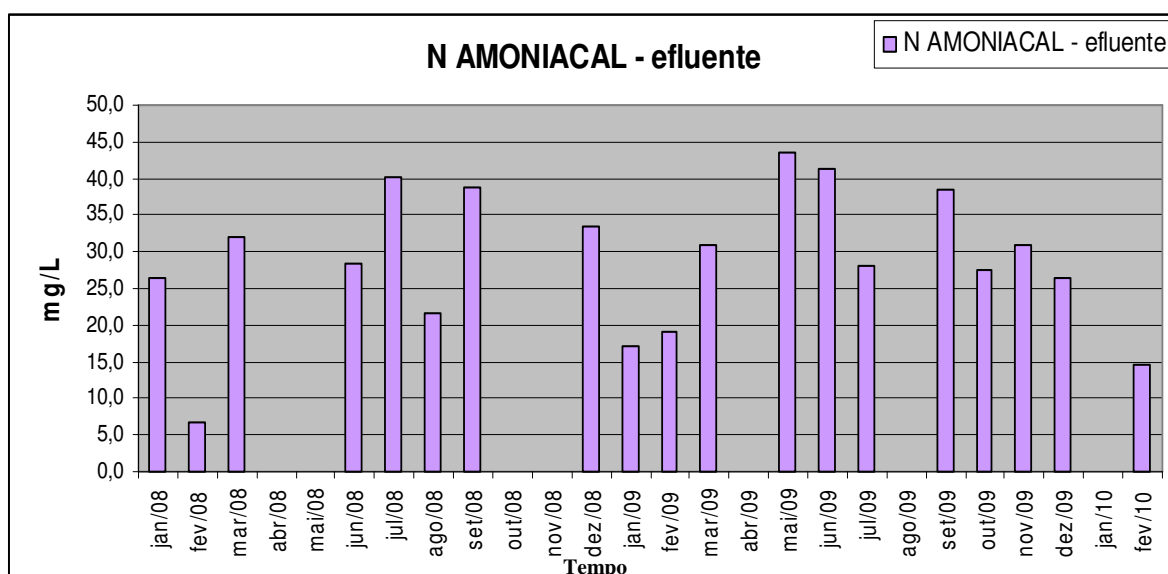


GRÁFICO 10 - N AMONIACAL DO EFLUENTE DA ETE ATUBA SUL.
 FONTE: SANEPAR/USEG (2010).

Não houve coletas nos meses de abril, maio, outubro e novembro de 2008, abril e agosto de 2009 e janeiro de 2010.

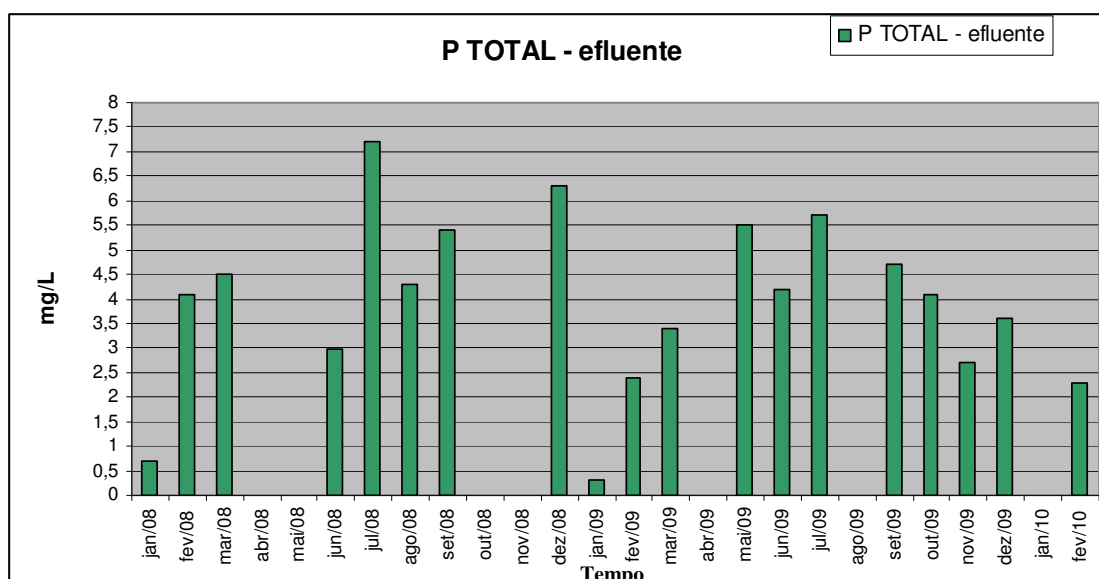


GRÁFICO 11 - FÓSFORO TOTAL DA ETE ATUBA SUL.
 FONTE: SANEPAR/USEG (2010).

Não houve coletas nos meses de abril, maio, outubro e novembro de 2008, abril e agosto de 2009 e janeiro de 2010.

4.4.2 Eficiência do processo

Os indicadores de eficiência do processo de tratamento da ETE Atuba Sul podem ser demonstrados pelas percentagens de remoção de DQO, DBO₅ e sólidos suspensos. A percentagem de remoção foi calculada pela razão da diferença entre os valores do afluente e efluente e o valor afluente da amostra composta coletada. O quadro 37 apresenta as eficiências média, mínima e máxima de remoção de DQO, DBO₅ e sólidos suspensos respectivamente avaliados nos anos de 2008, 2009 e 2010. Ressalta-se que para o ano de 2009, 75% dos ensaios demonstraram uma eficiência de remoção superior a 57,8% para DQO e 60,2% para DBO₅. Os gráficos 12 e 13 ilustram a evolução da eficiência de remoção de DQO, DBO₅ e sólidos suspensos ao longo dos anos de 2008, 2009 e 2010.

De acordo com a SANEPAR, a eficiência do RALF abaixo do esperado constatada no ano de 2008, período em que não operava a floco-flotação, é atribuída a um conjunto de fatores. Observam-se baixas eficiências nos processos de gradeamento fino e desarenação na fase preliminar e problemas de fluxo hidráulico no reator

ocasionando a formação de zonas mortas. Também ocorreram problemas operacionais no sistema de desaguamento do lodo que resultaram no acúmulo de lodo no reator.

Apesar do início de operação da etapa de floco-flotação a partir de janeiro de 2009, não foram observadas melhorias significativas na remoção de carga orgânica e sólidos suspensos pelo processo.

As eficiências médias ficaram abaixo da remoção esperada para o processo de RALF combinado com floco-flotação, baseado em dados de Aisse (2001), que apontam valores superiores a 90% para DQO, DBO₅ e sólidos suspensos.

Segundo a SANEPAR/USEG desde que o processo de floco-flotação foi instalado, vem ocorrendo diversos problemas e necessidades de ajustes operacionais. Este fato indica que o processo ainda está em fase de pré-operação, não sendo possível uma avaliação efetiva de sua eficiência.

| ANO | EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO | DQO (%) | DBO₅ (%) | Sólidos Suspensos Totais (%) |
|--------------|------------------------------|----------------|----------------------------|-------------------------------------|
| 2008 | Mínimo | 7,2 | - 4,2 | -71,9 |
| | Médio | 53,3 | 64,2 | 48,9 |
| | Máximo | 85,9 | 86,9 | 88,4 |
| 2009 | Mínimo | 23,0 | 29,4 | -33,3 |
| | Médio | 66,4 | 66,5 | 60,5 |
| | Máximo | 87,6 | 88,1 | 93,5 |
| 2010* | Mínimo | 41,5 | 47,4 | 19,3 |
| | Médio | 59,5 | 58,5 | 52,4 |
| | Máximo | 71,4 | 70,4 | 71,4 |

QUADRO 37 - EFICIÊNCIAS DE REMOÇÃO DE DQO, DBO₅ E SÓLIDOS SUSPENSOS DO PROCESSO DA ETE ATUBA SUL.

FONTE: SANEPAR/USEG (2010).

* Para 2010: coletas nos meses de janeiro, fevereiro e março.

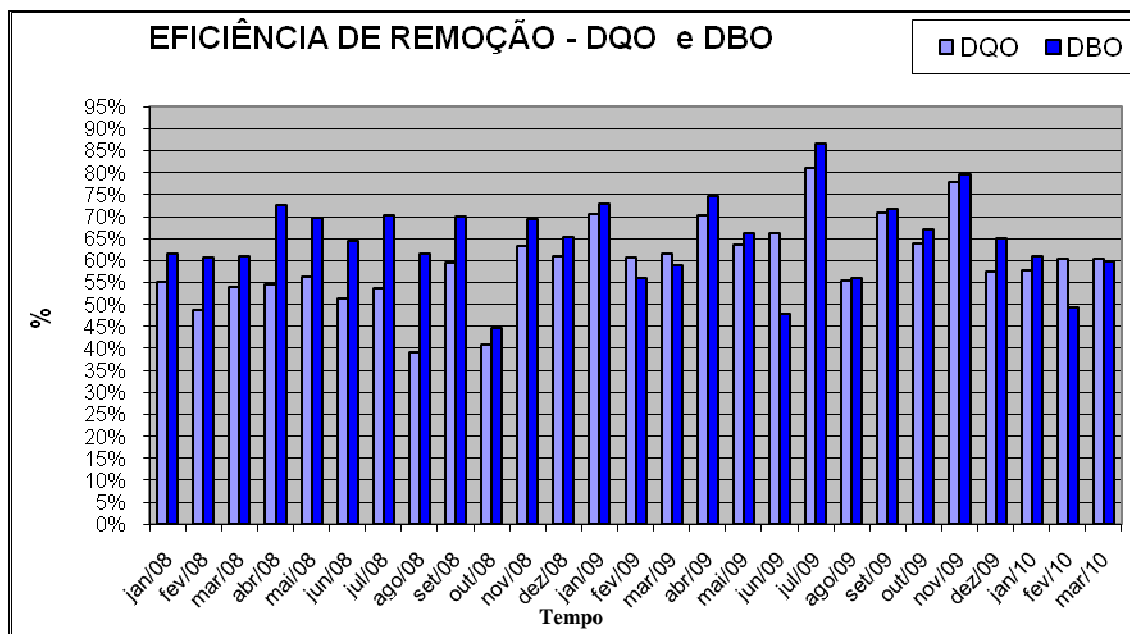


GRÁFICO 12 - EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE DQO E DBO₅ DA ETE ATUBA SUL.
 FONTE: SANEPAR/USEG (2010)

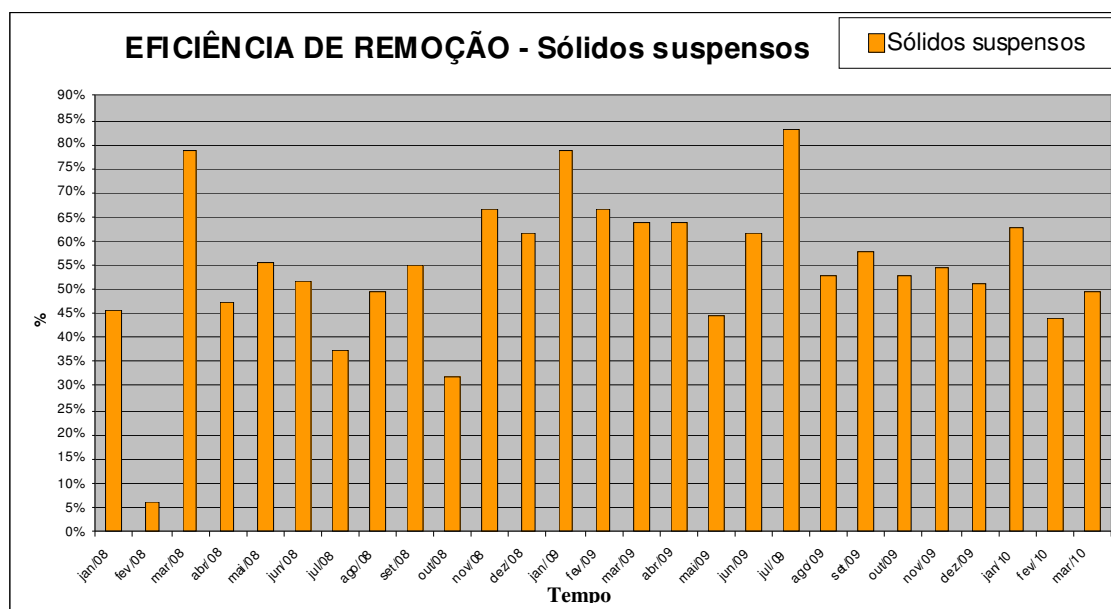


GRÁFICO 13 - EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO SÓLIDOS SUSPENSOS DA ETE ATUBA SUL.
 FONTE: SANEPAR/USEG (2010)

4.5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA RECUPERADA DA URA

Como já explicitado, até o mês de julho de 2010, a URA da ETE Atuba Sul não havia iniciado a sua operação para fins experimentais. Porém, anteriormente a implantação da URA, foram realizados ensaios em escala de laboratório a partir de amostras do efluente da ETE Atuba Sul, visando reproduzir o processo a ser adotado na escala real. No laboratório a sequência de processo aplicada foi ozonização, flocodecantação, filtração, cloração, filtração com carvão ativado e nova cloração para efeito residual. Foi realizado somente um ensaio com uma amostra e analisados 105 parâmetros incluindo coliformes, compostos inorgânicos, agrotóxicos, PCBs, fenóis, organoclorados e metais de uma amostra do efluente da ETE e da água recuperada oriunda do ensaio de laboratório. A cloração foi realizada com hipoclorito de sódio e como coagulante foi utilizado o policloreto de alumínio. A grande maioria dos poluentes analisados no efluente da ETE, como agrotóxicos, organoclorados e PCBs não foram detectados pelo método analítico empregado. O quadro 38 apresenta os parâmetros e compostos detectados no efluente da ETE e os resultados em escala de laboratório.

| PARÂMETRO | RESULTADO – EFLUENTE ETE | RESULTADO – ESCALA DE LABORATÓRIO |
|----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Coliformes totais | 5.000.000 UFC/100 mL | < 1 UFC/100mL |
| Coliformes termotolerantes | 1.200.000 UFC/100 mL | < 1 UFC/100mL |
| Amônia | > 10 mg/L | > 10 mg/L |
| Cloreto | 134,8 mg/L | 308,7 mg/L |
| Cor aparente | 50,0 uH | 5,0 uH |
| Fluoreto | 0,39 mg/L | > 1,4 mg/L |
| Nitrato | 1,06 mg/L | 3,35 mg/L |
| Nitrito | 0,028 mg/L | 0,005 mg/L |
| pH | 6,46 | 6,60 |
| Sólidos dissolvidos totais | 337,0 mg/L | 708 mg/L |
| Sólidos suspensos totais | 50 mg/L | 21 mg/L |
| Sólidos totais | 387 mg/L | 729 mg/L |
| Sulfato total | > 50 mg/L | 22,3 mg/L |
| Sulfeto de hidrogênio | 0,086 mg/L | < 0,005 mg/L |
| Surfactantes | 0,238 mg/L | 0,078 mg/L |
| Turbidez | 90,8 ntu | 1,45 ntu |
| Alumínio Total | 0,06 mg/L | 0,032 mg/L |
| Ferro solúvel | 0,307 mg/L | 0,03 mg/L |
| Ferro total | 5,96 mg/L | 0,033 mg/L |
| Manganês total | 0,126 mg/L | 0,17 mg/L |
| Sódio total | 38,25 mg/L | 102,96 mg/L |

QUADRO 38 - COMPARAÇÃO DOS PARÂMETROS DETECTADOS DO EFLUENTE DA ETE ATUBA SUL COM OS RESULTADOS DO ENSAIO EM ESCALA DE LABORATÓRIO

FONTE: SANEPAR/USAV (2008).

Para a maioria dos parâmetros detectados no efluente houve remoção com o tratamento em laboratório. Porém, observou-se um aumento nos valores de cloreto, fluoreto, nitrato, sólidos dissolvidos totais, sólidos totais, sódio e manganês. A análise aponta que não houve remoção ou uma remoção não significativa da amônia. Uma possibilidade para a explicação do aumento de cloreto, sólidos dissolvidos, sólidos totais e sódio seria o incremento do hipoclorito de sódio e do policloreto de alumínio no ensaio para a desinfecção e coagulação. O aumento do nitrato pode ser oriundo da oxidação do nitrito ou da amônia.

5 ANÁLISE DA POTENCIALIDADE TÉCNICA E AMBIENTAL DO RIPIAS NA ETE ATUBA SUL

5.1 ASPECTOS SOBRE O MÉTODO DE ANÁLISE

O método a ser aplicado na análise da potencialidade técnica e ambiental de aplicação do RIPIAS no processo da ETE Atuba Sul tem como base as seguintes premissas:

- a) o afluente da ETE Atuba Sul possui características qualitativas predominantemente domésticas. Esta premissa tem como base o que foi explanado no item 4.3.2. Serão assumidos os dados de literatura na avaliação dos parâmetros qualitativos do afluente não analisado nos ensaios da ETE;
- b) será adotado como referência o modelo sugerido no Guia da USEPA para Reúso de Água (2004), relativamente aos requisitos mínimos para sistemas de reúso indireto potável com incremento em águas superficiais, apresentado no item 2.5.3.4 (quadro 24). Este instrumento é produto da análise crítica da EPA dos Estados Unidos, que agrega experiências da prática do Reúso de Água desde 1918 nos Estados Unidos e de projetos e sistemas de reúso indireto potável, principalmente nos estados da Califórnia e Flórida, que possuem legislação específica desta modalidade.
- c) como este modelo do Guia da USEPA estabelece como um dos requisitos de qualidade da água recuperada os padrões utilizados para água potável, serão considerados também como referência, os requisitos de conformidade da Portaria MS 518/04, apresentada no item 3.3.7 e no anexo 5;
- d) como a URA ainda não iniciou a sua operação efetivamente, não havendo ainda resultados qualitativos da água recuperada provindos de ensaios analíticos, será analisado a capacidade potencial do processo. A avaliação da capacidade de remoção de poluentes e do atendimento aos requisitos físico-químicos e microbiológicos serão baseados em informações da literatura, utilizando-se do conteúdo apresentado nos itens 2.3.2, 2.4 e

2.5.3.4. Deduz-se que as condições operacionais da ETE e da URA serão as adequadas para a eficiência máxima que o sistema proporciona. Os resultados obtidos em escala de laboratório, descrito no item 4.5, serão utilizados apenas para confirmação, quando cabível;

- e) para verificação do potencial impacto ambiental da água recuperada nos corpos hídricos receptores, serão analisados os parâmetros para águas doces de classe 2 da Resolução CONAMA 357/05. Estas são destinadas ao abastecimento humano após tratamento convencional e proteção às comunidades aquáticas, apresentada no item 3.3.6 e no anexo 3.
- f) outro aspecto importante no contexto do RIPIAS é a presença e aplicação de sistemas de barreiras múltiplas (item 2.5.3.3). A identificação de barreiras existentes e potenciais serão ponderadas na aplicação do método.
- g) serão levados em consideração os PPCPs, *Giardia e Cryptosporidium* pela importância enfatizada na literatura no contexto do RIPIAS.

A figura 22 ilustra um fluxograma que resume a metodologia aplicada na análise da potencialidade técnica e ambiental de aplicação do RIPIAS no processo da ETE Atuba Sul.

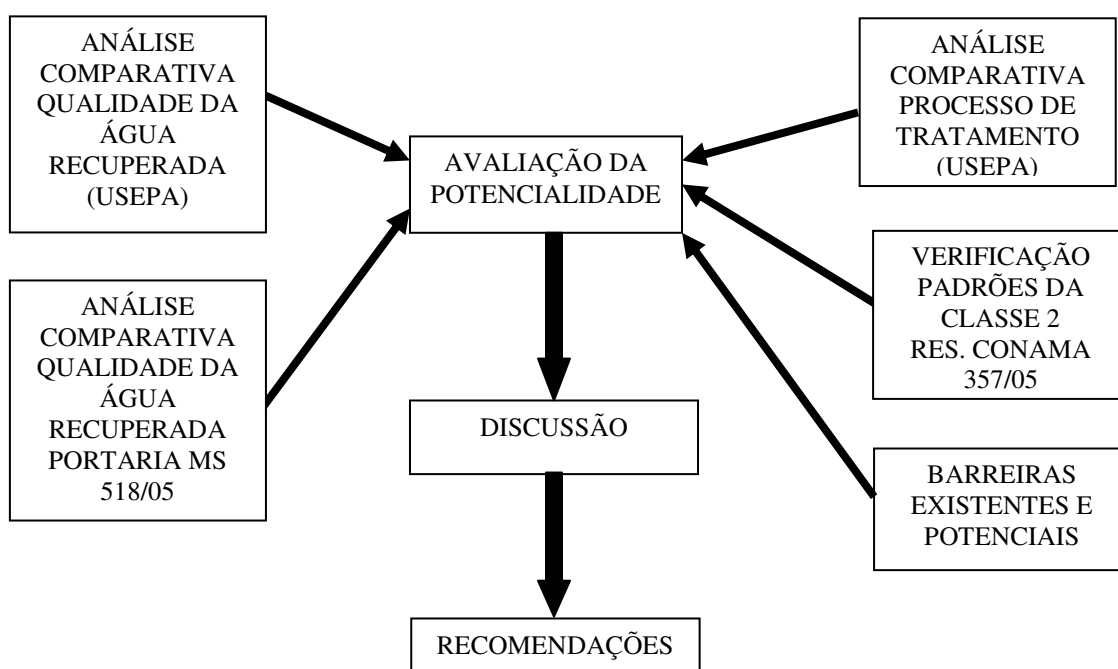


FIGURA 22 - FLUXOGRAMA RESUMIDO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA POTENCIALIDADE TÉCNICA E AMBIENTAL DE APLICAÇÃO DO RIPIAS NO PROCESSO DA ETE ATUBA SUL.

5.2 POTENCIALIDADE AO ATENDIMENTO DO PROCESSO DE TRATAMENTO BASEADO NO MODELO DA USEPA

O quadro 39 apresenta os requisitos mínimos de processo para RIPIAS da referência adotada (GUIA USEPA 2004), a condição da ETE Atuba Sul incluindo a URA e a situação da análise comparativa.

| REQUISITOS MÍNIMOS REFERENCIAL (USEPA-2004) | CONDIÇÃO DE PROCESSO ETE Atuba Sul + URA | SITUAÇÃO DE ATENDIMENTO |
|---|---|---|
| Processo de tratamento secundário (lodos ativados, filtro biológico percolador e lagoas de estabilização), cujo efluente do processo deve ter qualidade mínima de 30 mg/L de DBO ₅ e de sólidos suspensos. | Reator anaeróbio UASB + Floco-flotação | Atende ao requisito mínimo, considerando que: <ul style="list-style-type: none"> – a combinação RALF e floco-flotação se enquadra como tratamento secundário; – Apesar do processo da ETE (RALF + floco-flotação) em operação ter atingido valores médios, no ano de 2009, de DBO₅ e sólidos suspensos totais de 50,7 mg/L e 74,9 mg/L, respectivamente, há um potencial do processo atingir eficiências de remoção superiores a 90% para estes parâmetros. Após os ajustes e resolução dos problemas operacionais pode-se chegar a valores de 30 mg/L para sólidos suspensos e DBO₅. |
| Filtração (filtros de areia e antracito, filtros de tecido ou membrana) | A URA contempla um filtro de de areia e antracito. | Atende ao requisito mínimo |
| Desinfecção (cloração, radiação UV, ozonização e outros desinfetantes químicos) | A URA contempla os processos de ozonização e cloração | Atende ao requisito mínimo |
| Tratamento avançado, incluindo clarificação química, adsorção com carvão ativado, osmose reversa e outros processos com membranas, lavagem de gases, ultra filtração e troca iônica. | A URA contempla a clarificação química com o processo de floco-decantação e adsorção com carvão ativado | Atende ao requisito mínimo |

QUADRO 39 - COMPARAÇÃO DA ETE E URA (ATUBA SUL) COM OS REQUISITOS MÍNIMOS DE PROCESSO PARA REÚSO INDIRETO POTÁVEL COM INCREMENTO EM ÁGUAS SUPERFICIAIS DA REFERÊNCIA ADOTADA

FONTE: USEPA (2004).

5.3 POTENCIALIDADE AO ATENDIMENTO AOS PADRÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA RECUPERADA DO MODELO DA USEPA

O Guia da USEPA (2004), adotado como referência, define limites recomendáveis de alguns parâmetros de qualidade da água recuperada a ser lançada no corpo hídrico receptor. No quadro 40 é demonstrado a análise comparativa dos limites dos parâmetros estabelecidos pela USEPA para RIPIAS e a capacidade teórica do processo da URA em se atingir os limites.

| PARÂMETRO | LIMITE DE QUALIDADE DA ÁGUA RECUPERADA DO REFERENCIAL (USEPA 2004) | CAPACIDADE DE ATENDIMENTO PELO PROCESSO |
|--------------------------------------|---|--|
| pH | 6,5 – 8,5 | Capaz de atender ao requisito. O pH afluente e do efluente da ETE se demonstraram se situar nesta faixa. No ensaio de bancada de laboratório o pH registrado foi de 6,6 (ver quadro 38). |
| Turbidez ou Sólidos suspensos totais | Média ≤ 2 UT, não excedendo em qualquer período 5 UT 5 mg/L | Capaz de atender ao requisito. Após o processo RALF e floco-flocação pode haver uma remoção de até 97 % de sólidos suspensos totais e chegar à valores médios de turbidez de 4,1 UT. Na URA, com a clarificação química, sedimentação e filtração é possível a remoção de 90% de sólidos suspensos, podendo alcançar valores finais inferiores a 5 mg/L de sólidos suspensos e 2 UT de turbidez. |
| Coliformes totais | Não detectável | Capaz de atender o requisito. Os processos de ozonização e cloração na URA são capazes alcançar níveis não detectáveis de coliformes totais. |
| Patógenos viáveis | Não detectável | Capaz de atender ao requisito. A ozonização e a cloração, através do hipoclorito de sódio, têm excelente efetividade contra bactérias e vírus. A limitação da eficácia contra protozoários do hipoclorito de sódio é compensada pela boa efetividade do ozônio e na capacidade de remoção de cerca de 3 log de oocistos de <i>Crisptosporidium</i> e <i>Giárdia</i> que o processo de floco-decantação e filtração apresentam. |
| Cloro residual mínimo | 1 mg/L | Capaz de atender ao requisito. A URA contempla em sua última etapa um reservatório bipartido, com funções de armazenamento da água recuperada e câmara de contato para a obtenção de cloro residual. |
| Carbono orgânico total | ≤ 3 mg/L | Capaz de atender ao requisito. Os processos de floco-flocação da ETE e floco-decantação e filtração da URA podem reduzir significativamente a matéria orgânica particulada. O RALF (ETE), a oxidação na ozonização e a adsorção com carvão ativado podem reduzir significativamente a matéria orgânica dissolvida. Nesta combinação é possível se chegar em níveis de remoção superiores a 98%. |

QUADRO 40 - COMPARAÇÃO DOS LIMITES DOS PARÂMETROS ESTABELECIDOS PELA USEPA (2004) PARA RIPIAS E A CAPACIDADE TEÓRICA DO PROCESSO DA URA (ATUBA SUL).

5.4 POTENCIALIDADE DO ATENDIMENTO À PORTARIA 518/04

O quadro 41 ilustra a avaliação dos parâmetros de controle e limites de potabilidade da água exigidos na Portaria MS 518/04 (item 3.3.7) com a capacidade de remoção das tecnologias existentes no sistema Atuba Sul (ETE + URA). Também é analisada a presença dos parâmetros no esgoto bruto tipicamente doméstico. Ressalta-se que, quanto à remoção, foram consideradas as tecnologias recomendáveis pela literatura demonstradas nos itens 2.4.1, 2.4.2 e 2.5.3.2 deste trabalho, atendendo os critérios de eficácia e segurança no controle para o determinado parâmetro.

Na primeira coluna do quadro 41 se encontram os parâmetros de controle exigidos na Portaria MS 518/04 que trata dos padrões de potabilidade da água (ver anexo 5). Após, na segunda coluna, são apresentados os valores máximos permitidos para a água potável de cada parâmetro exigido na Portaria MS 518/04 (ver anexo 5). A análise da presença no afluente foi fundamentada pelo conteúdo do item 2.3, considerando a inexistência de fontes geradoras que descaracterizem o esgoto afluente como doméstico. Nas próximas colunas estão as tecnologias disponíveis na ETE Atuba Sul relacionadas aos parâmetros que são capazes de remover.

| PARÂMETRO | PADRÃO EXIGIDO Valor máximo permitido (VMP) | PRESENÇA ESPERADA NO AFLUENTE | REMOÇÃO | | | | |
|--|--|-------------------------------|-----------------------------|------------|----------------------------|-----------|-----------------------------|
| | | | ETE – RALF + FLOCO-FLOTAÇÃO | OZONIZAÇÃO | FLOCO-DECANTAÇÃO FILTRAÇÃO | CLO-RAÇÃO | ADSORÇÃO COM CARVÃO ATIVADO |
| PADRÕES MICROBIOLÓGICOS | | | | | | | |
| Escherichia coli ou coliformes termotolerantes | Ausência em 100 mL | | | X | X | X | |
| Coliformes totais | Ausência em 100ml em 95% amostras/mês | | | X | X | X | |
| PADRÕES DE SUBSTÂNCIAS INORGÂNICAS | | | | | | | |
| Antimônio | 0,005 mg/L | | | | X | | X |
| Arsênio | 0,01 mg/L | | | | X | | X |
| Bário | 0,7 mg/L | | | | X | | X |
| Cádmio | 0,005 mg/L | | | | X | | X |
| Chumbo | 0,01 mg/L | | | | X | | X |
| Cobre | 2 mg/L | | | | X | | X |
| Cromo | 0,05 mg/L | | | | X | | X |
| Mercúrio | 0,001 mg/L | | | | X | | X |
| Selênio | 0,01 mg/L | | | | X | | X |
| Cianeto | 0,07 mg/L | | | | | X | |
| Fluoreto | 1,5 mg/L | | | | X | | X |
| Nitrato | 10 mg/L | | | | | | |
| Nitrito | 1 mg/L | | | | | | |
| PADRÕES DE SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS | | | | | | | |
| Acrilamida | 0,5 µg/L | | | | | | X |
| Benzeno | 5 µg/L | | | | | | X |
| Benzo[a]pireno | 0,7 µg/L | | | | | | X |
| Cloreto de Vinila | 5 µg/L | | | | | | X |
| 1,2 Dicloroetano | 10 µg/L | | | | | | X |
| 1,1 Dicloroetano | 30 µg/L | | | | | | X |
| Diclorometano | 20 µg/L | | | | | | X |
| Estireno | 20 µg/L | | | | | | X |
| Tetracloroeto de Carbono | 2 µg/L | | | | | | X |
| Tetracloroetano | 40 µg/L | | | | | | X |
| Triclorobenzenos | 20 µg/L | | | | | | X |
| Tricloroetano | 70 µg/L | | | | | | X |
| AGROTÓXICOS | | | | | | | |
| Diversos | 0,03 a 300 µg/L | | | X | | | X |
| CIANOTOXINAS | | | | | | | |
| Microcistinas | 1 µg/L | | | | | | X |

QUADRO 41 - AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS E LIMITES DA PORTARIA MS 518/04 COM A CAPACIDADE DE ATENDIMENTO DA ETE ATUBA + URA.

FONTES: Portaria 518/04 Ministério da Saúde, Metcalf & Eddy (2003), Asano (2007), Chernicaro (2006), Aisse (2001) e Nuvalori (2007).

Legenda:

- Vermelho: presença esperada no afluente em valores acima do valor máximo permitido pela Portaria MS 518/04
- Amarelo: presença esperada no afluente em valores inferiores ao valor máximo permitido pela Portaria MS 518/04
- Azul: presença não esperada no afluente
- Laranja: objetável para gosto e odor

continua

| PARÂMETRO | PADRÃO EXIGIDO Valor máximo permitido (VMP) | PRESENÇA ESPERADA NO AFLUENTE | CAPACIDADE DE REMOÇÃO | | | | |
|--|--|-------------------------------|-----------------------------|------------|----------------------------|-----------|-----------------------------|
| | | | ETE – RALF + FLOCO-FLOTAÇÃO | OZONIZAÇÃO | FLOCO-DECANTAÇÃO FILTRAÇÃO | CLO-RAÇÃO | ADSORÇÃO COM CARVÃO ATIVADO |
| DESINFETANTES E PRODUTOS SECUNDÁRIOS DA DESINFECÇÃO | | | | | | | |
| Bromato | 0,025 mg/L | | | | | | X |
| Clorito | 0,2 mg/L | | | | | | X |
| Cloro livre | 5 mg/L | | | | | | X |
| Monocloramina | 3 mg/L | | | | | | X |
| 2,4,6 Triclorofenol | 0,2 mg/L | | | X | | | X |
| Trihalometanos | 0,1 mg/L | | | X | | | X |
| OUTROS PARÂMETROS | | | | | | | |
| Alumínio | 0,2 mg/L | | | | X | | X |
| Amônia (NH ₃) | 1,5 mg/L | | | | | | |
| Cloreto | 250 mg/L | | | | | | |
| Cor Aparente | 15 uH [*] | | | X | | X | X |
| Dureza | 500 mg/L | | | | | | |
| Etilbenzeno | 0,2 mg/L | | | | | | X |
| Ferro | 0,3 mg/L | | | | | X | X |
| Manganês | 0,1 mg/L | | | | | X | X |
| Monoclorobenzeno | 0,12 mg/L | | | | | | X |
| Odor | Não objetável | | | X | | | X |
| Gosto | Não objetável | | | X | | | X |
| Sódio | 200 mg/L | | | | | | |
| Sólidos dissolvidos totais | 1.000 mg/L | | X | X | | X | X |
| Sulfato | 250 mg/L | | | | | | |
| Sulfeto de Hidrogênio | 0,05 mg/L | | | X | | X | |
| Surfactantes | 0,5 mg/L | | | X | | | |
| Tolueno | 0,17 mg/L | | | | | | X |
| Turbidez | 5 UT ^{**} | | X | | X | | |
| Zinco | 5 mg/L | | | X | X | | X |
| Xileno | 0,3 mg/L | | | | | | X |

QUADRO 41 - AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS E LIMITES DA PORTARIA MS 518/04 COM A CAPACIDADE DE ATENDIMENTO DA ETE ATUBA + URA.

FONTES: Portaria 518/04 Ministério da Saúde, Metcalf & Eddy (2003), Asano (2007), Chernicaro (2006), Aisse (2001) e Nuvalori (2007).

* uH - Unidade Hazen (mg Pt-Co/L).

** UT - Unidades de Turbidez

5.5 POTENCIALIDADE DO ATENDIMENTO À CLASSE 2 DA RESOLUÇÃO CONAMA 357/05

Os padrões estabelecidos para classe 2 do CONAMA 357/05 (item 3.3.6) refere-se a qualidade desejada da água do corpo hídrico, não sendo padrões para as águas recuperadas ou efluentes a serem lançados. A legislação preconiza que qualquer

lançamento não deve descaracterizar a classe de uso do corpo hídrico receptor após a zona de mistura. Neste contexto, para uma avaliação consistente haveria necessidade de dados precisos de carga dos elementos lançados, da vazão do corpo hídrico disponível para diluição na secção do lançamento e das concentrações após a zona de mistura. Com isso, nesta análise será verificado se o processo tem capacidade de remoção dos parâmetros preconizados na Resolução CONAMA 357/05, não sendo possível avaliar se a eficiência seria a suficiente para o atendimento da classe 2, já que existem diversas variáveis envolvidas.

O quadro 42 apresenta as condições e padrões da qualidade da água para corpos hídricos classe 2, a presença dos parâmetros exigidos no esgoto bruto tipicamente doméstico e a capacidade de remoção das tecnologias existentes no sistema Atuba Sul (ETE + URA).

Na primeira coluna do quadro 42 são apresentados os parâmetros exigidos na Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (ver anexo 3). Na segunda coluna estão descritas as condições e padrões estabelecidos no corpo hídrico após a zona de mistura para cada parâmetro (ver anexo 3). A análise da presença do elemento no esgoto bruto foi fundamentada pelo conteúdo do item 2.3, considerando a inexistência de fontes geradoras que descaracterizem o esgoto afluente como doméstico. As demais colunas indicam as tecnologias disponíveis relacionadas aos parâmetros que são capazes de remover, tendo como base os itens 2.4.1, 2.4.2 e 2.5.3.2 deste trabalho.

| PARÂMETRO | CONDIÇÕES E PADRÕES NO CORPO HÍDRICO CLASSE 2 (após zona de mistura) | PRESENÇA SIGNIFICATIVA ESPERADA NO ESGOTO BRUTO | CAPACIDADE DE REMOÇÃO | | | | |
|--|--|---|-----------------------------|------------|----------------------------|----------|-----------------------------|
| | | | ETE – RALF + FLOCO-FLOTAÇÃO | OZONIZAÇÃO | FLOCO-DECANTAÇÃO FILTRAÇÃO | CLORAÇÃO | ADSORÇÃO COM CARVÃO ATIVADO |
| Efeito tóxico crônico a organismos | Não verificação | | X | X | X | | |
| Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais | Virtualmente ausentes | | X | X | | | |
| Óleos e graxas | Virtualmente ausentes | | X | | | | |
| Gosto e odor | Virtualmente ausentes | | | X | | | X |
| Corantes de fontes antrópicas | Ausentes | | | X | | X | X |
| Resíduos sólidos objetáveis | Virtualmente ausentes | | X | | X | | |
| Coliformes termotolerantes | 1.000/100 ml | | | X | X | X | |
| Cor | até 75 mg Pt/L | | | X | | X | X |
| Turbidez | Até 100 UT | | X | | X | | |
| DBO ₅ | Até 5 mg/L | | X | | X | | X |
| Oxigênio dissolvido (OD)* | Não inferior à 5 mg/L | | X | X | | | |
| Clorofila α | Até 30 $\mu\text{g/L}$ | | X | | X | | |
| Densidade de cianobactérias | Até 50000 cel/mL ou 5 mm^3/L | | X | | X | | |
| Sólidos dissolvidos totais | 500 mg/L | | X | X | | X | X |
| PARÂMETROS INORGÂNICOS | | | | | | | |
| Alumínio dissolvido | Até 0,1 mg/L | | | | X | | X |
| Antimônio | Até 0,005mg/L | | | | X | | X |
| Arsênio total | Até 0,01 mg/L | | | | X | | X |
| Bário Total | Até 0,7 mg/L | | | | X | | X |
| Berílio total | Até 0,04 mg/L | | | | X | | X |
| Boro total | Até 0,5 mg/L | | | | X | | X |
| Cádmio total | Até 0,001 mg/L | | | | X | | X |
| Chumbo Total | Até 0,01mg/L | | | | X | | X |

QUADRO 42 - AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CORPOS HÍDRICOS CLASSE 2, A PRESENÇA ESPERADA NO ESGOTO BRUTO E A CAPACIDADE DE REMOÇÃO DAS TECNOLOGIAS EXISTENTES NO SISTEMA ATUBA SUL (ETE + URA).

FONTES: Portaria 518/04 Ministério da Saúde, Metcalf & Eddy (2003), Asano (2007), Chemicaro (2006), Aisse (2001) e Nuvalori (2007).

* Foram considerados os processos que adicionam OD ao efluente/água recuperada

Legenda:

- Vermelho: presença significativa esperada no afluente
- Azul: ausência ou presença não significativa esperada no afluente

continua

continuação

| PARÂMETRO | CONDIÇÕES E PADRÕES NO CORPO HÍDRICO CLASSE 2 (após zona de mistura) | PRESENÇA SIGNIFICATIVA ESPERADA NO ESGOTO BRUTO | CAPACIDADE DE REMOÇÃO | | | | |
|--|--|---|-----------------------------|------------|----------------------------|----------|-----------------------------|
| | | | ETE – RALF + FLOCO-FLOTAÇÃO | OZONIZAÇÃO | FLOCO-DECANTAÇÃO FILTRAÇÃO | CLORAÇÃO | ADSORÇÃO COM CARVÃO ATIVADO |
| Cianeto livre | Até 0,005 mg/L | | | | | X | |
| Cloreto total | Até 250 mg/L | | | | | | |
| Cloro residual total (combinado + livre) | Até 0,01 mg/L | | | | | | X |
| Cobalto total | Até 0,05 mg/L | | | | X | | X |
| Cobre dissolvido | Até 0,009 mg/L | | | | X | | X |
| Cromo total | Até 0,05 mg/L | | | | X | | X |
| Ferro dissolvido | Até 0,3 mg/L | | | | X | | X |
| Fluoreto total | Até 1,4 mg/L | | | | X | | X |
| Fósforo total (ambiente lântico) | Até 0,03 mg/L | | X | | X | | |
| Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico) | Até 0,05 mg/L | | X | | X | | |
| Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários) | Até 0,1 mg/L | | X | | X | | |
| Lítio total | Até 2,5 mg/L | | | | X | | X |
| Manganês total | Até 0,1 mg/L | | | | X | | X |
| Mercurio total | Até 0,0002 mg/L | | | | X | | X |
| Níquel total | Até 0,025 mg/L | | | | X | | X |
| Nitrato | Até 10,0 mg/L | | | | | | |
| Nitrito | Até 1,0 mg/L | | | | | | |
| Nitrogênio amoniacal total para pH ≤ 7,5 | Até 3,7 mg/L | | | | | | |
| Nitrogênio amoniacal total (7,5 < pH ≤ 8,0) | Até 2,0 mg/L | | | | | | |
| Nitrogênio amoniacal total (8,0 < pH ≤ 8,5) | Até 1,0 mg/L | | | | | | |

QUADRO 42 - AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CORPOS HÍDRICOS CLASSE 2, A PRESENÇA ESPERADA NO ESGOTO BRUTO E A CAPACIDADE DE REMOÇÃO DAS TECNOLOGIAS EXISTENTES NO SISTEMA ATUBA SUL (ETE + URA).

FONTES: Portaria 518/04 Ministério da Saúde, Metcalf & Eddy (2003), Asano (2007), Chemicaro (2006), Aisse (2001) e Nuvalori (2007).

continua

conclusão

| PARÂMETRO | CONDIÇÕES E PADRÕES NO CORPO HÍDRICO CLASSE 2 (após zona de mistura) | PRESENÇA SIGNIFICATIVA ESPERADA NO ESGOTO BRUTO | CAPACIDADE DE REMOÇÃO | | | | |
|--|--|---|-----------------------------|------------|----------------------------|----------|-----------------------------|
| | | | ETE – RALF + FLOCO-FLOTAÇÃO | OZONIZAÇÃO | FLOCO-DECANTAÇÃO FILTRAÇÃO | CLORAÇÃO | ADSORÇÃO COM CARVÃO ATIVADO |
| Nitrogênio amoniacal total para pH > 8,5 | Até 0,5 mg/L | | | | | | |
| Prata total | Até 0,01 mg/L | | | | X | | X |
| Selênio Total | Até 0,01 mg/L | | | | X | | X |
| Sulfato total | Até 250 mg/L | | | | | | |
| Sulfeto (H ₂ S não dissociado) | Até 0,002 mg/L | | | X | | X | |
| Urânio total | Até 0,02 mg/L | | | | X | X | |
| Vanádio Total | Até 0,1 mg/L | | | | X | X | |
| Zinco total | Até 0,18 mg/L | | | X | X | | X |
| AGROTÓXICOS | | | | | | | |
| Diversos (anexo 3) | Faixa de 0,002 µg/L a 65 µg/L | | | X | | | X |
| PARÂMETROS ORGÂNICOS | | | | | | | |
| Acilamida | Até 0,5 µg/L | | | | | | X |
| Benzeno | Até 0,005 mg/L | | | | | | X |
| Benzidina | Até 0,001 µg/L | | | | | | X |
| Benzo(a)antraceno | Até 0,05 µg/L | | | | | | X |
| Benzo(a)pireno | Até 0,05 µg/L | | | | | | X |
| Benzo(b)fluoranteno | Até 0,05 µg/L | | | | | | X |
| Benzo(k)fluoranteno | Até 0,05 µg/L | | | | | | X |
| 2-Clorofenol | Até 0,1 µg/L | | | X | | | X |
| Criseno | Até 0,05 µg/L | | | | | | X |
| Dibenzo(a,h)antraceno | Até 0,05 µg/L | | | | | | X |
| 1,2-Dicloroetano | Até 0,01 mg/L | | | | | | X |
| 1,1-Dicloroetano | Até 0,003 mg/L | | | | | | X |
| 2,4-Diclorofenol | Até 0,3 µg/L | | | | | | X |
| Diclorometano | Até 0,02 mg/L | | | | | | X |
| Estireno | Até 0,02 mg/L | | | | | | X |
| Etilbenzeno | Até 90,0 µg/L | | | | | | X |
| Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina) | Até 0,003 mg/L | | | X | | | X |
| Indeno (1,2,3-cd)pireno | Até 0,05 µg/L | | | | | | X |
| PCBs - Bifenilas policloradas | Até 0,001 µg/L | | | X | | | X |
| Substâncias tensoativas que reagem com o azul de etileno | Até 0,5 mg/L | | | X | | | |
| Tetracloroeto de carbono | Até 0,002 mg/L | | | | | | X |
| Tetracloroetano | Até 0,01 mg/L | | | | | | X |
| Tolueno | Até 2,0 µg/L | | | | | | X |
| Tributilestanho | Até 0,063 µg/L | | | | | | X |
| Triclorobenzeno - (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB) | Até 0,02 mg/L | | | | | | X |
| Tricloroetano | Até 0,03 mg/L | | | | | | X |
| 2,4,6-Triclorofenol | Até 0,01 mg/L | | | X | | | X |
| Xileno | Até 300 µg/L | | | | | | X |

QUADRO 42 - AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CORPOS HÍDRICOS CLASSE 2, A PRESENÇA ESPERADA NO ESGOTO BRUTO E A CAPACIDADE DE REMOÇÃO DAS TECNOLOGIAS EXISTENTES NO SISTEMA ATUBA SUL (ETE + URA).

FONTES: Portaria 518/04 Ministério da Saúde, Metcalf & Eddy (2003), Asano (2007), Chernicaró (2006), Aisse (2001) e Nuvalori (2007).

5.6 SISTEMA DE BARREIRAS MÚLTIPLAS EXISTENTES E POTENCIAIS

Para avaliação do sistema de barreiras múltiplas, serão considerados na identificação de barreiras existentes e potenciais, passíveis de serem implantadas no futuro, os seguintes processos:

- a) proteção de mananciais de abastecimento público;
- b) rede coletora e tratamento dos esgotos domésticos;
- c) degradação natural de contaminantes da água recuperada;
- d) monitoramento da qualidade da água de mananciais;
- e) sistema de tratamento e distribuição de água potável;
- f) resposta às condições adversas e emergência.

O quadro 43 apresenta o resumo das barreiras atuais e potenciais identificadas na condição e situação da ETE Atuba Sul. Em seguida são detalhadas as barreiras identificadas de acordo com cada tipo.

| TIPO DE BARREIRA | BARREIRAS ATUAIS | BARREIRAS POTENCIAIS |
|---|---|---|
| Proteção de mananciais de abastecimento público | <ul style="list-style-type: none"> - Sistema Integrado de Gestão e Proteção dos Mananciais da RMC (Lei 12.448/98); - Proibição de lançamento de efluentes domésticos e industriais em mananciais | <ul style="list-style-type: none"> - Programa de Educação informação e conscientização ambiental abrangendo o Reúso de Água |
| Rede coletora e tratamento de esgotos domésticos | <ul style="list-style-type: none"> - Sistema de coleta tipo separador absoluto; - Obrigatoriedade dos efluentes de origem industrial sejam tratados e destinados pelo próprio gerador; - Procedimento interno da operadora do sistema com padrões e condicionantes para o recebimento de efluentes industriais da rede coletora de esgoto. | <ul style="list-style-type: none"> - Controle e tratamento especial de efluentes de hospitais e serviços de saúde; - Tratamento avançado na ETE; - Monitoramento do afluente e da água recuperada, contemplando o controle de micro-organismos e micropoluentes emergentes |
| Degradação natural de contaminantes da água recuperada | <ul style="list-style-type: none"> - Reservatórios de acumulação do Piraquara I, Piraquara II e Irai. | ----- |
| Monitoramento da qualidade da água de mananciais de abastecimento público | <ul style="list-style-type: none"> - Monitoramento semestral dos parâmetros classe 2 da Resolução CONAMA 357/05 no ponto de captação de água. | <ul style="list-style-type: none"> - Monitoramento com maior periodicidade e abrangência dos pontos de coleta nos mananciais, contemplando o controle de micro-organismos e micropoluentes emergentes |
| Sistema de tratamento e distribuição de água potável | <ul style="list-style-type: none"> - Controle e monitoramento dos sistemas de tratamento e distribuição de acordo a Portaria MS 518/04 | <ul style="list-style-type: none"> - Tratamento avançado na ETA; - Monitoramento da água produzida e distribuída, contemplando o controle de micro-organismos e micropoluentes emergentes |
| Resposta às condições adversas e emergência | <ul style="list-style-type: none"> - Procedimento de Atendimento a Emergências Ambientais em Mananciais | <ul style="list-style-type: none"> - Diagnóstico de fontes potenciais de contaminação e ações preventivas |

QUADRO 43 - BARREIRAS ATUAIS E POTENCIAIS IDENTIFICADAS NO ÂMBITO DO SISTEMA ATUBA SUL (RMC).

FONTE: O autor.

5.6.1 Proteção de Mananciais de Abastecimento Público

Na abrangência do Sistema Atuba Sul na RMC, identificou-se um tipo de barreira existente de caráter legal. A Lei 12.448 de 1998 (item 3.4.2), de abrangência estadual, criou o Sistema Integrado de Gestão e Proteção dos Mananciais da RMC que entre seus objetivos inclui-se “assegurar as condições essenciais à recuperação e preservação dos mananciais para abastecimento público”. Faz parte do sistema instituído por este instrumento legal o Conselho Gestor de Mananciais da RMC que possui poderes consultivos, deliberativos e normativos concernentes à proteção dos mananciais da RMC. Nos artigos 22 e 23 desta lei, fica estabelecida a obrigatoriedade de afastamento dos efluentes tratados, de origem industrial e doméstica, das áreas de proteção de mananciais da RMC. Neste contexto, lançamentos de esgotos e efluentes industriais tratados não são permitidos em bacias de mananciais de abastecimento público na RMC. As áreas de proteção de manancial estipuladas pela Lei Estadual 12.448/98 são delimitadas através do Decreto 3.411 de 2008, compreendendo bacias de mananciais superficiais e aquíferos subterrâneos, com usos atuais e futuros.

Diversos programas e ações de educação e conscientização ambiental que visam a proteção dos mananciais de abastecimento vêm sendo aplicados pelo poder público, porém não enfocando o RIPIAS como instrumento de conservação dos recursos hídricos e uso racional da água. Na hipótese da aplicação do RIPIAS na RMC, haveria a necessidade de um programa específico e consistente de comunicação e educação ambiental, visando além da proteção dos mananciais a aceitação pública da utilização do reúso indireto potável. Entre as diretrizes de um programa desta natureza, destaca-se como fundamental:

- a) O envolvimento e participação direta, na concepção e implementação do projeto de reúso, de todos os segmentos da sociedade (poder público, órgãos ambientais e de recursos hídricos, lideranças comunitárias, grupos ambientalistas, instituições e autoridades de saúde pública, lideranças políticas e instituições de ensino e pesquisa);

- b) O foco na necessidade de suprimento adicional de água com qualidade perante a disponibilidade hídrica atual e futura na RMC, amarrando o reúso à conservação e ao uso racional da água;
- c) Ações de educação e comunicação relativamente a participação da população no controle de fontes geradoras de contaminantes, como o descarte e destinação adequada de fármacos e uso irregular da rede de esgoto.

5.6.2 Rede coletora e tratamento dos esgotos domésticos

O sistema de coleta do tipo separador absoluto e o aspecto do arcabouço legal existente exigem que os efluentes de origem industrial sejam tratados e destinados pelo próprio gerador caracterizam-se como barreiras de contaminantes. Na hipótese de efluentes industriais tratados serem lançados na rede coletora de esgoto doméstico com a autorização da SANEPAR, somente há a devida concretização desta prática, após análise prévia da situação. Padrões e condicionantes a serem seguidos, por parte da SANEPAR e do gerador do efluente na rede estão estabelecidos em um conjunto de procedimentos atualmente aplicados nos sistemas de esgotamento sanitário da RMC. Estes procedimentos foram confeccionados baseados em um trabalho coordenado por Aisse e Andreoli (2002), no qual contemplam os seguintes critérios e requisitos:

- a) haver capacidade hidráulica e estrutural da rede coletora de esgoto no de recebimento do efluente industrial tratado;
- b) o efluente não deve reduzir a eficiência no sistema de tratamento da ETE receptora do efluente;
- c) o efluente ser isento de compostos tóxicos capazes de afetar a saúde dos operadores da ETE.
- d) as características do lodo gerado na ETE não sejam alteradas de forma a inviabilizar a reciclagem agrícola de acordo com os requisitos legais estabelecidos;
- e) exclusão de determinadas tipologias industriais para o lançamento da rede coletora (metalurgia, produtos mecânicos, indústria da madeira, curtumes,

- química, produtos farmacêuticos, lavanderias industriais, borracha, petroquímica, eletroeletrônico e têxtil);
- f) o pleno atendimento do efluente descartado na rede com os limites estabelecidos no artigo 34 da Resolução CONAMA 357/05, descrito no anexo 4 deste trabalho;
 - g) o automonitoramento dos parâmetros de lançamento do efluente lançado na rede e controle por parte da SANEPAR;
 - h) estabelecimento de contrato formal entre a SANEPAR e a indústria, estabelecendo as devidas condicionantes e obrigações da contratante (indústria).

A possibilidade de controle e tratamento especial de efluentes de hospitais, sobretudo no que tange aos fármacos e contrastes médicos é uma possibilidade. Estudos demonstram que as concentrações de medicamentos são significativamente maiores em efluentes de hospitais em comparação com o esgoto tipicamente doméstico (TERNES, 2008).

O artigo 36 da Resolução CONAMA 357/2005 aborda necessidade de tratamento especial para efluentes de serviços de saúde com a ênfase no controle de patógenos, não abordando o controle de fármacos.

Ressalta-se como barreira potencial a implantação de processos de tratamento de esgoto em níveis avançados, como carvão granulado ativado e a desinfecção eficaz, através da ozonização ou cloração, como a proposta da URA do Sistema Atuba Sul. O monitoramento da qualidade do afluente e da água recuperada, contemplando o controle de micropoluentes como a nitrosodietilamina, fármacos de forma geral e desreguladores endócrinos deve ser parte do processo avançado a ser implantado.

5.6.3 Degradação natural de contaminantes da água recuperada

Analisando-se a localização e situação geográfica da ETE Atuba Sul (figura 15), observa-se além das proximidades das áreas de manancial e captações para água potável, distâncias reduzidas dos reservatórios de acumulação e regularização de vazões Piraquara I, Piraquara II e Irai. Estes reservatórios oferecem uma condição de

maior capacidade de diluição e aumento do tempo de residência, que são barreiras importantes no controle e redução de poluentes da água.

O quadro 44 demonstra as distâncias e condições dos reservatórios Piraquara I, Piraquara II e Irai.

| | RESERVATÓRIO IRAI | RESERVATÓRIO PIRAQUARA I | RESERVATÓRIO PIRAQUARA II |
|--|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Distância até a ETE Atuba Sul (a partir do eixo da barragem) | 9.000 m | 16.400 m | 9.500 m |
| Capacidade de armazenamento | 58.000.000 m ³ | 23.000.000 m ³ | 22.000.000 m ³ |
| Tempo de residência | 372 d | 455 d | 219 d |

QUADRO 44 - CONDIÇÕES DOS RESERVATÓRIOS IRAÍ, PIRAQUARA I E PIRAQUARA II.
FONTE: SANEPAR - USPDCT e USHI (2010).

5.6.4 Monitoramento da qualidade da água de mananciais de abastecimento público

Visando atender os requisitos do artigo 19 da Portaria MS 518/04, a SANEPAR efetua semestralmente coletas da água bruta no ponto de captação das ETAs para o monitoramento dos parâmetros preconizados para a classe 2 da Resolução CONAMA 357/05, descrito no anexo 3 deste trabalho. Relativamente à cianobactérias, o monitoramento no ponto de captação é mensal, quando o número de cianobactérias não exceder a 10.000 células/mL e semanal, caso exceda este valor.

5.6.5 Sistema de tratamento e distribuição de água potável

Segundo a SANEPAR/USPDCT (2009), as três estações de tratamento de água que abastecem o sistema integrado da região de Curitiba (Irai, Iguaçu e Passaúna) utilizam-se do processo do tipo convencional de tratamento de água. Nestas ETAs são aplicados os processos de clarificação, através da coagulação e floculação com a utilização de agentes químicos floculantes, seguida de filtração com areia e carvão antracito e posterior desinfecção com cloro gás. Na etapa final de tratamento é realizada a fluoretação e correção de pH. A ETA Irai, na clarificação, é empregado a floco-flotação, enquanto nas demais ETAs é utilizada a floco-decantação.

Os parâmetros, número de análises e frequências atualmente adotados no monitoramento da água produzida na saída das ETAs e no sistema de distribuição seguem os padrões e requisitos da Portaria MS 518/05 (anexo 5). Observa-se que o atual sistema de monitoramento não contempla micro-organismos emergentes (*Giardia e Cryptosporidium*) e micropoluentes como fármacos e desreguladores endócrinos. Um sistema de monitoramento que considere estes parâmetros e a aplicação de processos de tratamento de água avançados eficazes na remoção destes elementos, como carvão ativado granular e ozonização, caracterizam-se como barreiras potenciais no contexto do RIPIAS.

5.6.6 Resposta às condições adversas e emergência

Relativamente a resposta às condições adversas e emergência, a SANEPAR (USGA/DMA-2010) possui um procedimento denominado “Atendimento a Emergências Ambientais em Mananciais”. Este documento define rotinas e responsabilidades por parte da empresa para o tratamento de situações que coloquem em risco a qualidade da água dos mananciais utilizados pela SANEPAR, como vazamentos de produtos perigosos provenientes de acidentes rodoviários e ferroviários e contaminações por fontes fixas e difusas. O referido procedimento contempla:

- a) um sistema de comunicação entre a Defesa Civil, IAP e SANEPAR nas ocorrências de emergências em mananciais;
- b) a disponibilidade, em forma de plantão, de técnicos da empresa para a condução das medidas contingenciais necessárias, que vão desde o simples monitoramento da situação até a paralisação do sistema de tratamento e abastecimento de água;
- c) procedimentos de monitoramento da qualidade da água, operações especiais no sistema de tratamento e abastecimento de água e apoio na remediação do problema em parceria com IAP;
- d) comunicação à população abastecida em eventual necessidade de paralisação do sistema de tratamento e abastecimento de água.

O conhecimento das principais fontes potenciais fixas, móveis e difusas de contaminação da água dos mananciais de abastecimento público, através da elaboração de diagnósticos, poderia resultar em um conjunto de medidas preventivas quanto à ocorrência de situações de emergência. Mapeamento das áreas e pontos de maior risco e a comunicação e sinalização das áreas de manancial junto à população são exemplos de ações neste contexto.

5.7 DISCUSSÃO

Quanto ao atendimento dos requisitos de tratamento da USEPA (2004), o processo ETE Atuba Sul + URA atende aos requisitos mínimos propostos pelo referencial, como demonstrado no quadro 39. Salienta-se que o requisito da USEPA para tratamento secundário contempla lodos ativados, filtro biológico percolador e lagoas de estabilização, não citando UASB e floco-flotação. Porém, considerou-se a eficiência mínima necessária para o tratamento secundário na remoção de matéria orgânica e sólidos suspensos (30 mg/L de DBO₅ e sólidos suspensos), no qual o processo UASB + floco-decantação tem plena capacidade de alcançar. Os dados qualitativos disponíveis do esgoto afluente da ETE Atuba Sul (item 4.3.2) demonstram picos máximos esporádicos de DBO₅ e sólidos suspensos de 600 mg/L e 1.022 mg/L respectivamente. Mesmo no pico máximo, o processo RALF + floco-decantação tem condições teóricas de alcançar 30 mg/L de DBO₅, no seu afluente. O pico máximo registrado de sólidos suspensos pode indicar um efluente com valores superiores a 30 mg/L. Todavia cabe ressaltar que valores registrados de sólidos sedimentáveis no afluente superiores a 600 mg/L correspondem a cerca de 8% das amostras coletadas. Espera-se também, em condições operacionais normalizadas, um desempenho do processo de floco-flotação capaz de alcançar com mais facilidade o valor mínimo de 30 mg/L para os dois parâmetros.

A literatura disponível sobre tecnologias de tratamento de esgoto doméstico para reúso indireto potável não aborda a utilização do modelo UASB + floco-flotação no tratamento secundário. Este fato se deve provavelmente ao pouco uso de processos

anaeróbios no tratamento de esgotos domésticos nos países que atualmente produzem a literatura sobre reúso indireto potável, como os Estados Unidos.

Relativamente aos limites de qualidade da água recuperada estabelecidos pelo modelo da USEPA (2004), o quadro 40 demonstra o potencial atendimento aos limites estipulados. Observa-se que nos requisitos de qualidade da água recuperada não é estabelecido um limite máximo para cloro residual. Esta limitação seria cabível quanto a possibilidade de formação de compostos organoclorados no corpo hídrico que recebe a água recuperada clorada. Todavia os requisitos da Portaria MS 518/05 (quadro 41) estabelece o limite máximo de cloro em 5 mg/L. Deste modo, pragmaticamente a faixa de cloro residual na água recuperada teria um valor mínimo de 1 mg/L e máximo de 5 mg/L.

Na análise da potencialidade de atendimento à Portaria MS 518/04, tendo como base o quadro 41, ressaltam-se os seguintes aspectos:

- a) todos os elementos no qual se esperam quantidades acima dos limites do VMP no afluente, podem ser tratados em pelo menos uma etapa do processo, exceto a amônia. Para este parâmetro não se constatou, entre os processos da ETE + URA, uma tecnologia adequada de remoção. Embora seja possível a remoção da amônia através da oxidação com cloro, a própria literatura não recomenda este tipo de tratamento, pela necessidade de altas dosagens de cloro e formação de subprodutos danosos à saúde humana. O ensaio realizado em bancada confirma concentrações de amônia superiores a 10 mg/L no efluente do ensaio;
- b) a capacidade plena de atendimento aos padrões microbiológicos com os processos de floco-decantação, ozonização e cloração;
- c) os metais, mesmo não esperados em quantidades significativas no esgoto afluente, podem ser removidos pelos processos de floco-decantação e carvão ativado. O ferro, presente em quantidades acima do VMP, pode ser removido pelos mesmos processos;
- d) os processos de ozonização e principalmente carvão ativado são potencialmente os responsáveis pela eventual remoção de substâncias orgânicas e agrotóxicos de forma geral. Para estes compostos não se

esperam quantidades acima do VMP no afluente, mas podem estar presentes em eventuais despejos não controlados de efluentes não domésticos na rede coletora de esgoto;

- e) a adsorção com carvão ativado também exerce a função de remoção dos produtos que podem ser formados na desinfecção durante o processo de tratamento;
- f) o sulfeto de hidrogênio, apesar de se esperar quantidades pouco significativas no afluente, tende a ser formado na degradação anaeróbia do RALF. Porém, pode ser oxidado na ozonização e cloração;
- g) as tecnologias da ETE + URA não teriam capacidade de remoção de parâmetros de cloreto, sódio, sulfato, nitrito, nitrato e dureza. Para estes elementos espera-se quantidades no afluente abaixo do VMP. Deste modo, para estes parâmetros se requer uma atenção especial no controle e monitoramento;
- h) os parâmetros de cor, gosto e odor podem ser controlados, principalmente com a ozonização e cloração;
- i) os surfactantes, possivelmente presentes no afluente, podem ser controlados pela ozonização;

No que tange aos padrões para classe 2 da Resolução CONAMA 357/05 (quadro 42), as considerações são análogas as da Portaria MS 518/04, já que a grande maioria dos parâmetros são coincidentes. Alguns parâmetros não são exigidos nos padrões da Portaria MS 518/04, no qual são mencionadas as seguintes considerações:

- a) óleos, graxas e fósforo total, de presença significativa no afluente, podem ser retirados pelos processos de floco-flotação. O fósforo também pode ser removido na floco-decantação da URA;
- b) substâncias orgânicas de forma geral, como corantes, PCBs, componentes que possam causar efeito tóxico crônico em microrganismos e agrotóxicos, possivelmente ausentes no esgoto bruto, podem ser removidos pelos processos de ozonização e principalmente carvão ativado;
- c) dentro do mesmo contexto da análise envolvendo a Portaria MS 518/04, o sulfato, cloreto total, nitrito e nitrato não seriam removidos pelas

tecnologias da ETE + URA. Porém, para estes elementos esperam-se quantidades insignificantes no afluente. Já para o nitrogênio amoniacal, presente no afluente, o processo não se demonstrou adequado para a sua remoção.

O quadro 43 indica, na condição e situação da ETE Atuba Sul, a existência atualmente de pelo menos 9 barreiras. Com potencial de implantação foram identificadas mais 8 barreiras. Neste cenário já se configura um sistema de barreiras múltiplas redundantes e independentes, agregando segurança e confiabilidade na hipótese de adoção do RIPIAS. Percebe-se a existência de barreiras cobrindo todos os tipos ou processos levados em consideração.

No que tange à saúde pública, na prática do RIPIAS, deve-se enfatizar a importância dos PPCPs e dos microrganismos emergentes.

Neste aspecto a literatura destaca a eficácia na remoção de PPCPs pelos processos de carvão ativado e ozonização. Também indica que a digestão anaeróbia tem a capacidade de remoção de até 80% de alguns antibióticos e estrogênios naturais. Entretanto, há a necessidade de se aprofundar os estudos, na situação da ETE Atuba Sul + URA, visando o conhecimento efetivo da eficiência destes processos, bem como a formação de subprodutos, principalmente oriundos da cloração.

A Portaria MS 518/05 não estabelece limites e padrões de *Giardia e Cryptosporidium* para a água de consumo humano. Porém os processos de floco-flotação floco-decantação, filtração e ozonização, atuando de forma conjugada são capazes de controlar os cistos e oocistos destes protozoários.

5.8 RECOMENDAÇÕES

Baseado na avaliação da potencialidade técnica e ambiental e discussão explanadas anteriormente, seguem as recomendações na esfera da ETE Atuba Sul.

a) Aprofundamento na avaliação do desempenho do processo RALF + Floco-flotação:

O processo RALF + floco-flotação tem potencialidade de atender ao requisito do referencial adotado (USEPA, 2004) como tratamento secundário, demonstrado

através do quadro 39. Entretanto, as plantas de tratamento para reúso indireto potável em uso no mundo utilizam-se de processos secundários aeróbios, bem como o mesmo referencial adota processos biológicos aeróbios na recomendação de tecnologias. Deste modo, há a necessidade de se avaliar o desempenho e comprometimento do processo RALF + Floco-flotação na qualidade final da água recuperada da URA, através do monitoramento consistente do efluente do RALF + floco-flotação e da água recuperada, como proposto a seguir no item d.

b) Ampliação e avaliação das possibilidades de sequencia de processo na URA:

Na configuração atualmente concebida na URA (figura 17 do item 4.2.2) são possíveis as seguintes opções de sequência de processo:

- 1ª Opção: OZONIZAÇÃO → FLOCO-DECANTAÇÃO → FILTRAÇÃO → CLORAÇÃO → CARVÃO ATIVADO;
- 2ª Opção: OZONIZAÇÃO → FLOCO-DECANTAÇÃO → FILTRAÇÃO;
- 3ª Opção: OZONIZAÇÃO → CLORAÇÃO → CARVÃO ATIVADO;
- 4ª Opção: OZONIZAÇÃO → CARVÃO ATIVADO.

Observa-se que a ozonização sempre é configurada como primeira etapa do processo. Buscando uma maior eficiência em suas funções de desinfecção e oxidação de compostos não biodegradáveis e na otimização dos custos, é interessante situar a ozonização posteriormente a floco-decantação e filtração, em uma fase anterior ao carvão ativado. Este último processo teria a função de remover eventuais subprodutos da cloração e ozonização. Considerando a similaridade de capacidades de remoção entre os processos de floco-flotação e floco-decantação e entre a cloração e ozonização, é razoável se averiguar e comparar o desempenho da planta descartando a cloração ou ozonização e a floco-decantação. Deste modo, sugere-se uma adequação operacional na URA conectando-se as etapas:

- ESGOTO TRATADO ETE (FLOTADOR) → FLOCO-DECANTADOR;
- ESGOTO TRATADO ETE (FLOTADOR) → FILTRO
- FILTRAÇÃO (TANQUE DE PASSAGEM) → OZONIZAÇÃO

Com essas adaptações será possível se obter as seguintes sequências de processo:

- 1ª Opção: FLOCO-DECANTAÇÃO → FILTRAÇÃO → CLORAÇÃO → CARVÃO ATIVADO;
- 2ª Opção: FLOCO-DECANTAÇÃO → FILTRAÇÃO → OZONIZAÇÃO → CARVÃO ATIVADO;
- 3ª Opção: FILTRAÇÃO → CLORAÇÃO → CARVÃO ATIVADO;
- 4ª Opção: FILTRAÇÃO → OZONIZAÇÃO → CARVÃO ATIVADO;

Deste modo, recomenda-se a avaliação de qual das oito combinações de processo apresenta o melhor desempenho visando o cumprimento dos requisitos do modelo proposto, aliado ao menor custo operacional, já que existe a possibilidade de descarte de fases do tratamento mantendo-se a eficiência.

c) Caracterização qualitativa do esgoto afluente mais abrangente:

Embora exista uma rotina estabelecida de monitoramento do esgoto afluente (item 4.3.2) caracterizando-o como predominantemente doméstico, para o contexto do RIPIAS há a necessidade de se ampliar os parâmetros avaliados. Uma caracterização mais abrangente proverá ao sistema maior confiabilidade e poderá indicar procedimentos e ajustes necessários nos campos da experimentação, operação e de monitoramento da qualidade da água recuperada.

Dentro deste contexto, sugere-se um plano de monitoramento, exposto no quadro 45. As frequências de monitoramento foram fundamentadas nos mesmos critérios adotados para o monitoramento da água recuperada (item d deste tópico), porém assumindo frequências maiores para parâmetros com presença insignificante ou não esperada, levando-se em conta a possibilidade de estarem presentes em despejos irregulares na rede coletora. Descartaram-se elementos que não são importantes na caracterização do afluente, como cor, odor, dureza, OD e toxicidade crônica. Agrotóxicos, desinfetantes, produtos secundários da desinfecção e cianotoxinas também foram dispensados do monitoramento, pela baixíssima possibilidade de estarem presentes no afluente e por serem monitorados na água recuperada (item d). Frequências mais amplas foram propostas a partir do segundo ano de caracterização.

d) Monitoramento qualitativo da água recuperada:

Baseado no modelo da metodologia proposta, em práticas já adotadas internacionalmente e na preocupação com substâncias importantes não inclusas nos

padrões de potabilidade da água, o quadro 46 sugere um plano de monitoramento para a água recuperada. Para fins de pesquisa e avaliação do desempenho do processo, indica-se a mensuração dos mesmos parâmetros nas diversas fases avaliadas, inclusive no efluente do RALF + floco-flotação, considerando as possibilidades de processo relatadas no item b deste capítulo.

As frequências propostas foram baseadas, com adaptações, nos requisitos de monitoramento da água recuperada da USEPA (2004) e nas regulamentações dos estados americanos da Flórida e Washington, descritas nos quadros 24 e 25 do item 2.5.3.4. Foram considerados os parâmetros da Portaria MS 518/04 e Resolução CONAMA 357/05, determinando-se frequências mais exigentes para os parâmetros no qual o processo demonstrou não ter capacidade de remoção, com presenças esperadas em quantidades significativas no afluente e para substâncias que possam ser formadas no processo de tratamento. Monitoramentos menos frequentes foram adotados para compostos não esperados ou em quantidades não significativas no afluente.

| PARÂMETROS | FREQUÊNCIA |
|--|--|
| Turbidez , DBO ₅ , DQO, pH, , sólidos suspensos totais e coliformes totais | Diária |
| Nitrogênio amoniacal | Semanal no primeiro ano e quinzenal a partir do segundo ano |
| Ferro, surfactantes, óleos e graxas, fósforo total (substâncias com presença em quantidades significativas no afluente). | Mensal no primeiro ano e trimestral a partir do segundo ano |
| Cloreto, sódio, sulfato, nitrito e nitrato (substâncias inorgânicas em quantidades esperadas não significativas no afluente, cujo processo não se demonstra com capacidade de remoção). | |
| Substâncias orgânicas, e metais da portaria 518/05 e da classe II da Resolução CONAMA 357/05, exceto agrotóxicos, desinfetantes, produtos secundários da desinfecção e cianotoxinas (compostos com quantidades esperadas não significativas ou ausentes no afluente, com capacidade de remoção pelo processo). | Semestral no primeiro ano e anual a partir do segundo ano |
| Cianeto, sulfeto de hidrogênio e fluoreto (substâncias inorgânicas em quantidades esperadas não significativas no afluente com capacidade de remoção pelo processo). | |
| Giardia e Cryptosporidium | Trimestral no primeiro ano e semestral a partir do segundo ano |
| PPCPs | |

QUADRO 45 - PLANO DE MONITORAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO AFLUENTE DA ETE ATUBA SUL:

| PARÂMETROS | FREQUÊNCIA |
|--|------------|
| Turbidez e cloro residual | Contínua |
| DBO ₅ , DQO, pH, , sólidos suspensos totais, coliformes totais e coliformes termotolerantes | Diária |
| Nitrogênio amoniacal | Semanal |
| Ferro, surfactantes, óleos e graxas, fósforo total (substâncias com presença em quantidades significativas no afluente). | Mensal |
| Cloreto, sódio, sulfato, nitrito e nitrato (substâncias inorgânicas em quantidades esperadas não significativas no afluente, cujo processo não se demonstra com capacidade de remoção). | |
| Sulfeto de hidrogênio, desinfetantes e produtos secundários da desinfecção (formados no processo) | |
| Cor, odor, dureza e OD | |
| Substâncias orgânicas, agrotóxicos, cianotoxinas e metais da portaria 518/05 e da classe II, da Resolução CONAMA 357/05 (compostos com quantidades esperadas não significativas ou ausentes no afluente, com capacidade de remoção pelo processo). | Trimestral |
| Cianeto e fluoreto (substâncias inorgânicas em quantidades esperadas não significativas no afluente com capacidade de remoção pelo processo). | |
| Toxicidade crônica em organismos* | |
| Giardia e Cryptosporidium | |
| PPCPs | |

QUADRO 46 - PLANO DE MONITORAMENTO DA ÁGUA RECUPERADA DA ETE ATUBA SUL + URA

* De acordo com a metodologia de ensaio preconizada pela legislação vigente.

e) Sistema de monitoramento da qualidade da água em mananciais:

Relativamente ao monitoramento da qualidade da água em mananciais, a periodicidade e a abrangência dos pontos de coleta do monitoramento efetuado atualmente, preconizados pela Portaria MS 518/04, impossibilita uma avaliação e controle consistentes. Também, por limitação da atual legislação brasileira, não são monitorados micro-organismos emergentes (*Giardia e Cryptosporidium*) e micropoluentes como fármacos e desreguladores endócrinos. Um sistema de monitoramento da qualidade da água de mananciais de abastecimento público destaca-se como uma importante barreira passível de ser implantada. Quantidade de pontos de coleta mais representativos, frequências de coletas adequadas e maior abrangência dos parâmetros avaliados devem contemplar o sistema de monitoramento de mananciais.

f) Estudos e caracterização de PPCPs:

Pela importância demonstrada na aplicação do RIPIAS, a caracterização aprofundada de micropoluentes como fármacos para o uso humano e veterinário, hormônios sintéticos e naturais e produtos de estética e beleza pessoal é fundamental.

Trabalhos de pesquisa devem objetivar a produção de dados e informações sobre PPCPs que abrangem:

- a caracterização qualitativa e quantitativa do esgoto doméstico afluente e da água recuperada da ETE Atuba Sul + URA;
- a caracterização qualitativa e quantitativa da água dos corpos hídricos utilizados como manancial, antes e posteriormente à implantação do sistema de RIPIAS;
- a definição das substâncias, dentro do amplo grupo dos micropoluentes emergentes, que serviriam como referência de avaliação da qualidade do afluente, da água recuperada e dos mananciais na abrangência do RIPIAS no Sistema Atuba Sul, subsidiando planos de monitoramento, como os propostos nos itens c, d e e, deste item;
- a verificação da eficiência de remoção destes compostos da ETE Atuba Sul + URA;
- a análise comparativa das características qualitativas e quantitativas do esgoto afluente do sistema Atuba Sul com outros sistemas estudados;
- a análise comparativa da eficiência da ETE Atuba Sul + URA, com outros modelos de tratamento na remoção de micropoluentes emergentes.

6 ANÁLISE DA VIABILIDADE LEGAL DO RIPIAS NA ETE ATUBA SUL

Na análise da viabilidade legal do RIPIAS na ETE Atuba Sul foram considerados os seguintes aspectos:

- a) o escopo da análise abrange os instrumentos legais de aplicação nacional e no estado do Paraná;
- b) a avaliação das dimensões de cumprimento de requisitos, padrões e controles, como do estabelecimento de políticas e incentivos relativamente ao RIPIAS;
- c) a figura 23 apresenta o fluxo resumido da metodologia utilizada na análise da viabilidade legal do RIPIAS na ETE Atuba Sul.

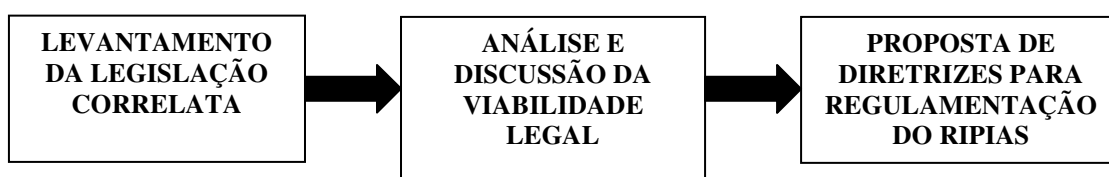


FIGURA 23 - FLUXOGRAMA RESUMIDO DO MÉTODO DE ANÁLISE DA VIABILIDADE LEGAL DO RIPIAS NA ETE ATUBA SUL

6.1 LEVANTAMENTO DA LEGISLAÇÃO CORRELATA

No levantamento realizado foram levados em consideração os instrumentos legais nos contextos ambiental, de recursos hídricos e de saúde pública que tenham ou possam ter alguma correlação com o RIPIAS. Chegou-se ao conjunto de 14 instrumentos legais já apresentados nos itens 3.3 e 3.4 deste trabalho e citados na relação a seguir.

- a) Legislação brasileira:
 - Lei 6.938/1981: Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências;

- Lei n° 9.433/1997: Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- Resolução CONAMA 237/1997: Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional de Meio Ambiente;
- Resolução do CNRH n° 016/2001: Estabelece critérios gerais para outorga de direito de uso dos recursos hídricos;
- Resolução do CNRH n° 017/2001: Estabelece diretrizes para elaboração de Planos de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas;
- Portaria MS n° 518/2004: 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;
- Resolução do CNRH n° 048/2005: Estabelece critérios gerais para a cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- Resolução do CNRH n° 054/2005: Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável;
- Resolução CONAMA 357/2005: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências;
- Resolução CONAMA 397/2008: Altera o inciso II do § 4o e a Tabela X do § 5o, ambos do art. 34 da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA n° 357, de 2005.

b) Legislação paranaense:

- Lei Estadual n° 12.448/1998: Cria o Sistema Integrado de Gestão e Proteção aos Mananciais da RMC;
- Lei Estadual n° 12.726/1999: Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos no estado do Paraná;
- Portaria SUDERHSA n° 019/2007: Estabelece as normas e procedimentos administrativos para a análise técnica de requerimentos

de Outorga Prévia e de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos para empreendimentos de saneamento básico e dá outras providências;

- Resolução nº 021/2009 – SEMA: Dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento.

6.2 ANÁLISE E DISCUSSÃO DA VIABILIDADE LEGAL

A partir da análise do conteúdo dos diplomas legais levantados, seguem abaixo alguns pontos importantes no contexto do RIPIAS.

a) **Quanto à dimensão política e institucional:**

No que tange a dimensão política e institucional, o Reúso de Água se enquadra perfeitamente nos objetivos da Política Nacional de Recursos (Lei 9.433/07) e da Política de Recursos Hídricos do estado do Paraná (Lei Estadual 12.726/99), que enfatizam a racionalização, sustentabilidade e disponibilidade de água. Portanto, o Reúso de Água nas suas diversas modalidades, tem respaldo político e institucional. Perante o PNRH, o Reúso de Água está presente como instrumento de gestão, com o estabelecimento de metas voltadas a alguns tipos de reúso. Todavia, seria importante a prática do RIPIAS estar inserida de forma mais clara e direta como uma das metas do subprograma Gestão da Oferta, da Ampliação, da Racionalização e reúso das Disponibilidades Hídricas do PNRH. Quanto ao Plano de Recursos Hídricos paranaense, é interessante tecer algumas considerações sobre a proposta do Programa de Estudos para a Implantação de uma Política Estadual de Reúso de Água do PLERH/PR, apresentada no quadro 32 do item 3.4.1 deste trabalho, relatadas a seguir:

- trata-se da proposição de uma política que deverá contemplar não somente requisitos e padrões de controle, mas diretrizes e mecanismos de incentivo para adoção do Reúso de Água como forma de aumento da disponibilidade hídrica e uso racional da água;
- o estudo prevê a identificação e análise das diversas modalidades de reúso, não se limitando a determinados tipos ou formas de Reúso de Água;

- prevê a adequação ao arcabouço legal existente e a criação de instrumentos legais específicos de reúso.

O PNRH e o PLERH/PR trazem propostas estratégicas, sendo fundamental o desdobramento em Planos de Ações pragmáticos e detalhados, definindo-se etapas, responsabilidades e recursos necessários. A consolidação de uma Política Estadual de Reúso de Água pode propiciar a viabilidade prática do reúso indireto potável de água no Paraná.

O Plano de Bacia Hidrográfica, de abrangência regional, também configura como um instrumento importante no planejamento e gestão de ações de racionalização e aumento de disponibilidade hídrica. Dentro deste contexto, o Plano do Comitê do Alto Iguaçu e Afluentes do Ribeira, considerando a situação e disponibilidade hídrica da RMC, pode indicar medidas e ações prevendo o RIPIAS.

b) A outorga de uso dos recursos hídricos:

A princípio, na concepção do RIPIAS o efluente de uma ETE passa a ser um recurso hídrico proveniente de uma unidade recuperadora de água. Não há alocação de água do corpo hídrico para um determinado uso, mas incremento de vazão no corpo hídrico. Não caberia no balanço hídrico da análise de outorga, a verificação da vazão disponível necessária para a diluição de água recuperada. No reúso indireto potável há o incremento de vazão no corpo hídrico, minimizando potenciais conflitos pelo uso da água. Na análise de outorga para o reúso indireto potável, seria necessária a adoção deste princípio. Este aspecto a Resolução CNRH n° 016/01, de abrangência nacional e a Portaria SUDERHSA n° 019/07 de âmbito estadual não abordam. Deste modo, é fundamental se distinguir claramente, na legislação, o que é efluente e o que é água recuperada para reúso e quando e em que condições o efluente passa a ser um recurso hídrico. A partir desta distinção, é possível prever o RIPIAS na análise do processo de outorga.

c) A atual regulamentação sobre Reúso de Água:

Pelo levantamento efetuado, o único diploma legal que regulamenta de forma direta a prática de reúso no Brasil é a Resolução CNRH 054/05. Este documento se caracteriza mais como um instrumento de reconhecimento, orientação e incentivo, não estabelecendo padrões, requisitos e condicionantes para o Reúso de Água. Como já

ênfatisado, não engloba a modalidade de reúso indireto potável. O fato do RIPIAS não estar incluso, não significa necessariamente a sua ilegalidade. Entretanto, a falta de um instrumento de regulação pode trazer insegurança quanto ao aspecto legal por parte dos órgãos gestores de recursos hídricos e órgãos responsáveis pelo licenciamento ambiental e desmotivação por parte dos potenciais produtores de água recuperada para este fim. Na atual revisão desta resolução, efetuada pela Câmara Técnica de Ciência e Tecnologia do CNRH, foi encaminhado e incumbido ao CONAMA a responsabilidade do estabelecimento dos padrões cabíveis para as modalidades de Reúso de Água, mantendo-se a exclusão da modalidade de reúso indireto para fins potáveis.

d) Aplicação do instrumento de cobrança do uso de recursos hídricos:

Relativamente ao instrumento de cobrança, regulamentado pela Resolução CNRH nº 48/05, alguns aspectos na determinação dos valores a serem cobrados pelo uso da água merecem ser comentados. A adoção do RIPIAS proporciona maior disponibilidade hídrica, diminuição da carga de poluentes e redução de contaminação hídrica. Com isso é razoável no mínimo uma redução significativa no valor da cobrança ou a aplicação de algum mecanismo de compensação, já que os custos operacionais são altos. Se interpretado que o RIPIAS não propicia um uso do recurso hídrico, mas um incremento de água em um determinado corpo hídrico para ser disponibilizado para abastecimento público, seria coerente a dispensa da cobrança nesta situação, como forma de incentivo.

e) O licenciamento ambiental:

Pela legislação ambiental aplicada no âmbito nacional e estadual, através das resoluções CONAMA nº 237/97 e SEMA 021/09, sistemas de RIPIAS necessitam se submeter ao processo de licenciamento ambiental por incluir em seus processos emissários e unidades de tratamento de esgoto doméstico e por potencialmente causar impacto ambiental significativo.

f) A atual normativa de potabilidade da água:

A Portaria 518/05 que dispõe sobre a qualidade da água para consumo humano não aborda de forma direta o controle efetivo de fontes poluidoras e monitoramento de mananciais, exceto no ponto de captação para tratamento. Nitidamente o seu foco se concentra nos padrões e controle da qualidade da água para fins potáveis após o

tratamento. O enfoque na qualidade da água do manancial, integrando os aspectos de saúde pública e recursos hídricos é necessário para prover maior segurança e confiabilidade.

g) O impedimento da prática do RIPIAS pela Lei Estadual nº 12.448/98:

Interpretando-se o artigo 23 desta lei, verifica-se que esta impede qualquer iniciativa de RIPIAS no âmbito da RMC, quando determina o afastamento do esgoto sanitário coletado da área de manancial para suposto tratamento e lançamento fora da bacia. Mesmo abrindo uma certa flexibilização da possibilidade do tratamento avançado de esgoto na bacia, o texto é claro que em “*qualquer caso*” a disposição do efluente deve ser no solo, vetando a possibilidade do lançamento em águas superficiais.

6.3 DIRETRIZES PARA A REGULAMENTAÇÃO DO RIPIAS

Pela análise e discussão exposta anteriormente, a viabilidade legal do RIPIAS no sistema Atuba Sul não pode ser tratada de forma isolada, necessitando de adequações legais nos âmbitos nacional e estadual. Deste modo, as diretrizes aqui propostas, embora voltadas ao escopo do sistema Atuba Sul, acaba sendo cabível para uma regulamentação nacional e paranaense.

Seguem abaixo as propostas de diretrizes que visam à viabilidade legal do RIPIAS na ETE Atuba Sul.

a) Priorização e implantação da Política Estadual de Reúso de Água no estado do Paraná preconizada no PLERH/PR:

Embora o PNRH contemple o subprograma Gestão da Oferta, da Ampliação, da Racionalização e reúso das Disponibilidades Hídricas, o Programa de Estudos para implantação de uma Política Estadual de Reúso de Água do PLERH/PR (quadro 32) oferece peculiaridades importantes, como:

- maior capacidade de percepção e atendimento às características e particularidades do estado do Paraná;
- estar mais consolidado, embora ainda exija maior detalhamento, quanto aos objetivos, responsabilidades, prazos, recursos e indicadores;

- abranger a possibilidade de aplicação das diversas modalidades de reúso, podendo ser incluído o RIPIAS;
- prever a elaboração e adequações de diplomas legais para a aplicação do reúso.

Deste modo, a implantação da Política Estadual de Reúso de Água, inserida no PLERH/RH, seria o instrumento político institucional que nortearia as ações para a viabilidade do RIPIAS.

b) Estabelecimento de metas, programas e projetos de Reúso de Água, contemplando o RIPIAS, no Plano de Bacia do Comitê do Alto Iguaçu e Afluentes do Ribeira:

O diagnóstico já elaborado e aprovado pelo Comitê enfatiza dois fatores importantes que vem de encontro ao Reúso de Água, sobretudo o RIPIAS. A baixa disponibilidade hídrica pelo excesso de demanda de recursos hídricos em áreas urbanas e a degradação da qualidade das águas. É de fundamental importância na continuidade de elaboração das etapas previstas para a conclusão do Plano de Bacia, a inserção de metas, programa e ações específicas de RIPIAS, de acordo com as peculiaridades do Alto Iguaçu e em consonância com a Política Estadual de Reúso de Água do PLERH/PR.

c) Inserção legal do RIPIAS no processo de outorga:

É essencial para a viabilidade legal das modalidades de reúso indireto em que há incrementos de vazão no corpo hídrico, como o RIPIAS, a sua devida regulamentação junto aos diplomas legais de concessão de outorga de uso dos recursos hídricos. O conceito de que a água recuperada lançada não é passível de uso de diluição, mas uma forma de incremento de vazão a ser considerada no balanço hídrico, deve ser adotado na análise de outorga. Neste sentido, adequações na Resolução CNRH n° 016/2001 e na Portaria SUDERHSA n° 019/2007 são necessárias.

d) Aperfeiçoamento da Resolução CNRH 054/05 de Reúso de Água:

Na Resolução CNRH 054/05, sugere-se a ampliação do seu objeto com a inclusão da modalidade de reúso indireto potável. Na revisão deste diploma legal também deve se prever a integração com o instrumento de regulação dos padrões,

requisitos das modalidades de Reúso de Água, proposta do item e deste capítulo e com a normativa que trata dos padrões de potabilidade da água (Portaria MS 518/04), na situação específica do RIPIAS.

e) Criação de diploma legal relativamente às condições e padrões para o RIPIAS:

A proposta de objeto e conteúdo de um instrumento legal desta natureza contempla os seguintes aspectos:

- estar inserido no contexto do Sistema Nacional de Meio Ambiente na forma de uma resolução do CONAMA;
- estabelecer critérios, padrões e requisitos para as modalidades de Reúso de Água previstas na Resolução CNRH 054/05 aperfeiçoada (item d deste capítulo), que causem potencial impacto ambiental, incluindo o RIPIAS;
- especificamente para o RIPIAS, definir requisitos e padrões mínimos de tecnologias e processos de tratamento de esgotos, de qualidade da água recuperada e de monitoramento do sistema;
- os padrões e requisitos para qualidade da água recuperada devem estar em consonância com os padrões para água potável, definidas na Portaria MS 518/04.

f) Aperfeiçoamento da Portaria MS 518/04:

Na hipótese de aplicação do RIPIAS, há a necessidade do aperfeiçoamento da atual norma que rege os requisitos e padrões de água potável, no qual contemplaria:

- a inclusão de novos parâmetros da qualidade da água bruta e produzida, como micropoluentes e organismos emergentes;
- a adoção de um sistema de monitoramento mais consistente da qualidade da água em mananciais com frequências e pontos de coleta mais representativos;
- a implantação de sistemas de tratamento de água com tecnologias mais avançadas e com operação confiável.

Estes itens de aperfeiçoamento coincidem com as barreiras potenciais citadas no item 5.6 deste trabalho.

g) Modificação da Lei Estadual nº 12.448/98:

Para a viabilidade legal do RIPIAS da ETE Atuba Sul e na RMC, é essencial a modificação desta lei, por impedir lançamentos de efluentes de qualquer natureza, incluindo o RIPIAS, em mananciais. A alteração se daria na inserção da possibilidade de lançamento de água recuperada em mananciais para sistemas de RIPIAS, devidamente regulamentado por outros instrumentos legais como o diploma legal proposto no item e.

h) Incentivo do RIPIAS através do instrumento de cobrança do uso de recursos hídricos:

Como mecanismo de incentivo financeiro, sugere-se a dispensa de cobrança do uso dos recursos hídricos nas modalidades de reúso indireto de água, através da complementação da Resolução CNRH nº 48/05.

7 CONCLUSÕES

Na RMC a situação de escassez hídrica ocasionada pelo crescimento populacional e consequente aumento das pressões por demanda de recursos hídricos aponta ao eminente conflito pelo uso de água no futuro próximo. A capacidade de propiciar o incremento de grandes vazões aumentando a oferta de água nas bacias de mananciais atualmente utilizadas, conjugado à melhoria da qualidade das águas habilita o RIPIAS a ser uma alternativa bastante interessante nesta conjuntura.

Ressalta-se que a modalidade do RIPIAS ainda é pouco utilizada no âmbito mundial. Verifica-se também grande resistência por parte da sociedade na aceitação da implementação de projetos de reúso indireto potável, pela insegurança principalmente quanto aos riscos à saúde pública. Porém, a própria literatura indica uma tendência de aumento da aplicação desta modalidade à medida que avançam as pesquisas, as experiências bem sucedidas e a regulamentação legal.

As atuais situações dos serviços de coleta e tratamento de esgotos e de qualidade das águas dos mananciais de abastecimento público das áreas urbanas brasileiras demonstram que convivemos com o reúso indireto potável não planejado e descontrolado. A mesma preocupação quanto aos riscos à saúde humana relacionada ao RIPIAS, na verdade já é um fato presente.

Os altos custos de implantação e de operação envolvidos e a ausência de instrumentos claros de regulação e incentivo indicam uma grande potencialidade de utilização de sistemas de RIPIAS a longo prazo.

Com o crescimento da demanda por água na RMC, há necessidade premente de se buscar mananciais de abastecimento cada vez mais distantes. Como consequência há uma tendência clara de aumento significativo dos custos de reservação e adução para o efetivo abastecimento da população urbana. Este fato indica um momento no futuro em que o RIPIAS se demonstrará viável economicamente como opção de aumento de oferta de água. Concomitantemente, este oferecerá as vantagens de capacidade de prover grandes vazões, mesmo em períodos de estiagem e não estar sujeito às limitações das modalidades de reúso não potáveis,

como a sazonalidade, demandas restritas e sistemas de distribuição específicos. Neste aspecto, é preciso o aprofundamento dos estudos de avaliação e otimização dos custos de implantação e operação de tecnologias avançadas de tratamento de esgoto doméstico. Além disso, o RIPIAS pode ser utilizado como importante instrumento na recuperação e melhoria da qualidade das águas dos rios da RMC.

A ETE Atuba Sul revela-se com grande potencial para o RIPIAS, considerando a sua localização próxima aos mananciais e captações para abastecimento de água e sua capacidade de oferta quantitativa de água para reúso.

Na aplicação do método proposto de análise da potencialidade técnica e ambiental do RIPIAS na ETE Atuba Sul, chega-se às seguintes conclusões:

- a) A existência de barreiras importantes abrangendo a proteção de mananciais, rede coletora de esgotos, degradação e diluição natural de contaminantes, monitoramento da água potável e resposta às condições adversas que resultam em maior segurança na aplicação do RIPIAS. Porém, é fundamental que para a confiabilidade do sistema, haja uma complementação com o tratamento avançado na ETE Atuba Sul e nas ETAs que receberão água recuperada e o monitoramento mais abrangente e representativo dos mananciais;
- b) A necessidade de manutenção e aperfeiçoamento do controle de ligações regulares e irregulares de esgoto não doméstico na rede coletora, visando propiciar uma qualidade do esgoto afluente condizente com a capacidade de desempenho do sistema Atuba Sul, para fins de reúso indireto potável;
- c) A potencialidade de atendimento aos requisitos e padrões do modelo proposto, com exceção do atendimento aos requisitos para nitrogênio amoniacal;
- d) A indicação de um estudo de avaliação de inclusão na URA da ETE Atuba Sul de um processo de nitrificação e desnitrificação após o RALF.;
- e) A pertinência da verificação e comparação com a ETE Atuba Sul, através de pesquisa, da implantação de um processo avançado de tratamento para fins de reúso indireto potável na ETE Belém. Esta ETE possui condições

geográficas e de vazões semelhantes à ETE Atuba Sul e utiliza-se do processo de lodo ativado no tratamento de esgoto;

- f) A necessidade do aprofundamento da caracterização qualitativa dos micropoluentes e micro-organismos emergentes no esgoto afluyente e da água recuperada produzida.
- g) Cabe como sugestão após a entrada efetiva de operação da URA, que sejam implementadas as recomendações explanadas no item 5.8 deste trabalho.

Relativamente à viabilidade legal da implantação do RIPIAS na ETE Atuba Sul, conclui-se que:

- a) Há respaldo político institucional no atual arcabouço legal brasileiro e paranaense para a utilização do RIPIAS como instrumento de gestão da oferta e uso racional da água;
- b) O conjunto de diplomas legais atuais não oferecem segurança legal ao poder público e à operadora de saneamento para a aplicação do RIPIAS na situação da ETE Atuba Sul, como também em qualquer sistema de RIPIAS no âmbito brasileiro;
- c) É importante para as adequações legais visando a concretização do RIPIAS, a diferenciação do conceito de efluente e água recuperada para fins de reúso indireto potável, para ser inserido na análise dos processos de outorga;
- d) Há a necessidade de conformação ou criação de instrumentos legais nos âmbitos nacional e paranaense que dispõe sobre outorga de uso dos recursos hídricos, requisitos e padrões ambientais de incremento de água recuperada em mananciais superficiais e padrões de potabilidade da água, de forma integrada.

Sugere-se para a conformidade legal do RIPIAS as diretrizes descritas no item 6.3 deste trabalho.

Finalmente, constata-se que para a viabilidade técnica, ambiental e legal do reúso indireto potável com incremento em águas superficiais é preciso haver um novo entendimento de sistema, que não se limite somente ao monitoramento e tratamento

avanzado de uma ETE. Uma concepção de sistema único que integre todas as etapas, desde a geração dos esgotos domésticos em suas fontes, o tratamento de esgotos, a conservação da qualidade da água dos mananciais e o tratamento e distribuição da água potável.

REFERÊNCIAS

AISSE, M. M.; ANDREOLI, C. V.; **Critérios para recebimento de efluentes não domésticos nos sistemas de esgotos operados pela Sanepar e proposição de política interna.** Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, agosto de 2002.

AISSE, M. M.; COCHIM, E.; KIPERSTOK, A. Reúso urbano e rural. In: FLORENCIO, L; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. **Tratamento e utilização de esgotos sanitários.** Rio de Janeiro: ABES, 2006. (Projeto PROSAB).

AISSE, M. M.; JURGENSEN, D.; REALI, M. A. P.; PENETRA, R. G.; FLORENCIO, L.; SOBRINHO, P. A. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por sistemas de flotação. In: CHERNICARO, C. A. **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios.** Belo Horizonte, 2001. (Projeto PROSAB).

ALDER, A. C.; BRUCHET, A.; CARBALLA, M.; CLARA, M.; JOSS, A.; LOFFLER, D.; MCADELL, C. S.; MIKSCH, K.; OMIL, F.; TUHKANEN, T.; TERNES, T. A. Consumption and Occurrence. In: TERNES, T. A.; JOSS A. **Human pharmaceuticals, hormones and fragrances: the challenge of micropollutants in urban water management.** Published by IWA. London. UK. First published, 2006.

ALVARENGA, E. **Diagnóstico preliminar dos mananciais atuais e futuros do sistema integrado de abastecimento de água da RMC.** Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, 2005.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Disponibilidades e demandas de recursos hídricos no Brasil,** 2007. (Caderno de recursos hídricos 2).

_____. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil,** 2009.

ANDREOLI, C. V.; HOPPEN, C.; PEGORINI, E. S.; DALARMI, O. A crise da água e os mananciais de abastecimento. In: ANDREOLI, CLEVERSON V. **Mananciais de abastecimento: planejamento e gestão.** Estudo de caso do Altíssimo Iguaçu. Curitiba: SANEPAR. FINEP, 2003.

ANGELAKIS, A. N.; BONTOUX, L.; LAZAROVA, V. Challenges and perspectives for water recycling and reuse in EU countries. **Water Science Technology: Water Supply.** v. 3, n. 4, IWA, 2003

ASANO, T.; BURTON, F. L.; LEVERENZ, H. L.; TSUCHIHASHI, R.; TCHOBANOGLOUS, G. **Water reuse: issues, technologies, and applications.** Mc Graw Hill, 2007.

BASTOS, R. K. X.; BRANDÃO, C. C. S.; CERQUEIRA, D. A. Tratamento de Água e Remoção de Protozoários. In: PÁDUA, V. L. **Remoção de micro-organismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. (Projeto PROSAB).

BEVILACQUA, P. D.; BASTOS, R. K. X.; LANNA, E. A. T. Uso de Esgotos Tratados para Produção Animal. In: FLORENCIO, L; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro, 2006. (Projeto PROSAB).

BEVILACQUA, P. D.; AZEVEDO, S. M. F. O.; CERQUEIRA, D. A. Micro-organismos Emergentes: Protozoários e Cianobactérias. In: PÁDUA, V. L. **Remoção de micro-organismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. (Projeto PROSAB).

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo, CETESB, 1979.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federal do Brasil**, Brasília, 2 de setembro de 1981.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art.1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da República Federal do Brasil**, Brasília, 9 de janeiro de 1997.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei n. 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federal do Brasil**, Brasília, 11 de janeiro de 2007.

BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P. C. S. O conceito de reúso de água. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de Água**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. Barueri, SP: Manole, 2003.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1997.

CHERNICHARO, C. A. L.; DANIEL, L. A.; SENS, M.; CORAUCCI FILHO, B. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por sistemas de desinfecção. In: CHERNICARO, C. A. **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios**. Belo Horizonte, 2001. (Projeto PROSAB).

CHERNICHARO, C. A. L.; FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; PIVELI, R. P.; VON SPERLING, M.; MONTEGGIA, L. O. Tratamento de esgotos e produção de efluentes adequados a diversas modalidades de reúso da água. In: FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. (Projeto PROSAB).

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução n° 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. **Diário Oficial da União**, Brasília, 22 de dezembro de 1997.

_____. Resolução n° 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 de março de 2005.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Resolução n° 12, de 19 de julho de 2000. Estabelece procedimentos para enquadramento de corpos de água em classes segundo os usos preponderantes. **Diário Oficial da União**, Brasília, 20 de julho de 2000.

_____. Resolução n° 16, de 8 de maio de 2001. Estabelece critérios gerais para outorga de direito de uso de recursos hídricos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 14 de maio de 2001.

_____. Resolução n° 17, de 29 de maio de 2001. Estabelece diretrizes para elaboração dos Planos de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas. **Diário Oficial da União**, Brasília, 10 de julho de 2001.

_____. Resolução n°48, de 21 de março de 2005. Estabelece critérios gerais para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 de julho de 2005.

_____. Resolução n° 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 09 de março de 2006.

_____. Resolução n° 58, de 30 de janeiro de 2006. Aprova o Plano Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 08 de março de 2006.

_____. Resolução nº 91, de 5 de novembro de 2008. Dispõe sobre procedimentos gerais para enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 06 de fevereiro de 2009.

FINK, R. D.; SANTOS, H. F. A legislação de reúso de água. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de Água**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. Barueri. SP: Manole, 2003.

FLORENCIO, L; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. (Coord.) **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. (Projeto PROSAB).

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Cianobactérias tóxicas na água para consumo humano na saúde pública e processos de remoção em água para consumo humano**. Brasília, 2003.

GIORDANI, S. **Averiguações das disponibilidades de reúso de efluentes domésticos tratados nas bacias ao Alto Iguaçu e Alto Ribeira. Região de Curitiba**. Curitiba, 2002. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná.

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 131-158, mai./ago. 2008.

JOSS, A.; KLASCHLA, U.; KNACKER, T.; LIEBIG, M.; LIENERT, J.; TERNES, T. A.; WENNMALM, A. Source Control, Source Separation. In: TERNES, Thomas. A.; JOSS Adriano. **Human pharmaceuticals, hormones and fragrances: the challenge of micropollutants in urban water management**. Published by IWA. London. UK. First published 2006. Reprint 2008.

JOSS, A.; CARBALLA, M.; KREUZINGER, N.; SIEGRIST, H.; ZABCZYNSKI, S. Wastewater Treatment. In: TERNES, Thomas. A.; JOSS Adriano. **Human pharmaceuticals, hormones and fragrances: the challenge of micropollutants in urban water management**. Published by IWA. London. UK. First published 2006. Reprint 2008.

LAVRADOR FILHO, J. **Contribuição para o entendimento do reúso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil**. São Paulo, 1987. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. .

MANCUSO, P. C. S. Tecnologia de reúso da água. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de Água**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. Barueri. SP: Manole, 2003.

METCALF & EDDY. **Wastewater engineering treatment and reuse**. 4 th ed. Mc GrawHill, 2003.

MIERZWA, J. C.; AQUINO, S. F. Contaminantes orgânicos presentes em microquantidades em mananciais de água para abastecimento público. In: PÁDUA, V. L. **Remoção de micro-organismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. (Projeto PROSAB).

MILLER, W. Regulatory Approaches and Overview. In: 3º WORKSHOP DE USO E REÚSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS. **Anais...** São Paulo, maio, 2009. SABESP.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Programas de articulação intersetorial, interinstitucional e intra-institucional da gestão integrada de recursos hídricos no Brasil, v. 2, Brasília, 2008.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. COORDENAÇÃO GERAL DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE AMBIENTAL. **Portaria MS nº 518/2004**. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005.

MORIKAWA, L. **Introdução ao carbono ativado**. Curitiba, Indústrias Químicas Carbomafra S.A. 1990.

NUVOLARI, A.; COSTA, R. H. P. G. Tratamento de efluentes. In: TELLES, D.D.A.; COSTA, R. H. P. G. **reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. São Paulo: Bucher, 2007.

PARANÁ. Decreto nº 3411, de 10 de setembro de 2008. Declara as Áreas de Interesse de Mananciais de Abastecimento Público para a Região Metropolitana de Curitiba e dá outras providências. **Diário Oficial do Paraná**, Curitiba, 11 de setembro de 2008.

PARANÁ. Lei nº 12.248, de 31 de julho de 1998. Cria o Sistema Integrado de Gestão e Proteção dos Mananciais da RMC. **Diário Oficial do Paraná**, Curitiba, 03 de agosto de 1998.

PETERS, E. L.; PIRES, P. T. L. **Manual de direito ambiental**. 2. ed. Curitiba: Juruá, 2002.

PORTO, M. F. A. **Bacias críticas: bases técnicas para a definição de metas progressivas para o seu enquadramento e a integração com os demais instrumentos de gestão**. UFPr/USP. MCT/FINEP/CT-HIDRO. Outubro de 2007.

PROJETO NOVAQUATIS. Disponível em: <<http://www.novaquatis.eawag.ch>>. Acesso em 13/03/10.

PROJETO POISEDON. Disponível em: <http://www.poisedon.geo.uni.mainz.de>. Acesso em 21/01/10.

RODRIGUES, R. S.; **As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil: proposta de regulamentação do reúso no Brasil**. Dissertação de Mestrado. São Paulo, 2005. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.

SANTOS, H. F.; MANCUSO, P. C. S. A escassez e o Reúso de Água em âmbito mundial. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. Barueri. SP: Manole, 2003.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Resolução nº 61 CERH/PR**, de 09 de dezembro de 2009.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. Resolução Nº 021/09 – SEMA, de 22 de abril de 2009. Dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento. **Diário Oficial do Paraná**, Curitiba, 30 de junho de 2009.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. SUPEINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANAMENTO AMBIENTAL. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Paraná**. Curitiba, novembro de 2009.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Sistema nacional de informações sobre saneamento**: diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2008. Brasília: MCIDADES. SNSA, 2010.

SUDERHSA - SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL. Portaria n. 019/2007 – Gabinete, de 15 de maio de 2007. Estabelece as normas e procedimentos administrativos para a análise técnica de requerimentos de Outorga Prévia (OP) e de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos (OD) para empreendimentos de saneamento básico e dá outras providências. **Diário Oficial do Paraná**, Curitiba, 22 de maio de 2007.

_____. **Plano da Bacia do Alto Iguaçu e Afluentes do Ribeira**. Relatório de Diagnóstico. Curitiba, novembro de 2007.

TERNES, T. A.; KREUZINGER, N.; LAZAROVA, L. Indirect Potable Water Reuse. In: TERNES, T. A.; JOSS A. **Human pharmaceuticals, hormones and fragrances: the challenge of micropollutants in urban water management**. Published by IWA. London. UK. First published 2006. Reprint 2008.

UNESCO. **The United Nations World Water Development Report 3**. Water In Changing World. 2009.

UNIÃO EUROPÉIA. **Directiva 91/271/CEE do Conselho**. Relativa ao tratamento de águas residuais urbanas. 21 de maio de 1991.

USEPA. U.S Enviromental Protection Agency. **Guidelines for Water Reuse**. EPA/625/R-04/106. September 2004.

USEPA - U.S Enviromental Protection Agency. Drinking Water Contaminants. List od Contaminants & their MCLs. Disponível em: [http:// www.epa.gov/safewater /contaminants](http://www.epa.gov/safewater/contaminants). Acesso em 27/02/10.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 1996, 243 p.

WATEREUSE FOUNDATION. **Best practices for developing indirect potable reuse projects**: Phase 1 Report. United States of America. 2004.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater**. 3rd ed., v. 1, Policy and regulatory aspects, World Health Organization, Geneva, Switzerland. 2006.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Reuse of effluents**: methods of wastewater treatment and health safeguards. Of a WHO meeting of experts. Technical report Series n. 517. Genebra, 1973.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO AND UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND. UNICEF. **Global water supply and sanitation assessment 2000 report**.

GLOSSÁRIO

AERÓBIO: Organismos que requerem o oxigênio livre do ar para manter a vida.

ANAERÓBIO: Organismos que não requerem ar ou oxigênio livre para manter a vida.

CAPACIDADE DE ASSIMILAÇÃO DE CARGAS DE ESGOTOS: Indicador, cujo calculo leva-se em conta a carga de esgoto domestico gerada (toneladas de DBO_{5,20} /dia), considerando a população urbana de cada município. Desse valor são subtraídos os volumes tratados de esgoto. Considera-se os corpos d'água, enquadrados na classe 2 (Resolução CONAMA 357/05), que determina como limite máximo de DBO_{5,20} o valor de 5 mg/L. Para a estimativa da capacidade de assimilação, multiplica-se a vazão disponível pelo valor de 5 mg/L e transforma-se os dados para toneladas de DBO_{5,20} /dia. Considera-se o decaimento da carga orgânica no trecho a jusante do como exponencial. Os valores de carga de esgoto doméstico são divididos pelas cargas assimiláveis calculadas para as vazões media e disponível. Valores superiores a 1 indicam que a carga orgânica lançada é superior à carga assimilável. Valores inferiores a 1 indicam que a carga orgânica lançada é inferior à carga assimilável. A escala de valores utilizada indica uma determinada condição, podendo ser caracterizada em ótima (0 a 0,5), boa (0,5 a 1,0), razoável (1 a 1,5), ruim (1,5 a 20) e péssima (> 20) .

CISTO: é a forma resistente e dormente de organismos unicelulares que se propagam no meio ambiente.

CURVA DE PERMANÊNCIA: obtida através da frequência da ocorrência das vazões ou níveis de uma determinada bacia e retrata a parcela de tempo em que uma determinada vazão é igualada ou superada durante o período analisado.

EUTROFIZAÇÃO: Enriquecimento por nutrientes, principalmente por compostos nitrogenados e fosforados, ocasionado à degradação da qualidade das águas. Este fenômeno é promovido pelo desenvolvimento de uma superpopulação de organismos decompositores que consomem oxigênio ocasionando a morte das espécies aeróbias por asfixia.

IQA (Índice da Qualidade da Água): índice que adota uma média ponderada dos parâmetros oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio

(DBO₅), nitrogênio total, fósforo total, turbidez, sólidos totais e temperatura. Os valores ou classes encontrados correspondem a uma determinada condição da qualidade da água (ótima, boa, regular, ruim ou péssima). Diagnóstico Preliminar dos Mananciais Atuais e Futuros do Sistema Integrado de Abastecimento de Água da RMC- 2005.

MICROPOLUENTES: substâncias orgânicas encontradas em concentrações extremamente baixas nas águas superficiais e subterrâneas e nos esgotos domésticos tratados e não tratados. Inclui-se neste grupo os agrotóxicos, fármacos, substâncias de efeito endócrino, compostos oriundos de produtos de higiene pessoal, PCBs, metais, dioxinas e furanos.

OOCISTO: Protozoários parasitas entéricos podem produzir cistos e oocistos. O oocisto é a forma normalmente infecciosa, resistente ao ambiente e que contém esporozóides.

Q_{95%}: Vazão com permanência em 95% do tempo, obtida através da curva de permanência.

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 – Portaria MS 518/2004.

SOLUÇÃO ALTERNATIVA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO: Toda a modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água, incluindo, entre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontal e vertical – Portaria MS 518/2004.

TEMPO DE PERCURSO: Tempo decorrido entre as passagens de uma partícula de água de um ponto dado à outro à jusante.

TEMPO DE RESIDÊNCIA: tempo necessário para que toda a água de um reservatório seja renovada.

TRATAMENTO CONVENCIONAL DE ÁGUA: processo de tratamento de águas para abastecimento humano compreendendo a clarificação com a utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH.

TRATAMENTO SIMPLIFICADO DE ÁGUA: processo de tratamento de águas para abastecimento humano compreendendo a clarificação por meio de filtração, desinfecção e correção de pH, quando necessário.

USO CONSUNTIVO: Compreende todas as atividades em que o uso da água provoca uma diminuição da disponibilidade dos recursos hídricos, como consumo industrial, doméstico e irrigação.

VAZÃO ESPECÍFICA: Relação entre a vazão natural e a área de drenagem (da bacia hidrográfica) relativa a secções de cursos d'água. É expressa em $L/s/km^2$.

VAZÃO DE REFERÊNCIA: vazão do corpo hídrico utilizada como base para o processo de gestão, tendo em vista o uso múltiplo das águas e a necessária articulação das instâncias do Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH

ZONA DE MSITURA: região do corpo receptor onde ocorre a diluição inicial de um efluente.

ANEXOS

| | |
|--|-----|
| ANEXO 1 - BACIA DO ALTO IGUAÇU NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA | 219 |
| ANEXO 2 - COMPOSIÇÃO E COMPETÊNCIAS DE ORGANISMOS INTEGRANTES DO SISTEMA NACIONAL DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS | 221 |
| ANEXO 3 - PADRÕES PARA ÁGUAS DOCES CLASSES 2 E 3 DA RESOLUÇÃO CONAMA 357/05 | 224 |
| ANEXO 4 - CONDIÇÕES E PADRÕES DE EFLUENTES DE ACORDO COM O ARTIGO 34 DA RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005, ALTERADA PELA RESOLUÇÃO CONAMA N° 397/2008 | 231 |
| ANEXO 5 - RESUMO DOS PADRÕES DE PARÂMETROS E PLANOS DE AMOSTRAGEM DA PORTARIA MINISTÉRIO DA SAÚDE 518/04 (POTABILIDADE DE ÁGUA)..... | 234 |

ANEXO 1 - BACIA DO ALTO IGUAÇU NA REGIÃO METROPOLITANA
DE CURITIBA

ANEXO 2 - COMPOSIÇÃO E COMPETÊNCIAS DE ORGANISMOS
INTEGRANTES DO SISTEMA NACIONAL DE GERENCIAMENTO DE
RECURSOS HÍDRICOS

COMPOSIÇÃO E COMPETÊNCIAS DE ORGANISMOS DO SINGRH

| | COMPOSIÇÃO | COMPETÊNCIA |
|--|--|--|
| Conselho Nacional de Recursos Hídricos | <ul style="list-style-type: none"> – representantes dos Ministérios e Secretarias da Presidência da República com atuação no gerenciamento ou no uso de recursos hídricos; – representantes indicados pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos; – representantes dos usuários dos recursos hídricos; – representantes das organizações civis de recursos hídricos. | <ul style="list-style-type: none"> – promover a articulação do planejamento de recursos hídricos com os planejamentos nacional, regional, estaduais e dos setores usuários; – arbitrar, em última instância administrativa, os conflitos existentes entre Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos; – deliberar sobre os projetos de aproveitamento de recursos hídricos cujas repercussões extrapolem o âmbito dos Estados em que serão implantados; – deliberar sobre as questões que lhe tenham sido encaminhadas pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos ou pelos Comitês de Bacia Hidrográfica; – analisar propostas de alteração da legislação pertinente a recursos hídricos e à Política Nacional de Recursos Hídricos; – estabelecer diretrizes complementares para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; – aprovar propostas de instituição dos Comitês de Bacia Hidrográfica e estabelecer critérios gerais para a elaboração de seus regimentos; – acompanhar a execução e aprovar o Plano Nacional de Recursos Hídricos e determinar as providências necessárias ao cumprimento de suas metas – estabelecer critérios gerais para a outorga de direitos de uso de recursos hídricos e para a cobrança por seu uso. |
| Comitês de Bacia Hidrográfica | <p>Representantes da:</p> <ul style="list-style-type: none"> – União; – dos Estados e do Distrito Federal cujos territórios se situem, ainda que parcialmente, em suas respectivas áreas de atuação; – dos Municípios situados, no todo ou em parte, em sua área de atuação; – dos usuários das águas de sua área de atuação; – das entidades civis de recursos hídricos com atuação comprovada na bacia. | <ul style="list-style-type: none"> – promover o debate das questões relacionadas a recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes; – arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos; – aprovar o Plano de Recursos Hídricos da bacia; – acompanhar a execução do Plano de Recursos Hídricos da bacia e sugerir as providências necessárias ao cumprimento de suas metas; – propor ao Conselho Nacional e aos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos as acumulações, derivações, captações e lançamentos de pouca expressão, para efeito de isenção da obrigatoriedade de outorga de direitos de uso de recursos hídricos, de acordo com os domínios destes; – estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e sugerir os valores a serem cobrados; – estabelecer critérios e promover o rateio de custo das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo. |

| ENTIDADE | FUNÇÃO | COMPETÊNCIA |
|------------------|---|--|
| Agência de Bacia | Secretaria executiva do respectivo ou respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica. Tem a mesma área de atuação de um ou mais Comitês de Bacia Hidrográfica. | <ul style="list-style-type: none"> – manter balanço atualizado da disponibilidade de recursos hídricos em sua área de atuação; – manter o cadastro de usuários de recursos hídricos; – efetuar, mediante delegação do outorgante, a cobrança pelo uso de recursos hídricos; – analisar e emitir pareceres sobre os projetos e obras a serem financiados com recursos gerados pela cobrança pelo uso de Recursos Hídricos e encaminhá-los à instituição financeira responsável pela administração desses recursos; – acompanhar a administração financeira dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos em sua área de atuação; – gerir o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos em sua área de atuação; – celebrar convênios e contratar financiamentos e serviços para a execução de suas competências; – elaborar a sua proposta orçamentária e submetê-la à apreciação do respectivo ou respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica; – promover os estudos necessários para a gestão dos recursos hídricos em sua área de atuação; – elaborar o Plano de Recursos Hídricos para apreciação do respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica; – propor ao respectivo ou respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica: <ul style="list-style-type: none"> a) o enquadramento dos corpos de água nas classes de uso, para encaminhamento ao respectivo Conselho Nacional ou Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, de acordo com o domínio destes; b) os valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos; c) o plano de aplicação dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos; d) o rateio de custo das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo. |

FONTE: Lei 9.433/1997.

ANEXO 3 - PADRÕES PARA ÁGUAS DOCES CLASSES 2 E 3 DA RESOLUÇÃO
CONAMA 357/05

**PADRÕES PARA ÁGUAS DOCES – CLASSE 2
RESOLUÇÃO - CONAMA 357/05**

- a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido.
- b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;
- e) não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;
- f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;
- g) coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA n° 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
- h) cor verdadeira: até 75 mg Pt/L;
- i) turbidez: até 100 UNT;
- j) DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O₂;
- k) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O₂;
- l) pH: 6,0 a 9,0.
- m) clorofila *a*: até 30 µg/L;
- n) densidade de cianobactérias: até 50000 cel/mL ou 5 mm³/L;
- o) Sólidos dissolvidos totais - 500 mg/L

PARÂMETROS INORGÂNICOS VALOR MÁXIMO

- Alumínio dissolvido- 0,1 mg/L Al
- Antimônio - 0,005mg/L Sb
- Arsênio total- 0,01 mg/L As
- Bário total - 0,7 mg/L Ba
- Berílio total - 0,04 mg/L Be
- Boro total 0,5 -mg/L B
- Cádmio total- 0,001 mg/L Cd
- Chumbo total- 0,01mg/L Pb
- Cianeto livre - 0,005 mg/L CN
- Cloreto total- 250 mg/L Cl
- Cloro residual total (combinado + livre)- 0,01 mg/L Cl
- Cobalto total -0,05 mg/L Co
- Cobre dissolvido -0,009 mg/L Cu
- Cromo total -0,05 mg/L Cr
- Ferro dissolvido -0,3 mg/L Fe
- Fluoreto total -1,4 mg/L F
- Fósforo total (ambiente lêntico) -0,030 mg/L de P

- Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)- 0,050 mg/L P
- Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários) -0,1 mg/L P
- Lítio total -2,5 mg/L Li
- Manganês total -0,1 mg/L Mn
- Mercúrio total- 0,0002 mg/L Hg
- Níquel total -0,025 mg/L Ni
- Nitrato- 10,0 mg/L N
- Nitrito- 1,0 mg/L N
- Nitrogênio amoniacal total
3,7mg/L N, para $\text{pH} \leq 7,5$
2,0 mg/L N, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$
1,0 mg/L N, para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$
0,5 mg/L N, para $\text{pH} > 8,5$
- Prata total -0,01 mg/L Ag
- Selênio total- 0,01 mg/L Se
- Sulfato total- 250 mg/L SO_4
- Sulfeto (H_2S não dissociado) -0,002 mg/L S
- Urânio total -0,02 mg/L U
- Vanádio total -0,1 mg/L V
- Zinco total- 0,18 mg/L Zn

PARÂMETROS ORGÂNICOS VALOR MÁXIMO

- Acrilamida- 0,5 $\mu\text{g/L}$
- Alacloro- 20 $\mu\text{g/L}$
- Aldrin + Dieldrin -0,005 $\mu\text{g/L}$
- Atrazina -2 $\mu\text{g/L}$
- Benzeno -0,005 mg/L
- Benzidina -0,001 $\mu\text{g/L}$
- Benzo(a)antraceno- 0,05 $\mu\text{g/L}$
- Benzo(a)pireno -0,05 $\mu\text{g/L}$
- Benzo(b)fluoranteno- 0,05 $\mu\text{g/L}$
- Benzo(k)fluoranteno- 0,05 $\mu\text{g/L}$
- Carbaril -0,02 $\mu\text{g/L}$
- Clordano -(cis + trans)- 0,04 $\mu\text{g/L}$
- 2-Clorofenol- 0,1 $\mu\text{g/L}$
- Criseno -0,05 $\mu\text{g/L}$
- 2,4-D- 4,0 $\mu\text{g/L}$
- Demeton -(Demeton-O + Demeton-S)- 0,1 $\mu\text{g/L}$
- Dibenzo(a,h)antraceno- 0,05 $\mu\text{g/L}$

- 1,2-Dicloroetano-0,01 mg/L
- 1,1-Dicloroetano- 0,003 mg/L
- 2,4-Diclorofenol - 0,3 µg/L
- Diclorometano- 0,02 mg/L
- DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD) -0,002 µg/L
- Dodecacloro pentaciclodecano- 0,001 µg/L
- Endossulfan (α + β + sulfato) -0,056 µg/L
- Endrin- 0,004 µg/L
- Estireno -0,02 mg/L
- Etilbenzeno -90,0 µg/L
- Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina) -0,003 mg/L C₆ H₅ OH
- Glifosato -65 µg/L
- Gution -0,005 µg/L
- Heptacloro epóxido + Heptacloro -0,01 µg/L
- Hexaclorobenzeno- 0,0065 µg/L
- Indeno(1,2,3-cd)pireno -0,05 µg/L
- Lindano (g-HCH)- 0,02 µg/L
- Malation- 0,1 µg/L
- Metolacloro- 10 µg/L
- Metoxicloro- 0,03 µg/L
- Paration- 0,04 µg/L
- PCBs - Bifenilas policloradas 0,001 µg/L
- Pentaclorofenol -0,009 mg/L
- Simazina -2,0 µg/L
- Substâncias tensoativas que reagem com o azul de etileno- 0,5 mg/L LAS
- 2,4,5-T- 2,0 µg/L
- Tetracloroeto de carbono- 0,002 mg/L
- Tetracloroetano 0,01 mg/L
- Tolueno -2,0 µg/L
- Toxafeno -0,01 µg/L
- 2,4,5-TP -10,0 µg/L
- Tributilestanho- 0,063 µg/L TBT
- Triclorobenzeno -(1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB) 0,02 mg/L
- Tricloroetano -0,03 mg/L
- 2,4,6-Triclorofenol -0,01 mg/L
- Trifluralina -0,2 µg/L
- Xileno -300 µg/L

**PADRÕES PARA ÁGUAS DOCES – CLASSE 3
RESOLUÇÃO - CONAMA 357/05**

- a) não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;
- b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;
- e) não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;
- f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;
- g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A E. Coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
- h) cianobactérias para dessedentação de animais: os valores de densidade de cianobactérias não deverão exceder 50.000 cel/ml, ou 5mm³/L;
- i) DBO 5 dias a 20°C até 10 mg/L O₂;
- j) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O₂;
- k) turbidez até 100 UNT;
- l) cor verdadeira: até 75 mg Pt/L;
- m) : 6,0 a 9,0.;

- n) Clorofila a 60 µg/L

- o) Densidade de cianobactérias 100.000 cel/mL ou 10 mm³/L

- p) Sólidos dissolvidos totais 500 mg/L

PARÂMETROS INORGÂNICOS Valor máximo

- Alumínio dissolvido 0,2 mg/L Al
- Arsênio total 0,033 mg/L As
- Bário total 1,0 mg/L Ba
- Berílio total 0,1 mg/L Be
- Boro total 0,75 mg/L B
- Cádmio total 0,01 mg/L Cd
- Chumbo total 0,033 mg/L Pb
- Cianeto livre 0,022 mg/L CN
- Cloreto total 250 mg/L Cl
- Cobalto total 0,2 mg/L Co
- Cobre dissolvido 0,013 mg/L Cu
- Cromo total 0,05 mg/L Cr
- Ferro dissolvido 5,0 mg/L Fe
- Fluoreto total 1,4 mg/L F

- Fósforo total (ambiente lêntico) 0,05 mg/L P
- Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico) - 0,075 mg/L P
- Fósforo total (ambiente lóxico e tributários de ambientes intermediários) -0,15 mg/L P
- Lítio total 2,5 mg/L Li
- Manganês total 0,5 mg/L Mn
- Mercúrio total 0,002 mg/L Hg
- Níquel total 0,025 mg/L Ni
- Nitrato 10,0 mg/L N
- Nitrito 1,0 mg/L N
- Nitrogênio amoniacal total
5,6 mg/L N, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$
2,2 mg/L N, para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$
1,0 mg/L N, para $\text{pH} > 8,5$
- Prata total 0,05 mg/L Ag
- Selênio total 0,05 mg/L Se
- Sulfato total 250 mg/L SO₄
- Sulfeto (como H₂S não dissociado) 0,3 mg/L S
- Urânio total 0,02 mg/L U
- Vanádio total 0,1 mg/L V
- Zinco total 5 mg/L Zn

PARÂMETROS ORGÂNICOS Valor máximo

- Aldrin + Dieldrin 0,03 µg/L
- Atrazina 2 µg/L
- Benzeno 0,005 mg/L
- Benzo(a)pireno 0,7 µg/L
- Carbaril 70,0 µg/L
- Clordano (cis + trans) 0,3 µg/L
- 2,4-D - 30,0 µg/L
- DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD) -1,0 µg/L
- Demeton (Demeton-O + Demeton-S) - 14,0 µg/L
- 1,2-Dicloroetano - 0,01 mg/L
- 1,1-Dicloroetano - 30 µg/L
- Dodecacloro Pentaciclodecano - 0,001 µg/L
- Endossulfan (a + b + sulfato) - 0,22 µg/L
- Endrin - 0,2 µg/L
- Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina) - 0,01 mg/L C₆H₅OH
- Glifosato -280 µg/L
- Gution -0,005 µg/L

- Heptacloro epóxido + Heptacloro - 0,03 µg/L
- Lindano (g-HCH) - 2,0 µg/L
- Malation - 100,0 µg/L
- Metoxicloro - 20,0 µg/L
- Paration -35,0 µg/L
- PCBs - Bifenilas policloradas - 0,001 µg/L
- Pentaclorofenol -0,009 mg/L
- Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno 0,5 mg/L LAS
- 2,4,5-T - 2,0 µg/L
- Tetracloro de carbono - 0,003 mg/L
- Tetracloroetano - 0,01 mg/L
- Toxafeno -0,21 µg/L
- 2,4,5-TP -10,0 µg/L
- Tributilestano -2,0 µg/L TBT
- Tricloroetano -0,03 mg/L
- 2,4,6-Triclorofenol -0,01 mg/L

ANEXO 4 - CONDIÇÕES E PADRÕES DE EFLUENTES DE ACORDO COM O
ARTIGO 34 DA RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005, ALTERADA PELA
RESOLUÇÃO CONAMA N° 397/2008

CONDIÇÕES E PADRÕES DE EFLUENTES DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005 (artigo 34), ALTERADA PELA RESOLUÇÃO CONAMA N° 397/2008

§ 1° - O efluente não deveser causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de toxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

§ 2° - Os critérios de toxicidade previstos no § 1° devem se basear em resultados de ensaios ecotoxicológicos padronizados, utilizando organismos aquáticos, e realizados no efluente.

§ 3° - Nos corpos de água em que as condições e padrões de qualidade previstos nesta Resolução não incluam restrições de toxicidade a organismos aquáticos, não se aplicam os parágrafos anteriores.

§ 4° Condições de lançamento de efluentes:

I - pH entre 5 a 9;

II - temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deveser exceder a 3°C na zona de mistura;

II - temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deveser exceder a 3°C no limite da zona de mistura, desde que não comprometa os usos previstos para o corpo d' água; (nova redação dada pela Resolução CONAMA n° 397/08)

III - materiais sedimentáveis: ate 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deveser estar virtualmente ausentes;

IV - regime de lançamento com vazão máxima de ate 1,5 vezes a vazão media do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;

V - óleos e graxas:

1 - óleos minerais: ate 20mg/L;

2 - óleos vegetais e gorduras animais: ate 50mg/L; e

VI - ausência de materiais flutuantes.

§ 5º *Padrões de lançamento de efluentes:*

| TABELA X – LANÇAMENTO DE EFLUENTES | |
|--|-----------------|
| PADRÕES | |
| Parâmetros inorgânicos | Valor máximo |
| Arsênio total | 0,5 mg/L As |
| Bário total | 5,0 mg/L Ba |
| Boro total | 5,0 mg/L B |
| Cádmio total | 0,2 mg/L Cd |
| Chumbo total | 0,5 mg/L Pb |
| Cianeto total | 1,0 mg/L CN |
| Cianeto livre (destilável por ácidos fracos) | 0,2 mg/L CN |
| Cobre dissolvido | 1,0 mg/L Cu |
| Cromo total hexavalente | 0,1 mg/L Cr6+ |
| Cromo trivalente | 1,0 mg/L Cr3+ |
| Estanho total | 4,0 mg/L Sn |
| Ferro dissolvido | 15,0 mg/L Fe78 |
| Fluoreto total | 10,0 mg/L F |
| Manganês dissolvido | 1,0 mg/L Mn |
| Mercurio total | 0,01 mg/L Hg |
| Níquel total | 2,0 mg/L Ni |
| Nitrogênio amoniacal total | 20,0 mg/L N |
| Prata total | 0,1 mg/L Ag |
| Selênio total | 0,30 mg/L Se |
| Sulfeto | 1,0 mg/L S |
| Zinco total | 5,0 mg/L Zn |
| Parâmetros orgânicos | Valor máximo |
| Cloroformio | 1,0 mg/L |
| Dicloroetano (somatório de 1,1 + 1,2 cis + 1,2 trans) | 1,0 mg/L |
| Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina) | 0,5 mg/L C6H5OH |
| Tetracloroeto de Carbono | 1,0 mg/L |
| Tricloroetano | 1,0 mg/L |

§ 6º *O parâmetro boro total não será aplicável a águas salinas, devendo o CONAMA definir regulamentação específica, no prazo de seis meses a contar da publicação desta Resolução.*

§ 7º *O parâmetro nitrogênio amoniacal total não será aplicável em sistemas de tratamento de esgotos sanitários.*

ANEXO 5 - RESUMO DOS PADRÕES DE PARÂMETROS E PLANOS DE
AMOSTRAGEM DA PORTARIA MINISTÉRIO DA SAÚDE 518/04
(POTABILIDADE DE ÁGUA)

RESUMO DOS PADRÕES DE PARÂMETROS E PLANOS DE AMOSTRAGEM DA PORTARIA 518/04 – MINISTÉRIO DA SAÚDE- POTABILIDADE DE ÁGUA

A água potável deve estar em conformidade com o padrão microbiológico conforme Tabela 1, a seguir:

Tabela 1 - Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano

| PARÂMETRO | VMP ⁽¹⁾ |
|--|---|
| Água para consumo humano ⁽²⁾ | |
| <i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾ | Ausência em 100ml |
| Água na saída do tratamento | |
| Coliformes totais | Ausência em 100ml |
| Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede) | |
| <i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾ | Ausência em 100ml |
| Coliformes totais | Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: Ausência em 100ml em 95% das amostras examinadas no mês; Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês: Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100ml |

NOTAS:

(1) Valor Máximo Permitido.

(2) água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras.

(3) a detecção de *Escherichia coli* deve ser preferencialmente adotada.

Tabela 2 - Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção

| TRATAMENTO DA ÁGUA | VMP ⁽¹⁾ |
|--|---|
| Desinfecção (água subterrânea) | 1,0 UT ⁽²⁾ em 95% das amostras |
| Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta) | 1,0 UT ⁽²⁾ |
| Filtração lenta | 2,0 UT ⁽²⁾ em 95% das amostras |

NOTAS:

(1) Valor máximo permitido.

(2) Unidade de turbidez.

Tabela 3 - Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde

| PARÂMETRO | Unidade | VMP ⁽¹⁾ |
|---------------------------------|---------|--------------------|
| INORGÂNICAS | | |
| Antimônio | mg/L | 0,005 |
| Arsênio | mg/L | 0,01 |
| Bário | mg/L | 0,7 |
| Cádmio | mg/L | 0,005 |
| Cianeto | mg/L | 0,07 |
| Chumbo | mg/L | 0,01 |
| Cobre | mg/L | 2 |
| Cromo | mg/L | 0,05 |
| Fluoreto ⁽²⁾ | mg/L | 1,5 |
| Mercúrio | mg/L | 0,001 |
| Nitrato (como N) | mg/L | 10 |
| Nitrito (como N) | mg/L | 1 |
| Selênio | mg/L | 0,01 |
| ORGÂNICAS | | |
| Acetilamida | µg/L | 0,5 |
| Benzeno | µg/L | 5 |
| Benzo[a]pireno | µg/L | 0,7 |
| Cloro de Vinila | µg/L | 5 |
| 1,2 Dicloroetano | µg/L | 10 |
| 1,1 Dicloroetano | µg/L | 30 |
| Diclorometano | µg/L | 20 |
| Estireno | µg/L | 20 |
| Tetracloro de Carbono | µg/L | 2 |
| Tetracloroetano | µg/L | 40 |
| Triclorobenzenos | µg/L | 20 |
| Tricloroetano | µg/L | 70 |
| AGROTÓXICOS | | |
| Alaclor | µg/L | 20,0 |
| Aldrin e Dieldrin | µg/L | 0,03 |
| Atrazina | µg/L | 2 |
| Bentazona | µg/L | 300 |
| Clordano (isômeros) | µg/L | 0,2 |
| 2,4 D | µg/L | 30 |
| DDT (isômeros) | µg/L | 2 |
| Endossulfan | µg/L | 20 |
| Endrin | µg/L | 0,6 |
| Glifosato | µg/L | 500 |
| Heptacloro e Heptacloro epóxido | µg/L | 0,03 |
| Hexaclorobenzeno | µg/L | 1 |
| Lindano (g-BHC) | µg/L | 2 |
| Metolacoloro | µg/L | 10 |

continua

conclusão

| | | |
|---|------|-------|
| Metoxicloro | µg/L | 20 |
| Molinato | µg/L | 6 |
| Pendimetalina | µg/L | 20 |
| Pentaclorofenol | µg/L | 9 |
| Permetrina | µg/L | 20 |
| Propanil | µg/L | 20 |
| Simazina | µg/L | 2 |
| Trifluralina | µg/L | 20 |
| CIANOTOXINAS | | |
| Microcistinas ⁽³⁾ | µg/L | 1,0 |
| DESINFETANTES E PRODUTOS SECUNDÁRIOS DA DESINFECÇÃO | | |
| Bromato | mg/L | 0,025 |
| Clorito | mg/L | 0,2 |
| Cloro livre ⁽⁴⁾ | mg/L | 5 |
| Monocloramina | mg/L | 3 |
| 2,4,6 Triclorofenol | mg/L | 0,2 |
| Trihalometanos Total | mg/L | 0,1 |

NOTAS:

(1) Valor Máximo Permitido.

(2) Os valores recomendados para a concentração de íon fluoreto devem observar à legislação específica vigente relativa à fluoretação da água, em qualquer caso devendo ser respeitado o VMP desta Tabela.

(3) É aceitável a concentração de até 10 µg/L de microcistinas em até 3 (três) amostras, consecutivas ou não, nas análises realizadas nos últimos 12 (doze) meses.

Tabela 4 - Padrão de radioatividade para água potável

| Parâmetro | Unidade | VMP ⁽¹⁾ |
|----------------------------|---------|--------------------|
| Radioatividade alfa global | Bq/L | 0,1 ⁽²⁾ |
| Radioatividade beta global | Bq/L | 1,0 ⁽²⁾ |

NOTAS:

(1) Valor máximo permitido.

(2) Se os valores encontrados forem superiores aos VMP, deverá ser feita a identificação dos radionuclídeos presentes e a medida das concentrações respectivas. Nesses casos, deverão ser aplicados, para os radionuclídeos encontrados, os valores estabelecidos pela legislação pertinente da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, para se concluir sobre a potabilidade da água.

Art. 16. A água potável deve estar em conformidade com o padrão de aceitação de consumo expresso na Tabela 5, a seguir:

Tabela 5 - Padrão de aceitação para consumo humano

| 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 |
| Manganês | 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 | 1.000 |
| Sulfato | mg/L | 250 |
| Sulfeto de Hidrogênio | mg/L | 0,05 |
| Surfactantes | mg/L | 0,5 |
| Tolueno | mg/L | 0,17 |
| Turbidez | UT ⁽⁴⁾ | 5 |
| Zinco | mg/L | 5 |
| Xileno | mg/L | 0,3 |

Notas:

(1) Valor máximo permitido. (2) Unidade Hazen (mg Pt-Co/L). (3) Critério de referência. (4) Unidade de turbidez.

PLANOS DE AMOSTRAGEM PARA ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS - 1z DE RADIOATIVIDADE E MICROBIOLÓGICAS (Para populações superiores a 250.000 habitantes com a utilização de mananciais superficiais)

| PARÂMETRO | NÚMERO MÍNIMO DE AMOSTRAS NA SAÍDA DA ETA | NÚMERO MÍNIMO DE AMOSTRAS NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO (reservatórios e rede) | FREQUÊNCIA MÍNIMA DE AMOSTRAS NA SAÍDA DA ETA | FREQUÊNCIA MÍNIMA DE AMOSTRAS NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO (reservatórios e rede) |
|--|---|---|---|---|
| Cor turbidez e pH | 1 | 40 + (1 para cada 25.000 hab.) | A cada 2 horas | Mensal |
| Cloro residual livre | 1 | 105 + (1 para cada 5.000 hab.) Máximo de 1.000 | A cada 2 horas | Mensal |
| Fluoreto | 1 | 20 + (1 para cada 50.000 hab.) | A cada 2 horas | Mensal |
| Cianotoxinas | 1* | 1*, em hidrômetros de clínicas de hemodiálise | Semanal* | Semanal* |
| Trihalometanos | 1 | 4 | Trimestral | Trimestral |
| Demais parâmetros físicos químicos e de radioatividade | 1 | 1** | Semestral | Semestral** |
| Coliformes totais | 4 | 105 + (1 para cada 5.000 hab.) Máximo de 1.000 | bisemanal | Mensal |

*se o nº de cianobactérias no manancial, exceder 20.000 células/ml.

**Dispensada análise na rede de distribuição quando o parâmetro não for detectado na saída do tratamento e/ou manancial, à exceção de substâncias que potencialmente possam ser introduzidas ao longo da distribuição.