

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ**

**ATENDIMENTO À NORMA NBR 12.209/2011 NA
IMPLANTAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE
ESGOTOS NO MUNICÍPIO DE GUARATINGUETÁ (SP)**

Guaratinguetá

2015

NELSON AZZOLINO NETO

**ATENDIMENTO À NORMA NBR 12.209/2011 NA
IMPLANTAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ESGOTOS NO MUNICÍPIO DE
GUARATINGUETÁ (SP)**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para a obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a Dr^a Isabel Cristina de Barros Trannin

Guaratinguetá

2015

Azzolino Neto, Nelson

A999a Atendimento à norma NBR 12.209/2011 na implantação de uma Estação de Tratamento de Esgotos no município de Guaratinguetá (SP) / Nelson Azzolino Neto – Guaratinguetá : [s.n], 2014.

61 f. : il.

Bibliografia : f. 58-61

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2014.

Orientadora: Prof^a Dr^a Isabel Cristina de Barros Trannin

1. Construção civil 2. Saneamento 3. Meio ambiente – Legislação

I. Título

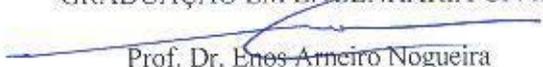
CDU 69

ATENDIMENTO À NORMA NBR 12.209/2011 NA IMPLANTAÇÃO
DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS NO
MUNICÍPIO DE GUARATINGUETÁ (SP)

NELSON AZZOLINO NETO

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

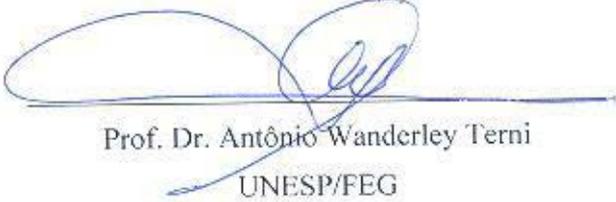

Prof. Dr. Enes Arneiro Nogueira

Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof.^ª Dr.^ª Isabel Cristina de Barros Trannin
Orientadora - UNESP/FEG


Prof. Dr. Paulo Valladares Soares
UNESP/FEG


Prof. Dr. Antônio Wanderley Terni
UNESP/FEG

Fevereiro de 2015

DADOS CURRICULARES

NELSON AZZOLINO NETO

NASCIMENTO	24.01.1986 – SÃO PAULO/SP
FILIAÇÃO	José Luiz Azzolino Marta Rosaria Cardoso Costa Azzolino
2006/2014	Curso de Graduação Universidade Estadual Paulista – “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Guaratinguetá.

Dedico este trabalho aos meus pais que sempre me apoiaram,
estiveram presentes em todos os momentos tristes e alegres e me
ensinaram a lutar pelos meus sonhos e ideais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por dar as oportunidades que surgiram nestes anos de faculdade, pela perseverança e força em muitos momentos.

Ao meu pai, *José Luiz*, por estar sempre ao meu lado, me dando coragem e segurança, mostrando-me com seu exemplo de vida que, com força de vontade e perseverança, poderei alcançar os meus maiores sonhos.

A minha mãe, *Marta*, por ser meu alicerce na vida, que com seu jeito simples e fé inabalável me ajudou a enfrentar as dificuldades durante esses anos de faculdade.

A minha irmã *Laura*, companheira e parceira, que mesmo com o seu temperamento forte, sempre esteve ao meu lado nos momentos de dificuldades.

A minha orientadora, Prof^a Dr^a *Isabel Cristina de Barros Trannin*, que me deu a oportunidade de estudar o tema proposto e me auxiliou durante todo o desenvolvimento deste estudo.

AZZOLINO NETO, N. **Atendimento à norma NBR 12.209/2011 na implantação de uma Estação de Tratamento de Esgotos no município de Guaratinguetá (SP)**. 2015. 61 p. Trabalho de Graduação (Graduando em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

RESUMO

O crescimento progressivo da população e, conseqüentemente, o aumento dos esgotos gerados, tem exigido da sociedade e das políticas públicas que, além da implantação de rede coletora seja realizado o tratamento e a disposição adequada dos esgotos tratados em todos os municípios brasileiros. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi acompanhar e avaliar a obra de implantação de uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE), no município de Guaratinguetá, no Estado de São Paulo, para identificar o atendimento às exigências legais e à NBR 12.209/2011. Verificou-se que a construção desta ETE atendeu a todos os requisitos da NBR 12.209/2011 e beneficiou uma grande parcela da população do município de Guaratinguetá, que não possuía tratamento de esgoto. Com base nos resultados desta avaliação concluiu-se que a construção de uma ETE é, relativamente, simples, diferindo somente quanto às exigências legais relacionadas à localização, área destinada à construção e materiais utilizados na obra. Os conhecimentos gerados neste estudo poderão auxiliar as políticas públicas na implantação de ETEs em municípios que ainda não contam com esse serviço de saneamento básico.

PALAVRAS-CHAVE: Construção Civil, Saneamento, Legislação Ambiental, Resíduos Orgânicos.

AZZOLINO NETO, N. **Compliance with NBR 12.209/2011 in the Deployment a Sewage Treatment Plant in the city of Guaratinguetá (SP)**. 2015. 61 p. Graduatework (Graduate in Civil Engineering) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

ABSTRACT

The progressive growth of the population and the increase of sewage generated has demanded of society and public policies that, besides the collection network deployment is carried out the treatment and proper disposal of treated sewage in all brazilian municipalities. The aim of this study was to monitor and evaluate the work of implementation of a Sewage Treatment Plant (STP) in Guaratinguetá city of São Paulo state, to identify the compliance with legal requirements and the NBR 12,209/2011. The construction of this ETE met all the requirements of NBR 12209/2011 and benefited a large portion of population with the sewage treatment. Based on the results of this assessment it was concluded that the construction of a STP is relatively simple, differing only on the legal requirements related to the location, area for the construction and materials used in the work. The knowledge generated in this study will assist the public policies in the implementation of STPs in municipalities that do not yet have this basic sanitation.

KEY WORDS: Construction, Sanitation, Environmental Law, Organic Wastes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -- Representação espacial do índice médio de atendimento urbano por rede coletora de esgotos, cujos prestadores de serviços participaram do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento SNIS em 2013, distribuído por faixas percentuais por estado.....	17
Figura 2 -- Representação espacial do índice de atendimento urbano por rede coletora de esgotos dos municípios brasileiros, cujos prestadores de serviços participaram do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento em 2013, distribuído por faixas percentuais.....	18
Figura 3 -- Sistema de Esgotamento Sanitário e seus componentes principais.....	21
Figura 4 -- Estação de tratamento de esgoto por processo de lodos ativados - ETE Campo do Galvão.....	27
Figura 5 -- Etapas do funcionamento de uma ETE--Estação de Tratamento de Esgoto.....	35
Figura 6 -- Zona oeste do município de Guaratinguetá (SP), destacada em vermelho, constituída pelos bairros beneficiados com a construção da ETE Pedregulho: Piagui, São Dimas, São Manoel, Aeroporto, Bela Vista, Alto Pedregulho, Pedregulho e Vila Conêgo Rodrigues.....	39
Figura 7 -- Planta baixa do projeto da ETE do bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).....	43
Figura 8 -- Gradeamento por meio de barras mecanizadas adotadas pela ETE Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).....	45
Figura 9 -- Medidor de vazão tipo Calha Parshall, da ETE do bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).....	46
Figura 10 - Caixas de areia projetadas para a ETE do bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).....	47
Figura 11 -- Tanque de aeração da ETE do bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).....	48
Figura 12 -- Tanque de aeração da ETE do bairro Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).....	49

Figura 13 -- Decantador secundario da ETE do bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).....	50
Figura 14 -- Decantador secundario da ETE bairro Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).....	51
Figura 15 -- Adensador de lodo da ETE do bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).....	51
Figura 16 -- Interior do adensador de lodo da ETE do bairro do Pedregulho no município de Guaratinguetá (SP).....	51
Figura 17 -- Estação elevatória de recirculação e descarte de lodo projetada para a ETE do bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).....	53
Figura 18 -- Estação elevatória de lodo adensado projetada para ETE do bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).....	53
Figura 19 -- Estação elevatória de filtrado projetada para ETE do bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).....	53
Figura 20 -- Centrifuga de secagem de lodo da ETE do bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dimensionamento das grades de barras mecanizadas aplicadas no projeto da ETE do bairro Pedregulho, comparado ao que estabelece a NBR 12.209/2011.....	45
Tabela 2 – Dimensionamento do medidor de vazão, tipo calha Parshall, utilizada no projeto da ETE do bairro Pedregulho, comparado ao que estabelece a NBR 12.209/2011.....	47
Tabela 3 – Dimensionamento da caixa de areia utilizada no projeto da ETE do bairro Pedregulho, comparado ao que estabelece a NBR 12.209/2011.....	48
Tabela 4 – Dimensionamento do tanque de aeração utilizado no projeto da ETE do bairro Pedregulho, comparado ao que estabelece a NBR 12.209/2011.....	49
Tabela 5 – Dimensionamento do decantador secundário utilizado no projeto da ETE do bairro Pedregulho, comparado ao que estabelece a NBR 12.209/2011.....	50
Tabela 6 – Dimensionamento dos adensador utilizado no projeto da ETE do bairro Pedregulho, comparado ao que estabelece a NBR 12.209/2011.....	52
Tabela 7 – Centrífuga desaguadora de lodo utilizada no projeto da ETE do bairro Pedregulho, comparado ao que estabelece a NBR 12.209/2011.....	54

LISTA DE SIGLAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

BNDES: Banco Nacional de Desenvolvimento do Sudeste

CAB: Companhia de Águas do Brasil

CONAMA: Conselho Nacional Meio Ambiente

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio

ETE: Estação de Tratamento de Esgoto

IBAMA: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

PNSB: Plano Nacional de Saneamento Básico

SAEG: Companhia de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá

SNIS: Sistema Nacional de Informação do Saneamento

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1. OBJETIVO GERAL.....	15
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1. PANORAMA DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL.....	16
3.2. SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITARIO.....	19
3.3. LEGISLAÇÃO PARA SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL.....	29
3.4. COMPONENTES DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....	34
4. MATERIAL E MÉTODOS	39
4.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	39
4.2. METODOLOGIA.....	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1. SELEÇÃO DO LOCAL DE IMPLANTAÇÃO DA E.T.E.....	43
5.2. AVALIAÇÃO DOS COMPONENTES DA ETE EM ATENDIMENTO À NBR 12.209/2011.....	45
6. CONCLUSÕES	57
REFERÊNCIASBLIOGRÁFICAS	58

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e o aumento dos resíduos gerados têm exigido das autoridades públicas medidas para que o saneamento básico seja suficiente para garantir a qualidade de vida da sociedade. Entre estas medidas destaca-se a implantação de rede coletora, o envio para estações de tratamento e a disposição adequada dos esgotos tratados; o abastecimento de água potável e um sistema de coleta de resíduos sólidos e limpeza urbana eficaz. A eficácia destas medidas se refletirá no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do município, mas é de responsabilidade do governo federal juntamente com os governos estaduais, fornecer verbas suficientes para custear esses projetos, que deverão ser executados pelos governos municipais da melhor forma possível, visando beneficiar a população.

Para estabelecer diretrizes ao saneamento básico brasileiro foi sancionada em 2007 a Lei Federal nº 11.445, que trouxe os principais fundamentos para a universalização do saneamento, preservação ambiental e respeito às peculiaridades locais e regionais. Essa lei definiu a obrigatoriedade de todos os municípios na elaboração da Política e do Plano de saneamento básico, para poderem contratar prestadores de serviços. Também trouxe regulamentação para a estrutura das tarifas, facilitando a transparência e acessibilidade aos municípios, usuários e agentes reguladores e fiscalizadores, prevendo ainda, a criação da Política Federal de Saneamento, instituindo a União como responsável pelo financiamento e gerenciamento do sistema. Em 20 de novembro de 2013 foi assinado o decreto nº 8.141, que dispõe sobre o Plano Nacional de Saneamento Básico (PNSB), institui o grupo de trabalho interinstitucional de acompanhamento da implementação do PNSB e dá outras providências.

Apesar dos avanços da legislação, o saneamento básico no Brasil ainda está muito aquém do ideal, principalmente em relação à coleta e ao tratamento adequado dos esgotos, antes da disposição dos efluentes nos corpos d'água, o que é imprescindível para a melhoria da saúde pública. A disposição dos efluentes gerados do tratamento dos esgotos precisa ser realizada de forma segura e deve atender aos padrões de lançamento de efluentes estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 430/2011, para que não afete a qualidade da água dos corpos hídricos, considerando para isso, as classes de

enquadramento dos corpos d'água determinados pela Resolução CONANA nº 357/2005.

Portanto, para que o tratamento dos esgotos seja realizado de forma satisfatória e atenda à legislação vigente, é preciso investir na implantação de Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs). A Organização Mundial da Saúde calcula que, a cada dólar aplicado em tratamento de esgotos, economizam-se 5 dólares em atendimento médico (estudos feitos pela OMS em 2012). No entanto, para a implantação de uma ETE é preciso considerar todas as normas estabelecidas (NTS 025 de julho de 2006 – Norma técnica da Sabesp, que fixa os critérios e requisitos mínimos para a elaboração do projeto de redes coletoras de esgoto, a NBR 9649 de Novembro de 1986 – Norma brasileira regulamentadora, que estabelece as exigências na elaboração de projeto hidráulico-sanitário de redes coletoras de esgoto sanitário, funcionando em lâmina livre, observada a regulamentação específica das entidades responsáveis pelo planejamento e desenvolvimento do sistema de esgoto sanitário, a NBR 12.209 de abril de 2011 – Norma brasileira, que estabelece as recomendações para a elaboração de projetos de ETEs) e as regulamentações específicas das entidades responsáveis pelo planejamento e desenvolvimento do sistema de esgoto sanitário, para que este empreendimento seja construído sem causar qualquer tipo de impacto ao ambiente ou à sociedade.

Este trabalho apresentou um panorama do saneamento básico no Brasil e todas as exigências legais, as normas de construção e as necessidades identificadas no canteiro de obras, tendo como estudo de caso, o atendimento à norma NBR 12.209/2011 do projeto de implantação de uma ETE no bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo foi acompanhar o canteiro de obras da implantação de uma ETE no município de Guaratinguetá (SP), e avaliar o atendimento às exigências legais e às normas de construção civil deste tipo de empreendimento.

2.2 Objetivos Específicos

- Gerar informações sobre o panorama do tratamento de esgotos no Brasil e no município de Guaratinguetá;
- Verificar se o projeto da planta da ETE a ser implantada no município de Guaratinguetá atende às exigências legais e normas de construção estabelecidas para este tipo de empreendimento;
- Acompanhar todas as etapas de implantação da ETE, para verificar se a obra atendeu às exigências legais e às normas de construção;
- Identificar os impactos positivos à população e ao meio ambiente, da construção da ETE no município de Guaratinguetá.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Panorama do saneamento básico no Brasil

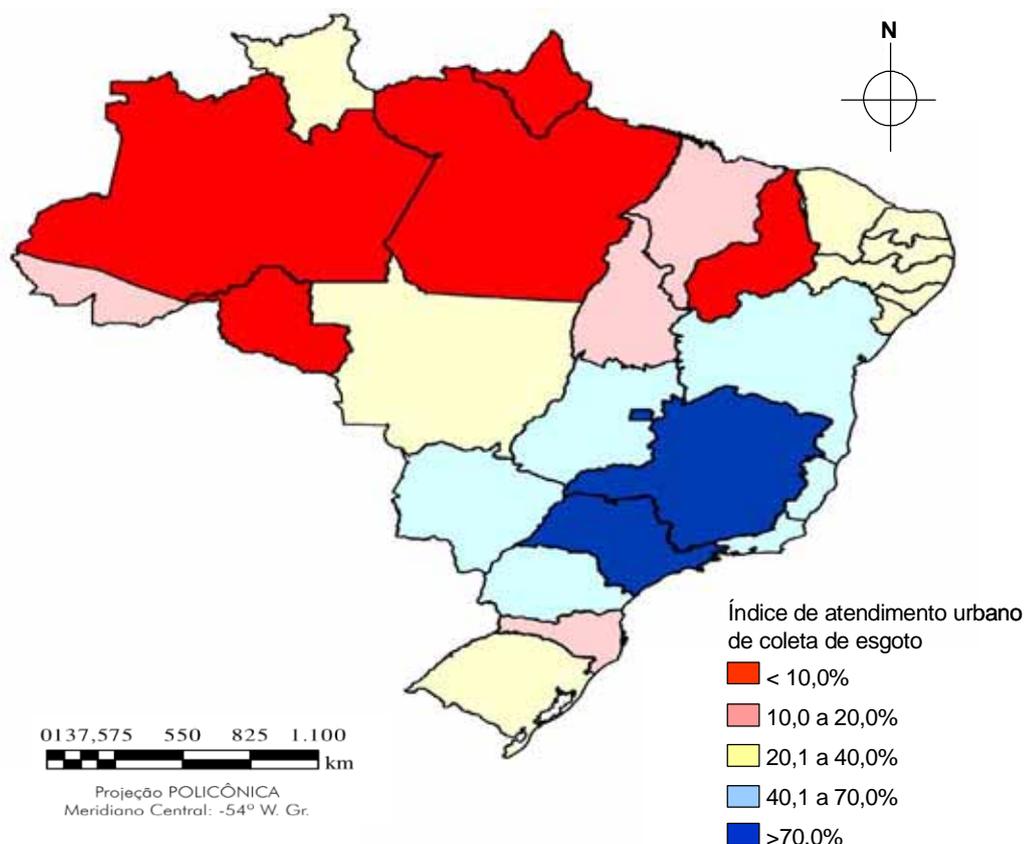
De acordo com pesquisas do Instituto Trata Brasil e do Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável, o Brasil, apesar de representar a sétima economia mundial, até o ano de 2011 ocupava a 112ª posição num ranking de 200 países, no setor de saneamento básico.

A pontuação do Brasil no Índice de Desenvolvimento do Saneamento (IDS), um indicador que leva em consideração a cobertura por saneamento atual e sua evolução recente, foi de 0,581 em 2011, inferior não só às médias da América do Norte e da Europa, mas também às de alguns países do Norte da África e do Oriente Médio, povos de renda média bem mais baixa que do Brasil. Por exemplo, Equador (0,719), Chile (0,707), Honduras (0,686) e Argentina (0,667), registraram índices muito superiores aos do Brasil. Esta pesquisa destacou também, que a situação precária do saneamento brasileiro tem reflexos imediatos nos indicadores de saúde, sendo que a taxa de mortalidade infantil brasileira foi muito superior à média mundial.

No mapa contendo os percentuais de atendimento urbano por rede coletora de esgotos no ano de 2013, disponibilizado no diagnóstico dos serviços de água e esgotos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2014), pode ser observado que o índice médio de atendimento urbano por rede coletora de esgotos foi superior a 70% nos estados de São Paulo e Minas Gerais e no Distrito Federal (Figura 1).

Neste diagnóstico, também são apontados os índices de atendimento urbano por rede coletora de esgotos para 2.213 municípios brasileiros. No mapa apresentado na figura 2, pode ser observado que no ano de 2013, a maioria dos municípios (1.297) atingiram índice de coleta de esgoto superior a 70%; outros 352 estão com índices na faixa de 40 a 70%; 243 se enquadraram entre 20 a 40%; 132 na faixa de 10 a 20% e 189 municípios apresentam menos de 10% de atendimento de coleta de esgoto urbano (SNIS, 2014).

Figura 1 – Representação espacial do índice médio de atendimento urbano por rede coletora de esgotos, cujos prestadores de serviços participaram do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento SNIS em 2013, distribuído por faixas percentuais por estado.

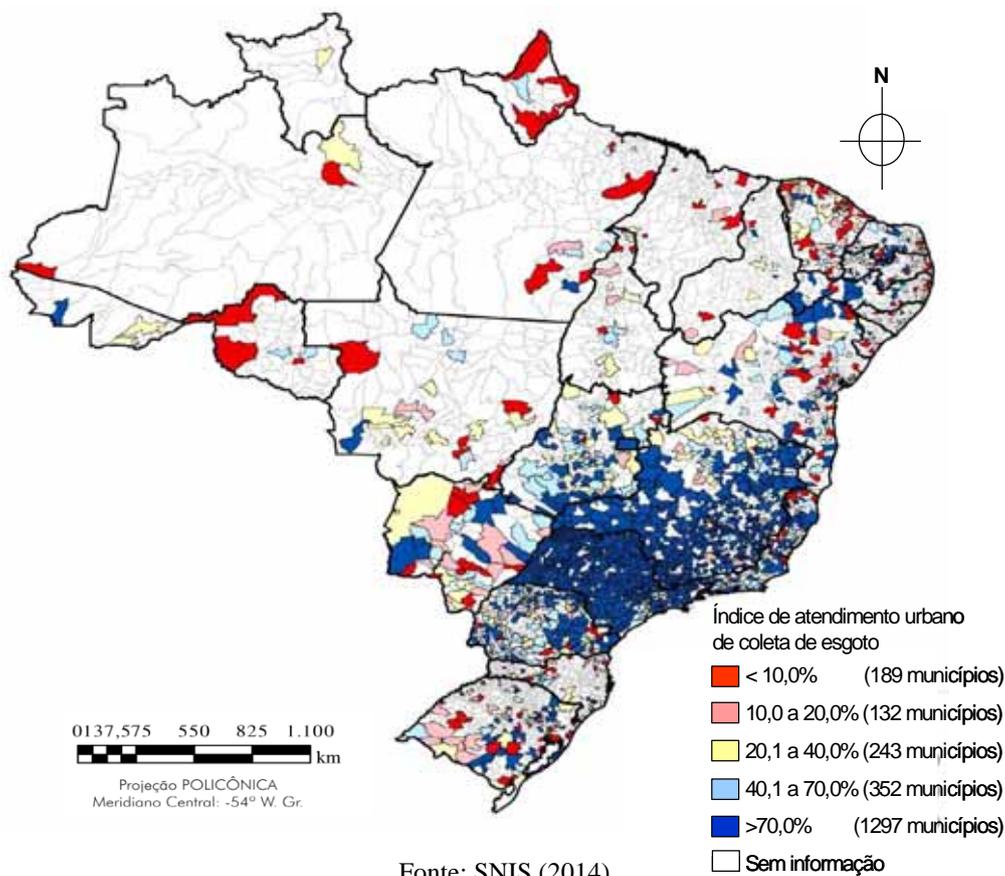


Fonte: SNIS (2014).

De acordo com as informações fornecidas neste diagnóstico, no ano de 2013 os investimentos efetivamente realizados em serviços de água e esgoto totalizaram R\$ 10.485,2 milhões. Este valor correspondeu à aplicação de R\$ 418,2 milhões (4,0%) em despesas capitalizáveis, R\$ 4.332,0 milhões (41,3%) nos sistemas de água, R\$ 4.684,8 milhões (44,7%) nos serviços de esgotamento sanitário e R\$ 1.050,3 milhões (10,0%) em outros investimentos.

O maior investimento em esgotamento sanitário (44,7%), comparado aos demais itens de saneamento, se justifica apela menor cobertura destes serviços, sobretudo no que diz respeito ao tratamento dos esgotos (SNIS, 2014). Neste sentido, vale destacar que a maior porcentagem de atendimento de coleta de esgotos em regiões metropolitanas e capitais, não corresponde às proporções de esgotos tratados e com disposição final adequada.

Figura 2 – Representação espacial do índice de atendimento urbano por rede coletora de esgotos dos municípios brasileiros cujos prestadores de serviços participaram do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento em 2013, distribuído por faixas percentuais.



De acordo com os dados gerados pela pesquisa do Instituto Trata Brasil (2014), 61,52% do volume de esgoto gerado nos 100 maiores municípios brasileiros não recebeu tratamento adequado em 2011, sendo que em 2010, o volume de esgoto não tratado era ainda maior, correspondendo a 63,72%. Esse percentual representa um total de 3,2 bilhões de metros cúbicos de esgoto, o equivalente a um volume de 3.500 piscinas olímpicas de resíduos despejados sem tratamento diariamente nos rios e mares, que servem de corpos receptores. Como consequência, a poluição das águas nas regiões dos grandes centros urbanos é bastante elevada, diminuindo a disponibilidade para captação e encarecendo, cada vez mais, o tratamento da água para o abastecimento público. Neste sentido, é preciso considerar que existe uma relação direta entre os baixos índices de coleta e tratamento de esgotos com a baixa qualidade dos recursos hídricos, o que contribui para o agravamento dos problemas relacionados com a incidência de doenças de veiculação hídrica.

Entre as iniciativas para a melhoria desta situação, destaca-se a da Agência Nacional de Águas (ANA), que em 2014 ofereceu R\$27 milhões para empreendimentos que visassem à ampliação do tratamento de esgotos no Brasil, vinculados ao Programa de Despoluição de Bacias Hidrográficas (Prodes). Também conhecido como “programa de compra de esgoto tratado”, o Prodes incentiva a implantação ou ampliação de ETEs para reduzir os níveis de poluição em bacias hidrográficas, principalmente, em cinco bacias consideradas prioritárias: São Francisco, Paraíba do Sul, Rio Doce, Paranaíba e Piranhas-Açu. Podem participar do Prodes os empreendimentos destinados ao tratamento de esgotos com capacidade inicial de tratamento de no mínimo 270 kg dia^{-1} de DBO, cujos recursos para implantação da estação não originem da União. Entre outros requisitos, a seleção do Prodes considera se o empreendimento está em municípios considerados em situação crítica em relação à qualidade da água, conforme a Portaria ANA nº 062/2013. Nesta categoria estão incluídas 137 cidades de 10 estados: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro e São Paulo.

Apesar destes incentivos, de acordo com o relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil para o ano de 2013, o país tratou somente cerca de 30% dos esgotos domésticos urbanos produzidos.

3.2 Sistemas de Esgotamento Sanitário

De acordo com a NBR 9.648/1986 da ABNT, esgoto sanitário é todo despejo líquido constituído de esgotos domésticos e industriais, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária (ABNT, 1986). Em geral, a palavra “esgoto” é utilizada para caracterizar os despejos provenientes dos diversos usos das águas como, doméstico, comercial, industrial, de utilidade pública, de áreas agrícolas e outros efluentes, o que tem levado alguns autores a utilizar o termo “águas residuárias” (IBAMA, 2009).

O esgoto pode ser classificado como sanitário ou industrial. O esgoto sanitário é constituído, principalmente, por despejos domésticos, contendo uma parcela de águas pluviais e, eventualmente, uma parcela não significativa de despejos industriais, tendo características bem definidas. O esgoto industrial é extremamente diverso, devido à variedade de matérias primas e processos produtivos aplicados e provém de qualquer

utilização da água para fins industriais. Dessa forma, as especificidades de cada indústria deverão ser consideradas para que seja selecionado o tratamento adequado. Neste aspecto, a engenharia sanitária brasileira tem apresentado grandes avanços nas últimas décadas. Além disso, grandes esforços têm sido realizados para que os sistemas de esgotamento sanitário atendam ao crescimento acelerado da população.

No programa nacional de capacitação de gestores ambientais o IBAMA (2009), descreve três sistemas de esgotamento sanitário:

- 1) *Sistema de esgotamento unitário ou sistema combinado*, em que o esgoto, as águas de infiltração e as águas pluviais veiculam por um único sistema;
- 2) *Sistema de esgotamento separador parcial*, em que parcela das águas de chuva, proveniente de telhados e pátios dos domicílios é encaminhada juntamente com o esgoto e as águas de infiltração para um único sistema de coleta de esgoto;
- 3) *Sistema separador absoluto*, em que o esgoto e as águas de infiltração, que constituem o esgoto doméstico, veiculam em um sistema independente. As águas pluviais são coletadas e transportadas em um sistema de drenagem pluvial totalmente independente.

No Brasil, geralmente, utiliza-se o sistema separador absoluto, que diminui, significativamente, os custos de implantação, considerando que, vazões bem menores resultam em obras de menor porte e, conseqüentemente, de menor custo, resolvendo um dos problemas mais graves de saneamento da cidade (IBAMA, 2009). Além disso, de acordo com IBAMA (2009), possui outras vantagens: emprega tubos mais baratos; oferece mais flexibilidade para execução por etapas; reduz consideravelmente o custo do afastamento das águas pluviais, pelo fato de permitir seu lançamento no curso de água mais próximo; não se condiciona e nem obriga a pavimentação das vias públicas; reduz a extensão das grandes canalizações (galerias) dentro do município, sem prejudicar a depuração do esgoto sanitário. Como pode ser observado na figura 3, o sistema de esgotamento sanitário é composto pelos seguintes componentes principais:

- 1) *Rede Coletora*: conjunto de canalizações destinadas a receber e conduzir o esgoto. O sistema de esgoto predial se liga diretamente à rede coletora por uma tubulação

chamada coletor predial ou ramal. Os ramais, por sua vez, são ligados a coletores tronco, que é o coletor principal de uma bacia de drenagem.

2) *Interceptor*: canalização que recebe coletores ao longo de seu comprimento, não recebendo ligações prediais diretas.

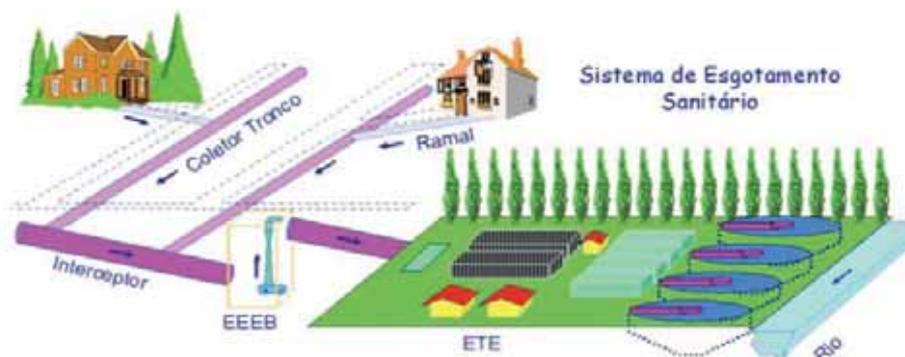
3) *Estação Elevatória de Esgoto Bruto – EEEB*: conjunto de instalações destinadas a transferir o esgoto de uma cota mais baixa para outra mais alta.

4) *Emissário*: canalização destinada a conduzir o esgoto a uma Estação de Tratamento de Esgoto, sem receber contribuições em marcha.

5) *Estação de Tratamento de Esgoto – ETE*: conjunto de instalações destinadas ao tratamento do esgoto antes de seu lançamento.

6) *Corpo receptor*: corpo de água onde é lançado o esgoto tratado.

Figura 3 – Sistema de esgotamento sanitário e seus componentes principais



Fonte: IBAMA (2009)

De acordo com Pestana e Ganghis (2008), a quantidade total de esgoto a ser tratado em um sistema, é função da população e da indústria local a ser atendida durante um período de 20 a 30 anos. O volume de esgoto gerado anualmente pode ser controlado pelas vazões obtidas nos medidores instalados em pontos determinados do sistema, especialmente na entrada das estações de tratamento.

Com base nos dados fornecidos pelo Informe “tecnologias acessíveis para tratamento de esgotos” do BNDES (1997), o processo de tratamento do esgoto pode adotar diferentes tecnologias para depuração da carga poluente, mas geralmente, segue um fluxo que compreende as seguintes etapas:

- *Tratamento preliminar*: é uma etapa que realiza a remoção de grandes sólidos e areia para proteger as demais unidades de tratamento, os dispositivos de transporte (bombas e tubulações) e os corpos receptores. A remoção da areia previne a ocorrência de abrasão nos equipamentos e tubulações e facilita o transporte dos líquidos. É feita com o uso de grades que impedem a passagem de todo tipo de material danoso aos equipamentos, tais como: trapos, papéis, pedaços de madeira, etc.; caixas de areia, para retenção deste material; e tanques de flutuação para retirada de óleos e graxas em casos de esgoto industrial com alto teor destas substâncias.

- *Tratamento primário*: os esgotos captados ainda contêm sólidos em suspensão cuja remoção pode ser feita em unidades de sedimentação, reduzindo a matéria orgânica contida no efluente. Os sólidos sedimentáveis e flutuantes são retirados através de decantadores. Os esgotos fluem vagarosamente pelos decantadores, permitindo que os sólidos em suspensão de maior densidade sedimentem gradualmente no fundo, formando o lodo primário bruto. Os materiais flutuantes como graxas e óleos, de menor densidade, são removidos na superfície. A eliminação média da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é de 30%.

- *Tratamento secundário*: Nessa etapa há o processo da remoção de sólidos e de matéria orgânica não sedimentável e, eventualmente, nutrientes como nitrogênio e fósforo. Após as fases primária e secundária a redução da DBO deve alcançar 90%. É a etapa responsável pela remoção biológica dos poluentes e sua eficiência permite produzir um efluente em conformidade com o padrão de lançamento previsto na legislação ambiental. Basicamente, são reproduzidos os fenômenos naturais de estabilização da matéria orgânica que ocorrem no corpo receptor, sendo que a diferença está na maior velocidade do processo, na necessidade de utilização de uma área menor e na evolução do tratamento em condições controladas.

- *Tratamento terciário*: Nessa fase há a remoção de poluentes tóxicos ou não biodegradáveis ou eliminação adicional de poluentes não degradados na fase secundária.

- *Desinfecção*: A grande parte dos microrganismos patogênicos foi eliminada nas etapas anteriores. A desinfecção total pode ser feita pelo processo natural, em lagoa de maturação, ou artificial, por meio de cloração, ozonização ou radiação ultravioleta. A lagoa de maturação demanda grandes áreas, pois necessita pouca profundidade para permitir a penetração da radiação solar ultravioleta. Entre os processos artificiais, a cloração é o de

menor custo, mas pode gerar subprodutos tóxicos, como organoclorados. A ozonização é muito dispendiosa e a radiação ultravioleta não se aplica a qualquer situação. O desenvolvimento tecnológico no tratamento de esgotos está concentrado na etapa secundária e posteriores. Uma das tendências verificada é o aumento na dependência de equipamentos em detrimento do uso de produtos químicos para o tratamento. Os fabricantes de equipamentos para saneamento, por sua vez, vêm desenvolvendo novas tecnologias para o tratamento biológico, com ênfase no processo aeróbio.

O tratamento de esgotos gera como subprodutos o lodo de esgoto (resíduo semi-sólido), o efluente (líquido) e o biogás (BNDES, 1997). O lodo é o resultado da separação e concentração da matéria orgânica contida no esgoto. A quantidade e a natureza do lodo dependem das características do esgoto e do processo de tratamento empregado. Na fase primária do tratamento, o lodo é constituído pelos sólidos em suspensão removidos do esgoto bruto, e na fase secundária o lodo é composto, principalmente, pelos microrganismos (biomassa) que se reproduziram graças à matéria orgânica do próprio efluente. Os sistemas de tratamento que dependem da remoção frequente do lodo para sua manutenção, já dispõem de processamento e disposição final desse material como parte integrante da estação, como é o caso de processos com lodos ativados ou filtros biológicos.

De acordo com o informe da Área de Projetos e Infraestrutura do BNDES (1997), o tratamento do lodo tem por objetivo, basicamente, a redução do volume e do teor de matéria orgânica mineralizável (estabilização), considerando a disposição final do resíduo. As técnicas mais usuais para processamento do lodo são: armazenamento antes do processamento em decantadores ou em tanques separados; espessamento antes da digestão e/ou desidratação por gravidade ou por flotação com ar dissolvido; condicionamento antes da desidratação através de tratamento químico, estabilização por digestão anaeróbia ou pela aeração; desidratação por filtro a vácuo, filtros-prensa, centrifugação, leitos de secagem ou lagoas.

A disposição final do lodo pode ser feita em aterros sanitários, juntamente com o lixo urbano, em incineradores e na restauração de terras (controle de voçorocas). Vale salientar que os lodos são ricos em matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e micronutrientes, apresentando elevado potencial de aproveitamento agrícola, em áreas de reflorestamento e produção de composto orgânico. O efluente, pode ser utilizado para fins não potáveis em áreas de escassez de água. O reuso da água, isto é, a utilização do efluente tratado em

atividades que não necessitam de potabilidade pode representar uma razoável economia de água potável (BNDES, 1997).

Sobre o biogás existem inúmeros estudos para o seu aproveitamento racional, destacando-se sua utilização para geração de energia elétrica para a própria estação de tratamento de esgoto, além do uso como gás doméstico, industrial ou combustível para veículos. O tratamento biológico é a forma mais eficiente de remoção da matéria orgânica dos esgotos.

O próprio esgoto contém grande variedade de bactérias e protozoários para compor as culturas microbianas mistas que processam os poluentes orgânicos. O uso desse processo requer o controle da vazão, a recirculação dos microrganismos decantados, o fornecimento de oxigênio e outros fatores. Os fatores que mais afetam o crescimento das culturas são a temperatura, a disponibilidade de nutrientes, o fornecimento de oxigênio, o pH, a presença de elementos tóxicos e a insolação (no caso de plantas verdes).

A matéria orgânica do esgoto é decomposta pela ação das bactérias presentes no próprio efluente, transformando-se em substâncias estáveis, ou seja, as substâncias orgânicas insolúveis dão origem a substâncias inorgânicas solúveis. A decomposição aeróbia diferencia-se da anaeróbia pelo seu tempo de processamento e pelos produtos resultantes. Em condições naturais, a decomposição aeróbia necessita três vezes menos tempo que a anaeróbia e dela resultam gás carbônico, água, nitratos e sulfatos, substâncias inofensivas e úteis à vida vegetal.

O resultado da decomposição anaeróbia é a geração de gases como o sulfídrico, metano, nitrogênio, amoníaco e outros.

A decomposição do esgoto é um processo que demanda vários dias, iniciando-se com uma contagem elevada de DBO, que vai decrescendo e atinge seu valor mínimo ao completar-se a estabilização. A determinação da DBO é importante para indicar o teor de matéria orgânica biodegradável e definir o grau de poluição que o esgoto pode causar ou a quantidade de oxigênio necessária para submeter o esgoto a um tratamento aeróbio.

As tecnologias de tratamento de efluentes nada mais são que o aperfeiçoamento do processo de depuração da natureza, buscando reduzir seu tempo de duração e aumentar sua capacidade de absorção, com consumo mínimo de recursos em instalações e operação e o

melhor resultado em termos de qualidade do efluente lançado, sem deixar de considerar a dimensão da população a ser atendida. Os sistemas existentes podem ser classificados, basicamente, em dois grandes grupos: tecnologias de sistemas simplificados ou mecanizados e processos aeróbios ou anaeróbios, descritos a seguir (BNDES, 1997).

- *Disposição no solo*: sistema simplificado que requer áreas extensas nas quais os esgotos são aplicados por aspersão, vala ou alagamento, sofrendo evaporação ou sendo absorvidos pela vegetação. Grande parte do efluente é infiltrada no solo e o restante sai como esgoto tratado na extremidade oposta do terreno. A eficiência na remoção de DBO está entre 85 e 99% e a de patogênicos está entre 90 e 99%. O custo de implantação e operação é bastante reduzido e não apresenta geração de lodo. Pode gerar maus odores, insetos e vermes, além de apresentar risco de contaminação da vegetação, no caso de agricultura, dos trabalhadores envolvidos, do solo e do lençol freático.

- *Lagoas de estabilização sem aeração*: técnica simplificada que exige uma área extensa para a instalação da lagoa, na qual os esgotos sofrem o processo aeróbio de depuração graças à existência de plantas verdes que oxigenam a água. Para reduzir a área necessária podem ser instaladas lagoas menores para processar a depuração anaeróbia. A eficiência na remoção de DBO é de 70 a 90% e de coliformes é de 90 a 99%.

- *Sistemas anaeróbios simplificados*: são dois sistemas como o filtro anaeróbio e o reator anaeróbio de manta de lodo. O primeiro é um tanque submerso no qual o esgoto, já decantado em uma fossa séptica, flui de baixo para cima para ser estabilizado por bactérias aderidas a um suporte de pedras. O segundo estabiliza a matéria orgânica usando as bactérias dispersas em um tanque fechado - o fluxo do esgoto é de baixo para cima e na zona superior há coleta de gás. Ambos necessitam de pouca área para sua instalação e têm custo de implantação e operação reduzido. A produção de lodo é muito baixa e podem produzir maus odores. Estes sistemas não têm condições de atender, caso exigido, padrões muito restritivos de lançamento do efluente. Ainda nesta categoria há o biodigestor, que é um reator com um mecanismo biológico para estabilização da matéria orgânica, via bactérias anaeróbias, e outro físico para decantação das partículas. O efluente circula no reator em sentido vertical e de baixo para cima. Suas vantagens são a facilidade de operação, a rapidez na instalação e o baixo custo de implantação/operação. Entre as desvantagens está a baixa remoção de DBO, entre 60-70%.

- *Lagoas anaeróbias*: são lagoas mais profundas - até 4,5m - e reduzida área superficial. As bactérias anaeróbias decompõem a matéria orgânica em gases, sendo baixa a produção de lodo. Este tratamento é adequado para efluentes com altíssimo teor orgânico, a exemplo do esgoto de matadouros, não se aplicando aos esgotos domésticos cujo DBO é inferior.

- *Lagoas de estabilização aeradas*: sistema mecanizado e aeróbio. O oxigênio é fornecido por equipamentos mecânicos - os aeradores - ou por ar comprimido através de um difusor submerso. A remoção do DBO é função do período de aeração, da temperatura e da natureza do esgoto. O despejo de efluente industrial deve ser controlado para não prejudicar a eficiência do processo. Os sólidos dos esgotos e as bactérias sedimentam, indo para o lodo do fundo, ou são removidos em uma lagoa de decantação secundária. O processo tem baixa produção de maus odores, sendo a eficiência na remoção de DBO de 70 a 90% e na eliminação de patogênicos de 60 a 99%. Requerem menos área do que os sistemas naturais, porém ocupam mais espaço que os demais sistemas mecanizados. O consumo de energia já é razoavelmente elevado. Em períodos entre 2 a 5 anos é necessária a remoção do lodo da lagoa de decantação.

- *Ar difuso*: sistema mecanizado e aeróbio, no qual a aeração é feita pelo bombeamento de ar comprimido transportado por uma rede de distribuição até os difusores no fundo do tanque de aeração. O tanque pode ser construído em diversos formatos e permite profundidades maiores, como é o caso do poço profundo – “deepshaft” – que requer pouca área para sua instalação. A rede de distribuição pode ser fixa ou móvel e superficial ou submersa. O sistema de difusão de ar comprimido pode ser de bolhas finas, médias ou grandes. Quanto menor a bolha maior a eficiência na transferência de oxigênio e maiores os problemas de manutenção. A eficiência na remoção de DBO e na eliminação de patogênicos assemelha-se a da lagoa de estabilização aerada.

- *Lodos ativados*: sistema mecanizado e aeróbio. A remoção da matéria orgânica é feita pelas bactérias que crescem no tanque de aeração e formam uma biomassa a ser sedimentada no decantador. O lodo do decantador secundário é retornado, por bombeamento, ao tanque de aeração, para aumentar a eficiência do sistema (Figura 4). O oxigênio é fornecido por aeradores mecânicos superficiais ou por tubulações de ar no fundo do tanque. Tais sistemas podem operar continuamente ou de forma intermitente, e quase não produzem maus odores,

insetos ou vermes. A eliminação de DBO alcança de 85 a 98% e a de patógenos de 60 a 90%. A instalação requer área reduzida, mas envolve a necessidade de diversos equipamentos (aeradores, elevatórias de recirculação, raspadores de lodo, misturador de digestor, entre outros). O custo de operação é elevado devido à alta demanda por mecanização e elevado consumo de energia para movimentação dos equipamentos. Além disso, o lodo gerado necessita de tratamento, bem como, de disposição final adequada.

Figura 4 – Estação de tratamento de esgoto por lodos ativados – ETE Campo do Galvão em Guaratinguetá (SP).



Fonte: <http://www.cabguaratingueta.com.br/empresa/estrutura.html>

- *Filtros biológicos*: a estabilização da matéria orgânica é realizada por bactérias que crescem aderidas a um suporte de pedras ou materiais sintéticos. O esgoto é aplicado na superfície através de distribuidores rotativos, percola pelo tanque e sai pelo fundo. A matéria orgânica fica retida pelas bactérias do suporte, permitindo elevada eficiência na remoção de DBO (de 80 a 93%). A eliminação de patógenos está entre 60 - 90%. A instalação não requer área extensa e sua mecanização exige equipamentos relativamente simples (distribuidor rotativo, raspadores de lodo, elevatória para recirculação, misturador para digestor, entre outros). O custo de implantação é alto e há necessidade de tratamento do lodo gerado e sua disposição final. Entre os inconvenientes estão a dificuldade na operação de limpeza e a possibilidade de proliferação de insetos.

- *Biofiltro aerado submerso*: sistema mecanizado e aeróbio. Compreende um reator biológico de culturas bacterianas que são fixadas em camada suporte instalada na parte média. O esgoto é introduzido na base do reator, através de um duto, e a aeração é suprida por tubulação também pela base. O líquido é filtrado pelo material no suporte e passa para o

nível superior do reator já tratado. A remoção de material orgânico é compatível com os processos de lodos ativados e de filtros biológicos. Sua grande vantagem está na reduzida necessidade de área para instalação e na possibilidade de serem enterrados no subsolo.

- *Tratamento com oxigênio puro:* sistema mecanizado cujo processo aeróbio utiliza o oxigênio puro no lugar do ar atmosférico. Os principais componentes são, em geral, o gerador de oxigênio, um tanque de oxigenação compartimentado e com cobertura, um decantador secundário e bombas para recirculação dos lodos ativados. Comparado aos sistemas aerados convencionais, apresenta alta eficiência - a eliminação de DBO alcança a faixa de 90 a 95%, sendo efetuada em tempo reduzido e suportando altas cargas de matéria orgânica. Outros aspectos positivos são a possibilidade de controle total da emissão de maus odores e a produção reduzida de lodo. A instalação não demanda grande área e seus equipamentos são de pequeno porte. O consumo de energia equivale a 30% da energia requerida em processo de aeração com ar atmosférico. No Brasil, até a presente data, esse sistema tem sido utilizado principalmente no tratamento de efluentes industriais pois o seu custo tem sido um fator impeditivo para o uso no tratamento de esgotos domésticos.

- *Tratamento com biotecnologia:* sistema não precisa ser mecanizado e é anaeróbio. Baseia-se no aumento da eficiência do processo natural, adicionando-se bactérias selecionadas e concentradas. As bactérias utilizadas são aquelas com maior capacidade para decomposição, conforme o material predominante no efluente. O processo consiste na inoculação contínua das bactérias no fluxo de efluente, o qual deverá ser retido durante alguns dias. Os tanques ou lagoas para tratamento não precisam ter um formato especial e não têm limite de profundidade. Esse processo reduz a geração de lodos e o aspecto importante a considerar é a segurança – o composto de bactérias não pode ser tóxico ou patogênico, isto é, não pode provocar qualquer dano à vida vegetal ou animal. Este tratamento pode ser aplicado diretamente em fossa séptica - equivalente à fase primária do tratamento de esgoto e, neste caso, o problema maior é o controle sobre a efetivação do tratamento pois a fossa séptica é uma solução individual.

Dentre os sistemas apresentados pela Área de Projetos e Infraestrutura do BNDES (1997), foi verificada a tendência à procura pela redução do investimento inicial na instalação de uma ETE, bem como pela minimização do custo operacional. Também foi observado que, um dos fatores que eleva o custo de operação é o uso intensivo de equipamentos, com o conseqüente aumento nas despesas de energia elétrica. O custo da

energia e sua escassez em várias regiões do mundo também têm motivado pesquisas para a criação de soluções com menor demanda energética. Neste sentido, para reduzir os custos do investimento inicial, têm-se desenvolvido soluções para implantação gradativa ou modular de ETEs de estações compactas e simplificadas.

Esse informe do BNDES (1997) destaca que, em áreas com escassez de água, a tecnologia de tratamento tem-se aperfeiçoado para permitir o reuso da água, especialmente na agricultura, grande consumidora, e na indústria, para refrigeração dos equipamentos ou em processos que não requerem água potável. Além disso, tem sido observada uma evolução nas técnicas de tratamento, que reduzem a geração de lodo ou que possibilitam o seu reaproveitamento.

3.3 Legislação para o saneamento básico no Brasil

Um dos maiores desafios da atualidade é tornar o saneamento básico acessível a toda sociedade brasileira. Neste aspecto, a Lei nº 11.445/2007, norteia os esforços das três esferas de governo, que buscam aprimorar a prestação de serviços de saneamento, visando à melhoria da qualidade de vida e a conservação do meio ambiente, por meio do aperfeiçoamento dos instrumentos de gestão. Esta lei estabelece diretrizes nacionais e considera que o saneamento básico é o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, sendo imprescindível a participação do município, para que tais serviços sejam prestados à população de forma adequada (IBAMA, 2009). Entre os principais problemas ambientais relacionados ao saneamento básico brasileiro, destacam-se a falta de tratamento e de disposição final adequada de esgotos e de resíduos sólidos urbanos.

A Lei nº 11.445/2007 estabelece a elaboração do “Plano Municipal de Saneamento Básico”, como instrumento de planejamento para a prestação dos serviços públicos de saneamento básico, e ainda determina os princípios dessa prestação de serviços; as obrigações do titular, as condições para delegação dos serviços, as regras para as relações entre o titular e os prestadores de serviços, e as condições para a

retomada dos serviços. Trata também da prestação regionalizada; institui a obrigatoriedade de planejar e regular os serviços; abrange os aspectos econômicos, sociais e técnicos da prestação dos serviços, assim como institui a participação e o controle social. Essa lei também estabelece diretrizes para a Política Federal de Saneamento, determinando que a União elabore o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) e a partir disso, oriente as ações e investimentos do Governo Federal. Entretanto, para ter acesso a esses recursos todos os municípios devem elaborar seus planos municipais definindo seus horizontes de universalização da prestação de serviços (IBAMA, 2009).

Sobre o Licenciamento Ambiental, a Lei nº 11.445/2007 define que a autoridade ambiental competente estabeleça procedimentos simplificados de licenciamento para as atividades de tratamento de esgoto sanitário e de efluentes gerados nos processos de tratamento de água, em função do porte das unidades e dos impactos ambientais esperados. Com relação a essa determinação, o governo federal, por meio do CONAMA, já havia publicado a Resolução nº 377/2006, que dispõe sobre licenciamento ambiental simplificado de Sistemas de Esgotamento Sanitário (IBAMA, 2009). Todas essas questões sobre Licenciamento Ambiental constam do art. 44 da Lei nº 11.445/2007:

Art. 44. O licenciamento ambiental de unidades de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes gerados nos processos de tratamento de água considerará etapas de eficiência, a fim de alcançar progressivamente os padrões estabelecidos pela legislação ambiental, em função da capacidade de pagamento dos usuários.

§ 1º A autoridade ambiental competente estabelecerá procedimentos simplificados de licenciamento para as atividades a que se refere o caput deste artigo, em função do porte das unidades e dos impactos ambientais esperados.

§ 2º A autoridade ambiental competente estabelecerá metas progressivas para que a qualidade dos efluentes de unidades de tratamento de esgotos sanitários atenda aos padrões das

classes dos corpos hídricos em que forem lançados, a partir dos níveis presentes de tratamento e considerando a capacidade de pagamento das populações e usuários envolvidos.

A Lei nº 12.305/2010 regulamentada pelo Decreto nº 7.404, instituiu a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, que tem como princípios, dentre outros, o desenvolvimento sustentável, o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável, a reciclagem como alternativa de agregar valor aos resíduos e a visão sistêmica na gestão dos resíduos sólidos, considerando todas as variáveis socioambientais. Entre os objetivos desta lei, destaca-se a reutilização dos resíduos sólidos, bem como, a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Entre estes resíduos estão incluídos os lodos de esgoto gerados nas ETEs.

Existe uma ampla interface do saneamento básico com a gestão das águas, conforme as diretrizes da Política Nacional de Recursos Hídricos, regida pela Lei nº 9.433/1997, e seu respectivo Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Essa lei tem influência direta na organização e no desempenho do saneamento básico, no controle sobre o uso da água para abastecimento, na disposição final do esgoto e na interação dos municípios com as bacias hidrográficas (IBAMA, 2009).

No Brasil, a consciência de que o tratamento e o destino final do esgoto têm relação direta com o meio ambiente e a qualidade das águas e seus benefícios, resultou na elaboração da Resolução CONAMA nº 430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução CONAMA nº 357/2005. Para que estas Resoluções do CONAMA sejam atendidas é necessário que os efluentes gerados pelo tratamento de esgotos apresentem padrões que possibilitem ser dispostos nos cursos d'água sem alterar a qualidade das diferentes classes de enquadramento dos rios.

A Lei nº 4.150/1962 institui o regime obrigatório de preparo e observância das normas técnicas nos contratos de obras e compras do serviço público de execução direta, concedida, autárquica ou de economia mista, por meio da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

Lei 4.150/62: Art 1º Nos serviços públicos concedidos pelo Governo Federal, assim como nos de natureza estadual e municipal por ele subvencionados ou executados em regime de convênio, nas obras e serviços executados, dirigidos ou fiscalizados por quaisquer repartições federais ou órgãos paraestatais, em todas as compras de materiais por eles feitas, bem como nos respectivos editais de concorrência, contratos, ajustes e pedidos de preços será obrigatória a exigência e aplicação dos requisitos mínimos de qualidade, utilidade, resistência e segurança usualmente chamados “normas técnicas” e elaboradas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, nesta lei mencionada pela sua sigla “ABNT”.

As principais normas brasileiras editadas pela ABNT para sistemas de esgotamento sanitário são:

- NBR 5645 - Tubo cerâmico para canalizações;
- NBR 7229 - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos;
- NBR 7362 - Tubo de PVC rígido com junta elástica, coletor de esgoto;
- NBR 7367 - Projeto e assentamento de tubulações de PVC rígido para sistemas de esgoto sanitário;
- NBR 7663 - Tubo de ferro fundido dúctil centrifugado para canalizações sob pressão;
- NBR 8409 - Conexão cerâmica para canalização;
- NBR 8889 - Tubo de concreto simples, de seção circular, para esgoto sanitário;
- NBR 8890 - Tubo de concreto armado de seção circular para esgoto sanitário;
- NBR 9648 - Estudos de concepção de sistemas de esgoto sanitário;
- NBR 9649 - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário;
- NBR 9814 - Execução de rede coletora de esgoto sanitário;
- NBR 9914 - Tubos de aço ponta e bolsa para junta elástica;
- NBR 12207 - Projeto de interceptores de esgoto sanitário;
- NBR 12208 - Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário;
- NBR 12209 - Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário;

- NBR 12266 - Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana;
- NBR 13133 - Execução de levantamento topográfico;
- NBR 13969 - Tanques sépticos - unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - projeto, construção e operação.

Entre estas normas, a NBR 12.209/2011 fixa as condições exigíveis para a elaboração de projeto hidráulico-sanitário de estações de tratamento de esgoto sanitário (ETE), observada a regulamentação específica das entidades responsáveis pelo planejamento e desenvolvimento do sistema de esgoto sanitário. Esta norma se aplica aos seguintes processos de tratamento: separação de sólidos por meios físicos; filtração biológica; lodos ativados e tratamento de lodo. De acordo com esta norma, a implantação de uma ETE deve considerar:

- População atendida e atendível pela ETE nas diversas etapas do plano;
- Exigências ambientais e legais a serem atendidas;
- Características requeridas para o efluente tratado nas diversas etapas do plano;
- Forma de disposição final do efluente líquido: ponto de lançamento, corpo receptor, reuso previsto, como definidos na concepção básica;
- Forma de disposição final dos subprodutos sólidos: local de disposição e eventuais usos na agricultura, na recuperação de áreas degradadas, etc.
- Área selecionada para construção da ETE com levantamento planialtimétrico em escala mínima de 1:1000;
- Sondagens preliminares de reconhecimento do subsolo na área selecionada;
- Cota máxima de enchente na área selecionada;
- Avaliação de lançamento de efluentes não domésticos na rede coletora, para fins de tratamento do esgoto.

As atividades desenvolvidas na implantação de uma ETE:

- A elaboração do projeto hidráulico-sanitário, e a complementação da concepção da ETE quando necessário compreendem, no mínimo, as seguintes atividades;
- Seleção e interpretação das informações disponíveis para projeto;
- Avaliação das opções de processo para a fase líquida e para a fase sólida;
- Seleção dos parâmetros de dimensionamento e fixação de seus valores;
- Dimensionamento dos órgãos auxiliares e sistemas de utilidades;

- Dimensionamento das unidades de tratamento;
- Previsão de vias de acesso no entorno da ETE.

Entre os critérios e disposições na implantação de uma ETE, deve ser considerado que, para o dimensionamento das unidades de tratamento e órgãos auxiliares, os parâmetros básicos mínimos do afluente devem ser considerados para as diversas etapas do plano:

- Vazões afluentes máxima, mínima e média;
- Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO).

O relatório do projeto hidráulico-sanitário da ETE estabelecido por esta norma deve incluir memorial descritivo justificativo contendo informações a respeito do destino a ser dado aos materiais residuais retirados da ETE, explicitando os meios que devem ser adotados para o seu transporte e disposição, projetando-os quando for o caso para:

- Tratamento da fase líquida
- Tratamento de lodos (fase sólida)
- Desinfecção
- Controle de emissões gasosas

3.4 Componentes de uma Estação de Tratamento de Esgotos

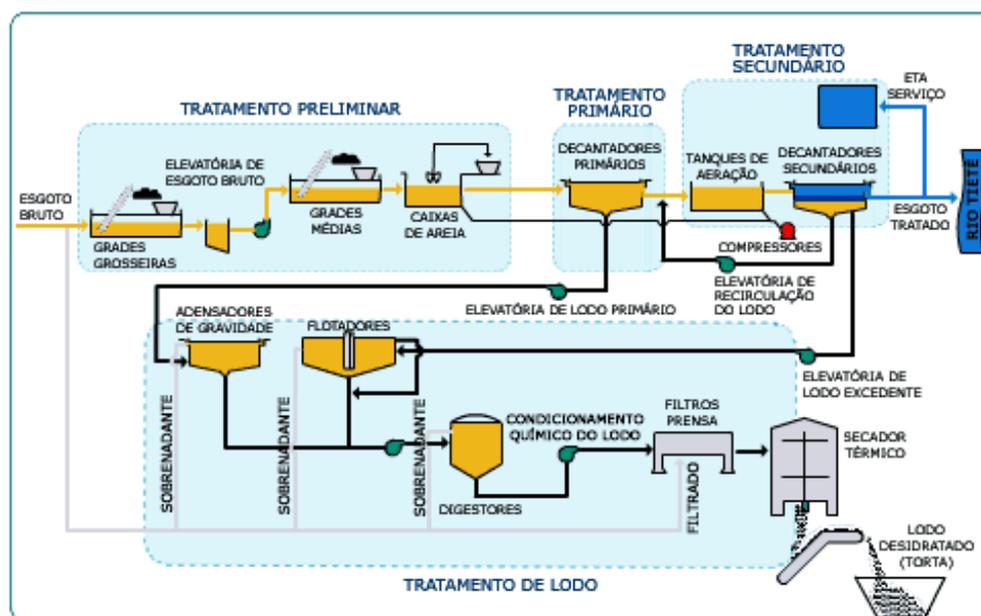
A implantação de uma ETE tem por objetivo a remoção dos principais poluentes presentes nas águas residuárias, retornando-as ao corpo d'água sem alteração de sua qualidade. A matéria orgânica, especialmente as fezes humanas, confere ao esgoto sanitário suas principais características, mutáveis com o decorrer do tempo, pois sofre diversas alterações até sua completa mineralização ou estabilização (PESTANA e GANGHIS, 2008).

De acordo com Pestana e Ganghis (2008), enquanto o esgoto sanitário causa poluição orgânica e bacteriológica, o industrial geralmente produz a poluição química. O esgoto industrial, além das substâncias presentes na água de origem, contém impurezas orgânicas e/ou inorgânicas resultantes das atividades industriais, em quantidade e qualidade variáveis com o tipo de indústria. Os corpos d'água podem se recuperar da poluição, ou depurar-se, pela ação da própria natureza. Estes autores

destacam que o efluente geralmente pode ser lançado sem tratamento em um curso d'água, desde que a descarga poluidora não ultrapasse cerca de quarenta avos da vazão: um rio com 120 L s^{-1} de vazão pode receber, a grosso modo, a descarga de 3 L s^{-1} de esgoto bruto, sem maiores consequências. No entanto, os mananciais recebem cargas de esgotos muito elevadas para sua vazão e não conseguem se recuperar pela autodepuração, havendo a necessidade da depuração artificial ou tratamento do esgoto por meio de ETEs. Neste aspecto, a Resolução CONAMA nº 430/2011, dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357/2005. Quando o efluente gerado do tratamento do esgoto atende aos padrões de qualidade estabelecidos pelas Resoluções do CONAMA pode, inclusive, ser transformado em água para diversos usos, como a irrigação, por exemplo.

De acordo com as informações obtidas no site da Sabesp (<http://www.sabesp.com.br/>), toda ETE apresenta vários componentes, nos quais os componentes poluidores são separados da água. Assim, o esgoto bruto, que chega às ETEs passa por diversas etapas de tratamento (Figura 5), descritas a seguir.

Figura 5 – Etapas do funcionamento de uma estação de tratamento de esgoto



Fonte: <http://www.sabesp.com.br/>

- *Gradeamento*: etapa em que são removidos os sólidos grosseiros. Neste processo o material de dimensões maiores do que o espaçamento entre as barras é retido. Podem

ser utilizadas grades grosseiras (espaços de 5,0 a 10,0 cm), grades médias (espaços entre 2,0 a 4,0 cm) e grades finas (1,0 a 2,0 cm). As principais finalidades da remoção dos sólidos grosseiros são: proteção dos dispositivos de transporte dos esgotos (bombas e tubulações); proteção das unidades de tratamento subsequentes e proteção dos corpos receptores.

- *Desarenação*: o mecanismo de remoção da areia é o de sedimentação, no qual os grãos de areia, devido às suas maiores dimensões e densidade, vão para o fundo do tanque, enquanto a matéria orgânica, de sedimentação bem mais lenta, permanece em suspensão, seguindo para as unidades seguintes. As finalidades básicas da remoção de areia são: evitar abrasão nos equipamentos e tubulações; eliminar ou reduzir a possibilidade de obstrução em tubulações, tanques, orifícios, sifões etc.; facilitar o transporte líquido, principalmente a transferência de lodo, em suas diversas fases.

- *Decantador Primário*: os tanques de decantação podem ser circulares ou retangulares. Os esgotos fluem vagarosamente através dos decantadores, permitindo que os sólidos em suspensão, que apresentam densidade maior do que a do líquido circundante, sedimentem gradualmente no fundo. Essa massa de sólidos, denominada lodo primário bruto, pode ser adensada no poço de lodo do decantador e ser enviada diretamente para a digestão ou para os adensadores. Uma parte significativa destes sólidos em suspensão é compreendida pela matéria orgânica em suspensão.

- *Peneira Rotativa*: dependendo da natureza e da granulometria do sólido, as peneiras podem substituir o sistema de gradeamento ou substituírem decantadores primários. A finalidade é separar sólidos com granulometria superior à dimensão dos furos da tela. O fluxo atravessa o cilindro de gradeamento em movimento, de dentro para fora. Os sólidos são retidos pela resultante de perda de carga na tela, são removidos continuamente e recolhidos em caçambas.

- *Tanque de Aeração*: a remoção da matéria orgânica é efetuada por reações bioquímicas, realizadas por microrganismos aeróbios (bactérias, protozoários, fungos, etc.) no tanque de aeração. A base de todo o processo biológico é o contato efetivo entre esses organismos e o material orgânico contido nos esgotos, de tal forma que esse possa ser utilizado como alimento pelos microrganismos. Os microrganismos convertem a matéria orgânica em gás carbônico, água e material celular.

- *Decantador Secundário e Retorno do Lodo*: os decantadores secundários exercem papel fundamental no processo de lodos ativados, sendo responsáveis pela separação dos sólidos em suspensão presentes no tanque de aeração, permitindo a saída de um resíduo clarificado, e pela sedimentação dos sólidos em suspensão no fundo do decantador, com o retorno do lodo em concentração mais elevada. No tanque de aeração ocorre a decantação e a separação do lodo ativado, retornando ao tanque de aeração. Esse retorno do lodo é necessário para suprir o tanque de aeração com uma quantidade suficiente de microrganismos e manter uma relação alimento/microrganismo capaz de decompor com maior eficiência o material orgânico. O efluente líquido oriundo do decantador secundário é descartado diretamente para o corpo receptor ou passa por tratamento para que possa ser reutilizado internamente ou oferecido ao mercado para usos menos nobres, como lavagem de ruas e rega de jardins.

- *Adensamento do Lodo*: esta etapa ocorre nos adensadores de densidade e nos flutuadores. Como o lodo contém uma quantidade muito grande de água, deve-se realizar a redução do seu volume por meio do adensamento, com a concentração de sólidos. Este processo pode aumentar, por exemplo, o teor de sólidos no lodo descartado de 1% para 5%. As unidades subsequentes, como a digestão, desidratação e secagem, beneficiam-se desta redução. Dentre os métodos mais comuns, temos o adensamento por gravidade e por flotação. O adensamento por gravidade do lodo tem por princípio de funcionamento a sedimentação por zona, o sistema é similar aos decantadores convencionais, em que o lodo adensado é retirado do fundo do tanque. No adensamento por flotação, o ar é introduzido na solução através de uma câmara de alta pressão. Quando a solução é despressurizada, o ar dissolvido forma micro-bolhas que se dirigem para cima, arrastando consigo os flocos de lodo que são removidos na superfície.

- *Digestão Anaeróbia*: a digestão é realizada com as seguintes finalidades: destruir ou reduzir os microrganismos patogênicos; estabilizar total ou parcialmente as substâncias instáveis e matéria orgânica presentes no lodo fresco; reduzir o volume do lodo através dos fenômenos de liquefação, gaseificação e adensamento; dotar o lodo de características favoráveis à redução de umidade; permitir a sua utilização, quando estabilizado convenientemente, como fonte de húmus ou condicionador de solo para fins agrícolas. Na ausência de oxigênio têm-se somente bactérias anaeróbias, que podem aproveitar o oxigênio combinado. As bactérias acidogênicas degradam as bactérias

metanogênicas e convertem grande parte desses ácidos em gases, predominando a formação de gás metano. A estabilização de substâncias instáveis e da matéria orgânica presente no lodo fresco também pode ser realizada através da adição de produtos químicos. Esse processo é denominado de estabilização química do lodo.

- *Condicionamento Químico do Lodo*: o condicionamento químico resulta na coagulação de sólidos e liberação da água adsorvida. O condicionamento é usado antes dos sistemas de desidratação mecânica, tais como filtração, centrifugação, etc. Os produtos químicos usados incluem cloreto férrico, cal, sulfato de alumínio e polímeros orgânicos.

- *Filtro Prensa de Placas*: neste filtro é realizada a desidratação do lodo por meio de alta pressão. As vantagens do filtro prensa incluem: alta concentração de sólidos da torta, baixa turbidez do filtrado e alta captura de sólidos. O teor de sólidos da torta resultante varia de 30 a 40%, para um tempo de ciclo de filtração de 2 a 5 horas, tempo necessário para encher a prensa, mantê-la sob pressão, abrir, descartar a torta e fechar a prensa.

- *Secador Térmico*: a secagem térmica do lodo é um processo de redução de umidade através de evaporação de água para a atmosfera com a aplicação de energia térmica, podendo-se obter teores de sólidos da ordem de 90 a 95%. Com isso, o volume final do lodo é reduzido significativamente.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização da área de estudo

O município de Guaratinguetá está localizado na região Sudeste, no Vale do Paraíba, estado de São Paulo, com uma população atual de 118.378 mil habitantes, sendo em sua maioria urbana (IBGE, 2010).

De acordo com os dados fornecidos pelo SAEG (2010), o município de Guaratinguetá conta com um sistema de esgotamento sanitário, que integra 323 km de rede coletora, 17 km de coletores tronco, 12 estações elevatórias de esgoto bruto e 4 ETEs, sendo 1 em construção (ETE do bairro Pedregulho). Até o ano de 2010, o índice de coleta na área urbana era de 98% e o índice de tratamento em relação ao esgoto coletado era de 29 %, sendo necessária a implantação de novas estações de tratamento para que o saneamento básico seja melhorado. Neste sentido, foi projetada a ETE do bairro do Pedregulho, com a qual o município de Guaratinguetá pretende aumentar o percentual de esgoto tratado para 48%. Os bairros a serem atendidos pela ETE Pedregulho são: Piagui, São Dimas, São Manoel, Aeroporto, Bela Vista, Alto Pedregulho, Pedregulho e Vila Cônego Rodrigues. Considerando que cada um dos quatro módulos desta ETE, atenderá 14.000 habitantes e terá capacidade de tratar 196 toneladas de esgoto diariamente. Na figura 6 pode ser observado que, grande parte do município de Guaratinguetá será beneficiada pela ETE do bairro Pedregulho.

Figura 6 – Zona oeste do município de Guaratinguetá (SP), destacada em vermelho, constituída pelos bairros beneficiados com a construção da ETE Pedregulho: Piagui, São Dimas, São Manoel, Aeroporto, Bela Vista, Alto Pedregulho, Pedregulho e Vila Cônego Rodrigues.



Fonte: wikipédia (acesso 2015)

Com base nos dados fornecidos pelo Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico de Guaratinguetá – Gestão 2011 a 2014, estima-se que o município gera, em média, $177,66 \text{ L s}^{-1}$ de esgoto, dos quais, somente 29% são tratados e lançados nos corpos d'água (SAEG, 2010).

4.2 Metodologia

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizada revisão bibliográfica, para obter informações sobre o panorama do saneamento básico brasileiro, sobre a legislação e a normatização para a gestão de resíduos, com enfoque nas exigências normativas para projetos de construção de ETEs. Entre as normas brasileiras, a NBR 12.209/2011 foi utilizada para a avaliação do projeto e das etapas de construção da ETE no bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).

O projeto inicial da planta da ETE do bairro Pedregulho data de 2007, mas o início das obras de construção passou por vários atrasos. Como a Companhia de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá (SAEG), responsável pelo projeto, era vinculada à Prefeitura Municipal de Guaratinguetá, a liberação de verba para a execução desta obra foi realizada pela Caixa Econômica Federal. No entanto, devido a não compatibilidade do projeto da ETE com as normas de construção deste tipo de empreendimento, essa verba não foi liberada.

A partir de 2008, teve início a parceria público privada entre a SAEG e a Companhia de Águas do Brasil (CAB), com duração de 30 anos, que passou a controlar o sistema de esgotamento sanitário no município de Guaratinguetá. A CAB tem como meta atender 100% da população em coleta de esgoto até 2020 e 100% em tratamento de esgoto até 2024.

Após essa parceria firmada, a CAB passou a ter responsabilidade sobre o projeto da ETE do bairro Pedregulho, com a proposição de uma nova planta, buscando atender a todas as normas requeridas para a construção. Em 2013 teve início a execução da obra, que conta com uma parcela financeira cedida pelo SAEG (cerca de 8 milhões de reais) e o restante sob a responsabilidade da CAB (cerca de 7 milhões de reais), totalizando, aproximadamente, 15 milhões de reais de investimento nesta obra.

Na ETE Pedregulho, em construção, será desenvolvido o tratamento por lodo ativado, na modalidade de aeração prolongada, com capacidade para tratar 25 L s^{-1} de esgotos. Suas instalações foram projetadas para serem construídas em 4 módulos, em função da expansão populacional a ser atendida por esta ETE. Cada módulo tem a capacidade unitária de atendimento de 14.000 habitantes. Neste estudo foi avaliada a construção correspondente à implantação do 1º módulo desta ETE, contendo os componentes: gradeamento; medidor de vazão, tipo calha Parshall; 2 caixas de areia; um tanque de aeração; um decantador secundário; um adensador de lodo; uma estação elevatória de recirculação e de descarte de excesso de lodo; uma estação elevatória de lodo adensado; uma estação elevatória de filtrado; uma centrífuga; uma unidade de desinfecção; rede e reservatório de água potável; emissário de efluente tratado e casa de operação.

Os módulos projetados para implantação posterior apresentarão, basicamente, a mesma configuração, ampliando-se em cada etapa, as unidades de tratamento biológico (tanques de aeração e decantadores), adensadores, estações elevatórias para recirculação de lodo e filtrados e a rede de água potável.

O funcionamento de uma ETE varia de acordo com o sistema utilizado no tratamento do esgoto coletado. A ETE a ser implantada no bairro do Pedregulho utilizará o sistema de tratamento de “lodo ativado por aeração prolongada”. Esse sistema foi selecionado devido às vantagens relacionadas à necessidade de pequena área física para sua implantação, ao relativo baixo custo de investimento e ao elevado grau de eficiência de remoção de matéria orgânica, além de apresentar relativa flexibilidade de operação. Apesar destas vantagens, esse sistema exige um alto grau de mecanização e um elevado consumo de energia elétrica.

O tanque de aeração ou reator, bem como o tanque de decantação e a recirculação de lodo são partes integrantes deste sistema. O esgoto passa pelo reator, onde ocorre a remoção da matéria orgânica e depois pelo decantador, onde sai clarificado após a sedimentação dos sólidos (biomassa) que formam o lodo de fundo. Este lodo apresenta bactérias que degradam a matéria orgânica e que são enviadas novamente para o reator, por meio da recirculação de lodo, com o objetivo de aumentar a concentração de bactérias em suspensão no tanque de aeração. Esta biomassa é, em geral, 10 vezes maior do que a biomassa gerada em uma lagoa aerada da mistura completa sem recirculação (www.fec.unicamp.br/~bdta/esgoto/lodosativados.html). No

entanto, a taxa equivalente ao crescimento das bactérias, que corresponde ao lodo biológico excedente, deve ser retirada, pois a reprodução contínua das bactérias pode gerar problemas no sistema de tratamento. A dificuldade de sedimentação em um decantador secundário sobrecarregado, bem como, de transferência de oxigênio para todas as células no reator, produzirão ao final do processo, essa biomassa proveniente da sedimentação dos sólidos após o decantador. A alta eficiência deste sistema é, em grande parte, devido à recirculação do lodo. Esse sistema permite que o tempo de detenção hidráulica seja pequeno e, conseqüentemente, o reator possui pequenas dimensões. A recirculação também permite que os sólidos permaneçam mais tempo no sistema do que a massa líquida. Este tempo de permanência da biomassa no sistema é denominado idade do lodo. Além da matéria orgânica carbonácea o sistema de lodo ativado pode remover também nitrogênio e fósforo, porém a remoção de coliformes fecais é geralmente baixa, devido ao pequeno tempo de detenção hidráulica e, normalmente, insuficiente para o lançamento no corpo receptor.

Durante o período de janeiro a novembro de 2014, foi realizado o acompanhamento das atividades desenvolvidas no canteiro de obras do projeto de implantação da ETE do bairro Pedregulho, em Guaratinguetá (SP), para a avaliação do atendimento às exigências da NBR 12.209/2011.

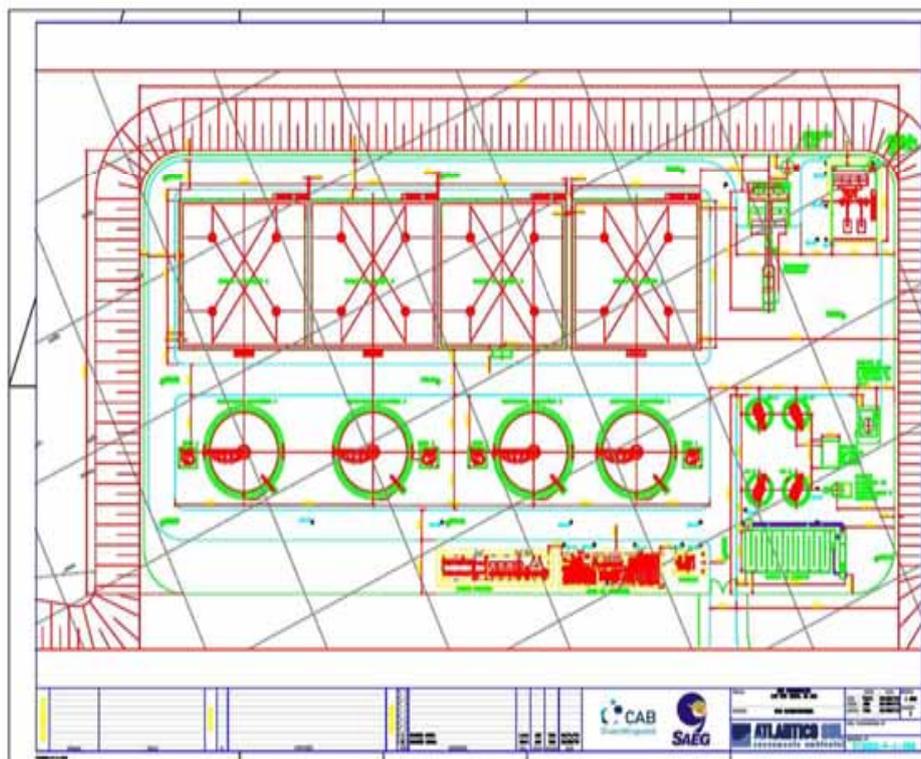
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Seleção do local de implantação da ETE

O bairro do Pedregulho foi selecionado para a implantação da ETE por diversos motivos, dentre eles, os mais relevantes foram, a proximidade ao Rio Paraíba do Sul (região de várzea do rio), a topografia plana do local e a elevada densidade populacional do entorno. Do ponto de vista técnico, esses três motivos são extremamente satisfatórios para a definição de um local para a implantação de uma ETE.

Como pode ser observado na figura 7, a planta do projeto da ETE do bairro do Pedregulho contempla todos os componentes necessários ao adequado tratamento do esgoto, estabelecidos pela NBR 12.209/2011, que serão apresentados e discutidos a seguir.

Figura 7 – Planta baixa do projeto da ETE do bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).



Fonte: próprio autor

A construção da ETE Pedregulho é uma obra de responsabilidade da Companhia de Serviço de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá (SAEG) em parceria com a CAB Guaratinguetá S.A., empresa terceirizada, responsável pelo esgotamento sanitário

do município e que representa o setor de meio ambiente do Grupo Galvão Engenharia e construções. As obras de implantação da ETE Pedregulho foram iniciadas em novembro de 2012, com previsão de finalização em dezembro de 2014. No entanto, devido a problemas burocráticos e ao fato de a obra ser custeada pela Caixa Econômica Federal, houveram atrasos para aprovações de verbas e, conseqüentemente, a obra não foi entregue no prazo previsto. Após a resolução destes problemas, as obras de construção da ETE Pedregulho foram retomadas em 2014. Até dezembro de 2014 foram concluídos os tanques de aeração, de decantação, de adensamento de lodo e uma estação elevatória para recirculação e descarte de lodo. Em janeiro de 2015 está sendo realizado o acabamento do sistema de tratamento preliminar e, posteriormente, será iniciada a impermeabilização por cristalização, para cumprir com a meta de entrega da ETE e início de funcionamento no mês de julho de 2015.

Na ETE Pedregulho será operado o sistema de tratamento de esgotos por lodos ativados. Como já comentado, esse sistema de tratamento de esgoto não exige grandes requisitos de áreas como, por exemplo, o sistema de tratamento em lagoas. Por outro lado, exige maior grau de mecanização, o que pode aumentar o consumo de energia elétrica.

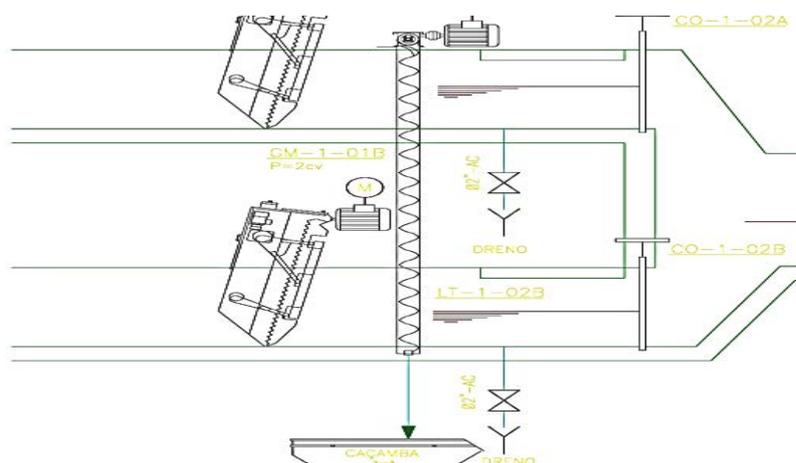
O processo é constituído de duas unidades: o tanque de aeração e o decantador secundário. No tanque de aeração, ocorre a decomposição aeróbia do substrato orgânico solúvel e a formação de flocos biológicos para posterior sedimentação no decantador secundário. A elevada concentração de biomassa no tanque de aeração é mantida através da recirculação dos sólidos sedimentados no decantador secundário, possibilitando a maior permanência da biomassa no sistema e a garantia de uma elevada eficiência na remoção da matéria orgânica. A parcela dos sólidos sedimentados e não recirculados é removida do processo, o que caracteriza a produção excedente de lodo (lodo secundário). Da mesma forma que o lodo primário, o lodo secundário deve ser espessado, estabilizado e desidratado. O tanque de aeração é dotado de dispositivos de aeração (ar difuso ou aeradores superficiais) para o fornecimento do oxigênio necessário ao processo de estabilização biológica aeróbia. O decantador secundário apresenta configuração similar ao decantador primário. O processo de lodos ativados pode ou não ser precedido do tratamento primário.

5.2 Avaliação dos componentes da ETE em atendimento à NBR 12.209/2011

Gradeamento

Na figura 8, pode ser observado o sistema de gradeamento, realizado por meio de grade de barras mecanizadas, utilizado no tratamento preliminar, visando à remoção de grandes sólidos para proteger as demais unidades de tratamento como, os dispositivos de transporte (bombas e tubulações) e os corpos receptores da ETE do bairro Pedregulho.

Figura 8 – Gradeamento por meio de grades de barras mecanizadas, adotado pela ETE do bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).



Fonte: próprio autor

De acordo com os dados apresentados na tabela 1, verificou-se que, o espaçamento entre os braços das grades de 10 a 20mm, a inclinação de 60 a 90° e a perda de carga $\geq 10m$, adotados na construção das grades de barras, para o processo de gradeamento do lodo, no projeto da ETE do bairro Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP) atenderam ao que estabelece a NBR 12.209/2011.

Tabela 1 – Dimensionamento das grades de barras mecanizadas aplicadas no projeto da ETE do bairro Pedregulho comparado ao que estabelece a NBR 12.209/2011

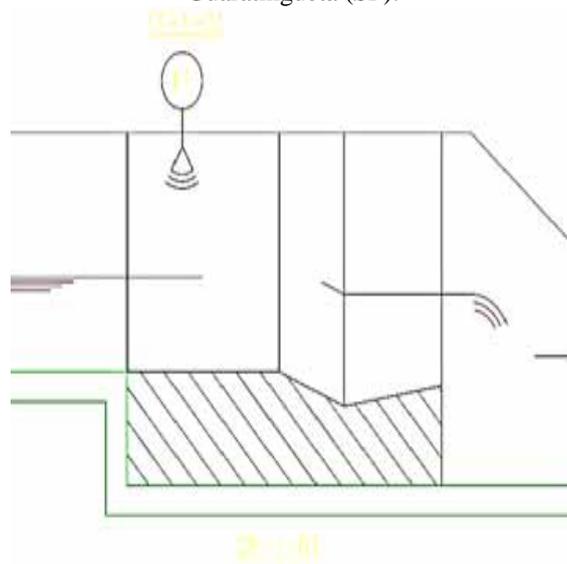
Grade de Barras mecanizada fina	Espaçamento (mm)		Inclinação (graus)		Perda de carga (m)	
	ETE Pedregulho	NBR 12209	ETE Pedregulho	NBR 12209	ETE Pedregulho	NBR 12209
	15	10 a 20	90	60 a 90	$\geq 0,10$	= 0,10

De acordo com a NBR 12209/2011, geralmente, as grades de limpeza manual devem ser inclinadas e as de limpeza mecanizada podem ser inclinadas ou verticais. No entanto, as grades de limpeza manual, quando inclinadas, facilitam o processo de limpeza do operador, enquanto os rastelos de limpeza mecanizada permitem que elas sejam posicionadas verticalmente. Sendo assim, o uso da grade de limpeza mecanizada é mais vantajoso, pois não precisa de trabalho manual, sendo realizada a função de maneira automática.

Medidor de Vazão

Na figura 9 pode ser observado o medidor de vazão do projeto da ETE do bairro Pedregulho. Este também é um componente do tratamento preliminar, constituído por uma calha de dimensões padronizadas, que permite a correlação entre o nível do líquido e a vazão de esgotos que chegam à ETE.

Figura 9 – Medidor de vazão do tipo Calha Parshall, da ETE do bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).



Fonte: próprio autor

Verifica-se na tabela 2 que este componente também atende ao que estabelece a NBR 12.209/2011, com dimensões corretas e material construtivo em poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV). A utilização deste material se da devido as vantagens oferecidas em relação a outros materiais. Algumas vantagens são: grande vida útil(>50anos), tubo inerte à corrosão, não há a necessidade de pintura, revestimento ou proteção catódica, ausência de incrustações, baixa perda por atrito. É ideal para esse

tipo de construção devido à baixa necessidade de manutenção e a longevidade do material.

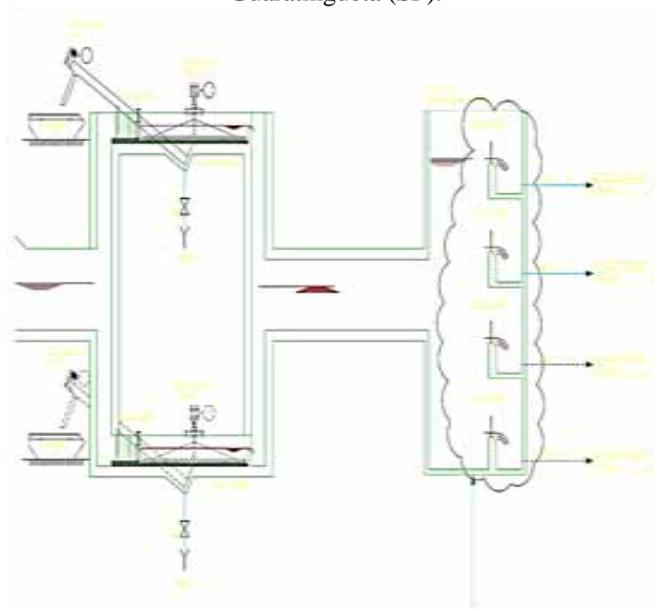
Tabela 2 – Dimensionamento do medidor de vazão, tipo calha Parshall, utilizada no projeto da ETE do bairro Pedregulho, comparado ao que estabelece a NBR 12.209/2011

Medidor de vazão tipo Calha Parshall Garganta de 9"	Vazão mínima ($L s^{-1}$)		Vazão máxima ($L s^{-1}$)	
	ETE Pedregulho	NBR 12209	ETE Pedregulho	NBR 12209
	34	2,5	217	252

Caixas removedoras de areia

Na figura 10 são apresentadas as caixas removedoras de areia projetadas para a ETE pedregulho, que removem material mineral como areia, pedrisco, silte, cascalho. Na caixa de areia são removidas partículas com diâmetros que variam de 0,1 a 0,4 mm.

Figura 10 – Caixas de areia projetadas para a ETE do bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).



Fonte: próprio autor

Na tabela 3, as especificações da caixa removedora de areia são comparadas com o que estabelece a NBR 12.209/2011. A caixa de areia mecanizada é constituída de um conjunto de acionamento por moto redutor, tanque de sedimentação com seção de 3660mm com fluxo horizontal, com conjunto de raspadores de areia e parafuso classificador com inclinação de 35° para conduzir o material coletado para caçambas

móveis, com vazão máxima de dimensionamento de 217 L s^{-1} e vazão de areia de 25 L s^{-1} .

Tabela 3 – Dimensionamento das caixas removedoras de areia do projeto da ETE do bairro Pedregulho, comparado ao que estabelece a NBR 12.209/2011

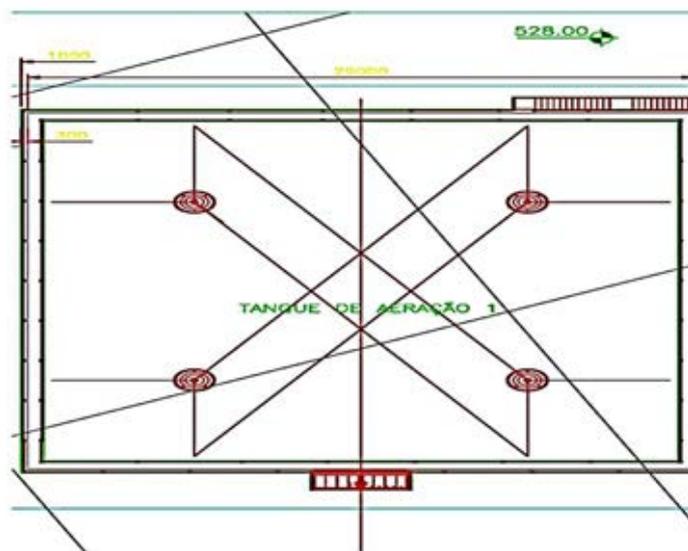
Caixas Removedoras de Areia	Profundidade mínima para material sedimentado (m)		Inclinação (graus)		Vazão Máxima (L s^{-1})	
	ETE Pedregulho	NBR 12209	ETE Pedregulho	NBR 12209	ETE Pedregulho	NBR 12209
	0,36	0,2	35	máx 35	217	≥ 100

O desarenador adotado no projeto da ETE pedregulho é o de fluxo horizontal com seção quadrada, com remoção de areia retida por braços raspadores e parafuso classificador para levar a areia e atende à NBR 12.209/2011, que determina que caixas de remoção de areia devem ser mecanizadas, quando a vazão é superior a 100 L s^{-1} .

Tanque de aeração

De acordo com a NBR 12.209/2011, cada tanque de aeração deve ter no mínimo 2 aeradores superficiais. Como pode ser observado na figura 11, cada tanque de aeração da ETE Pedregulho possui 4 aeradores superficiais e, portanto, atende ao que estabelece esta norma.

Figura 11 – Tanque de aeração da ETE do bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP)



Fonte: próprio autor

Na tabela 4 são comparadas as especificações construtivas do tanque de aeração da ETE Pedregulho com o que estabelece a NBR 12.209/2011.

Tabela 4 – Dimensionamento do tanque de aeração do projeto da ETE do bairro Pedregulho comparado ao que estabelece a NBR 12.209/2011

Tanque de aeração	Profundidade (m)		Numero de aeradores por tanque (vazão maior que 50Ls ⁻¹)	
	ETE Pedregulho	NBR 12209	ETE Pedregulho	NBR 12209
	4	3	4	3

De acordo com a NBR 12.209, os tanques de aeração com vazão superior a 50L s⁻¹ precisam ser atendidos por, no mínimo, 3 aeradores superficiais para atender a demanda de oxigênio do processo. No projeto da ETE Pedregulho, os tanques de aeração (Figura 12) foram projetados para apresentarem 4 aeradores superficiais por módulo, com profundidade superior a que estabelece a norma, estando assim dentro das especificações.

Figura 12 – Tanque de aeração da ETE do bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).

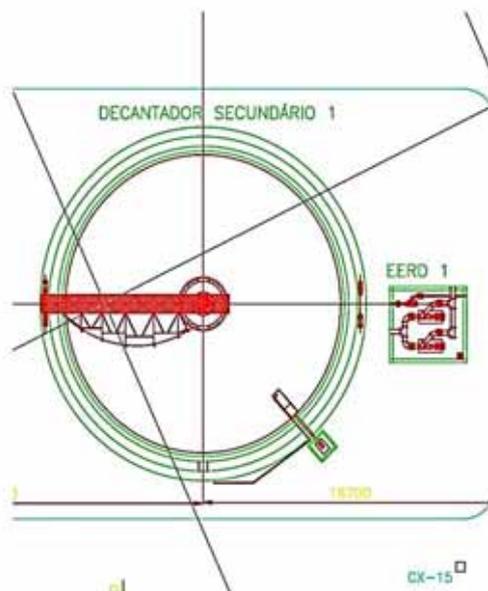


Fonte: próprio autor

Decantador Secundário

Na figura 13 pode ser observado o projeto do decantador secundário da ETE pedregulho, necessário para realizar a decantação e remoção do lodo após sua passagem pelo tanque de aeração.

Figura 13 –Decantador secundário da ETE do bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).



Fonte: próprio autor

Na tabela 5 é apresentada a comparação entre o que estabelece a NBR 12.209/2011 e os principais parâmetros de projeto da ETE do bairro Pedregulho, em Guaratinguetá (SP), para os decantadores secundários.

Tabela 5 – Decantadores secundários aplicados no projeto da ETE do bairro Pedregulho em Guaratinguetá (SP) e exigências da NBR 12209/2011.

Decantador Secundário Mecânico Circular	Declividade		Profundidade útil (m)		Diâmetro (m)	
	ETE Pedregulho	NBR 12209	ETE Pedregulho	NBR 12209	ETE Pedregulho	NBR 12209
	1 : 12	1 : 12	5,5	≥ 3,5	2,4	--

A diferença entre o decantador de limpeza manual e o de limpeza mecanizada é a declividade de fundo. Uma unidade com limpeza mecanizada faz uso de um raspador para auxiliar na remoção deste lodo, enquanto a unidade de limpeza manual, conta somente com uma elevada inclinação de fundo para auxiliar neste processo. Outra importante diferença foi observada para o diâmetro dos decantadores circulares. O decantador da ETE Pedregulho (Figura 14) indica valor para unidades mecanizadas e a NBR não indica nenhum tipo de valor especificado para unidades mecanizadas. Dessa forma, chama-se a atenção novamente para o papel de mútua complementação entre norma e projeto. Com relação à profundidade útil do decantador, verificou-se que o

projeto da ETE tem as dimensões maiores que as especificações mínimas da NBR 12209/2011, tendo uma capacidade considerável para realizar o tratamento.

Figura 14 – Decantador secundário da ETE do bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).

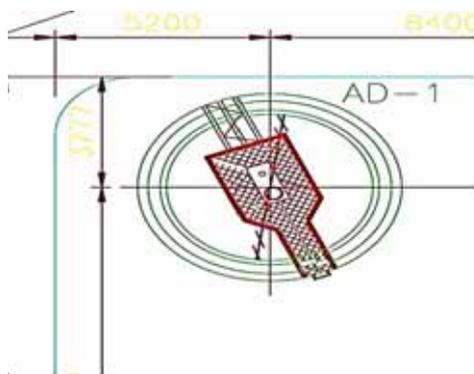


Fonte: próprio autor

Adensador

O adensador é o componente necessário para aumentar a concentração de lodo pelo processo de sedimentação da matéria em suspensão. De acordo com NBR 12.209, o adensamento do lodo pode ser feito por gravidade, por flotação por ar dissolvido, por adensadores de esteira e por tambores rotativos. No projeto da ETE Pedregulho será adotado o adensador por gravidade (Figura 15).

Figura 15 – Adensador de lodo da ETE do bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).



Fonte: próprio autor

Comparando as especificações para adensadores estabelecidas na NBR 12.209 com as do projeto da ETE Pedregulho (Tabela 6), é possível verificar que a norma foi atendida quanto à profundidade mínima, ao diâmetro do corpo coletor e inclinação do fundo e vazão total de efluente também de acordo com a NBR.

Tabela 6–Adensadores aplicados no projeto da ETE do bairro Pedregulho em Guaratinguetá (SP) e exigências da NBR 12209/2011.

Adensador por gravidade	Teor de sólidos em suspensão (%)		Profundidade mínima(m)		Diâmetro (m)	
	ETE Pedregulho	NBR 12209	ETE Pedregulho	NBR 12209	ETE Pedregulho	NBR 12209
	3	Até 6	4,15	≥ 3,0	5,0	≥ 3,0

Na figura 16, pode ser observado o adensador construído na ETE do bairro Pedregulho, do município de Guaratinguetá (SP).

Figura 16 – Interior do adensador da ETE do bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).



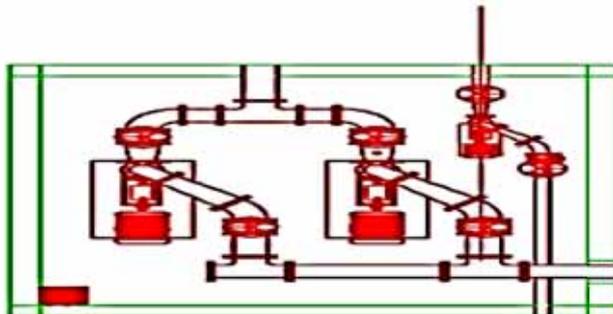
Fonte: próprio autor

Estações Elevatórias

As estações elevatórias de descarte de lodo, de lodo adensado e de filtrado e sobrenadante, são bombas específicas para cada função. Na NBR 12209/2011, as especificações para bombas de lodo adensado e lodo digerido, exigem bombas centrífugas de rotor recuado, como consta no projeto das estações elevatórias da ETE

Pedregulho. As figuras 17, 18 e 19 apresentam detalhes do projeto das estações elevatórias com as respectivas bombas especificadas em projeto.

Figura 17 – Estação elevatória de recirculação e de descarte de excesso de lodo projetada para a ETE do bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).



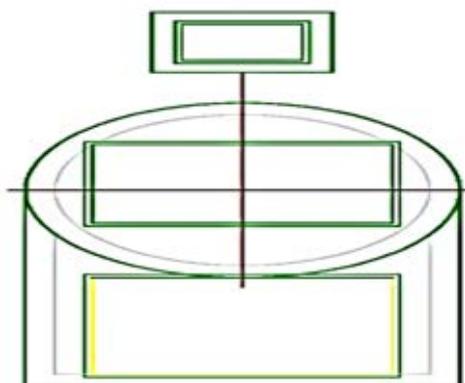
Fonte: próprio autor

Figura 18 – Estação elevatória de lodo adensado da ETE do bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).



Fonte: próprio autor

Figura 19 – Estação elevatória de filtrado projetada para a ETE do bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).



Fonte: próprio autor

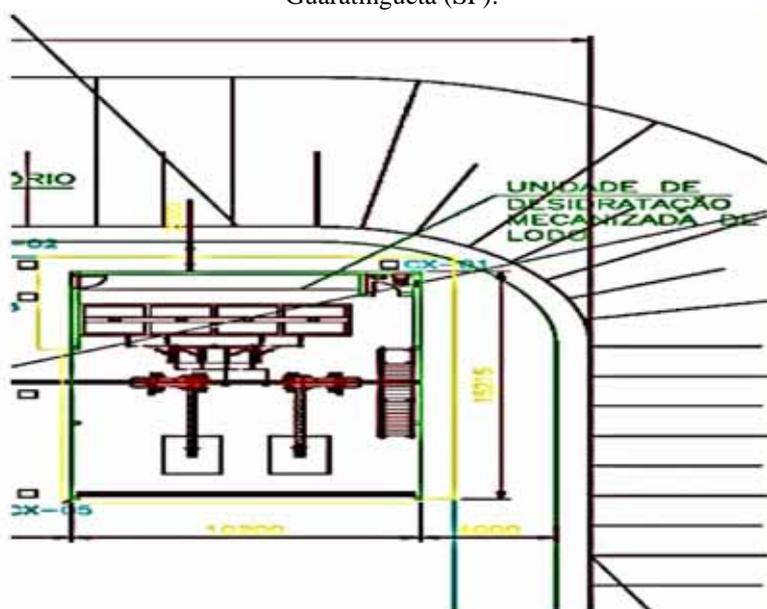
As bombas instaladas na estação elevatória de recirculação e descarte e na estação elevatória de lodo adensado, são do tipo centrífuga, com vazão de $122 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$,

pressão manométrica de 5mca e potência de 5 cv. A bomba presente na estação elevatória de filtrado é do tipo centrífuga submersível com vazão de 10 L s^{-1} , pressão manométrica de 15,5 mca e potência de 5 cv.

Desaguamento do lodo

De acordo com a NBR 12.209/2011, o desaguamento do lodo pode ser feito por processos naturais ou por processos mecânicos. No projeto da ETE Pedregulho será utilizado uma centrífuga para desaguar o lodo (Figura 20), sendo este, um processo mecânico.

Figura 20 – Centrífuga de secagem de lodo da ETE do bairro do Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP).



Fonte: próprio autor

Com base na tabela 7, é possível verificar que todas as especificações previstas na NBR 12.209/2011, são atendidas pelo projeto da ETE pedregulho, tanto para teor de sólidos no lodo desaguado quanto para a porcentagem de lodo capturado.

Tabela 7 – Centrífuga desaguadora de lodo aplicada no projeto da ETE do bairro Pedregulho em Guaratinguetá (SP) e exigências da NBR 12209/2011.

Centrífuga desaguadora	Teor de sólidos no lodo desaguado (%)		% de lodo capturado	
	ETE Pedregulho	NBR 12209	ETE Pedregulho	NBR 12209
	20	15 a 30	95	90 a 95

A centrífuga tem como função a secagem do lodo retirado do esgoto. Na especificação da NBR 12.209/2011, o lodo após a centrifugação deve ter concentração de 15% a 30% de sólidos e deve capturar de 90% a 95% dos sólidos. De acordo com as especificações do projeto, a centrífuga da ETE Pedregulho emitirá lodo com concentração de 20% de sólidos e terá a capacidade de capturar 95% de sólidos.

A avaliação deste projeto evidenciou a importância que a implantação da ETE no bairro do Pedregulho terá para a melhoria do saneamento do município de Guaratinguetá. Como consequência, a coleta e tratamento de esgotos beneficiarão diretamente a comunidade da região da ETE e toda a população de Guaratinguetá, pela melhoria da qualidade de vida, o que pode ser medida pela diminuição dos atendimentos da população de baixa renda, nos postos de saúde da região, onde há incidência de doenças causadas pela carência de tratamento adequado de esgotos lançados nos mananciais de abastecimento público.

Além do tratamento e da disposição adequada do lodo de esgoto gerado em aterros sanitários, também será realizado o controle da qualidade dos efluentes lançados nos corpos d'água, considerando os padrões estabelecidos pelas Resoluções do CONAMA 357/2005 e 430/2011. Estas medidas são imprescindíveis para assegurar a diminuição nos custos dos tratamentos de águas e para a manutenção da qualidade dos mananciais de abastecimento público. No caso da ETE Pedregulho, o sistema de tratamento de lodo ativado tem potencial de gerar efluentes com qualidade de lançamento em rios de Classe 3, atendendo as Resoluções do CONAMA 357/2005 e 430/2011.

Um exemplo de implantação bem sucedida de tratamento de esgotos ocorreu no município de Palmas (TO), onde a coleta e a implantação de duas novas ETEs beneficiaram, aproximadamente, 100 mil pessoas, sendo estimado que para cada “real” investido em saneamento, foram economizados oito reais em saúde (conexaoto.com.br). Em Guaratinguetá, a implantação da ETE Pedregulho beneficiará 14 mil pessoas por módulo construído e com todos os módulos em funcionamento atenderá 56 mil habitantes, com potencial para resultar em uma economia considerável na área da saúde.

Esses benefícios relacionados à implantação de ETEs em determinados municípios correspondem à diminuição dos custos com a saúde e com a preservação dos mananciais, que recebem o esgoto tratado, à melhoria no IDH, que considera a

longevidade da população, fortemente influenciada pela saúde e, conseqüentemente, ao índice de saneamento básico no país.

Com exceção do uso da biotecnologia para tratamento de efluentes, as tecnologias relacionadas neste trabalho apresentam soluções adequadas para todo tipo de área urbana. A não adoção de qualquer sistema de tratamento para o esgoto gerado no país não poderá ser associada à ausência de alternativas tecnológicas acessíveis e de legislação específica. Portanto, as tecnologias de tratamento de esgoto são muitas e adequadas à situação econômica de cada município e poderão ser utilizadas nas próximas décadas para que o índice de saneamento brasileiro atinja níveis satisfatórios.

6. CONCLUSÕES

Todos os componentes projetados para a estação de tratamento de esgotos do bairro Pedregulho, no município de Guaratinguetá (SP), atenderam as exigências da norma NBR 12.209/2011, que rege a execução de projetos hidráulicos sanitários de construção de ETE.

A implantação deste primeiro, de quatro módulos da ETE do bairro Pedregulho, beneficiará cerca de 14.000 habitantes do município de Guaratinguetá, com o tratamento de 25 L s^{-1} de esgotos, e os efluentes gerados terão potencial de lançamento em rios de Classe 3, atendendo as Resoluções do CONAMA 357/2005 e 430/2011.

A construção dos quatro módulos da ETE Pedregulho poderá beneficiar cerca de 56.000 habitantes, o que corresponde a quase 50% da população do município de Guaratinguetá.

Para consulta a NBR 12.209/2011, segue link para acesso: <http://4ccr.pgr.mpf.mp.br/documentos-e-publicacoes/outros-sites/122092011Elaboraodeprojetoshidraulicossanitriosdeestaesdetratamentodeesgo-tossanitrios.pdf>

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12.209: Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, RJ. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 9.649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário – Procedimento.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12.209: Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12655 – Concreto – Preparo Controle e Recebimento de concreto. ABNT. Rio de Janeiro. 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 6118 – Primeira edição – 31.03.2003 – Projeto de estruturas de concreto. ABNT. Rio de Janeiro. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 9.648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto. ABNT. Rio de Janeiro. 1986.

BANCO MUNDIAL E O SETOR ENERGÉTICO BRASILEIRO – BIRD. Destaques em 2000 e oportunidades de negócios. Economia & Energia, nº 25 Março/Abril 2000. Disponível em <http://www.ecen.com/matriz/eee25/ener2000.htm>. Acesso em agosto de 2014.

BORSOI, Z. LÚCIA, M. LANARI, N. TORRES, S. – Tratamento de Esgotos – Tecnologias Acessíveis. BARÃO EM FOCO. Disponível em: agosto de 2014.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil – 2013/Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2013. 432 p.

BRASIL. Lei Federal 11.445 do Saneamento Básico. Diário Oficial da União. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm. Acesso em julho de 2014.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA/Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS: 2013/Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos. Brasília: MCIDADES/SNSA, 2013. 181 p.

BRASIL. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 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 da outras providências. Diário Oficial da União, Brasília – DF, março de 2005.

BRASIL. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 430, de 13 de maio de 2011 – Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA. Diário Oficial da União, Brasília – DF, março de 2011.

GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA. Disponível em: www.copasa.com.br/media2/COPASA_Esgoto.pdf. Acesso em novembro de 2014

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. SABESP – Especificações Técnicas, Regulamentação de Preços e Critérios de Medição, 2ª Edição. 1996. 1190p.

GOVERNO FEDERAL. Índice de Desenvolvimento Humano – O Brasil é o 84º do ranking de índice de desenvolvimento humano da ONU – Publicações do Portal Brasil

de 19 de julho de 2014. Disponível em: <http://www.portalbrasil.net/> Acesso em 08 de setembro de 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. – Atlas de Saneamento. Rio de Janeiro. 2004

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. Programa Nacional de capacitação de gestores ambientais: Módulo específico licenciamento ambiental de estações de tratamento de esgoto e aterros sanitários/Ministério do Meio Ambiente/ Brasília: MMA, 2009. 67p.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Saneamento é Saúde. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/instituto-trata-brasil-lanca-ciclo-de-entrevistas-com-personalidades-do-saneamento-basico-em-seu-site>. Acesso em: julho de 2014.

INSTITUTO TRATA BRASIL/CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Benefícios Econômicos da Expansão do Saneamento Brasileiro. 2014. 70 p.

MARENGO, J. A. Água e mudanças climáticas In: Estudos Avançados, v. 22, nº 63. São Paulo. 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200006>. Acesso em outubro de 2014.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - PNSS – Programa Nacional de Sanidade Suídeos - Pesquisa Nacional de Saneamento 2000. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522007000400005>. Acesso em outubro de 2014.

OLIVEIRA, SILVIA M. A. C. - Análise de Desempenho e Confiabilidade de Estações de Tratamento de Esgotos. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 12 nº 4, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522007000400005>. Acesso em outubro de 2014.

PESTANA, M.; GANGHIS, D. Apostila de Tratamento de Efluentes. Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia – Coordenadoria de Processos Industriais. 2008. 69p.

PLANO MUNICIPAL INTEGRADO DE SANEAMENTO BÁSICO DE GUARATINGUETÁ – GESTÃO 2011-2014). Disponível em: <http://www.guaratingueta.sp.gov.br>. Acesso em janeiro de 2015.

PLANSAB – PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO – Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – Coordenação do Estudo do Panorama do Saneamento Básico no Brasil. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2012.

Figueiredo, A.– Reportagem sobre saneamento básico em Mogi das Cruzes – denuncia de moradora sobre as condições de higiene – Disponível em: www.globo.com. Acesso em julho de 2014.

SILVA, D.O.; CARVALHO, A.R.P. Kurita– Soluções em Engenharia de Tratamento de Água. Disponível em: <http://www.kurita.com.br/> Acesso em: agosto de 2014.