

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE
RECURSOS HÍDRICOS

ANÁLISE DOS IMPACTOS GERADOS POR LANÇAMENTOS DE
ESGOTOS DOMÉSTICOS EM RESERVATÓRIOS:
UM ESTUDO DE CASO NO INTERIOR DO BRASIL, CAÇU- GO.

Taiana Coelho Netto

Belo Horizonte

2010

Taiana Coelho Netto

ANÁLISE DOS IMPACTOS GERADOS POR LANÇAMENTOS DE
ESGOTOS DOMÉSTICOS EM RESERVATÓRIOS:
UM ESTUDO DE CASO NO INTERIOR DO BRASIL, CAÇU- GO.

Monografia apresentada ao Instituto de
Ciências Biológicas da Universidade
Federal de Minas Gerais como
requisito parcial à obtenção do título de
Especialista em Gerenciamento de
Recursos Hídricos.

Orientadora: Sílvia Maria Alves Corrêa
Oliveira

Belo Horizonte

2010

Monografia aprovada em ____/____/____ para obtenção do título de
Especialista em Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Banca Examinadora:

Sílvia Maria Alves Corrêa Oliveira

Wagner Guadagnin Moravia

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família por estar sempre ao meu lado.

À toda família Freitas Almeida, em especial ao Marcelo, pelo apoio, companheirismo e suporte para tornar este trabalho possível.

Ao José Rocha, pela solicitude.

À todos os amigos da ARSAE que viveram comigo esta jornada, particularmente ao Gilberto, à Patrícia, à Clarice e ao Dalmir, por suas críticas.

Aos amigos da Pós-Graduação, principalmente à Ana Paula, à Neuza e à Sandra pelos momentos compartilhados.

E em especial, agradeço à professora Sílvia que orientou essa trajetória.

RESUMO

A crescente preocupação com a preservação dos recursos hídricos, especialmente quanto à sua qualidade e disponibilidade para as gerações futuras, tem evidenciado a necessidade de uma gestão hídrica adequada que busque garantir aspectos de sustentabilidade. Dessa forma, o presente trabalho analisa os impactos gerados por lançamento de esgoto doméstico no reservatório de Barra dos Coqueiros, no município de Caçu – GO, através do cálculo das cargas orgânicas diárias, anuais e da concentração de despejos de alguns dos principais constituintes físico-químicos típicos de esgotos sanitários domésticos: Demanda bioquímica de oxigênio (DBO), Demanda química de oxigênio (DQO), Sólidos suspensos totais (SST), nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT). Como não havia monitoramento do sistema de tratamento de esgotos do município em estudo, foram adotados valores de eficiência de remoção recomendados pela literatura técnica especializada para cálculo das cargas efetivamente lançadas no reservatório. Verificou-se que as cargas de nitrogênio e fósforo lançadas no reservatório provavelmente não serão capazes de produzir um ambiente eutrofizado, principalmente pelas dimensões do reservatório.

Palavras-chave: Reservatório, Cargas Orgânicas, Eutrofização.

ABSTRACT

The increasing concern about the hydric resources, specially its quality and availability to future generations, has shown the need of an appropriate hydric management that seeks to ensure aspects of sustainability. This paper analyzes the impacts generated by the sewage discharge into the Barra dos Coqueiros's resevoir, at Caçu - GO, by calculating the organic loads daily, annually and the concentration of sewage discharge of some physico-chemical constituents typical of domestic sewage, like biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), total suspended solids (TSS), total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP). There was no regular system of sewage treatment in Caçu, so it was adopted typical values of removal efficiency for load calculation actually discharged into the reservoir. It was found that the loads of nitrogen and phosphorus discharged probably will not be able to produce an eutrophic environment, mainly due to the dimensions of the reservoir.

Keywords: Reservoir, Organic Loads, Eutrophication.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	V
LISTA DE TABELAS.....	VI
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	VII
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	4
2.1 OBJETIVO GERAL	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3 REVISÃO DA LITERATURA	5
3.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE A POLUIÇÃO DE RESERVATÓRIOS HIDRELÉTRICOS	5
3.1.1 <i>O fenômeno da eutrofização em reservatórios</i>	<i>5</i>
3.1.2 <i>Outros impactos relacionados com a água de reservatórios.....</i>	<i>7</i>
3.1.3 <i>Reservatório Hidrelétrico de São Simão - GO</i>	<i>8</i>
3.2 POSSIBILIDADES DE MINIMIZAÇÃO DA POLUIÇÃO DE RESERVATÓRIOS HIDRELÉTRICOS	10
3.2.1 <i>Tipos de tratamento de esgotos usualmente adotados em municípios de pequeno porte ...</i>	<i>11</i>
4 MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 ÁREA DE ESTUDO	23
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DA CIDADE DE CAÇU- GO.....	26
4.3 QUANTIFICAÇÃO DA CARGA ORGÂNICA QUE INFLUENCIA O RESERVATÓRIO DE BARRA DOS COQUEIROS	29
4.3.1 <i>Dimensionamento da vazão doméstica média de esgoto do município de Caçu- GO</i>	<i>29</i>
4.3.2 <i>Relações entre carga e concentração dos constituintes dos esgotos.....</i>	<i>30</i>
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1 QUANTIFICAÇÃO DA CARGA ORGÂNICA LANÇADA NO RESERVATÓRIO DE BARRA DOS COQUEIROS	32
5.1.1 <i>Vazão doméstica média de esgoto do município de Caçu- GO</i>	<i>32</i>
5.1.2 <i>Cargas diárias, cargas anuais e concentrações de DBO, DQO, SST, NT e PT do esgoto doméstico do município de Caçu- GO</i>	<i>32</i>
5.1.3 <i>Síntese das cargas diárias, cargas anuais e concentrações de DBO, DQO, SST, NT e PT.</i>	<i>35</i>
5.2 REDUÇÃO DA CARGA ORGÂNICA PELO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE CAÇU	36
5.2.1 <i>Síntese das cargas anuais de DBO, DQO, SST, NT e PT efetivamente lançadas no reservatório de Barra dos Coqueiros</i>	<i>38</i>
5.3 ANÁLISE DAS CARGAS ORGÂNICAS NO RESERVATÓRIO DE BARRA DOS COQUEIROS , EM CAÇU- GO.	38
6 CONCLUSÕES.....	41
REFERÊNCIAS	43
ANEXO A.....	45

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Fluxo típico do tratamento preliminar.....	12
FIGURA 2 - Esquema simplificado de uma lagoa facultativa	13
FIGURA 3 - Fluxograma típico de um sistema de lagoas de estabilização seguidas por lagoas de maturação em série.	14
FIGURA 4 - Esquema de um tanque séptico de câmara única	16
FIGURA 5 - Fluxograma típico de um sistema de tanque séptico seguido por filtro anaeróbio: tanque séptico de câmaras sobrepostas.....	17
FIGURA 6 - Esquema de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente.....	17
FIGURA 7 - Fluxograma típico de um sistema de infiltração lenta por aspersão.....	19
FIGURA 8 - Fluxograma típico de um sistema de infiltração rápida	19
FIGURA 9 - Fluxograma típico de um sistema de infiltração subsuperficial	20
FIGURA 10 - Fluxograma típico de um sistema de escoamento superficial	20
FIGURA 11 - Fluxograma típico de um sistema com reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente (UASB)	21
FIGURA 12 - Representação esquemática do funcionamento de um reator UASB.....	22
FIGURA 13 - Mapa de localização do Município de Caçu e sua hidrografia.....	23
FIGURA 14 - Placa de inauguração da ETE- Caçu	24
FIGURA 15 - Localização do complexo energético Caçu/ Barra dos Coqueiros.....	25
FIGURA 16 - Tratamento Preliminar: Estação Elevatória de Caçu.....	27
FIGURA 17 - Bombas: Estação Elevatória de Caçu.....	27
FIGURA 18 - Lagoas de Estabilização: ETE – Caçu.....	28
FIGURA 19 - Lagoa de Maturação (submersa): ETE – Caçu.....	28
FIGURA 20 - Vala de disposição de lodo: ETE – Caçu	29
GRÁFICO 1- Predição da geração de esgotos e resíduos sólidos que possivelmente entrarão na represa Carlos Botelho (Lobo- Broa) até 2020, com o aumento populacional.	39
QUADRO 1 - Caracterização trófica de lagos e reservatórios	6
QUADRO 2 - Principais doenças de transmissão feco-oral associadas à água (transmissão hídrica e relacionada à higiene), organizadas por organismo patogênico...	8

QUADRO 3 - Características dos principais níveis de tratamento de esgotos.....	10
QUADRO 4 - Níveis de tratamento dos esgotos.....	11
QUADRO 5 - Equilíbrio entre consumo e produção de oxigênio e gás carbônico em lagoas facultativas.....	14
QUADRO 6 - Características do reservatório de Barra dos Coqueiros	26
QUADRO 7 - Contribuição da carga orgânica <i>per capita</i> de DBO, DQO, SST, NT e PT	30
QUADRO 8 - Eficiência média de remoção usualmente apresentada por lagoas facultativas.....	31
QUADRO 9 - Cargas e Concentrações de DBO, DQO, SST, NT e PT, do Esgoto Doméstico de Caçu.....	35
QUADRO 10 - Cargas orgânicas anuais, de DBO, DQO, SST, NT e PT, do Esgoto Doméstico de Caçu efetivamente lançadas no reservatório de Barra dos Coqueiros.....	38
QUADRO 11 - Características do reservatório de Carlos Botelho (Lobo/Broa)	38

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Proporção de municípios, por condição de esgotamento sanitário, segundo as Grandes Regiões – 2000.....	2
TABELA 2 - População por Situação de Domicílio, de Caçu- GO, 1991 e 2000.	24

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

IDH – Índice de desenvolvimento Humano

LA – Lagoa anaeróbia

LF – Lagoa facultativa

LM – Lagoa de maturação

NT – Nitrogênio Total

PIB – Produto Interno Bruto

PNUD – Plano das Nações Unidas de Desenvolvimento Humano

PT – Fósforo Total

RAFA – Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente e de Manta de Lodo

SNIS – Sistema nacional de informações sobre Saneamento

SST – Sólidos Suspensos Totais

UASB – *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*

UHE – Usina Hidrelétrica

1 INTRODUÇÃO

A demanda pela água, riqueza fundamental à manutenção da saúde do seres vivos e equilíbrio ecológico do meio ambiente, determinou a fixação das comunidades nômades em assentamentos ao longo dos cursos d'água, pela necessidade do homem em produzir alimentos, suprir a dessedentação humana e animal, e, posteriormente, promover a diluição de seus dejetos domésticos.

Historicamente, a qualidade da água não foi considerada fator restritivo ao consumo por não se conseguir relacioná-la às doenças de veiculação hídrica, embora os aspectos estéticos (aparência, sabor, odor) possam ter influenciado na escolha das fontes de abastecimento.

A crescente preocupação com a preservação dos recursos hídricos, especialmente quanto à sua qualidade e disponibilidade para as gerações futuras, tem evidenciado os impactos decorrentes do seu contínuo uso sem uma gestão adequada que busque garantir aspectos de sustentabilidade.

A ocupação urbana e o crescimento populacional representam a etapa mais avançada em termos de promoção da deterioração dos corpos hídricos, devido ao comum processo de despejo de esgotos domésticos e industriais, em estado bruto ou insuficientemente tratados, nos corpos d'água, constituindo fontes pontuais de poluição expressivas, principalmente de patógenos excretados no meio ambiente.

Além disso, fontes difusas de poluição derivadas do escoamento superficial ou infiltração de poluentes provenientes de áreas urbanas e agrícolas para os corpos d'água ou lençóis freáticos contribuem significativamente para a degradação hídrica.

Dentre os serviços de saneamento básico, o esgotamento sanitário tem a menor presença nos municípios brasileiros, criando condições ambientais inadequadas e propiciando o desenvolvimento de doenças de veiculação hídrica, o aumento da temperatura dos sistemas aquáticos e a contaminação subterrânea (REBOUÇAS et al, 2002).

A grande deficiência de coleta e tratamento de esgoto sanitário em várias regiões brasileiras impõe riscos de contaminação inaceitáveis a um grande número de pessoas pela exposição direta ou indireta aos esgotos lançados nos corpos hídricos, o que interfere na saúde da população atingida e na queda da qualidade dos indicadores de saúde locais e regionais (TABELA 1).

TABELA 1 - Proporção de municípios, por condição de esgotamento sanitário, segundo as Grandes Regiões

Grandes Regiões	Proporção de Municípios, por condição de esgotamento sanitário (%)		
	Sem coleta	Só coletam	Coletam e tratam
Brasil	47,8	32,0	20,2
Norte	92,9	3,5	3,6
Nordeste	57,1	29,6	13,3
Sudeste	7,1	59,8	33,1
Sul	61,1	17,2	21,7
Centro-Oeste	82,1	5,6	12,3

Fonte: IBGE, Pesquisa Nacional do Saneamento Básico de 2000, 2002, P.43.

Para reverter esse quadro e melhorar significativamente a qualidade das águas superficiais, seria necessária, além do aumento quantitativo de tratamentos, a adoção de tratamento terciário para remoção de determinados nutrientes. No Brasil atualmente, é realizado apenas tratamento primário e secundário (biológico) de suas águas residuárias, com remoção de sedimentos e matéria orgânica dos efluentes a serem despejados nos corpos receptores (CHERNICHARO¹, 2001 *apud* FONSECA, 2010).

A falta de tratamento terciário leva ao enriquecimento de nutrientes como nitrogênio e fósforo em lagos e represas, e, conseqüentemente, ao problema de eutrofização², podendo também ocorrer de forma menos frequente em rios, por suas condições ambientais desfavoráveis ao crescimento de algas e outras plantas, devido à turbidez e às velocidades elevadas (VON SPERLING, 2005).

¹ CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. et al., 2001, Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios: coletânea de trabalhos técnicos, v. 2 cap. 1, Belo Horizonte, UFMG.

² “A eutrofização é o crescimento excessivo das plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, em níveis tais que sejam considerados como causadores de interferência com os usos desejáveis do corpo d’água.”(THOMANN e MUELLER, 1987 citado por VON SPERLING, 2005. Pg 216)

São vários os efeitos negativos causados pela eutrofização tais como: degradação da qualidade da água com alterações de composição, cor, turbidez; alterações no metabolismo geral do sistema; problemas estéticos e recreacionais; eventuais mortandades de peixes; liberação de gases e produção de maus odores; toxicidade das algas (proliferação de cianobactérias); distúrbios com mosquitos e insetos; modificações na qualidade e quantidade de peixes de valor comercial; modificações na ictiofauna, avifauna e mastofauna (VON SPERLING, 2005; FONSECA, 2010).

A evolução da eutrofização está diretamente associada ao uso e ocupação do solo predominante na bacia hidrográfica, englobando principalmente a drenagem pluvial de áreas agrícolas e urbanas e o lançamento de esgotos que são as principais fontes de entrada de fósforo no sistema (VON SPERLING, 2005).

Assim, de acordo com Rebouças *et al.* (2002), prevê-se que a crise do próximo século seja a da água, especialmente no que diz respeito ao aumento do consumo e à deterioração dos mananciais existentes, que possuem capacidade finita, por contaminação dos mananciais urbanos, através do despejo de efluentes domésticos e industriais e de esgotos pluviais.

Dessa forma, uma das medidas preventivas fundamentais ao controle da qualidade da água dos corpos hídricos é o tratamento adequado de esgotos domésticos que proporcionam aos municípios melhoria dos indicadores de saúde, da qualidade ambiental e, conseqüentemente, da qualidade de vida da população.

Sendo assim, o presente trabalho analisa os impactos gerados por lançamento de esgoto doméstico no reservatório de Barra dos Coqueiros, no município de Caçu – GO, através do cálculo das cargas orgânicas de DBO, DQO, SST, NT e PT, produzidas e lançadas no reservatório, após a passagem pelo sistema de tratamento da cidade, a fim de orientar o poder público municipal quanto ao seu gerenciamento hídrico.

2 OBJETIVOS

2.1 *Objetivo geral*

O objetivo geral é analisar os impactos gerados pelo lançamento de esgotos domésticos no reservatório de Barra dos Coqueiros, em Caçu, no estado de Goiás.

2.2 *Objetivos específicos*

- Caracterizar o sistema de esgotamento sanitário da cidade de Caçu;
- Quantificar a concentração e a carga orgânica da cidade;
- Quantificar a eficiência do sistema de tratamento de esgoto da cidade de Caçu;
- Analisar as cargas orgânicas lançadas no Reservatório de Barra dos Coqueiros , em Caçu- GO.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Considerações sobre a poluição de reservatórios hidrelétricos

3.1.1 O fenômeno da eutrofização em reservatórios

Reservatórios artificiais são construídos para diversos fins como geração de hidroeletricidade, controle de cheias, abastecimento de água, irrigação, produção de biomassa, transporte, recreação e turismo. Sua construção, entretanto, implica em importantes impactos qualitativos e quantitativos nos ecossistemas dos rios.

Construídos isoladamente ou em cachoeiras, os reservatórios hidrelétricos tem impactos gerados por efeitos diretos ou indiretos como perdas de áreas agricultáveis, perda de biodiversidade terrestre e aquática, interferência na migração e reprodução dos peixes, mudanças hidrológicas a jusante da represa, retenção de sedimentos, retenção de nutrientes, degradação da qualidade hídrica local e potenciais problemas de saúde pública pela propagação de doenças de veiculação hídrica (TUNDISI e TUNDISI, 2008).

Dentre os vários impactos gerados têm-se discutido, principalmente, a degradação da qualidade das águas de reservatórios artificiais, de forma a prevenir e impedir o aumento do potencial de eutrofização, decorrente de cargas poluidoras capazes de acelerar o ciclo da biomassa de bactérias e algas pelo acréscimo de fósforo e nitrogênio no sistema.

Segundo Fonseca (2010), o processo de eutrofização tem se acelerado nas represas brasileiras, nos últimos anos, pelo crescimento populacional, aumento da urbanização e de lançamentos de esgotos domésticos sem tratamento, intenso uso de fertilizantes nas bacias hidrográficas, desenvolvimento de algumas atividades industriais e aumento dos usos múltiplos dos reservatórios, tornando mais complexo o gerenciamento de represas e de bacias hidrográficas.

Outro fator que também contribui para o processo de eutrofização está associado à fase de enchimento da represa, em que o reservatório já se inicia com acúmulo de matéria

orgânica particulada e dissolvida devido à degradação de vegetação não extraída da área inundada, podendo causar modificações em seu funcionamento (TUNDISI e TUNDISI, 2008).

A eutrofização é como uma reação em cadeia de causas e efeitos claros, em que o ecossistema aquático passa da condição de oligotrófico e mesotrófico para eutrófico ou mesmo hipereutrófico, quebrando a estabilidade do ecossistema (ESTEVES, 1998).

Os processos mais efetivos de controle da eutrofização estão associados à adoção de estratégias preventivas, que compreendem a redução do aporte de fósforo pelo controle dos esgotos e da drenagem pluvial, bem como de estratégias corretivas através de processos mecânicos, químicos e biológicos.

Dessa forma, a caracterização qualitativa da eutrofização por níveis tróficos, quanto à concentração de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, pode orientar a tomada de decisão, com relação às medidas de controle para a melhoria da qualidade da água de determinado reservatório, pelos seus usos preponderantes (QUADRO 1) (VON SPERLING, 2005).

QUADRO 1 - Caracterização trófica de lagos e reservatórios

Item	Classe de trofia				
	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Biomassa	Bastante baixa	Reduzida	Média	Alta	Bastante alta
Fração de algas verdes e/ou cianobactérias	Baixa	Baixa	Variável	Alta	Bastante alta
Macrófitas	Baixa ou ausente	Baixa	Variável	Alta ou baixa	Baixa
Dinâmica de produção	Bastante baixa	Baixa	Média	Alta	Alta, instável
Dinâmica de oxigênio na camada superior	Normalmente saturado	Normalmente saturado	Variável em torno da supersaturação	Frequentemente supersaturado	Bastante instável, de supersaturação à ausência
Dinâmica de oxigênio na camada inferior	Normalmente saturado	Normalmente saturado	Variável abaixo da saturação	Abaixo da saturação à completa ausência	Bastante instável, de supersaturação à ausência
Prejuízo aos usos múltiplos	Baixo	Baixo	Variável	Alto	Bastante alto

Fonte: VON SPERLING, 2005, p.221.

3.1.2 Outros impactos relacionados com a água de reservatórios

Diversos problemas estão diretamente relacionados à qualidade da água como escassez, estiagens, cheias, poluição e contaminação, sendo os dois últimos, os mais impactantes, uma vez que impedem, principalmente, o uso da água para o abastecimento humano e outros usos.

As principais cargas poluidoras que podem atingir um corpo d'água se inserem de forma pontual (concentrada no espaço) ou difusa (distribuída ao longo de sua extensão), e estão diretamente associadas ao uso e ocupação do solo da bacia na qual está inserido, sendo responsáveis pelo “envelhecimento precoce” dos ecossistemas (ESTEVES, 1998).

Dessa forma, reservatórios funcionam como centros de convergência de informações sobre as atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica, incluindo seus usos e aspectos econômicos e sociais, reveladas pelas características do material em suspensão, dos nutrientes orgânicos e inorgânicos e dos diversos tipos de poluição contidos no sistema, que podem alterar os mecanismos e processos de funcionamento do ecossistema (BICUDO³, 1999 *apud* DORNFELD, 2002).

Para Von Sperling (2005), o grande fator de deterioração de reservatórios está associado ao despejo de esgotos domésticos, excrementos de animais, fertilizantes, detergentes, drenagem pluvial e a outros subprodutos das atividades humanas que elevam a população de algas e outras plantas, pelo aporte de nutrientes.

Das fontes pontuais mais impactantes, os despejos de esgotos domésticos com tratamentos secundários, primários ou sem tratamento se destacam, comprometendo os usos múltiplos de reservatórios, especialmente o abastecimento de água doméstico e a balneabilidade, pela entrada de coliformes termotolerantes no sistema capazes de aumentar proporção de organismos patogênicos causadores de doenças de veiculação hídrica (QUADRO 2).

³BICUDO, C.E.M.; RAMIREZ, R.J.J.; TUCCI, A.; BICUDO, D.C.(1999) *Dinâmica de populações fitoplantônicas em ambiente eutrofizado: o Lago das garças*. São Paulo. In: HENRY, R.(ed) *Ecologia de Reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*, FAPESP, FUNDIBIO, Botucatu, SP UNESP.

A falta de coleta e tratamento de esgotos domésticos no Brasil traduz a deficiência da saúde pública brasileira, uma vez que esses serviços compõem um conjunto de ações que visam à modificação das condições ambientais com a finalidade de prevenir a difusão de vetores patogênicos e de promover a melhoria da saúde pública, trazendo benefícios à coletividade e economia ao Sistema Público de Saúde.

QUADRO 2 - Principais doenças de transmissão feco-oral associadas à água (transmissão hídrica e relacionada à higiene), organizadas por organismo patogênico

Organismo	Doença	Agente causal	Sintomas/Manifestação
Bactérias	<ul style="list-style-type: none"> • Disenteria Bacilar • Enterite por <i>Campylobacter</i> • Cólera 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Shigella dysenteriae</i> • <i>Campylobacter jejuni</i>, <i>Campylobacter coli</i> • <i>Vibrio cholerae</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Forte diarreia • Diarreia, dor abdominal, indisposição, febre, náuseas, vômito • Diarreia extremamente forte, desidratação, alta taxa de mortalidade
	<ul style="list-style-type: none"> • Gastroenterite • Leptospirose • Febre Paratífóide 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Escherichia coli</i>- enteropatogênica • <i>Leptospira</i> – Várias espécies • <i>Salmonella</i> – Várias espécies 	<ul style="list-style-type: none"> • Diarreia • Icterícia, febre • Febre, diarreia, indisposição, dor de cabeça, aumento do baço, envolvimento dos tecidos linfáticos e intestinos
	<ul style="list-style-type: none"> • Salmonela • Febre Tifóide 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Salmonella</i> – Várias espécies • <i>Salmonella typhi</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Febre, náusea, diarreia • Febre elevada, diarreia, ulceração do intestino delgado
Vírus	<ul style="list-style-type: none"> • Hepatite infecciosa • Doenças respiratórias • Gastroenterite 	<ul style="list-style-type: none"> • Vírus da Hepatite A • Adenovírus – Vários tipos • Enterovírus (vários tipos), Norwalk, rotavírus, etc 	<ul style="list-style-type: none"> • Icterícia, febre • Doenças respiratórias • Diarreia leve a forte, vômito
	<ul style="list-style-type: none"> • Meningite • Poliomielite 	<ul style="list-style-type: none"> • Enterovírus • <i>Poliomyelitis virus</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Febre, vômito, enrijecimento do pescoço • Paralisia, atrofia
Protozoários	<ul style="list-style-type: none"> • Disenteria amebiana 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Entamoeba histolytica</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Diarreia prolongada, com sangramento. Abscessos no fígado e intestino fino
	<ul style="list-style-type: none"> • Giardíase • Criptosporidiose • Balantidíase 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Giardia lamblia</i> • <i>Cryptosporidium</i> • <i>Balantidium coli</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Diarreia leve a forte, náusea, indigestão, flatulência • Diarreia • Diarreia, disenteria
Helmintos	<ul style="list-style-type: none"> • Ascariíase 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ascaris lumbricoides</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Manifestações pulmonares, deficiência nutricional, obstrução intestinal e de outros órgãos
	<ul style="list-style-type: none"> • Tricuríase 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Trichuris trichiura</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Diarreia, fezes com sangramento, prolapso retal

Fonte: VON SPERLING, 2005, p.105.

3.1.3 Reservatório Hidrelétrico de São Simão - GO

A escolha do reservatório de São Simão como exemplo de processo de eutrofização de represas hidrelétricas está associada à proximidade espacial com o município de Caçu – GO, onde se encontra o reservatório estudado de Barra dos Coqueiros.

Localizado na bacia do Rio Paranaíba, o reservatório de São Simão abrange os estados de Minas Gerais e Goiás, e foi construído com a intenção de se produzir energia elétrica como uso primário.

Apesar de se tratar de um reservatório de grandes dimensões, o mesmo vem apresentando um quadro preocupante de deterioração da qualidade de suas águas causado, basicamente, pela contribuição antrópica.

Segundo Fonseca (2010), através de dados obtidos em sua pesquisa sobre esse reservatório, foram detectados problemas de aporte de nutrientes, florescimentos de algas e aumento da biomassa de macrófitas. O estudo constatou que a entrada de nutrientes é mais intensa no período chuvoso e que a maioria dos tributários apresentou elevadas concentrações de fósforo e concentrações relativamente baixas de nitrogênio, verificando uma afinidade entre a microbiota do lago e o fósforo e indicando esse nutriente como o elemento limitante da produção biológica do reservatório.

As comprovações de Fonseca (2010) a respeito da eutrofização do reservatório de São Simão, demonstraram a necessidade de se realizar uma abordagem sazonal em limnologia de reservatórios, expondo seu processo evolutivo de trofia pela *presença do íon amônio, decréscimo de oxigênio dissolvido na zona superficial do lago e predominância de valores alcalinos do pH nesta faixa da coluna d'água*, bem como *“bloom” de algas criptofíceas e cianobactérias* (FONSECA, 2010, p.80).

Após o processo de eutrofização no reservatório de São Simão ser verificado pelo Índice de Estado Trófico e pelos Parâmetros Físico-Químicos, Fonseca (2010) confirmou a contribuição antrópica, como fator essencial ao processo, pela introdução de nutrientes (fósforo e nitrogênio), por lançamento de esgotos domésticos e, principalmente, pela produção agrícola, devido às características do uso e ocupação do solo da bacia em que o reservatório está inserido.

3.2 Possibilidades de minimização da poluição de reservatórios hidrelétricos

A minimização e o controle da poluição de reservatórios hidrelétricos estão relacionados à contenção das cargas poluidoras de fontes pontuais, bem como do aprimoramento do gerenciamento das bacias hidrográficas na qual os reservatórios estão inseridos, a fim de minimizar a contribuição das cargas poluidoras de fontes difusas oriundas, principalmente, das atividades agropecuárias.

Em diversos países desenvolvidos, a poluição difusa tem recebido grande atenção, uma vez que seus lançamentos pontuais de esgoto se encontram em níveis altos de solução. Muito diferente dos países em desenvolvimento em que há praticamente tudo a se fazer quanto ao controle da poluição pontual originária de cidades e indústrias (VON SPERLING, 2005).

Será dada ênfase ao controle de fontes pontuais por meio do tratamento de esgotos domésticos coletados, principalmente em nível secundário, envolvendo o estágio biológico para remoção de matéria orgânica, em atenção aos municípios de pequeno porte que não possuem receita suficiente para a aplicação do estágio químico (tratamento terciário) voltado para a eliminação de fosfato e nitrogênio (QUADRO 3).

QUADRO 3 - Características dos principais níveis de tratamento de esgotos

Item	Nível de Tratamento		
	Preliminar	Primário	Secundário
Poluente removidos	<ul style="list-style-type: none"> Sólidos grosseiros 	<ul style="list-style-type: none"> Sólidos sedimentáveis 	<ul style="list-style-type: none"> Sólidos não sedimentáveis DBO em suspensão fina DBO solúvel Eventualmente nutrientes Eventualmente patógenos
Eficiência de remoção	-	<ul style="list-style-type: none"> SS: 60 a 70% DBO: 25 a 35% Coliformes: 30 a 40% 	<ul style="list-style-type: none"> DBO: 60 a 98% Coliformes: 60 a 99%
Mecanismo de tratamento predominante	<ul style="list-style-type: none"> Físico 	<ul style="list-style-type: none"> Físico 	<ul style="list-style-type: none"> Biológico
Cumprir padrões de lançamento usuais? ¹	<ul style="list-style-type: none"> Não 	<ul style="list-style-type: none"> Não 	<ul style="list-style-type: none"> Usualmente sim
Aplicação	<ul style="list-style-type: none"> Montante de elevatória Etapa inicial de todos os processos de tratamento 	<ul style="list-style-type: none"> Tratamento Parcial Etapa intermediária de tratamento mais completo 	<ul style="list-style-type: none"> Tratamento mais completo (para remoção de matéria orgânica)

Nota: ⁽¹⁾ Padrão de lançamento, tal como expresso nas legislações ambientais estaduais mais usuais. O órgão ambiental poderá autorizar outros valores para o lançamento, casos estudos ambientais demonstrem que o corpo receptor continuará enquadrado dentro da sua classe.

Fonte: VON SPERLING, 2005, p.251.

Dessa forma, o alcance do padrão de qualidade vigente ou da qualidade desejada do efluente, está associado aos níveis de tratamento aplicados e a eficiência desses tratamentos a ser considerada pela composição final do efluente a ser lançado no corpo hídrico (QUADRO 4) (VON SPERLING, 2005).

QUADRO 4 - Níveis de tratamento dos esgotos

Nível	Remoção
<i>Preliminar</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos em suspensão grosseiros (materiais de maiores dimensões e areia)
<i>Primário</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos em suspensão sedimentáveis • DBO em suspensão (associada à matéria orgânica componente dos sólidos em suspensão sedimentáveis)
<i>Secundário</i>	<ul style="list-style-type: none"> • DBO em suspensão (caso não haja tratamento primário: DBO associada à matéria orgânica em suspensão, presente no esgoto bruto) • DBO em suspensão finamente particulada (caso haja tratamento primário: DBO associado à matéria orgânica em suspensão não sedimentável, não removida no tratamento primário) • DBO solúvel (associada à matéria orgânica na forma de sólidos dissolvidos, presentes, tanto nos esgotos brutos, quanto no efluente do eventual tratamento primário, uma vez que sólidos dissolvidos não são removidos por sedimentação)
<i>Terciário</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Nutrientes • Organismos patogênicos • Compostos não biodegradáveis • Metais pesados • Sólidos inorgânicos dissolvidos • Sólidos em suspensão remanescentes

Notas:

- DBO em suspensão é também denominada DBO particulada; DBO solúvel pode ser considerada como equivalente à DBO filtrada.
- A remoção de nutrientes (por processos biológicos) e de organismos patogênicos pode ser considerada como integrante do tratamento secundário, dependendo do processo de tratamento adotado.

Fonte: VON SPERLING, 2005, p.250.

3.2.1 Tipos de tratamento de esgotos usualmente adotados em municípios de pequeno porte

A seleção de tratamentos de esgotos para municípios de pequeno porte está associada, principalmente, à simplicidade de operação dos processos e aos custos envolvidos, os quais a adoção de tratamentos secundários satisfaz, cumprindo, ainda, os padrões de lançamentos expressos em legislações ambientais estaduais vigentes (VON SPERLING, 2005).

Existe uma grande variedade de métodos de tratamento em nível secundário, sendo os abordados nesse trabalho, os sistemas simplificados de lagoas facultativas, processos de disposição no solo, fossa filtro e reator UASB.

Esses tratamentos em nível secundário devem sempre apresentar unidades de remoção de sólidos grosseiros e areia, pela adoção de tratamento preliminar podendo ou não ser complementada por unidades de tratamento primário, através de decantação, que depende do processo adotado (FIG. 1).



FIGURA 1 - Fluxo típico do tratamento preliminar

Fonte: Adaptado de Von Sperling (2005)

3.2.1.1 Lagoas Facultativas

Dentre os sistemas de lagoas de estabilização, o processo de lagoas facultativas é o mais simples, consistindo em processos naturais de estabilização da matéria orgânica, que envolvem a atividade metabólica de micro-organismos como algas, na zona aeróbia, e bactérias nas zonas facultativa e anaeróbia (FIG. 2).

Durante as atividades metabólicas, decomposição bioquímica de moléculas orgânicas, uma série de mecanismos e reações ocorrem nas três zonas da lagoa, a taxas mais lentas, que demandam longo tempo de retenção e, conseqüentemente, grandes áreas para implementação do projeto, limitando seu uso em áreas densamente povoadas.

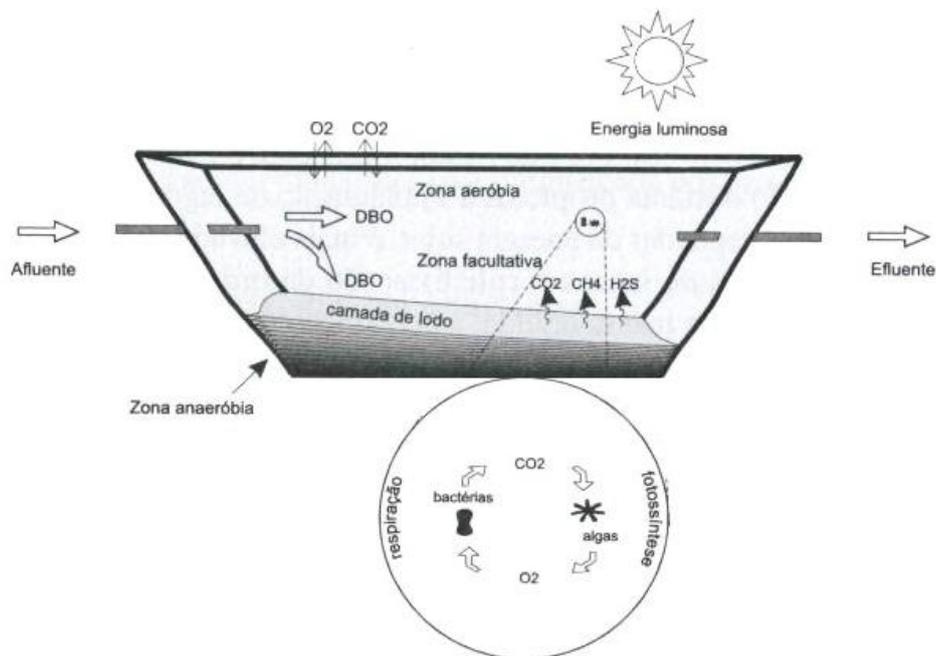


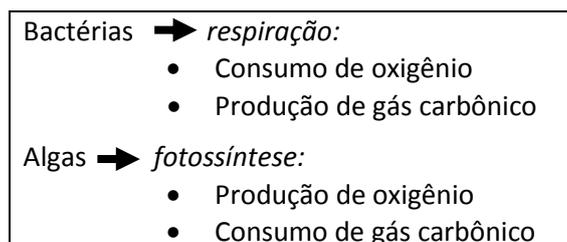
FIGURA 2 - Esquema simplificado de uma lagoa facultativa
 Fonte: Von Sperling (2005)

Nesse processo, a matéria orgânica em suspensão, particulada, tende a sedimentar, consistindo o lodo de fundo (zona anaeróbia) que é convertido lentamente em gás carbônico, água, metano, algas e outros subprodutos enquanto sofre processos de decomposição por microorganismos anaeróbios. Já a matéria orgânica dissolvida (solúvel), e a matéria orgânica em suspensão de pequenas dimensões (finamente particulada), permanecem dispersas na massa líquida, compondo a camada mais superficial, denominada zona aeróbia, em que ocorre a oxidação da matéria orgânica por meio da respiração aeróbia, na presença de oxigênio produzido pela fotossíntese realizada pela algas (ANDRADE NETO, 1997).

A reação fotossintética só ocorre em presença de energia luminosa, energia solar, sendo mais elevada na região superficial da lagoa durante o dia e nula durante a noite, o que traduz a necessidade da existência de diversos grupos de bactérias facultativas, responsáveis pela estabilização da matéria orgânica, capazes de sobreviver e proliferar na presença ou na ausência de oxigênio (VON SPERLING, 2002).

Os processos realizados nas lagoas facultativas atingem um equilíbrio entre consumo e produção de oxigênio e gás carbônico, apresentado como vantagem principal a utilização de técnicas naturais confiáveis de estabilização e a não utilização de equipamentos para operação que tornam a operação simples, de baixo custo e alta eficiência (QUADRO 5) (VON SPERLING, 2002).

QUADRO 5 - Equilíbrio entre consumo e produção de oxigênio e gás carbônico em lagoas facultativas



Fonte: VON SPERLING, 2005

Geralmente o sistema convencional de lagoas de estabilização é composto por lagoa anaeróbia (LA), seguido de lagoa facultativa (LF) e lagoas de maturação (LM) (FIG. 3) (ROCHA, 2002).

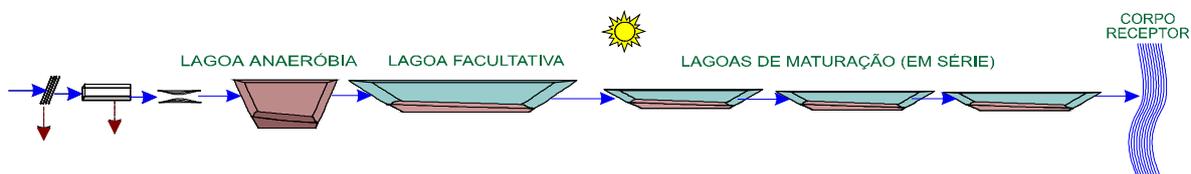


FIGURA 3 - Fluxograma típico de um sistema de lagoas de estabilização seguidas por lagoas de maturação em série.

Fonte: Von Sperling (2005)

As lagoas anaeróbias vêm suprir a necessidade de redução das grandes áreas de implementação de projetos providos de lagoas facultativas, por serem mais profundas e menos extensas, utilizando de lançamentos de grandes cargas orgânicas (DBO^4) para se atingir condições anaeróbias que podem gerar maus odores pela liberação de gás sulfídrico (H_2S) e metano (CH_4) durante as reações metabólicas.

⁴ DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio: quantidade de oxigênio requerida para estabilizar a matéria orgânica carbonácea, através de processos bioquímicos, sendo uma indicação direta de carbono orgânico biodegradável. (VON SPERLING, 2002)

A lenta transformação da matéria orgânica em condições anaeróbias nessas lagoas advém da branda taxa de reprodução das bactérias envolvidas no processo e da pequena geração de energia durante as reações, influenciadas pela temperatura candente do meio que aumenta as taxas de reprodução da biomassa e conversão do substrato (VON SPERLING, 2002).

As lagoas de maturação tornam o tratamento de esgoto mais completo, compondo a etapa mais eficiente de remoção de organismos patogênicos, um dos objetivos mais importantes da estabilização, capazes de remover bactérias, vírus, cistos de protozoários e ovos de helmintos.

A utilização de lagoas de maturação é uma das alternativas mais econômicas para desinfecção de efluentes, realizada por meio de métodos convencionais de cloração e ao tempo de exposição dos patógenos às condições adversas de sobrevivência como: alta penetração de raios ultravioletas pela radiação solar, temperatura elevada, aumento do pH devido à atividade fotossintética, condições aeróbias, redução do substrato (nutrientes orgânicos) pelas etapas anteriores, competição vital, e a combinação de vários desses fatores associados à baixa profundidade das lagoas (ANDRADE NETO, 1997).

O processo efetivado nas lagoas de maturação consegue atingir níveis elevados de eficiência capazes de cumprir requisitos para a utilização do efluente tratado para irrigação ou padrões de emissão de efluentes em corpos hídricos previstos em legislação pertinente (como a Resolução CONAMA nº 357/2005)⁵, em função da classe a que pertencem.

3.2.1.2 Tanque Séptico

O tanque séptico é um processo de tratamento de efluentes compacto que exerce funções múltiplas de sedimentação e excisão de materiais flutuantes, funcionando como um digestor de baixa carga, de fácil construção e operação, podendo ser de câmara

⁵ A Resolução CONAMA nº 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.

única ou de câmaras sobrepostas em forma cilíndrica ou prismática retangular (ANDRADE NETO, 1997).

Segundo Chernicharo (2007), nos tanques sépticos de câmara única, pré-moldados ou moldados *In loco*, os sólidos mais densos do afluente se sedimentam formando a camada de lodo em sua parte inferior, e os materiais menos densos, como graxas e óleos, flutuam até a superfície compondo uma camada de espuma. Durante esse processo, o afluente líquido remanescente percorre o tanque, entre as camadas de lodo e espuma, em direção à extremidade oposta, deixando o tanque séptico (FIG. 4).

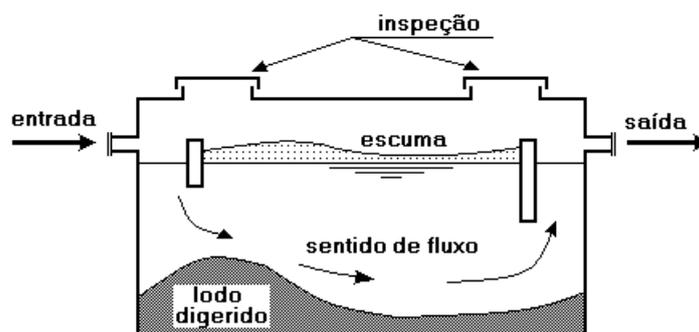


FIGURA 4 - Esquema de um tanque séptico de câmara única
Fonte: Von Sperling (2005)

A redução contínua do volume de lodo contido no fundo do tanque, decorrente do processo, ocorre por decomposição facultativa e anaeróbia, que não é suficiente para aumentar a vida útil do tanque, demandando sua remoção periódica, bem como da espuma acumulada.

De acordo com Von Sperling (2005), nos tanques sépticos de câmaras sobrepostas, o acúmulo de lodo por sedimentação acontece em sua câmara superior, sendo transportado por uma abertura em seu fundo, em direção ao compartimento inferior para a realização da digestão anaeróbia (FIG. 5).

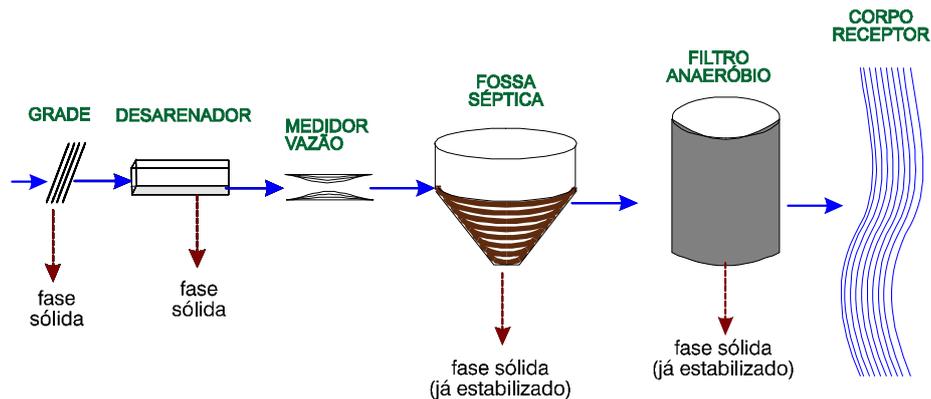


FIGURA 5 - Fluxograma típico de um sistema de tanque séptico seguido por filtro anaeróbio: tanque séptico de câmaras sobrepostas
 Fonte: Von Sperling (2005)

O processo realizado por tanques sépticos não inclui reações químicas em sua fase líquida, limitando a remoção de DBO. Para que se tenha um processo mais completo, é usualmente utilizado, como etapa complementar, filtro anaeróbio onde ocorre a remoção complementar de DBO, sendo esse um reator fechado com biofilmes⁶, de fluxo ascendente, todo preenchido por líquido que garantem as condições anaeróbias do sistema. Também denominado de sistema fossa-filtro, esse processo tem sido bem utilizado em meio rural e em comunidades de pequeno porte (FIG 5 e 6) (VON SPERLING, 2005).

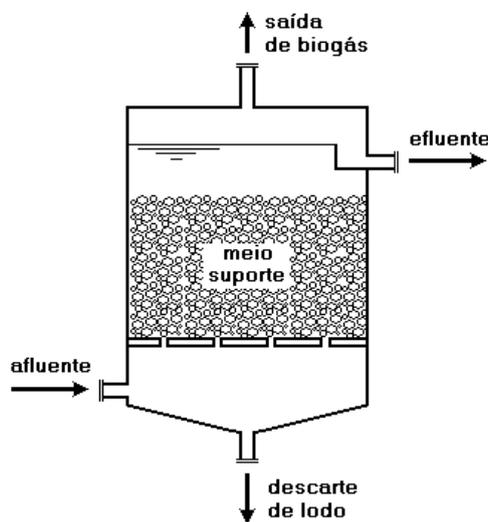


FIGURA 6 - Esquema de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente
 Fonte: Von Sperling (2005)

⁶ São filtros biológicos percoladores, em que a biomassa cresce aderida a um meio suporte, preenchido por materiais grosseiros (tais como pedras, britas, escória de alto-forno, ripas ou material plástico), em que o aflente percola em direção aos drenos de fundo, permitindo o crescimento bacteriano na superfície dos materiais, na forma de uma película fixa, ocorrendo o contato entre os microorganismos anaeróbios e o material orgânico. (VON SPERLING, 2005)

Além dos filtros anaeróbios têm-se como etapa complementar à utilização de tanques sépticos a disposição controlada de efluentes no solo como disposição final de efluentes líquidos tratados por meio de infiltração lenta, fertirrigação, infiltração rápida, infiltração sub-superficial e escoamento superficial.

3.2.1.3 Disposição de efluentes no solo

A disposição de efluentes no solo pode ser considerada como uma forma de disposição final, de tratamentos de nível primário, secundário ou terciário, ou ambos, em que a água presente na mistura leva a recarga do lençol freático e à evapotranspiração, suprimindo as necessidades das plantas, tanto em termos de água quanto de nutrientes.

Durante os processos de disposição no solo, os sólidos são retidos no solo por ação física (sedimentação, filtração, radiação, volatilização, desidratação), onde ocorrem também fenômenos químicos e bioquímicos (biodegradação por microorganismos presentes na superfície do solo), atuando na remoção dos poluentes (VON SPERLING, 2005).

Vários tipos de solo são eficientes na remoção da matéria orgânica pela ação filtrante do solo seguida da oxidação biológica desse material. Contudo, fatores como a taxa de infiltração no solo e os tipos de cobertura vegetal são propriedades imprescindíveis do solo como meio de degradação de resíduos orgânicos.

Dessa forma, o sistema solo –microorganismos- plantas consegue estabilizar o esgoto doméstico além ser considerado um processo de reciclagem pela utilização do potencial hídrico do efluente e dos nutrientes presentes (ANDRADE NETO, 1997).

O processo de aplicação de efluentes por infiltração lenta objetiva o tratamento de esgotos, a fim de maximizar a quantidade aplicada por área utilizada no processo, não se atendo, em específico, às características das culturas; devendo para esse fim, controlar as cargas de nitrogênio ou a permeabilidade do solo em que se pretende fazer uso (FIG.7) (VON SPERLING, 2005).

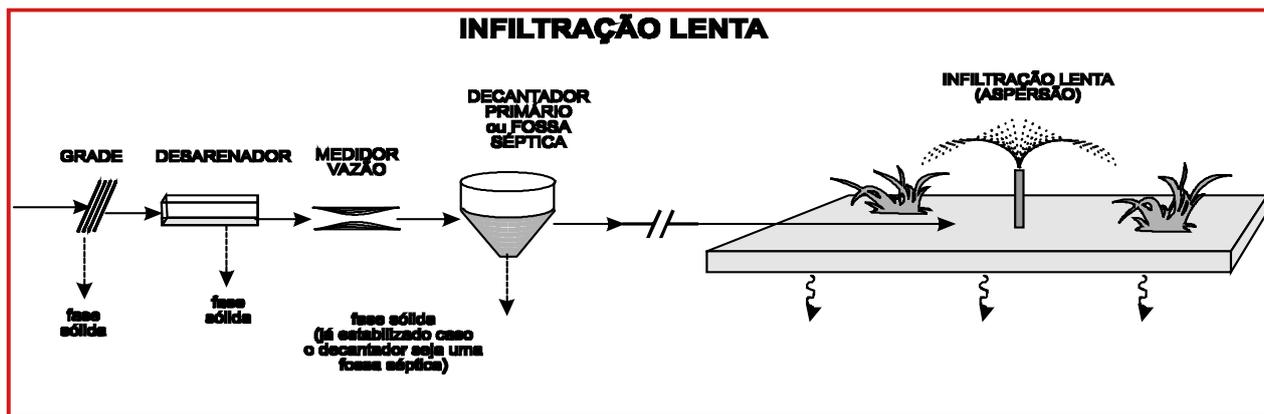


FIGURA 7 - Fluxograma típico de um sistema de infiltração lenta por aspersão

Fonte: Von Sperling (2005)

Já a fertirrigação (sistemas de irrigação de culturas) é voltada especialmente ao reuso do efluente para a atividade agrícola, devendo atender às quantidades de nutrientes compatíveis às necessidades das culturas, avaliando as características microbiológicas e bioquímicas do solo, o tipo de cultura, a forma em que se consome o produto dessa cultura e o tipo de irrigação efetivado por inundação, sulcos, aspersão e gotejamento (FIG.7) (VON SPERLING, 2005).

Os sistemas de infiltração rápida (infiltração-percolação) são destinados à solos arenosos de alta taxa de infiltração, usualmente sem cobertura vegetal, fazendo do solo um filtro natural pela ação filtrante do meio poroso, a fim de compor recargas aos lençóis freáticos. Por ser o método que demanda menor área para implantação, dentre os processos de disposição no solo, a aplicação do efluente pode ser feita por descarga direta (sulcos, canais, tubulações perfuradas) e por aspersores de alta capacidade, de maneira intermitente, para permitir restabelecimento das condições aeróbias do solo (FIG. 8).

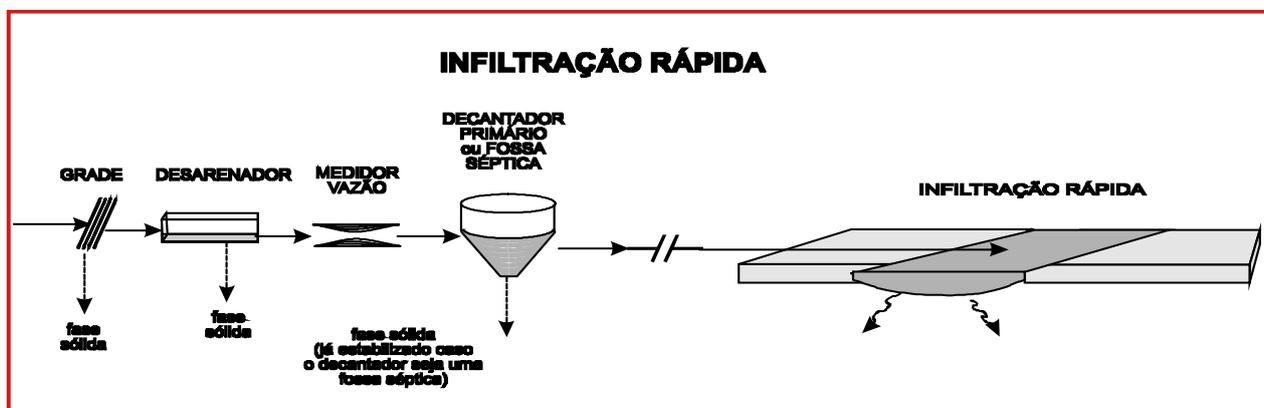


FIGURA 8 - Fluxograma típico de um sistema de infiltração rápida

Fonte: Von Sperling (2005)

No processo de infiltração sub-superficial, a aplicação do efluente pré-tratado é realizada abaixo do nível do solo, preparadas em escavações enterradas em módulos (tabuleiros), operando dois a dois em dias alternados, preenchidas por um meio poroso. O efluente penetra no solo como o sistema de infiltração-percolação, tendo como única diferença as formas de condução e aplicação enterradas no solo (FIG. 9).

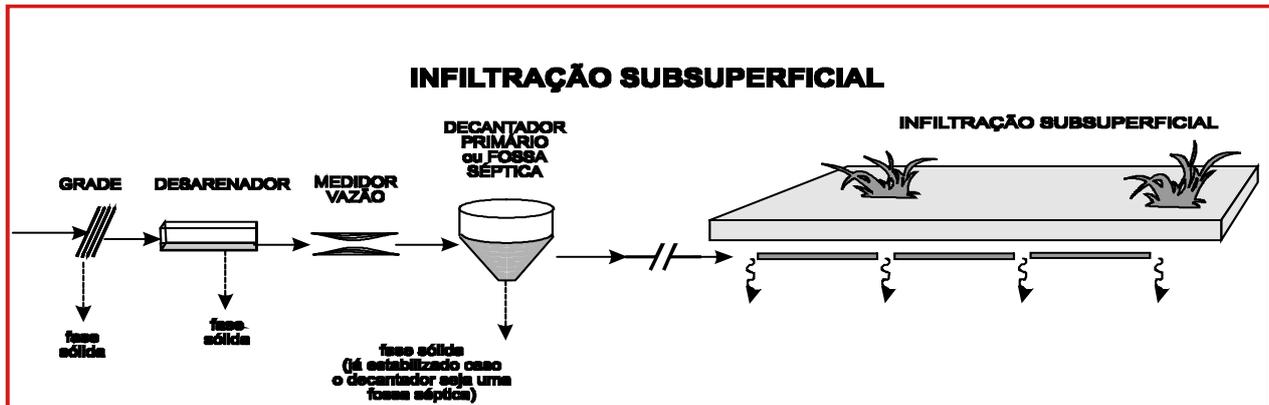


FIGURA 9 - Fluxograma típico de um sistema de infiltração sub-superficial
 Fonte: Von Sperling (2005)

A aplicação de efluente por escoamento laminar superficial, se difere das demais disposições por gerar um efluente superficial final. Seu processo consiste na distribuição do efluente em canais, tubos perfuradores ou aspersores de média e baixa pressão, na faixa superior de um plano levemente inclinado, dotado de vegetação, para o aumento da absorção de nutriente, da retenção de sólidos e redução de erosão, até alcançar os canais de coleta. Os solos propícios a esse processo devem ser menos permeáveis, como os argilosos, utilizados de forma intermitente a fim de propiciar sua aeração (FIG. 10) (ANDRADE NETO, 1997).

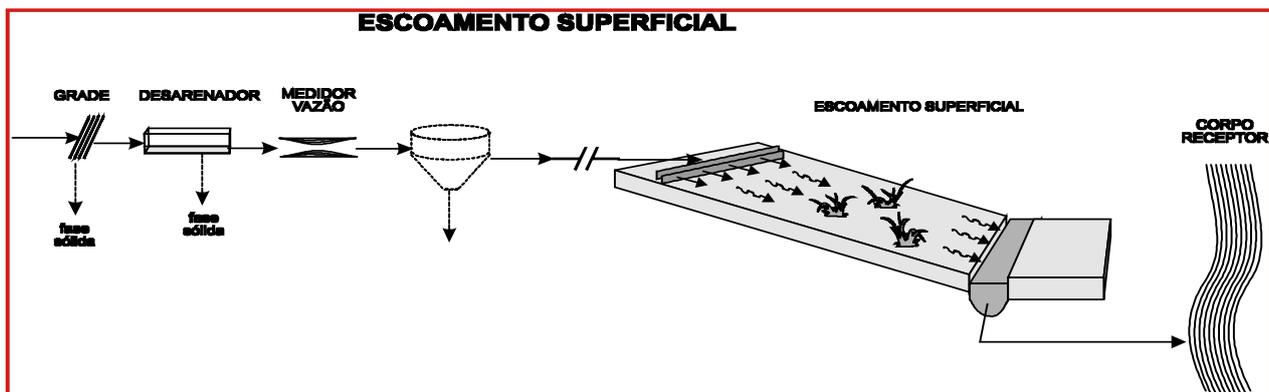


FIGURA 10 - Fluxograma típico de um sistema de escoamento superficial
 Fonte: Von Sperling (2005)

As práticas de disposição no solo ocorrem quase sempre de forma conjugada, e conseguem alcançar não só a eficiência pretendida pelos tratamentos convencionais terciários a custos muito menores, como utilizam os nutrientes contidos nos esgotos como fertilizantes e destinam a água a diversos outros fins, que não sejam o despejo nos corpos hídricos (ANDRADE NETO, 1997).

3.2.1.4 Reator Anaeróbio UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*)

Os reatores anaeróbios UASB, são denominados de Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente e de Manta de Lodo (RAFA), sendo utilizados como processo único ou seguidos de alguma outra forma de pós-tratamento, podendo ser a disposição controlada de efluentes no solo (FIG. 11).

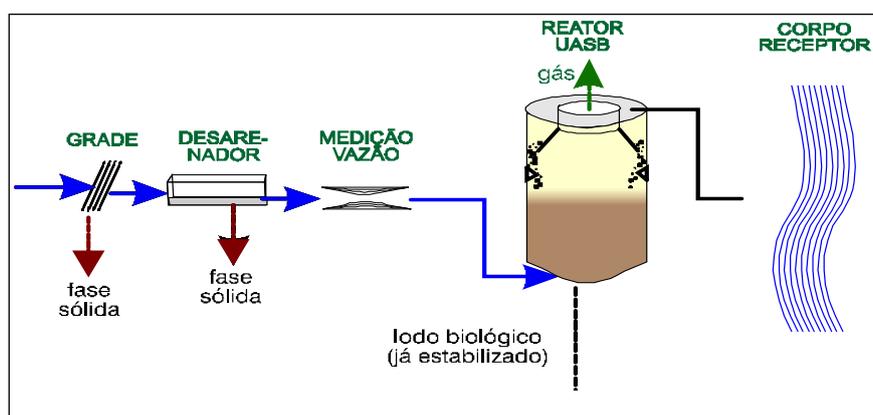


FIGURA 11 - Fluxograma típico de um sistema com reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente (UASB)

Fonte: Von Sperling (2005)

O perfil de sólidos envolvidos nesse processo varia de muito denso, próximas ao fundo (leito do lodo), até um lodo mais disperso e leve, próximo ao topo do reator, apresentado um tempo de retenção de sólidos (idade do lodo) bem elevado com estabilização da matéria orgânica sendo realizada em todas as zonas de reação (lodo e manta de lodo). (CHERNICHARO, 2007)

Sendo assim, o processo de degradação da matéria orgânica consiste em um fluxo ascendente de esgotos, que entra pelo fundo do reator em contato direto com o leito de lodo denso filtrante, pouco expandido, e com a biomassa de elevada atividade, que

crece distribuída no meio e tende a formar pequenos grânulos que servem de suporte a outras bactérias, aumentando a eficiência do sistema na retenção da matéria orgânica.

O efluente líquido deixa o reator através de um decantador interno, localizado em sua parte superior, próximo de onde os gases (metano e gás carbônico), formados pela atividade anaeróbia do processo, são eliminados e separados por um dispositivo localizado abaixo do decantador, denominado separador trifásico⁷, que garante a retenção das partículas que se desprendem do lodo na câmara de digestão, por gravidade, sem deixá-las serem removidas para fora do sistema (FIG. 12) (VON SPERLING, 2005)

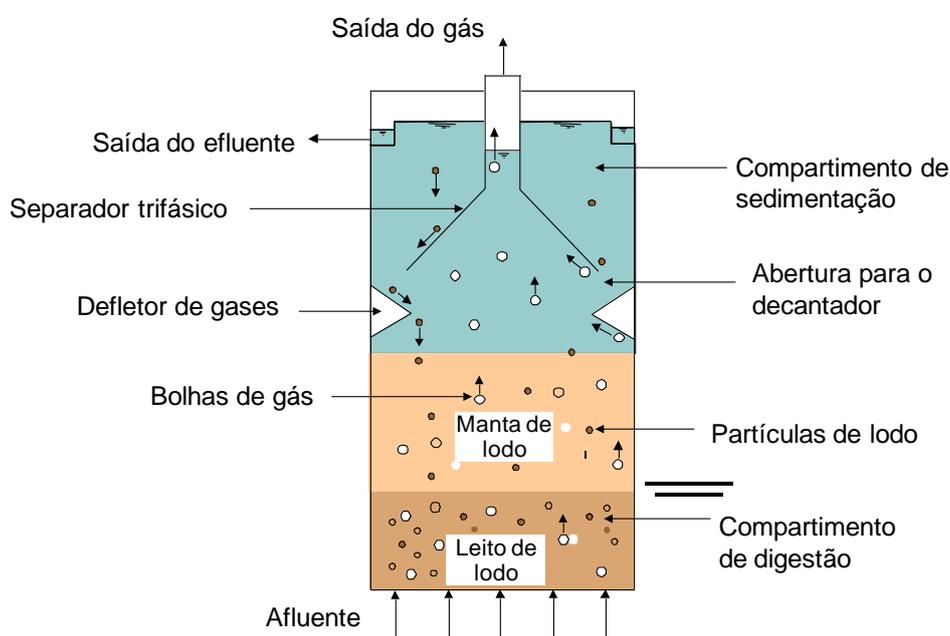


FIGURA 12 - Representação esquemática do funcionamento de um reator UASB
Fonte: Adaptado de Von Sperling (2005)

Os gases eliminados no processo podem ser coletados na saída do sistema para reaproveitamento da energia do gás metano (CH_4) ou sua queima, uma vez que esse gás contribui intensamente para o processo do efeito estufa, sendo melhor convertido em gás carbônico (CO_2) do que liberado para a atmosfera.

⁷ Estrutura do Reator UASB responsável por separar o líquido, os sólidos e os gases.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

O reservatório de Barra dos Coqueiros, localizado na região sudoeste do Estado de Goiás, no município de Caçu, foi escolhido para exemplificar o presente trabalho por ser uma intervenção no Rio Claro para a construção de uma UHE (Usina Hidrelétrica), a qual gera diversos impactos ambientais ao município (FIG 13).

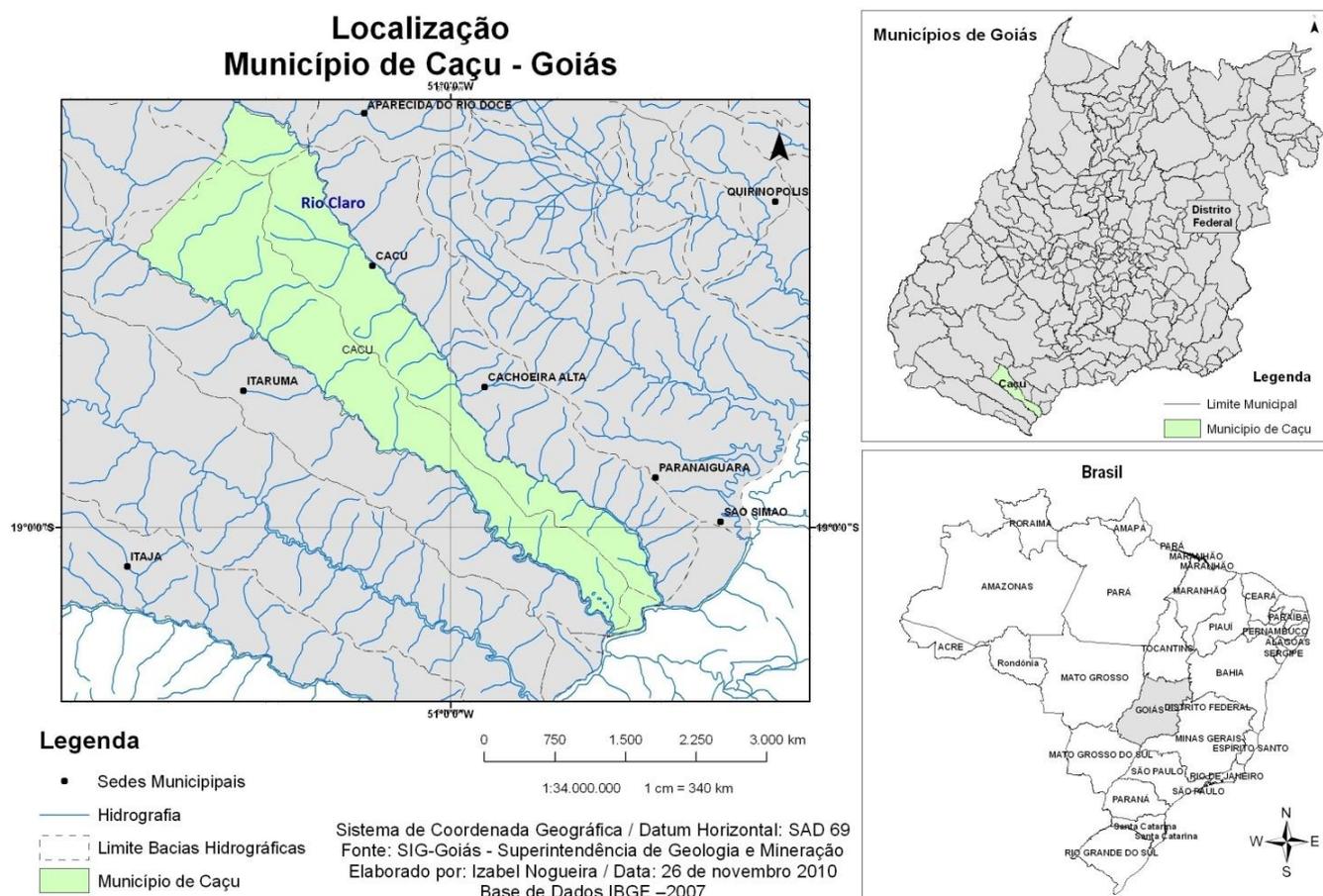


FIGURA 13 - Mapa de localização do Município de Caçu e sua hidrografia
Fonte: SIG- Goiás – Superintendência de Geologia e Mineração; elaborado por Izabel Nogueira
(26/11/2010)

No senso de 2000, a cidade de Caçu apresentou uma população de 10.575 habitantes com projeções de 10.892 habitantes para o ano de 2007 e 11.343 habitantes para o ano de 2009, segundo o IBGE, e uma taxa de urbanização de 76,52% que cresceu quase 5% em de 1991 a 2000, segundo o Atlas do Desenvolvimento Humano (TABELA 2).

TABELA 2 - População por Situação de Domicílio, de Caçu- GO, 1991 e 2000.

	1991	2000
População Total	11.228	10.575
Urbana	8.016	8.092
Rural	3.212	2.483
Taxa de Urbanização	71,39%	76,52%

Fonte: PNUD, 2003

No contexto do saneamento, segundo dados do SNIS (2008), a cidade apresenta índice de atendimento urbano de abastecimento de água de 100%, sendo nulo o atendimento na área rural, e um consumo de água *per capita* que atinge o valor de 159,8 L/hab.dia.

O município não apresenta dados sobre a prestação dos serviços de esgotamento sanitário, pelo fato da ETE da cidade ter entrado em operação em Julho de 2010, o que torna mais árdua a mensuração das cargas orgânicas e os nutrientes embutidos no lançamento de esgoto doméstico no corpo receptor, que são somados às cargas das fontes difusas, de difícil mensuração (FIG. 14).

Nessa situação, todo o efluente doméstico do município de Caçu é lançado no reservatório de Barra dos Coqueiros, que, além de receber todo o esgoto parcialmente tratado e o não tratado da cidade, compartilha seu uso com a captação de abastecimento de água de toda a cidade.



FIGURA 14 - Placa de inauguração da ETE- Caçu

Fonte: Taiana Coelho (17/09/2010)

O reservatório de Barra dos Coqueiros foi construído para o uso primário de fornecimento de energia elétrica, com uma potência instalada de 90 MW, que compõe o complexo energético Caçu/Barra dos Coqueiros, de 155 MW, no baixo curso do rio Claro, distando 77,6 km da sua foz com o rio Paranaíba (FIG 15) (EIA – Reservatório de Barra dos Coqueiros, 2005).

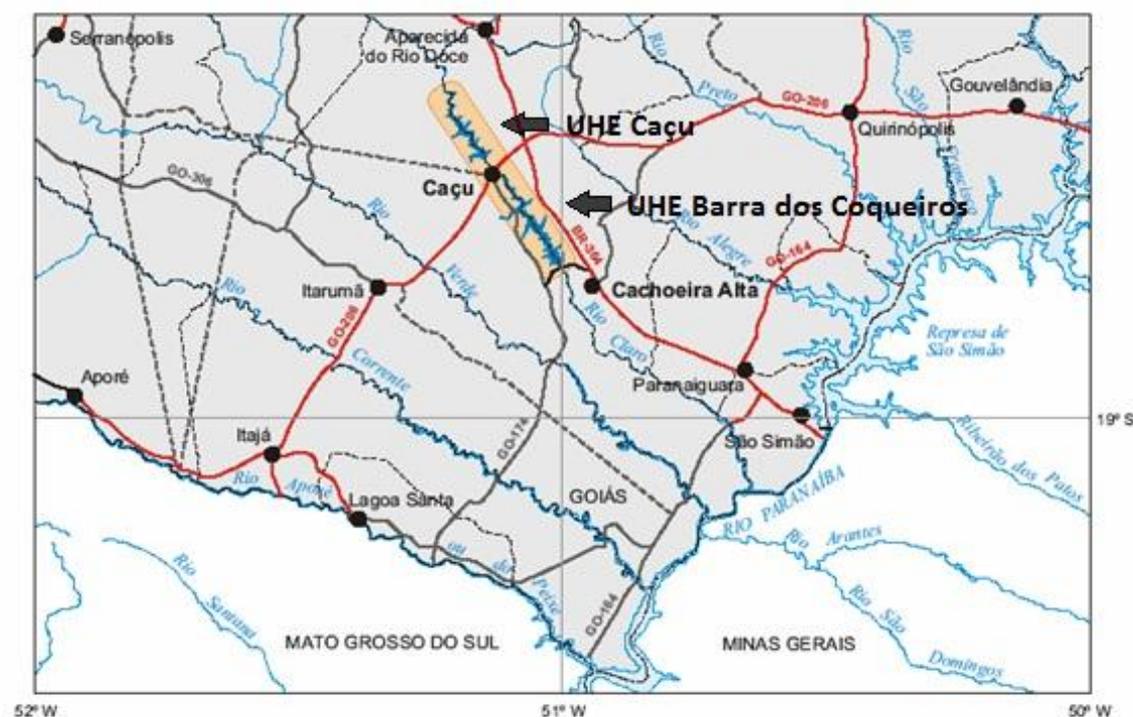


FIGURA 15 - Localização do complexo energético Caçu/ Barra dos Coqueiros
Fonte: Estudo de Impacto Ambiental, 2005

Segundo o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do empreendimento, o reservatório terá o seu Nível d'Água Máximo Normal na cota 448,00 m e um volume útil de $206,5 \times 10^6$ m³, abrangendo uma área de 25,48 km² e um comprimento de 29km, levando-se em consideração a distância medida ao longo do rio, sendo dimensionado para apresentar vida útil de 843 anos e suportar cheias de 25 anos de recorrência no período completo. Seu enchimento teve o início em 2009, não atingindo ainda o volume útil estipulado pelo estudo (QUADRO 6).

QUADRO 6 - Características do reservatório de Barra dos Coqueiros

Área superficial do lago	25,48 km ²
Nível d'Água Máximo Normal	448,00 m
Volume útil	206,5x10 ⁶ m ³
Profundidade máxima	40 m
Profundidade média	30 m
Comprimento	29km
Vida útil	843 anos

Fonte: EIA – Reservatório de Barra dos Coqueiros, 2005

4.2 Caracterização do sistema de esgotamento sanitário da cidade de Caçu- GO

O sistema de esgotamento sanitário da Cidade de Caçu é composto por tratamento preliminar de retenção de sólidos grosseiros, efetivado espacialmente junto à estação elevatória de esgoto, sendo suas principais unidades de tratamento (FIG. 16 e 17):

- Grade grossa: para remoção dos sólidos grosseiros com a finalidade de proteger bombas, tubulações, unidades de tratamento subsequentes e o corpo receptor, sendo de limpeza manual.
- Desarenador: retira mecanicamente, por sedimentação, os materiais inorgânicos (ex: areia) presentes nos esgotos para evitar a abrasão em tanques e sifões, além de facilitar o transporte do líquido, inclusive do lodo, devendo ser dimensionado de tal modo que não permita a sedimentação de matéria orgânica para evitar a formação de maus odores.
- Medidor de vazão: mede a vazão do afluente de forma mecanizada.



FIGURA 16 - Tratamento Preliminar: Estação Elevatória de Caçu
Fonte: Taiana Coelho (17/09/2010)



FIGURA 17 - Bombas: Estação Elevatória de Caçu
Fonte: Taiana Coelho (17/09/2010)

O tratamento secundário da ETE possui lagoas facultativas seguidas por lagoa de maturação como unidades de tratamento, para estabilização da matéria orgânica e desinfecção do efluente a ser lançado no corpo hídrico (FIG.18)

No projeto da ETE constam um reator UASB e um leito de secagem de lodo que não foram implementados (Anexo A).

O tratamento de esgoto da cidade foi bastante impactado pela ação de represamento do rio, se encontrando em um processo parcial de tratamento, pela submersão da lagoa de maturação, responsável pela desinfecção e extermínio de vetores de doenças, não efetivando sua eficiência (FIG. 19).



FIGURA 18 - Lagoas de Estabilização: ETE – Caçu
Fonte: Taiana Coelho (17/09/2010)



FIGURA 19 - Lagoa de Maturação (submersa): ETE – Caçu
Fonte: Taiana Coelho (17/09/2010)

A ETE não é monitorada quanto às características físico-químicas do afluente e nem do efluente tratado, sendo medida apenas a temperatura das lagoas facultativas. Não existe também um monitoramento da qualidade da água do corpo receptor antes e após o lançamento.

A disposição do lodo das lagoas de estabilização é efetuada em uma vala, ao lado das lagoas, com adição de cal para sua neutralização. A vala encontra-se a céu aberto, permitindo a entrada de água de chuva e, conseqüentemente, sua infiltração (FIG. 20).



FIGURA 20 - Vala de disposição de lodo: ETE – Caçu
Fonte: Taiana Coelho (17/09/2010)

4.3 Quantificação da carga orgânica que influencia o reservatório de Barra dos Coqueiros

4.3.1 Dimensionamento da vazão doméstica média de esgoto do município de Caçu- GO

Segundo Von Sperling (2005), a produção de esgotos corresponde aproximadamente ao volume de água consumido. Porém, o volume de esgoto introduzido na rede coletora pode variar tanto por meio da água incorporada à rede pluvial, quanto por meio de ligações clandestinas de esgoto à rede pluvial ou ligações clandestinas de água pluvial na rede de esgoto, quando dotados de sistema separador.

A fração de água incorporada à rede coletora na forma de esgoto é denominada coeficiente de retorno (R: vazão de esgotos/vazão de água), em que os valores típicos variam de 40% a 100%, sendo o valor mais adotado o de 80% (R=0,8) (VON SPERLING, 2005).

O cálculo da vazão doméstica média de esgotos será o recomendado por Von Sperling (2005), considerando a vazão de água efetivamente consumida (quota *per capita* de água) pela população do município fornecida pelo SNIS (2008):

$$Q_{d\text{méd}} = \frac{\text{Pop. QPC. R}}{86400} \text{ (L/s)}$$

Onde:

$Q_{d\text{méd}}$ = vazão doméstica média de esgotos (m^3/d ou L/s)

QPC = quota per capita de água (L/hab.d)

R = coeficiente de retorno esgoto/água

Pop = população

4.3.2 Relações entre carga e concentração dos constituintes dos esgotos

Para se dimensionar a carga média dos diversos constituintes físico-químicos dos esgotos domésticos, será considerada a carga *per capita*, que representa a contribuição de cada indivíduo (expressa em termos de massa de poluentes) por unidade de tempo, utilizando a unidade de g/hab.d (VON SPERLING, 2005).

Para a quantificação *per capita* da carga orgânica foram assumidos os valores das características quantitativas físico-químicas típicas de esgotos sanitários predominantemente domésticos, usualmente utilizados em estudos e projetos, reportados pela literatura (QUADRO 7).

QUADRO 7 - Contribuição da carga orgânica *per capita* de DBO, DQO, SST, NT e PT

Parâmetro		DBO	DQO	SST	NT	PT
Contribuição <i>per capita</i> - literatura (g/hab.d)	Faixa	40 – 60	80 – 120	35 – 70	6 – 10	0,7 – 2,5
	Típico	50	100	60	8	1,0

Fonte: Adaptado de Von Sperling, 2005, p.112.

Segundo Von Sperling (2005), a carga afluyente a uma estação de tratamento de esgotos corresponde à quantidade de poluentes (massa) por unidade de tempo, podendo ser estimada pelas seguintes equações:

$$\text{Carga} = \text{população} \times \text{carga per capita}$$

$$\text{carga (kg/d)} = \frac{\text{população (hab)} \times \text{carga per capita (g/hab.d)}}{1000 (g/Kg)}$$

A concentração de um despejo é obtida através da relação entre carga, concentração e vazão:

$$\text{Concentração} = \text{carga} / \text{vazão}$$

$$\text{Concentração (g/m}^3\text{)} = \frac{\text{carga (Kg/d)} \times 1000(\text{g/Kg}) \times 1000(\text{L/m}^3)}{\text{vazão (L/s)} \times 86400 (s/d)}$$

Para se avaliar a eficiência típica de remoção dos principais constituintes de esgotos sanitários domésticos, tomou-se como referência os valores propostos por Von Sperling (2005), que se baseou em desempenhos reais apresentados pelo processo de tratamento por lagoas facultativas (QUADRO 8).

QUADRO 8 - Eficiência média de remoção usualmente apresentada por lagoas facultativas

Parâmetro	Eficiência do tratamento				
	DBO(%)	DQO(%)	SST(%)	NT(%)	PT(%)
Lagoa Facultativa	75	65	70	< 60	< 35

Fonte: adaptado, Von Sperling, 2005, p. 339.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Quantificação da carga orgânica lançada no reservatório de Barra dos Coqueiros

A seguir serão apresentados os cálculos efetuados para determinação da carga orgânica lançada no reservatório de Barra dos Coqueiros.

5.1.1 Vazão doméstica média de esgoto do município de Caçu- GO

$$Q_{d\text{méd}} = \frac{\text{Pop.} \cdot \text{QPC} \cdot \text{R}}{86400} = \frac{10.575 \times 159,8 \times 0,8}{86400} = \frac{1.351.908}{86400} = 15,65 \text{ L/s}$$

Onde:

$Q_{d\text{méd}}$ = vazão doméstica média de esgotos (L/s)

QPC = quota per capita de água da população de Caçu: 159,8 (L/hab.d)

R = coeficiente de retorno esgoto/água: 0,8

Pop. (2001) = 10.575 hab.

Assim, cerca de 16 L/s de esgotos domésticos são gerados no município de Caçu e deverão seguir para as unidades de tratamento.

5.1.2 Cargas diárias, cargas anuais e concentrações de DBO, DQO, SST, NT e PT do esgoto doméstico do município de Caçu- GO

5.1.2.1 DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

$$\text{Carga (kg/dia)} = \frac{\text{população (hab)} \times \text{carga per capita (g/hab.d)}}{1000 \text{ (g/Kg)}}$$

$$\text{Carga (kg/dia)} = \frac{10.575 \times 50}{1000} = 528,75 \text{ kg/dia}$$

$$\text{Carga (kg/ano)} = 528,75 \text{ kg/d} \times 365 \text{ dias} = 192.993,75 \text{ Kg/ ano}$$

$$\text{Concentração (g/m}^3\text{)} = \frac{\text{carga (Kg/d)} \times 1000(\text{g/Kg}) \times 1000(\text{L/m}^3)}{\text{vazão (L/s)} \times 86400 (\text{s/d})}$$

$$\text{Concentração (g/m}^3\text{)} = \frac{528,75 \times 1000 \times 1000}{15,65 \times 86400} = \frac{528750000}{1352160} = \mathbf{391,04 \text{ g/m}^3}$$

Esta concentração de DBO está dentro da faixa considerada típica para esgotos predominantemente domésticos, que é de 250 a 400 mg/L (VON SPERLING, 2005).

5.1.2.2 DQO – Demanda Química de Oxigênio

$$\text{Carga (kg/dia)} = \frac{\text{população (hab)} \times \text{carga per capita (g/hab.d)}}{1000 (\text{g/Kg})}$$

$$\text{Carga (kg/dia)} = \frac{10.575 \times 100}{1000} = \mathbf{1.057,5 \text{ kg/dia}}$$

$$\text{Carga (kg/ano)} = 1.057,5 \text{ kg/d} \times 365 \text{ dias} = \mathbf{385.987,5 \text{ Kg/ ano}}$$

$$\text{Concentração (g/m}^3\text{)} = \frac{\text{carga (Kg/d)} \times 1000(\text{g/Kg}) \times 1000(\text{L/m}^3)}{\text{vazão (L/s)} \times 86400 (\text{s/d})}$$

$$\text{Concentração (g/m}^3\text{)} = \frac{1057,5 \times 1000 \times 1000}{15,65 \times 86400} = \frac{1057500000}{1352160} = \mathbf{782,08 \text{ g/m}^3}$$

A concentração calculada para DQO também está coerente com a faixa considerada típica para esgotos predominantemente domésticos, que é de 450 a 800 mg/L (VON SPERLING, 2005).

5.1.2.3 SST – Sólidos Suspensos Totais

$$\text{Carga (kg/dia)} = \frac{\text{população (hab)} \times \text{carga per capita (g/hab.d)}}{1000 (\text{g/Kg})}$$

$$\text{Carga (kg/dia)} = \frac{10.575 \times 60}{1000} = \mathbf{634,5 \text{ kg/dia}}$$

$$\text{Carga (kg/ano)} = 634,5 \text{ kg/d} \times 365 \text{ dias} = \mathbf{231.592,5 \text{ Kg/ ano}}$$

$$\text{Concentração (g/m}^3\text{)} = \frac{\text{carga (Kg/d)} \times 1000(\text{g/Kg}) \times 1000(\text{L/m}^3)}{\text{vazão (L/s)} \times 86400 (\text{s/d})}$$

$$\text{Concentração (g/m}^3\text{)} = \frac{634,5 \times 1000 \times 1000}{15,65 \times 86400} = \frac{634500000}{1352160} = \mathbf{469,25 \text{ g/m}^3}$$

A concentração de SST ficou ligeiramente acima da faixa considerada típica para esgotos predominantemente domésticos, que é de 200 a 450 mg/L (VON SPERLING, 2005).

5.1.2.4 NT – Nitrogênio Total

$$\text{Carga (kg/dia)} = \frac{\text{população (hab)} \times \text{carga per capita (g/hab.d)}}{1000 (\text{g/Kg})}$$

$$\text{Carga (kg/dia)} = \frac{10.575 \times 8}{1000} = \mathbf{84,6 \text{ kg/dia}}$$

$$\text{Carga (kg/ano)} = 84,6 \text{ kg/d} \times 365 \text{ dias} = \mathbf{30.879 \text{ Kg/ ano}}$$

$$\text{Concentração (g/m}^3\text{)} = \frac{\text{carga (Kg/d)} \times 1000(\text{g/Kg}) \times 1000(\text{L/m}^3)}{\text{vazão (L/s)} \times 86400 (\text{s/d})}$$

$$\text{Concentração (g/m}^3\text{)} = \frac{84,6 \times 1000 \times 1000}{15,65 \times 86400} = \frac{84600000}{1352160} = \mathbf{62,57 \text{ g/m}^3}$$

Nota-se que a concentração de NT também ficou ligeiramente acima da faixa considerada típica para esgotos predominantemente domésticos, que é de 35 a 60 mg/L (VON SPERLING, 2005).

5.1.2.5 PT – Fósforo Total

$$\text{Carga (kg/dia)} = \frac{\text{população (hab)} \times \text{carga per capita (g/hab.d)}}{1000 \text{ (g/Kg)}}$$

$$\text{Carga (kg/dia)} = \frac{10.575 \times 1}{1000} = \mathbf{10,58 \text{ kg/dia}}$$

$$\text{Carga (kg/ano)} = 10,58 \text{ kg/d} \times 365 \text{ dias} = \mathbf{3.861,7 \text{ Kg/ ano}}$$

$$\text{Concentração (g/m}^3\text{)} = \frac{\text{carga (Kg/d)} \times 1000 \text{ (g/Kg)} \times 1000 \text{ (L/m}^3\text{)}}{\text{vazão (L/s)} \times 86400 \text{ (s/d)}}$$

$$\text{Concentração (g/m}^3\text{)} = \frac{10,58 \times 1000 \times 1000}{15,65 \times 86400} = \frac{10580000}{1352160} = \mathbf{7,82 \text{ g/m}^3}$$

A concentração de PT, nutriente mais importante ao processo de eutrofização, encontra-se dentro da faixa considerada típica para esgotos predominantemente domésticos, que é de 4 a 15 mg/L (VON SPERLING, 2005).

5.1.3 Síntese das cargas diárias, cargas anuais e concentrações de DBO, DQO, SST, NT e PT.

QUADRO 9 - Cargas e Concentrações de DBO, DQO, SST, NT e PT, do Esgoto Doméstico de Caçu

Parâmetro	DBO	DQO	SST	NT	PT
Carga (kg/dia)	528,75	1057,5	634,5	84,6	10,58
Carga (kg/ano)	192.993,75	385.987,5	231.592,5	30.879	3.861,7
Concentração (g/m ³)	391,04	782,08	469,25	62,57	7,82

5.2 Redução da carga orgânica pelo sistema de tratamento de esgoto de Caçu

O sistema de tratamento da cidade de Caçu é composto por duas lagoas facultativas em série, seguidas de uma lagoa de maturação que encontra-se submersa devido ao enchimento do reservatório de Barra dos Coqueiros, como já comentado.

Segundo Von Sperling (2002), um sistema formado por lagoas em série, com determinado tempo de detenção hidráulica total, possui maior eficiência de remoção de cargas orgânicas do que uma lagoa única com as mesmas características, implicando em economia de área para implementação.

Apesar disso, o cálculo da eficiência média de remoção DBO, DQO, SST, NT e PT do sistema de esgotamento sanitário de Caçu, será realizado com base nos dados do Quadro 8, fornecido pela literatura, e nos dados do Quadro 9, podendo os resultados, na realidade, serem um pouco superiores aos encontrados.

$RCO = \text{Carga anual} \times \text{Eficiência média}$

onde

$RCO = \text{Redução da carga orgânica pelo tratamento}$

$\text{Eficiência média} = \%$

$\text{Carga anual} = \text{Kg/ano}$

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

$RCO = \text{Carga anual} \times \text{Eficiência média} = 192.993,75 \text{ Kg/ano} \times 75\% = 144.745,31 \text{ Kg/ano}$

Assim, a carga de DBO que será lançada no reservatório será:

$192.993,75 \text{ Kg/ano} - 144.745,31 \text{ Kg/ano} = 48.248,44 \text{ kg/ano}$

Essa eficiência de 75% , é um valor frequentemente alcançado para sistemas operando em série (OLIVEIRA e VON SPERLING, 2005).

DQO – Demanda Química de Oxigênio

$$\text{RCO} = \text{Carga anual} \times \text{Eficiência média} = 385.987,5 \text{ Kg/ano} \times 65\% = 250.891,88 \text{ Kg/ano}$$

Assim, a carga de DQO que será lançada no reservatório será:

$$385.987,5 \text{ Kg/ano} - 250.891,88 \text{ Kg/ano} = 135.095,63 \text{ Kg/ano}$$

SST – Sólidos Suspensos Totais

$$\text{RCO} = \text{Carga anual} \times \text{Eficiência média} = 231.592,5 \text{ Kg/ano} \times 70\% = 162.114,75 \text{ Kg/ano}$$

Assim, a carga de SST que será lançada no reservatório será:

$$231.592,5 \text{ Kg/ano} - 162.114,75 \text{ Kg/ano} = 69.477,75 \text{ Kg/ano}$$

NT – Nitrogênio Total

$$\text{RCO} = \text{Carga anual} \times \text{Eficiência média} = 30.879 \text{ Kg/ano} \times 60\% = 18.527,4 \text{ Kg/ano}$$

Assim, a carga de NT que será lançada no reservatório será:

$$30.879 \text{ Kg/ano} - 18.527,4 \text{ Kg/ano} = 12.351,6 \text{ Kg/ano}$$

PT – Fósforo Total

$$\text{RCO} = \text{Carga anual} \times \text{Eficiência média} = 3.861,7 \text{ Kg/ano} \times 35\% = 1.351,60 \text{ Kg/ano}$$

Assim, a carga de PT que será lançada no reservatório será:

$$3.861,7 \text{ Kg/ano} - 1.351,60 \text{ Kg/ano} = 2.510,11 \text{ Kg/ano}$$

5.2.1 Síntese das cargas anuais de DBO, DQO, SST, NT e PT efetivamente lançadas no reservatório de Barra dos Coqueiros

QUADRO 10 - Cargas orgânicas anuais, de DBO, DQO, SST, NT e PT, do Esgoto Doméstico de Caçu efetivamente lançadas no reservatório de Barra dos Coqueiros

Parâmetro	DBO	DQO	SST	NT	PT
Carga lançada (kg/ano)	48.248	135.095	69.477	12.351	2.510

5.3 Análise das cargas orgânicas no Reservatório de Barra dos Coqueiros , em Caçu- GO.

Em função das dimensões do reservatório, as cargas orgânicas calculadas podem não causar impactos significativos a curto prazo, uma vez que se conhece apenas uma fonte pontual de lançamento de esgoto doméstico, ETE- Caçu.

Essa análise se baseia no estudo do reservatório Carlos Botelho (Lobo/Broa), realizado em 2000, localizado na divisa dos municípios de Brotas e Itirapina, região central do estado de São Paulo, construído em 1936 (QUADRO 11).

QUADRO 11 - Características do reservatório de Carlos Botelho (Lobo/Broa)

Área superficial do lago	6,8 km ²
Volume útil	22 x10 ⁶ m ³
Profundidade máxima	12 m
Profundidade média	3 m
Comprimento	8 km

Fonte: PEREIRA, 2005.

A qualidade da água do reservatório Carlos Botelho (Lobo/Broa), foi mantida em boas condições durante os últimos 30 anos, a um nível de eutrofização baixo, e começou a sofrer transformações pelo aumento populacional, pela procura por recreação, pela descarga de esgotos da cidade de Itirapina e descontrole no tratamento, e pelo aumento de fontes não pontuais, como o uso indiscriminado de rações para atrair peixes na pesca esportiva e/ou comercial, que aceleraram a eutrofização no reservatório, principalmente

nos últimos cinco anos, provocando alterações substanciais na biota aquática, nos ciclos biogeoquímicos da represa e na qualidade da água (ABE⁸ *apud* TUNDISI e TUNDISI, 2002).

No estudo desse reservatório foi demonstrada a progressão da entrada de fósforo e nitrogênio no sistema e suas projeções para os próximos 20 anos, caso não haja iniciativas para a solução dos problemas de eutrofização e recuperação do reservatório (Gráfico 1).

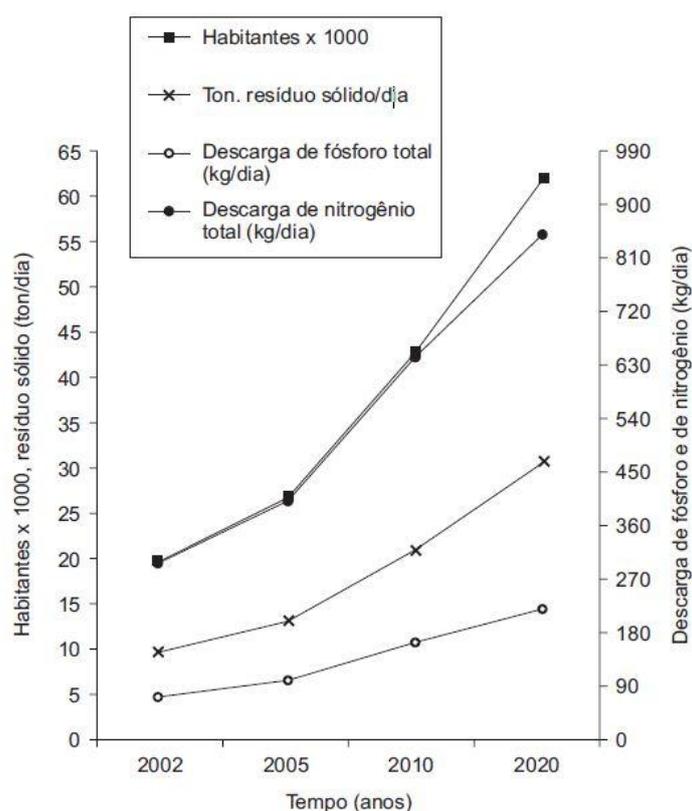


GRÁFICO 1- Predição da geração de esgotos e resíduos sólidos que possivelmente entrarão na represa Carlos Botelho (Lobo- Broa) até 2020, com o aumento populacional.

Fonte: ABE *apud* TUNDISI, 2002

Os dados mostram que a população com aproximadamente 20.000 habitantes, lançava cerca de 90 KgP/dia (fósforo) e 320 KgN/dia (nitrogênio), que aumentam em projeção ascendente a um quadro eutrófico, no reservatório de volume acumulado no valor de

⁸ ABE, D.S. et al. (2000). O processo de eutrofização artificial na Represa do Lobo (Itirapina-SP): condições atuais e perspectivas futuras. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL REPRESA DO LOBO-BROA – 30 ANOS, São Carlos, 2000.

$22 \times 10^6 \text{ m}^3$, sendo classificado como raso, a profundidade máxima de 12 metros e média de 3 metros.

Em comparação ao reservatório citado, temos os dados do reservatório de Barra dos Coqueiros, no município de Caçu, que apresenta uma população de 10.575 habitantes, lançando cerca de 6,88 KgP/dia⁹ (fósforo) e 33,84 KgN/dia¹⁰ (nitrogênio), após o processo de tratamento de esgoto, no reservatório de volume útil de $206,5 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Dessa forma, o reservatório de Barra dos Coqueiros contém, em comparação ao reservatório Carlos Botelho (Lobo/Broa), metade da população contribuinte e cargas quase 10 vezes menores. Inferindo -se uma evolução de usos múltiplos semelhantes, ainda assim não é provável que o reservatório de Barra dos Coqueiros apresente uma situação de eutrofização nos próximos anos.

Apesar dessa conclusão, deve ser ressaltado que a entrada de fósforo em reservatórios é fator determinante no processo de eutrofização na maioria dos lagos tropicais da América Latina, uma vez que existem organismos com capacidade de fixar nitrogênio atmosférico (VON SPERLING, 2005).

Para isso, é necessário no mínimo monitoramentos da qualidade das águas do reservatório e do efluente lançado, com amostras capazes de indicar tendências (mais do que simples valores numéricos isolados) e permitir inferências estatísticas, não existindo outra maneira de se entender as mudanças de longo prazo nos ecossistemas (VON SPERLING, 2005; ANGELINI et al, 2008).

Com relação às demais cargas calculadas nesse estudo, as dificuldades de se encontrar parâmetros acabou por não permitir análise detalhada da influência de cada uma delas. Porém, essas podem contribuir como informações adicionais sobre o reservatório de Barra dos Coqueiros a ser explorada em pesquisas futuras sobre o reservatório, após seu efetivo enchimento e posteriores influências decorrentes de seus usos múltiplos.

⁹ Carga de nitrogênio lançada anualmente no reservatório = 12.351Kg/ano (Quadro 10)

Carga diária= 12.351Kg/ano / 365 dias = 33,84 Kg/dia

¹⁰ Carga de fósforo lançada anualmente no reservatório = 2.510 Kg/ano (Quadro 10)

Carga diária= 2.510 Kg/ano / 365 dias = 6,88 Kg/dia

6 CONCLUSÕES

A análise demonstra que as cargas orgânicas de nitrogênio e fósforo lançadas no reservatório de Barra dos Coqueiros, produzidas pela cidade de Caçu, parece não implicar um processo eutrófico ao reservatório devido às grandes dimensões do mesmo, capaz de assimilar esses despejos, atualmente a única influência de fonte pontual por lançamento de esgoto doméstico conhecida a entrar no sistema.

Apesar de os dados analisados não implicarem em eutrofização, não se pode desconsiderar possíveis aumentos de cargas orgânicas nesse sistema devido ao crescimento demográfico, à intensificação da produção industrial, ao aumento da procura por recreação e por pesca, e à expansão agropecuária, em especial da agricultura, que é uma das grandes responsáveis pela introdução de nutrientes (P e N) nos corpos hídricos, pelo uso excessivo de fertilizantes no solo, através de escoamento superficial (poluição difusa).

Além disso, deve-se ressaltar que o sistema de tratamento de esgoto do município encontra-se comprometido e incompleto pela submersão da lagoa de maturação, que seria responsável pela eliminação de organismos patogênicos para o homem, parte mais importante do processo de tratamento do esgoto, no que se refere à saúde pública.

Portanto, o atual comprometimento da lagoa de maturação pode resultar no surgimento de doenças em toda a região influenciada pelo rio, como as demonstradas no Quadro 3, que comprometeriam a balneabilidade¹¹ do reservatório, colocando em risco a saúde da população.

Ao mesmo tempo, o sistema de tratamento de esgoto do município não apresenta nenhum programa ou acompanhamento de coleta e efetiva análise da qualidade de seu efluente, não sendo possível determinar se este obedece à legislação ambiental referente a lançamentos de efluentes e à balneabilidade, e que também são necessárias para se avaliar a eficiência e eficácia do tratamento de efluentes utilizado.

¹¹ Resolução CONAMA nº 274/2000, define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.

Ressalta-se que a legislação ambiental do Estado de Goiás não especifica os padrões de lançamento de efluentes, nem mesmo para cargas orgânicas, o que explica a falta de monitoramento praticada pela Prefeitura Municipal. No entanto, como o principal objetivo do tratamento de esgotos é proteger, de maneira econômica e socialmente aceitável o meio ambiente e a saúde pública, espera-se que o município reavalie o sistema de tratamento de esgoto adotado e o seu funcionamento, buscando o aprimoramento e adequação do processo implantado, considerado satisfatório para municípios de pequeno porte.

REFERÊNCIAS

ANDRADE NETO, Cícero Onofre de. *Sistemas para tratamento de esgotos sanitários: experiência brasileira*. Rio de Janeiro: ABES, 1997, 301p.

ANGELINI, Ronaldo; BINI, Luis Mauricio; STARLING, Fernando L.R.M. *Efeitos de Diferentes Intervenções no Processo de Eutrofização do Lago Paranoá*. *Oecologia Brasileinsis*, Rio de Janeiro, 12 (3): 564-571, 2008.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. et al., 2001, Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios: coletânea de trabalhos técnicos, v. 2 cap. 1, Belo Horizonte, UFMG.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. *Reatores anaeróbios*. 2 ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2007, 380 p.

DORNFELD, Carolina Buso. *Utilização de análises limnológicas, bioensaios de toxicidade e macroinvertebrados bentônicos para o diagnóstico ambiental do reservatório de Salto Grande (Americana, SP)*, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos/ Universidade de São Paulo - USP. São Carlos, 2002. 203p.

EIA, Estudo de Impacto Ambiental. *Revisão do Estudo de Impacto Ambiental do Complexo Energético (Ce) Caçu/Barra dos Coqueiros*. Concessão da Novelis do Brasil Ltda, 2005.

ESTEVES, Francisco de Assis. *Fundamentos de Limnologia*. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602p.

FONSECA, Gizele Araújo Borba. *Contribuição Antrópica na Poluição de Reservatórios Hidrelétricos: O Caso da Usina Hidrelétrica de São Simão - GO/MG*. 2010. 116p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, Rio de Janeiro, 2010.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa Nacional do Saneamento Básico 2000*. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

OLIVEIRA, S. M. A. C.; VON SPERLING, M. Avaliação de 166 ETES em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 1: Análise de desempenho. *Engenharia Sanitária Ambiental*, v.10, n.4, p.358-368, 2005.

PEREIRA, Júlia Myriam de Almeida. *A Atividade Pesqueira na represa de Lobo-Broa (Itirapina, Brotas –SP): Caracterização e composição da captura*. 2005. 130p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo - USP/ Departamento de Ciências da Engenharia Ambiental. São Carlos, 2005.

PNUD, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. *Atlas do Desenvolvimento Humano*. 2003. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/atlas/>. Acesso em: 18 de outubro de 2010.

REBOUÇAS, Aldo da C.; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia. *Águas Doces no Brasil*. 2 ed. São Paulo: Editora Escrituras, 2002, 703p.

ROCHA, Neuza Evangelista Pereira. *Avaliação de um sistema de tratamento de esgotos constituído de reator UASB e lagoas facultativas, em escala real*. 2002. 147p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal de Minas Gerais/ Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, 2002.

SNIS, Sistema Nacional de Informações Saneamento. *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2008*. Ministério das Cidades, Brasília, 2008.

THOMANN, R.V.; MUELLER, J.A. *Principles of surface water quality modeling and control*. Harper Internacional Edition, 1987, 644p.

TUNDISI, José Galizia; TUNDISI, Takako Matsumura. *Lagos e Reservatórios. Qualidade: O Impacto da Eutrofização*. São Paulo: IIE, 2002, 28p.

TUNDISI, José Galizia; TUNDISI, Takako Matsumura. *Limnologia*. São Paulo: Oficina dos Textos, 2008, 631p.

VON SPERLING, Marcos. *Lagoas de Estabilização*. 2 ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2002, 196p.

VON SPERLING, Marcos. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3 ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2005.

ANEXO A