



Ministério da Integração Nacional

Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba

PERÍCIA, DIAGNÓSTICO E PROJETO DE CONCLUSÃO E  
RECUPERAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE  
ESGOTOS (ETE) DO MUNICÍPIO DE SENTO SÉ, NO ESTADO  
DA BAHIA

CONTRATO Nº 0.057.00/2015

# Relatório 1

## PERÍCIA E DIAGNÓSTICO

Março / 2016



---

# PERÍCIA E DIAGNÓSTICO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS (ETE) DO MUNICÍPIO DE SENTO SÉ, BAHIA

---

**Tomo I**

## **EQUIPE TÉCNICA**

---

**Engenheira Civil Calculista – Helaine Lima Delboni**

**Engenheiro Civil – Hugo Brecht**

## **EQUIPE DE APOIO**

---

**Engenheira Ambiental e Sanitarista – Marina Santos**

**Estagiário de Engenharia Ambiental e Sanitária – Ivan Souza**

**Engenheira Civil Orçamentista – Fernanda Lima**

**DELBONI ENGENHARIA: Rua Guajajaras, 910 – Sl.1002 – Belo Horizonte/MG – Fone (31) 30724115**

---

**FAHMA: Rua Paulo Afonso, 333 - Santo Antônio - Fone (31) 3245-0388 - Fax: (31) 3245-0398 - Belo Horizonte/MG**

## LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

EMBASA – Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A.

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento do Vale do Rio São Francisco

CHESF – Companhia Hidroelétrica do São Francisco

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

EEE – Estação Elevatória de Esgoto

SES – Sistema de Esgotamento Sanitário

DN – Diâmetro Nominal

DAFA – Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

CERB – Companhia de Engenharia Rural da Bahia

PROÁGUA – Programa Nacional de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos

SAAE – Serviço autônomo de Água e Esgoto

COPASA-MG – Companhia de Saneamento de Minas Gerais

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

# ÍNDICE

<b>1. APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>2. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
2.1. Diretrizes .....	9
<b>3. DADOS GERAIS DO MUNICÍPIO .....</b>	<b>11</b>
3.1. Histórico do Município .....	11
3.2. Informações demográficas .....	11
3.3. Clima, relevo e vegetação .....	12
3.4. Hidrografia.....	12
3.5. Atividades econômicas do município .....	13
3.6. Localização e acesso .....	13
3.7. Saúde e educação.....	14
3.8. População .....	14
<b>4. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA EXISTENTE .....</b>	<b>16</b>
4.1. Sistema de Esgotamento Sanitário Existente .....	16
4.1.1. Rede Coletora .....	16
4.1.2. Estação Elevatória de Esgotos .....	16
4.1.3. Lagoa Facultativa – Desativada .....	16
4.1.4. Estação de Tratamento de Esgoto – Atual .....	17
4.1.5. Aspectos Operacionais.....	17
<b>5. AVALIAÇÃO E PERÍCIA ESTRUTURAL.....</b>	<b>18</b>
5.1. Visita Técnica .....	18
5.2. Integridade Estrutural .....	18
5.2.1. Diretrizes do Dimensionamento Estrutural.....	18
5.2.2. Aspectos Construtivos.....	21
5.2.3. Avaliação Estrutural dos DAFA's .....	23
5.2.4. Avaliação Estrutural das Lagoas Facultativas e de Maturação .....	27
5.2.5. Avaliação Estrutural dos Leitos de Secagem.....	28

5.2.6.	Avaliação Estrutural do Peso Próprio .....	28
5.2.7.	Avaliação Estrutural dos Taludes no Solo .....	29
5.2.8.	Avaliação do Sistema de Drenagem.....	29
5.2.9.	Avaliação do Sistema de Iluminação .....	31
5.3.	– Integridade Hidráulica.....	31
<b>6.</b>	<b>AVALIAÇÃO DAS UNIDADES DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS .....</b>	<b>33</b>
6.1.	Caracterização da Estrutura Utilizada nos DAFA's .....	33
6.1.1.	Materiais Empregados.....	33
6.1.2.	Avaliação Executiva .....	33
6.2.	Caracterização da Estrutura Utilizada nos Leitos de Secagem.....	34
6.2.1.	Materiais Empregados.....	34
6.2.2.	Avaliação Executiva .....	35
6.3.	Caracterização da Estrutura Utilizada nas Lagoas Facultativas e de Maturação .....	35
6.3.1.	Materiais Empregados.....	35
6.3.2.	Avaliação Executiva .....	35
<b>7.</b>	<b>RECUPERAÇÃO DE ÁREAS ERODIDAS.....</b>	<b>37</b>
7.1.	Medidas de Controle de Erosão e de Estabilidade do Solo .....	37
7.2.	Medidas de Recuperação e Recomposição Paisagística dos Taludes .....	37
7.3.	Contribuição da Geomorfologia no Diagnóstico de áreas Degradadas .....	38
<b>8.</b>	<b>PARÂMETROS E CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO.....</b>	<b>39</b>
8.1.	Metodologia prévia utilizada .....	39
8.2.	Justificativa para o novo dimensionamento .....	40
<b>9.</b>	<b>ANEXOS FOTOGRÁFICOS.....</b>	<b>41</b>
<b>10.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>62</b>

# 1. APRESENTAÇÃO

O presente trabalho visa à execução de Perícia, Diagnóstico e Projeto de Conclusão e Recuperação da Estação de Tratamento de Esgotos da Sede Urbana do Município de Sento Sé – BA.

O trabalho será apresentado em Tomos, com os seguintes Insumos:

## **Tomo I – Perícia técnica com diagnóstico**

- Dados cadastrais e levantamentos de campo obtidos durante visita realizada em conjunto com a fiscalização da CODEVASF- BA;
- Análise do dimensionamento do sistema, até mesmo em função da condição atípica de ocupação e consequentemente geração de efluentes, a partir de um horizonte de projeto com uma taxa de 100% de atendimento;
- Dados populacionais e critérios de cálculo, Memorial Descritivo, análise dos Projetos Estruturais, Projetos Hidráulicos e Projetos Básicos e Executivos das Unidades da Estação de Tratamento de Esgotos, fornecidos pela CODEVASF;
- Diretrizes para a Recuperação de Área Degradada;
- Diagnóstico sobre a situação atual das estruturas físicas das Unidades das Estações de Tratamento de Esgotos e da infraestrutura interna da ETE, do Sistema de Drenagem, dos Taludes e da iluminação;
- Análises dos testes hidráulicos executados nas unidades de Tratamento de Esgotos.

7

## **Tomo II – Projeto de Conclusão e Recuperação**

- Dimensionamento populacional, memorial descritivo, dimensionamento hidráulico e dimensionamento estrutural;
- Levantamentos topográficos semi-cadastrais realizados em Março/2016, para os cálculos de área do projeto de recuperação de área degradada e localização do sistema de drenagem pluvial;
- Critérios e Parâmetros de projetos para dimensionamento de sistemas de tratamento de efluentes – COPASA-MG, FUNASA;
- Relatórios dos furos de Sondagens, executados próximos as Unidades de Tratamento da Estação de Tratamento de Esgotos;
- Relatórios dos Ensaios de Rompimento dos corpos de prova, retirados dos Reatores a compressão, Unidades de Tratamento dos Esgotos da ETE de Sento Sé;
- Verificação do Dimensionamento Estrutural, espessura das paredes e lajes de fundo, cobrimentos e espaçamento das ferragens utilizadas, e diâmetros e comprimentos das ferragens;

- Apresentação de projetos de Recuperação Estrutural, Recomposição de Área Degradada, Ampliação no Sistema de Drenagem, Recomposição de taludes, dentro da Estação de Tratamento de Esgotos, caso necessário.
- Todas as aferições e verificações serão feitas com base nas Normas da ABNT.

### **Tomo III– Orçamento**

- Todos os projetos de Recuperação Estrutural, Recomposição de Área Degradada, Ampliação no Sistema de Drenagem, Recomposição de taludes, dentro da Estação de Tratamento de Esgotos, serão apresentados juntamente com planilha orçamentária.



## 2. INTRODUÇÃO

Atualmente, dentre os diversos passivos ambientais apresentados pelos municípios, a questão da coleta e tratamento dos esgotos sanitários tem sido uma das principais metas. Não sendo diferente para a Sede Urbana do Município de **Sento Sé**, que passa a buscar soluções para seu atual sistema de esgotamento sanitário.

Para tanto, a CODEVASF-BA tomou a iniciativa de contratar através do Contrato Nº 0.057.00/2015, uma empresa para elaborar a Perícia, o Diagnóstico e o Projeto de Conclusão e Recuperação da **Estação de Tratamento de Esgoto de Sento Sé**, Bahia, que está inoperante. Tais serviços serão realizados a fim de levantar os problemas existentes, e, se for necessário, elaborar os projetos corretivos e executivos para o perfeito funcionamento das unidades operacionais desta Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) existente.

### 2.1. Diretrizes

O desenvolvimento do escopo contratado seguiu diretrizes fornecidas pela CODEVASF, tendo como base o levantamento de campo com a inspeção local, com o acompanhamento da fiscalização da CODEVASF – BAHIA.

Procurou-se conceber um Diagnóstico dentro das premissas do sistema de Esgotamento Sanitário, de adequação das instalações projetadas sob os aspectos técnicos, operacionais e estruturais. Para tanto, concomitantemente foi desenvolvido um estudo de concepção do dimensionamento destas unidades para a verificação do perfeito funcionamento e do correto dimensionamento estrutural das unidades, onde foram abordadas as alternativas técnico-econômicas viáveis.

Em busca de soluções arrojadas, os trabalhos foram norteados pelas publicações recentes, que têm apresentado soluções bastante viáveis à implantação de sistemas de tratamento de esgoto. De acordo com Chernicharo, Haandel, Foreti e Cybis, os sistemas de tratamento de esgoto, dentro da realidade em questão, devem conjugar os seguintes requisitos:

- Baixo custo de implantação;
- Elevada sustentabilidade do sistema, que se torne pouco dependente de energia elétrica, também, de peças e equipamentos de reposição;
- Simplicidade operacional, simplicidade de manutenção e controle;
- Baixo custo operacional;
- Adequada eficiência na remoção de poluentes;
- Baixo requisito de área;
- Flexibilidade em relação às futuras expansões e ao aumento de eficiência;
- Fluxograma simplificado de tratamento;

- Elevada vida útil;
- Possibilidade de recuperação de subprodutos;
- Existência de experiência prática.

### **3. DADOS GERAIS DO MUNICÍPIO**

PREFEITURA: Prefeitura Municipal de Sento Sé

ENDEREÇO: Praça Dr. Juvêncio Alves, S/N, Centro, Sento Sé

ESTADO: Bahia

CEP: 47.350-000

#### **3.1. Histórico do Município**

A região era primitivamente habitada pelos índios centossés. Os primeiros desbravadores do território foram portugueses procedentes do Piauí, os quais ali se estabeleceram formando lavouras de casa de açúcar, instalando engenhos e fundando a feitoria Sento Sé. Em 1719, construiu-se a capela de São José, elevada à freguesia, em 1752, com o nome de São José da Barra. Criou-se o município, em 1832.

Em 1911, transferiu-se a sede municipal para o arraial de Almeida, modificando o topônimo para Manoel Vitorino. Dois anos depois, a sede retornou para Sento Sé, ainda com o nome de Manoel Vitorino.

Pelo decreto Estadual n.º 8.818, de 20 de fevereiro de 1934, mudou-se a denominação para Sento Sé. A cidade de Sento Sé foi erguida em 1977, pela CHESF - Companhia Hidroelétrica do São Francisco, quando a população da antiga cidade e de outras localidades próximas precisaram ser relocadas devido à inundação provocada pela construção da Barragem de Sobradinho. O município desenvolveu-se então às margens do Rio São Francisco, na borda do Lago de Sobradinho.

Recentemente, juntamente com os municípios de Casa Nova, Remanso, Pilão Arcado e Sobradinho, o município de Sento Sé passou constituir a Área de Proteção Ambiental do Lago de Sobradinho, criada através do Decreto nº 9.957 de 30 de Março de 2006 (Vide Anexo).

Fonte: Sento Sé (BA). Prefeitura. 2011. Disponível em: <http://www.sentose.ba.gov.br>. Acesso em: Março de 2016.

#### **3.2. Informações demográficas**

O município de Sento Sé, de acordo com o censo demográfico do IBGE, possuía uma população de 37.425 habitantes do ano de 2010. De acordo com a estimativa do próprio IBGE para o ano de 2015, a população seria de 41.464 habitantes no ano referido.

A área territorial do município é de 12.507,561 quilômetros quadrados, apresentando assim uma densidade demográfica de 2,95 habitantes por quilômetro quadrado. A sede municipal situa-se a 400 metros de altitude, com as seguintes coordenadas geográficas: 9° 44' 27" de latitude Sul e 41° 52' 48" de longitude Oeste.

### **3.3. Clima, relevo e vegetação**

O município de Sento Sé é caracterizado por um clima semi-árido a árido, com temperaturas pouco variáveis, em torno de 24.4 °C. O período mais chuvoso está compreendido entre os meses de janeiro a março, e a precipitação média anual no município é de 476 mm, variando entre a máxima de 977 mm e mínima de 198 mm.

A vegetação predominante no município é caracterizada pela caatinga arbórea aberta com palmeiras, caatinga arbórea aberta sem palmeiras, caatinga arbórea densa sem palmeiras, contato cerrado-floresta estacional, contato cerrado-floresta ombrófila, contato caatinga-floresta estacional, Parque com palmeiras e Parque sem palmeiras.

O relevo da região caracteriza-se pelas Baixadas dos Rios Jacaré e Salitre, pelos Blocos Planálticos Setentrionais, pelos Campos de Areias do Médio São Francisco e pelo Pediplano Sertanejo.

12

### **3.4. Hidrografia**

A bacia hidrográfica da região do Baixo-Médio São Francisco, na qual está inserido o município de Sento Sé, drena uma área de cerca de 155.637 km<sup>2</sup> e apresenta vazão média de 375 m<sup>3</sup>/s.

O município está localizado mais precisamente às margens do Lago de Sobradinho, formado pela construção da Barragem de Sobradinho no rio São Francisco. Essa barragem, operada pela CHESF, registrou em abril de 2006 um volume de acumulação de 33.326 milhões de m<sup>3</sup>, o que corresponde a 97,68% do seu volume máximo normal. O reservatório da barragem possui 4.214 km<sup>2</sup> e a vazão regularizada é de 2.060 m<sup>3</sup>/s.

Os principais usos da água no Lago de Sobradinho são para geração de energia elétrica, para irrigação e para abastecimento público, suprimindo inclusive o sistema de abastecimento de água do município de Sento Sé. Em termos de água subterrânea, a produtividade dos poços está entre média e fraca, com fornecimento por vezes de água com elevada salinidade.

### 3.5. Atividades econômicas do município

As atividades econômicas do município baseiam-se no cultivo irrigado da cebola, tomate, uva manga, melão, melancia, aspargo, além das culturas de subsistência como: milho, mandioca, mamona, feijão, também há o fabrico de esteiras de tábuas e de doces de frutas nativas como, umbu, maracujá do mato, entre outros.

### 3.6. Localização e acesso

Vizinha dos municípios de Campo Formoso, Casa Nova, Itaguaçu da Bahia, Jussara, Morro do Chapéu, Pilão Arcado, Remanso, Sobradinho, Umburanas e Xique-Xique, Sento Sé encontra-se a 29 km de Remanso, maior cidade dos arredores.

A sede municipal dista em 693 km de Salvador, capital do estado, que é acessada a partir das rodovias federais BR-407 e BA-210. As distâncias entre as principais capitais do país estão relacionadas na Tabela 1. O mapa 1 a seguir representa a localização do município.

Tabela 1 – Distância de Sento Sé aos principais centros urbanos do País

Cidade	Distância (Km)
Salvador	693
São Paulo	2.081
Brasília	1.326
Rio de Janeiro	2.192

Fonte: Google Maps, 2016.

13

Mapa 1 – Mapa representativo da localização do município de Sento Sé



Fonte: Google Maps, 2016.

### 3.7. Saúde e educação

Sento Sé é servida por três estabelecimentos de saúde, sendo dois públicos e um particular. No que se refere ao sistema educacional, o município conta com 72 estabelecimentos públicos de ensino fundamental, três de ensino médio e 53 de ensino pré-escolar. (fonte: IBGE).

### 3.8. População

A tabela 2, a seguir, apresenta a evolução populacional do município de Sento Sé:

Tabela 2 – Evolução Populacional do Município de Sento Sé

Ano	População Urbana (hab.)	População Rural (hab.)	População Total (hab.)
1980	8.719	22.006	30.725
1991	12.380	16.007	28.387
1996	15.175	15.311	30.486
2000	17.264	15.197	32.461
<b>2010</b>	<b>21.679</b>	<b>15.746</b>	<b>37.425</b>

Fonte: IBGE – Censos de 1980, 1991 e 2000 e Contagem da População de 1996.

A taxa de ocupação domiciliar no município de Sento Sé é de 4,75 habitantes por domicílio e na sede municipal é de 4,93 habitantes por domicílio.

A população do Município de Sento Sé, de acordo com o último censo realizado pelo IBGE, divulgado em 1º de dezembro de 2010, apresenta os seguintes dados:

Tabela 3 – Dados sobre a distribuição da população do Município de Sento Sé.

População	Número De Habitantes	Porcentagem
População masculina:	19.278	51,51
População feminina:	18.147	48,49
Zona rural:	15.746	57,93
Zona urbana:	21.679	42,08
<b>Total da população</b>	<b>37.425</b>	<b>100%</b>

Fonte: IBGE 2010

De acordo com o *Atlas Brasil 2015*, do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do município é de 0,585. A Tabela 4 mostra o IDH do município segundo os três índices (Renda, Longevidade e educação) utilizados como critério de avaliação:

Tabela 4 – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal para Sento Sé.

<b>Critério de Avaliação</b>	<b>IDH Municipal</b>
Renda	0,535
Longevidade	0,778
Educação	0,480

Fonte: PNUD/2010

De acordo com as informações publicadas pelo IBGE/2013, o PIB municipal é de R\$ 221.353,00 e PIB per capita é de R\$ 5.435,98. A Tabela 5 mostra o valor bruto do PIB do município por setor econômico.

Tabela 5 – Valor Adicionado Bruto (VA) do município de Sento Sé.

<b>Ano</b>	<b>Agropecuário (R\$)</b>	<b>Indústria (R\$)</b>	<b>Serviço (R\$)</b>	<b>Saúde e Educação (R\$)</b>	<b>Total (R\$)</b>
2013	34.184.000	23.408.000	52.919.000	103.885.000	214.396.000
2012	33.413.000	4.674.000	50.408.000	95.982.000	184.477.000
2011	27.219.000	3.988.000	39.552.000	85.577.000	156.335.000

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)



## **4. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA EXISTENTE**

### **4.1. Sistema de Esgotamento Sanitário Existente**

O SAAE de Sento Sé é o responsável pela operação do Sistema de Esgotamento Sanitário do Município, o qual é composto basicamente por redes coletoras, interceptores, três Estações Elevatórias de Esgoto, uma Lagoa Facultativa desativada e uma Estação de Tratamento de Esgoto.

#### **4.1.1. Rede Coletora**

A ampliação das redes coletoras em aproximadamente 43% atende atualmente cerca de 100% dos domicílios existentes. As primeiras redes coletoras foram implantadas há 30 anos e desde então não sofreram grandes intervenções, existindo frequentes vazamentos através das juntas. Há trecho com profundidades elevadas (chegando a 7,00m) o que dificulta a manutenção. Os diâmetros do sistema variam de DN 100 a DN 200 mm.

#### **4.1.2. Estação Elevatória de Esgotos**

Os esgotos coletados são encaminhados para os poços de sucção das duas Estações Elevatórias de Esgotos, localizadas nos pontos baixos das bacias de contribuição dos efluentes, direcionando e concentrando todos os efluentes coletados para a terceira Estação Elevatória de Esgoto localizada no loteamento Santa Terezinha. O sistema de Esgotamento Sanitário de Sento Sé utiliza a terceira Estação Elevatória de Esgoto, para concentrar e recalcar todos os efluentes da sede urbana para a Estação de Tratamento de Esgoto de Sento Sé.

#### **4.1.3. Lagoa Facultativa – Desativada**

Para tratar o esgoto coletado da Sede Urbana de Sento Sé era utilizada uma Lagoa de estabilização, localizada a montante do Bairro da Bela Vista, que recebia partes dos efluentes coletados da sede urbana do Município de Sento Sé, foi construída há 30 anos, próxima ao Rio São Francisco, possuindo 1.200m<sup>2</sup> e foi dimensionada para atender uma população de 4.000 habitantes.

A localização desta Lagoa, como o único método de tratamento de esgoto, em relação às casas do Bairro da Bela Vista é de apenas 50m, o que provocava grande incômodo à população local devido ao mau cheiro produzido, conforme a localização sofre inundações, conforme o nível da água do Rio São Francisco.

Atualmente, grande parte da população ainda utiliza fossas negras rudimentares e existe um grande número de domicílios que não possui ligação com a rede coletora, sendo verificado o escoamento de esgotos a céu aberto em algumas ruas da sede urbana. Parte dos domicílios ainda lançam seus esgotos “in natura” diretamente no Rio São Francisco.



#### **4.1.4. Estação de Tratamento de Esgoto – Atual**

O Sistema de Tratamento de Esgotos de Lagoa de Estabilização entrou em desuso com a implantação da nova Estação de Tratamento de Esgoto de Sento Sé, que atualmente está inoperante.

O Sistema Atual de Tratamento de Esgotos é composto por dois Digestores Anaeróbios de Fluxo Ascendentes (DAFA), oito Leitos de Secagem, duas Lagoas Facultativas e duas Lagoas de Maturação.

O Efluente coletado em toda a Sede Urbana de Sento Sé é interceptado por duas Estações Elevatórias de Esgotos, e recalcado para a Estação de Tratamento de Esgotos de Sento Sé, através da Terceira Estação Elevatória de Esgotos. O ponto de Lançamento dos efluentes tratados do sistema atual de Tratamento de Esgotos de Sento Sé é a jusante do ponto de Captação da Água Bruta, no Rio São Francisco.

#### **4.1.5. Aspectos Operacionais**

Durante a Visita de campo foram observados os aspectos Estruturais das Unidades de Tratamento, a acessibilidade dentro das unidades da Estação de Tratamento de Esgotos, a urbanização, o Sistema de Drenagem de Águas Pluviais, as conformações e contenções em terras dentro da Estação de Tratamento de Esgotos e o Sistema de Iluminação.

## **5. AVALIAÇÃO E PERÍCIA ESTRUTURAL**

### **5.1. Visita Técnica**

A Visita Técnica para a Análise Pericial foi realizada do dia 08 ao dia 12 de Março de 2016, na referida Sede Urbana Municipal de Sento Sé, estado da Bahia, com a presença dos Fiscais da CODEVASF-BA, acompanhados pelos Engenheiros Civis das empresas Delboni Engenharia e Fahma, Helaine Delboni e Hugo Brecht, verificando e pontuando as irregularidades construtivas que serão detalhadas neste relatório.

### **5.2. Integridade Estrutural**

A Integridade estrutural, além de prever os estados-limites últimos, prevê a qualidade das Unidades de Tratamento da Estação de Tratamento de Esgotos, edificadas, durante o período de vida útil pretendido com o horizonte de projeto de 20 anos, sem que ocorra ampliação nas estruturas, devendo permitir que a fabricação, o transporte, o manuseio e a montagem destas estruturas sejam executados de maneira adequada e em boas condições de segurança. Deve ainda levar em conta a necessidade de manutenção futura.

---

18

#### **5.2.1. Diretrizes do Dimensionamento Estrutural**

A Norma ABNT NBR 6118:03 permite considerar a plasticidade do material aço na transmissão dos esforços e cargas atuantes nas estruturas, levando em consideração a rigidez da base da fundação em Sapata, com as paredes externas e paredes internas dos DAFA's, que absorvem parte do momento fletor, antes de transferir as cargas para a fundação, reduzindo desta forma o momento fletor transmitido.

Conforme a Norma, no caso das fissuras afetarem a funcionalidade da estrutura, como, por exemplo, no caso de reservatórios, devem ser adotados limites menores para as aberturas das fissuras. Por controle de fissuração quanto à aceitabilidade sensorial, entende-se a situação em que as fissuras passam a causar desconforto psicológico aos usuários, embora não representem perda de segurança da estrutura.

Esta Norma ainda prevê o mínimo de cobrimento entre as armaduras de aço, conforme a agressividade do ambiente.

A agressividade do ambiente está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independentemente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento das estruturas de concreto.

Nos projetos das estruturas, a agressividade ambiental deve ser classificada de acordo com o apresentado na tabela 6 e pode ser avaliada, simplificada, segundo as condições de exposição da estrutura ou de suas partes.

Tabela 6 – Classes de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana <sup>1), 2)</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>1)</sup>	Grande
		Industrial <sup>1), 2)</sup>	
IV	Muito forte	Industrial <sup>1), 3)</sup>	Elevado
		Respingos de maré	

<sup>1)</sup> Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

<sup>2)</sup> Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

<sup>3)</sup> Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: Norma ABNT NBR 6118:03

Atendidas as demais condições estabelecidas, a durabilidade das estruturas é altamente dependente das características do concreto e da espessura e qualidade do concreto e do cobrimento das armaduras.

Tabela 7 – Correspondência entre Classe de agressividade e Qualidade do Concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
<p>NOTAS</p> <p>1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.</p> <p>2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.</p> <p>3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.</p>					

Fonte: Norma ABNT NBR 6118:03

Para atender aos requisitos estabelecidos na Norma, o cobrimento mínimo da armadura é o menor valor que deve ser respeitado ao longo de toda a Estrutura considerada e que se constitui num critério de aceitação.

Para garantir o cobrimento mínimo ( $c_{min}$ ) o projeto e a execução devem considerar o cobrimento nominal ( $c_{nom}$ ), que é o cobrimento mínimo acrescido da tolerância de execução ( $\Delta c$ ). Assim, as dimensões das armaduras e os espaçadores devem respeitar os cobrimentos nominais, estabelecidos na tabela 8, para  $\Delta c = 10$  mm. Nas obras correntes o valor de  $\Delta c$  deve ser maior ou igual a 10 mm.

Quando houver um adequado controle de qualidade e rígidos limites de tolerância da variabilidade das medidas durante a execução pode ser adotado o valor  $\Delta c = 5$  mm, mas a exigência de controle rigoroso deve ser explicitada nos desenhos de projeto. Permite-se, então, a redução dos cobrimentos nominais, prescritos na tabela 8, em 5 mm.

Os cobrimentos nominais e mínimos estão sempre referidos à superfície da armadura externa, em geral à face externa do estribo.

Tabela 8 – Correspondência entre Classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para  $\Delta c = 10 \text{ mm}$

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV <sup>3)</sup>
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje <sup>2)</sup>	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido <sup>1)</sup>	Todos	30	35	45	55

<sup>1)</sup> Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

<sup>2)</sup> Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal  $\geq 15 \text{ mm}$ .

<sup>3)</sup> Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobrimento nominal  $\geq 45 \text{ mm}$ .

Fonte: Norma ABNT NBR 6118:03

### 5.2.2. Aspectos Construtivos

Parâmetros construtivos que possam influenciar no dimensionamento da estrutura devem ser considerados, tais como:

- Plantio de cerca viva ao longo de todo o perímetro da ETE, utilizando planta espinhosa (tipo Sansão do Campo – *Mimosa Caesalpiniaefolia*), que fornece boa vedação, inclusive para pequenos animais, além de proporcionar um aspecto agradável;
- O tipo de estrutura a ser adotado em unidades de saneamento deverá, sempre que possível, permitir a inspeção visual das faces dos seus elementos;
- O teto dos reservatórios fechados deverá ser projetado, preferencialmente, com lajes lisas, sem vigas;
- O projeto dos reservatórios deve prever sempre o uso de chanfros ou mísulas, com lado mínimo de 15 cm, no encontro entre paredes e entre paredes e laje de fundo;
- O projeto de reservatórios fechados deverá indicar o posicionamento dos tubos de ventilação (suspiros), adequadamente dimensionados pelo projeto hidráulico;

- Reservatórios fechados deverão possuir, pelo menos, duas aberturas com tampas removíveis na laje de cobertura, de maneira a melhorar as condições de ventilação e iluminação para situações de inspeção e/ou recuperação estrutural. Entretanto, a quantidade final de aberturas para inspeção deverá ser definida em comum acordo com o projeto hidráulico;
- Toda laje de cobertura, onde exista a possibilidade de acúmulo de água pluvial, deverá ser projetado um adequado sistema de drenagem;
- A face superior das lajes de cobertura dos reservatórios de grandes dimensões deverá possuir uma inclinação de 1,0%, para facilitar o escoamento de água pluvial;
- Deverão ser considerados dispositivos para a proteção térmica da laje de cobertura de reservatórios. Quando esta proteção for feita através de uma camada de pedra britada, esta deverá ser do tipo não calcária e possuir uma espessura mínima de 8 cm. Sua contenção lateral deverá ser feita em concreto armado;
- Em unidades destinadas ao armazenamento de líquidos e que possuam um fechamento superior, todas as faces dos elementos em concreto, situadas acima do nível médio operacional de enchimento, deverão receber proteção impermeabilizante. Esta proteção não implicará em adoção de uma Classe de Agressividade Ambiental mais suave, muito menos em redução dos valores dos cobrimentos das armações;
- O projeto de reservatórios apoiados ou semienterrados deverá registrar em desenho a necessidade da execução de um sistema de drenagem, abaixo da laje de fundo, direcionado a poços secos, com a finalidade de alertar eventuais vazamentos;
- O projeto de Digestores Anaeróbios de Fluxo Ascendente deverá prever uma passagem provisória na laje de cobertura, com o objetivo de permitir a colocação das coifas dos separadores trifásicos no seu interior;
- Sempre que possível, elementos pré-fabricados, com necessidades frequentes de remoção, tais como tampas, não deverão ser executados em concreto. Em função dos valores de cobrimento da armação a serem atendidos, a espessura e, conseqüentemente, a massa final destes elementos dificultam seu manuseio, comprometendo os trabalhos de operação da unidade;
- Em estruturas de reservatórios, as fissuras de flexão deverão ser compatíveis com a estanqueidade requerida, não podendo exceder o valor de 0,15 mm, conforme recomendação da Norma T175/1;

- Em estruturas com exigências de estanqueidade, o espaçamento entre eixos de barras distribuídas de armação deverá ser limitado a um máximo de 15 cm;
- Armaduras de combate à retração hidráulica deverão ser previstas sempre que necessário;
- O posicionamento das juntas de concretagem deve ser indicado no projeto e deve estar compatível com o detalhamento da armação. Em paredes de reservatórios em concreto, a 1ª junta de concretagem horizontal deve ser indicada 10 cm acima do topo do chanfro projetado entre a laje de fundo e a parede;
- As juntas de dilatação poderão ser detalhadas com dispositivos mata juntas e selantes compatíveis com a movimentação prevista da estrutura. As regiões próximas a tais juntas são naturalmente mais vulneráveis a vazamentos e possuem, em geral, uma vida útil menor que a da restante da estrutura. Assim, o uso de juntas de dilatação deve ser restrito ao mínimo necessário.

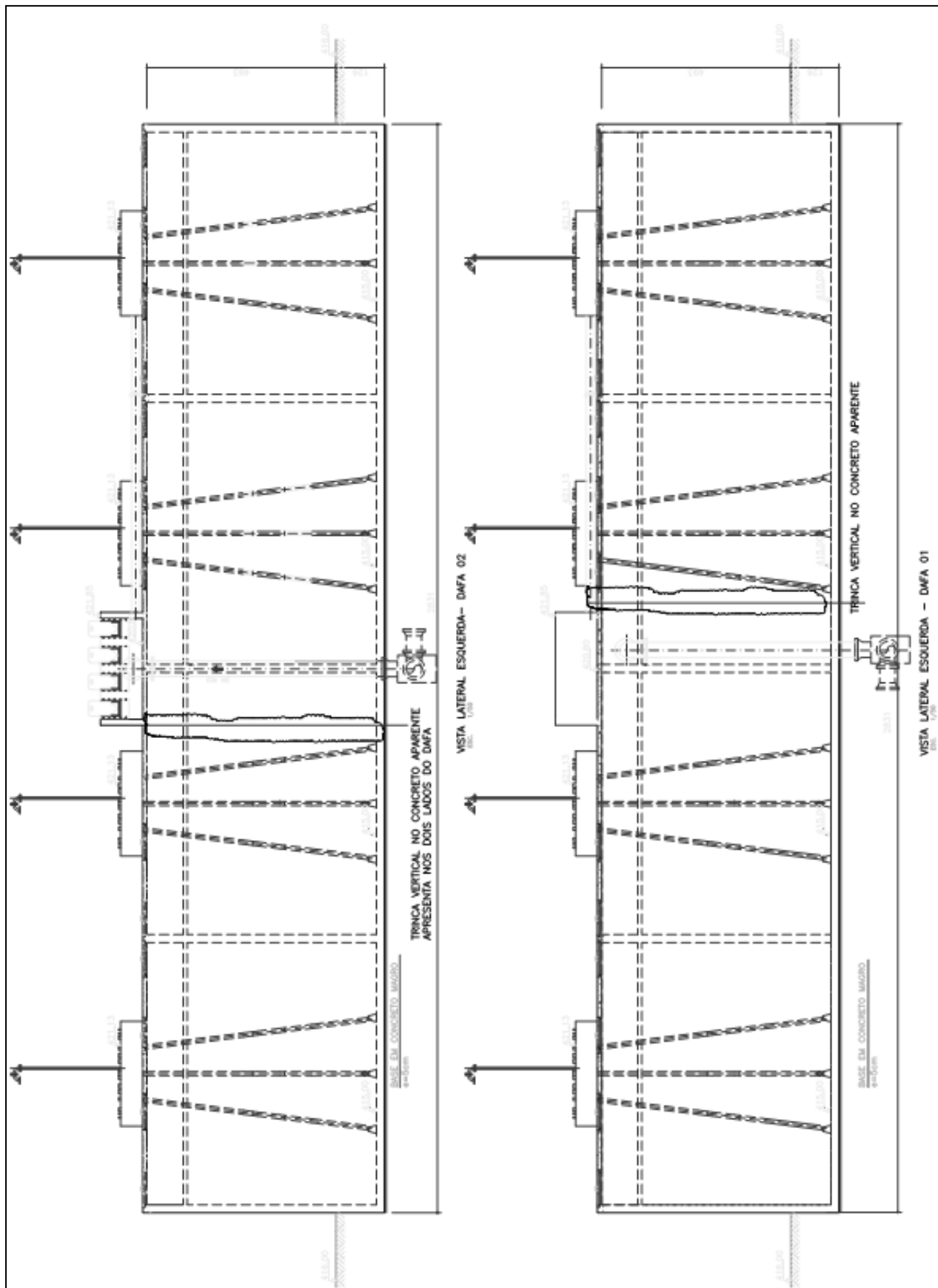
### **5.2.3. Avaliação Estrutural dos DAFA's**

Os seguintes itens foram pontuados durante a Perícia Técnica:

- Existem trincas verticais localizadas nos dois DAFA's, próximo às paredes internas, não existindo juntas de dilatação em toda estrutura. As trincas Horizontais estão localizadas mais nitidamente no coroamento entre a laje pré-fabricada da cobertura e as paredes dos DAFA's, embora ocorram trincas em toda a extensão desta estrutura. São aparentes nos DAFA's algumas armações existindo também brocas em alguns trechos, caracterizando um cobrimento irregular e insuficiente;

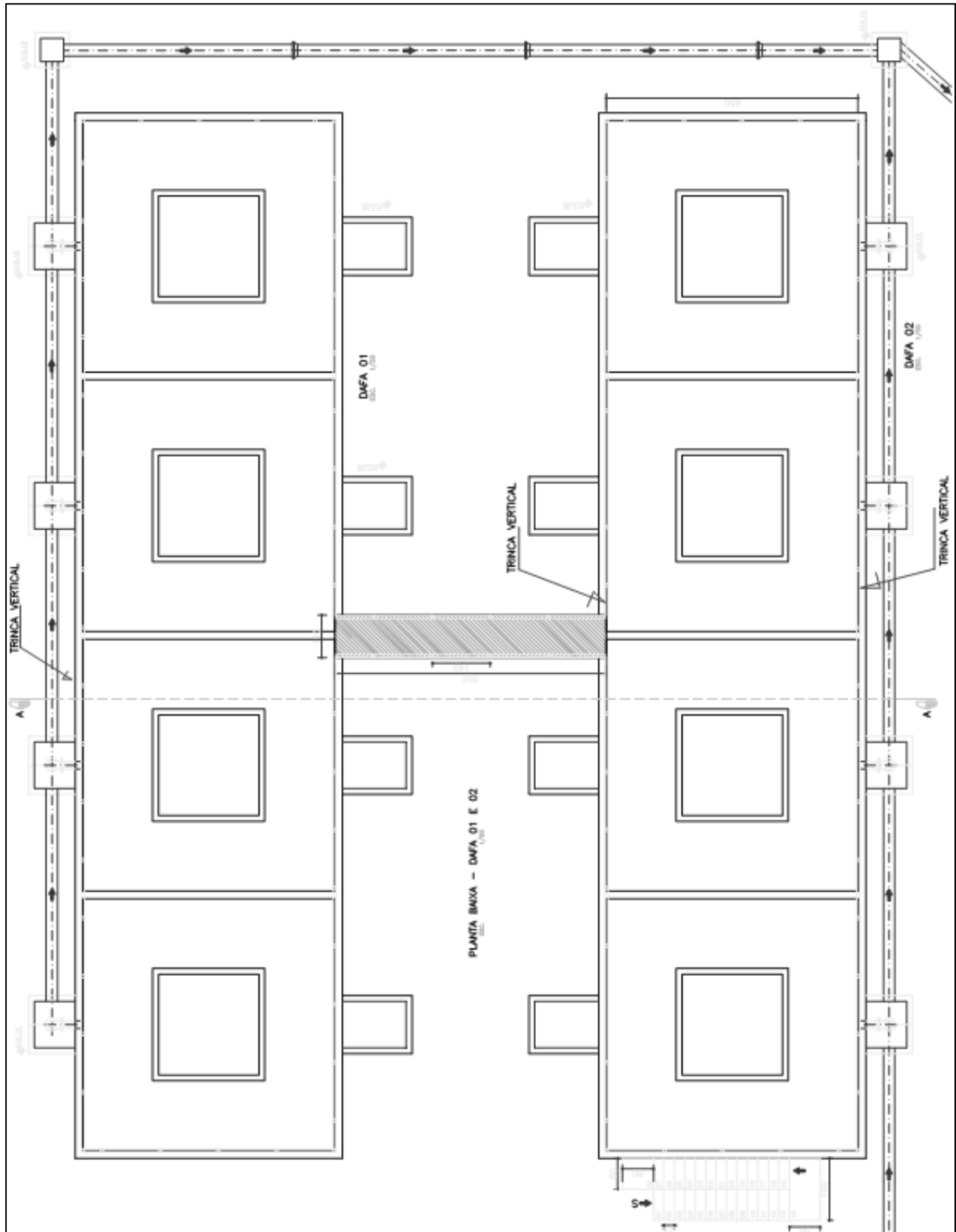


Desenho 01 – Localização das trincas na estrutura dos DAFA's





Desenho 02 – Planta baixa com identificação dos locais das trincas



- Em relação à geometria dos DAFA's, percebesse que a execução foi feita sem a preocupação com a exatidão das formas geométricas, fazendo com que as unidades ficassem com pequenas ondulações, fora de esquadro. Estas imperfeições na construção não ocasionam danos à estrutura, apenas propiciam um desconforto no aspecto visual estético;
- Os cobrimentos da armação, conforme observado em visita a campo, foram executadas com 30 mm, sendo o projeto especificado com 25 mm, todos estes cobrimentos estão abaixo das especificações da NBR 6118, por ser um meio altamente agressivo o mínimo de cobrimento teria que ser 50 mm;
- Não existe impermeabilização interna nos DAFA's, não foram localizadas juntas de dilatação, não existe brita na laje superior aos DAFA's para absorção do calor, e não existe proteção das laterais para o assentamento destas britas;
- O espaçamento mínimo recomendado entre as ferragens na vertical é de 150 mm, por ser um meio altamente agressivo, e na execução e no projeto foi constatada armação vertical com 200 mm;
- Não existe a escada de acesso aos DAFA's com uma plataforma de ligação entre eles, sendo necessário este acesso para a operação dos DAFA's e manutenção;
- A laje da Cobertura não apresenta uma declividade para o escoamento de águas pluviais, e apresenta algumas trincas e fissuras.

A concretagem nos DAFA's, conforme informação da fiscalização da CODEVASF-BA, foi executada por betoneiras instaladas na obra, em camadas de anéis, fazendo aparecer camadas com microfissura na estrutura de concreto, permitindo a infiltração de líquidos por pequenos acessos. As microfissuras estão relacionadas às partículas finas da pasta cimentícia, facilitando o acesso do gás Carbono e de outros gases que existem na atmosfera, provocando a Carbonatação da estrutura de Concreto e a oxidação da ferragem utilizada, com isto uma diminuição da vida útil desta ferragem.

A Carbonatação é definida como um processo físico-químico que progride lentamente no interior das estruturas de concreto através da entrada do CO<sub>2</sub>. A penetração é regulada pelos mecanismos de transporte e pela difusão de gases, através dos poros e fissuras. O gás carbônico e outros gases ácidos presentes no interior do concreto reagem com os produtos liberados das reações de hidratação do cimento (principalmente, com o hidróxido de cálcio Ca(OH)<sub>2</sub> que se encontra nos poros na presença de umidade (H<sub>2</sub>O) precipitando-se como carbonato de cálcio CaCO<sub>3</sub>. (SCHRÖDER; SMOLCZYK, 1969; PARROT, 1987; PAPADAKIS; VAYENAS E FARDIS, 1991; HELENE 1993) A reação de egresso do CO<sub>2</sub> consome o hidróxido de cálcio livre que vai sendo dissolvido à medida que a frente de carbonatação avança. No entanto, sabe-se que também são carbonatáveis o hidróxido de potássio KOH, o hidróxido de sódio NaOH e os silicatos alcalinos: o silicato de cálcio hidratado C-S-H, o silicato

tricálcio C3S e o silicato dicálcio C2S não hidratados. (PAPADAKIS; VAYENAS E FARDIS, 1991).

O progresso do fenômeno de carbonatação no concreto depende do hidróxido de cálcio que é liberado nas reações de hidratação do cimento e da estrutura de poros do concreto, uma vez que esta é responsável pelos mecanismos de transporte de agentes do meio externo para o interno do concreto. A estrutura dos poros e a configuração das fissuras associada com a umidade presente nos vazios são fatores determinantes para o ingresso do CO<sub>2</sub> no interior da matriz cimentícia. Assim, as propriedades do concreto e as condições ambientais preponderam sobre a velocidade do fenômeno.

Ensaio Solicitados para uma melhor avaliação da Estrutura dos DAFA's:

- Para a verificação da fundação dos DAFA's, solicitamos a execução de sondagens SPT em pontos próximos para analisar possíveis recalques com a carga dos efluentes nestes tanques;
- Para a Verificação da Resistência do concreto após 28 dias, solicitamos um ensaio de Rompimento, com os corpos de prova retirados dos dois DAFA's.

#### **5.2.4. Avaliação Estrutural das Lagoas Facultativas e de Maturação**

Os seguintes itens foram pontuados durante a Perícia Técnica:

- As Lagoas Facultativas e de Maturação apresentam trincas horizontais e verticais nas estruturas de contenção de concreto armado e nos taludes laterais das Lagoas, não existindo juntas de dilatação, o que não favorece a movimentação do concreto armado no solo;
- Na Lagoa Facultativa, coordenada S 9°44,409' – W 41°52,136', existe um descalçamento do solo em relação ao talude de concreto armado, ocasionado pela lixiviação de partículas desagregadas, fazendo que o concreto neste ponto fosse danificado. Neste ponto desta Lagoa precisa de recuperação do solo e recuperação da placa de concreto armado;
- As Lagoas Facultativas e de Maturação, necessitam de uma regularização com solo de grande coesão, até o nivelamento do encontro das estruturas de concreto com o fundo das Lagoas, para a aplicação de manta de PEAD, para a impermeabilização do solo;
- Nas bases dos amortecedores de energia cinética da água, ou quebra ondas, também é necessário uma recuperação com solo de grande coesão, até nivelamento das estruturas;

- As caixas de saída situada nas extremidades oposta das entradas dos efluentes apresentam trincas e existem focos erosivos no apoio destas caixas nos taludes

Aspectos construtivos:

- Deverá ser realizada análise econômico-comparativa entre alternativas de impermeabilização por solo argiloso ou aplicação de manta de PEAD, considerando uma borda livre mínima de 0,50 m;
- Os taludes internos, na linha de contato com o nível d'água, devem ser protegidos contra as ações das ondas e crescimento de vegetais;
- Deverá ser prevista placa defletora até 30 cm abaixo do NA máximo, para evitar saída de material flutuante como algas, escumas, etc.;

A verificação da eficácia do processo de impermeabilização das diversas unidades do sistema de tratamento deve ser feita a fim de impedir a contaminação do lençol freático com a percolação de águas contaminadas provenientes do esgoto sanitário.

Ensaio Solicitados para uma melhor avaliação Estrutural:

- Para a verificação da fundação, solicitamos a execução de sondagens SPT, em pontos próximos para analisar o nível do lençol freático;
- Para a Verificação dos taludes de contenção, solicitamos um levantamento topográfico de toda a ETE, e localizando os pontos erodidos.

28

### **5.2.5. Avaliação Estrutural dos Leitos de Secagem**

Os Leitos de secagem não apresentam nenhum tipo de trinca ou recalque na sua fundação, sendo a estrutura das paredes em alvenaria e o acabamento em argamassa, a laje de fundo em camadas filtrantes e cobertura em blocos de tijolos cerâmicos.

Ensaio Solicitados para uma melhor avaliação Estrutural:

- Para a verificação da fundação, solicitamos a execução de sondagens SPT, em pontos próximos para analisar o nível do lençol freático;
- Para a Verificação dos taludes de contenção, solicitamos um levantamento topográfico de toda a ETE, e localizando os pontos erodidos.

### **5.2.6. Avaliação Estrutural do Peso Próprio**

A avaliação do peso próprio em cada unidade, considerando a resistência dos materiais para absorver as cargas aplicadas pela própria estrutura, atende ao

dimensionamento das espessuras das paredes, baseando-se no fato de que as cargas são transmitidas das lajes de cobertura para as paredes laterais e internas até a fundação.

Concluindo, todas as Unidades de Tratamento de Esgotos, suportam a própria estrutura, não sendo avaliada neste momento a sobrecarga dos efluentes.

#### **5.2.7. Avaliação Estrutural dos Taludes no Solo**

Existe a necessidade de recuperação de áreas degradadas nas diversas estruturas dos taludes formados pelo solo, em todo o contorno das Lagoas e próximo às áreas de canaletas de drenagem.

A estrutura destes taludes é danificada à medida que não é tratada de maneira correta a recuperação destas áreas degradadas, fazendo com que as partículas desagregadas sejam carregadas por lixiviação, agravando a desestabilização dos taludes. A desagregação do solo ocorre de maneira progressiva, apresentando varias áreas com partes erodidas, ravinamentos e inícios de voçorocas.

Ensaio Solicitados para uma melhor avaliação Estrutural:

- Para a verificação da fundação, solicitamos a execução de sondagens SPT em pontos próximos para analisar o nível do lençol freático;
- Para a Verificação dos taludes de contenção, solicitamos um levantamento topográfico de toda a ETE, e localizando os pontos erodidos.

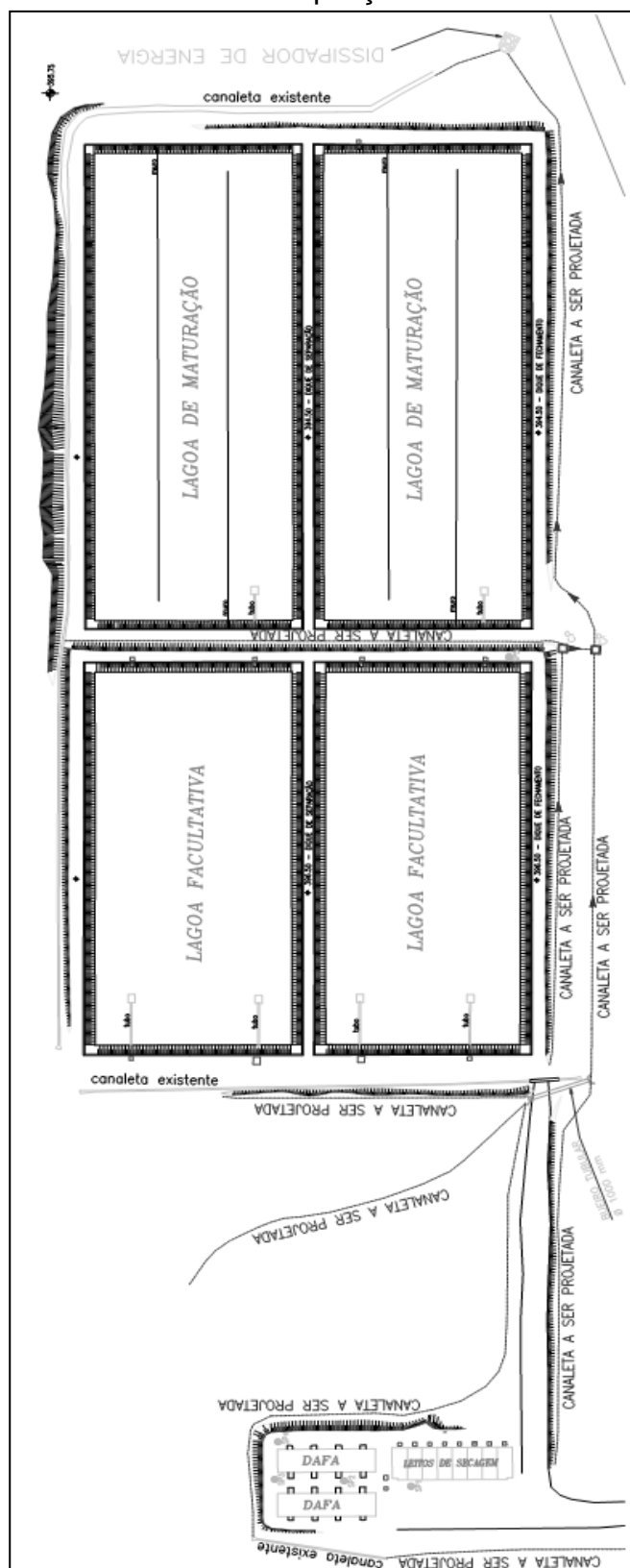
29

#### **5.2.8. Avaliação do Sistema de Drenagem**

O sistema de Drenagem atualmente se encontra totalmente obstruído pelo solo que foi desagregado e carregado por lixiviação e pelo processo erosivo dos ventos, danificando toda a estrutura dentro do espaço físico da Estação de Tratamento de Esgotos.

Para ajuste deste Sistema de Drenagem é necessário realizar a estabilização nos Taludes, realizando a recuperação da área degradada e erodida. O sistema de drenagem será ampliado, na base de cada talude será especificado uma calha de drenagem, visando à coleta de águas pluviais superficiais nestes taludes. A composição geométrica das bermas deverá apresentar uma declividade mínima de 1%, a fim de facilitar o escoamento das águas pluviais até as calhas, e os taludes deverão ter uma declividade máxima de 45°.

## Desenho 03 – Estudo de ampliação do sistema de drenagem



Fonte: Levantamento topográfico semi-cadastral realizado na ETE de Sento Sé – Abril/2016

### **5.2.9. Avaliação do Sistema de Iluminação**

Existem postes para a iluminação de todo o espaço físico da Estação de Tratamento de Esgotos, porém atualmente esta iluminação sofre com ação de vandalismo e de apropriação indevida de toda parte da fiação elétrica, do seu quadro elétrico, de suas lâmpadas e de seus protetores.

Para a correta operação deste sistema de iluminação, é necessária a aquisição de novos materiais.

### **5.3. – Integridade Hidráulica**

A Integridade Hidráulica prevê, através dos testes hidráulicos, o correto funcionamento das interligações das unidades, analisando as declividades entre tubulações para a circulação dos efluentes dentro do Sistema de Tratamento de Esgotos Sanitários. Dessa forma, é possível prever a qualidade funcional das Unidades de Tratamento de Esgotos edificadas, durante o período de vida útil pretendido com o horizonte de projeto de 20 anos, sem que ocorra ampliação nas estruturas.

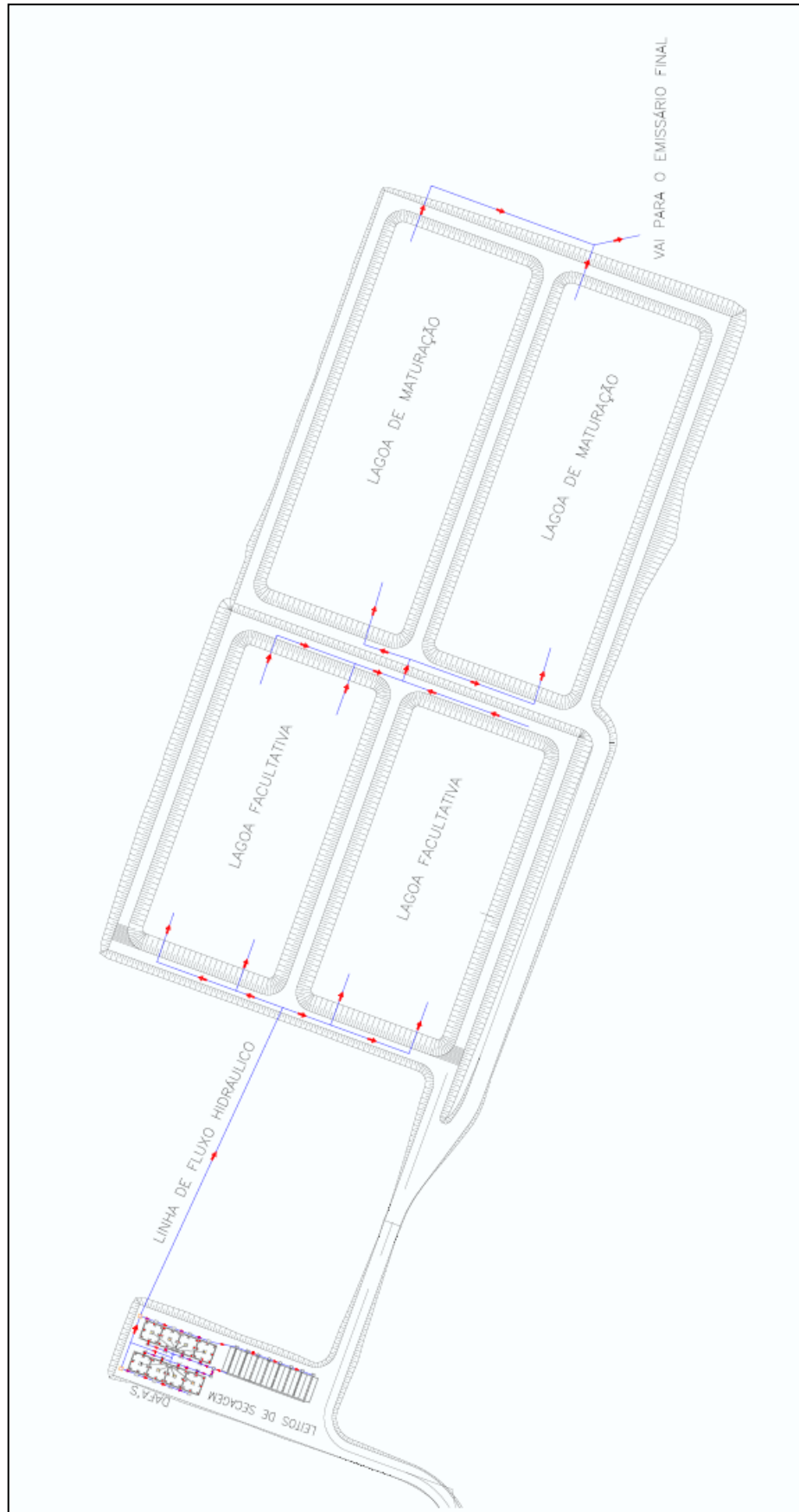
Os seguintes itens foram pontuados durante a Perícia Técnica:

- Foram efetuados os testes hidráulicos nas caixas divisoras de vazão para a lagoa de Maturação e na caixa de saída com comportas vertentes das lagoas de Maturação, que coletam os efluentes tratados interceptando e direcionando para o Rio São Francisco, obtendo o resultado de funcionamento adequado ao fim destinado;
- As caixas de passagem dos lodos provenientes dos DAFA's, está em perfeito estado e desobstruída, obtendo o resultado de funcionamento adequado;
- Algumas Tampas de inspeção em concreto na região dos DAFA's se encontram danificadas, devendo ser substituídas.

Nos testes Hidráulicos executados, foram verificadas todas as tubulações, as declividades, as conexões e as interligações entre as Unidades de Tratamento de Esgotos, tendo como conclusão que todas estavam desobstruídas, com as corretas declividades e funcionando corretamente.



## Desenho 04 – Projeto de Fluxo Hidráulico da ETE de Sento Sé



Fonte: Levantamento topográfico semi-cadastral realizado na ETE de Sento Sé –  
Abril/2016

**DELBONI ENGENHARIA: Rua Guajaras, 910 – SI.1002 – Belo Horizonte/MG – Fone (31) 30724115**

**FAHMA: Rua Paulo Afonso, 333 - Santo Antônio - Fone (31) 3245-0388 - Fax: (31) 3245-0398 - Belo Horizonte/MG**



## **6. AVALIAÇÃO DAS UNIDADES DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS**

### **6.1. Caracterização da Estrutura Utilizada nos DAFA's**

Utilização de Concreto Armado, estrutural em aços CA 50A e CA 60B, com diâmetros variados de DN 4.2, a DN 16.0 mm, armação dupla nas paredes e na laje inferior, nas duas direções, fundação em concreto estrutural armado com tipologia em Sapata de Concreto Armado.

Conforme o projeto estrutural o espaçamento entre as ferragens na vertical é de 20 cm, sendo o recomendado no meio altamente agressivo, o espaçamento de no máximo 15 cm, entre as ferragens na posição vertical.

#### **6.1.1. Materiais Empregados**

Conforme especificação dos Projetos:

- O Aço CA 50A e CA 60B com Diâmetros entre 5.0 e 16.0 mm, especificados em detalhes no projeto estrutural;
- Concreto com Peso Específico de 2500 Kgf/m<sup>3</sup>, Fck = 25 Mpa;
- Fator água:cimento que foi apresentado é  $\leq 0,55$ .
- Cobrimentos das armaduras nas Paredes, Vigas e Cortinas = 3,0 cm;
- Cobrimentos das armaduras nas Lajes = 2,0 cm;
- Cobrimentos das armaduras nas Sapatas = 3,5 cm.

#### **6.1.2. Avaliação Executiva**

- Elaboração de outro dimensionamento para avaliação da resistência da estrutura em concreto armado;
- Não existem sistemas de drenagem para verificação de infiltrações nas fundações dos DAFA's;
- Não existem escadas ou plataformas de interligação para acesso aos DAFA's;

- Não existe guarda corpo na parte superior dos DAFA's, para a proteção do operador;
- Em toda estrutura existem fissuras e trincas;
- Não existem impermeabilizações no interior dos DAFA's;
- Não existem impermeabilizações térmicas nas lajes de cobertura;
- Não existe a declividade nas lajes da cobertura para o escoamento das águas pluviais;
- Como foi identificado microfissuras, existe o processo de carbonatação nas ferragens;
- Existem ferragens expostas nas paredes dos digestores;
- O cobrimento das ferragens é inadequado e irregular, apresentando o máximo de 3 cm de espessura nas paredes;
- Existem trincas horizontais no coroamento da laje superior com as paredes de concreto;
- As estruturas dos DAFA's estão fora do esquadro em muitos pontos;
- Existem brocas no concreto, expondo as armações;
- Não existem Juntas de Dilatação.

## **6.2. Caracterização da Estrutura Utilizada nos Leitos de Secagem**

Utilização de alvenaria de tijolo maciço cerâmico cozido, nas paredes com acabamento em argamassa sarrafeada e as lajes de fundo em concreto armado.

As camadas drenantes são compostas por blocos de tijolos maciços com juntas livres, britas e areias em diversas granulometrias, existindo um coletor de líquidos percolados abaixo dos drenos.

### **6.2.1. Materiais Empregados**

Conforme especificação dos Projetos:

- Alvenaria de tijolo maciço cerâmico cozido nas paredes e nos canais, com acabamento em argamassa sarrafeada;
- Acabamento em tinta branca fosca nas paredes e nos canais abertos;

- O Aço CA 50A e CA 60B com Diâmetros entre 4.2 e 5.0 mm, especificados em detalhes no projeto estrutural;
- Concreto com Peso Especifico de 2500 Kgf/m<sup>3</sup>;
- Lajes do fundo em concreto armado;
- Camadas drenantes compostas por tijolo maciço cerâmico cozido aparente, britas e areias.

### **6.2.2. Avaliação Executiva**

- Elaboração de outro dimensionamento para avaliação da capacidade de cada Leito de Secagem;
- Existe falta de manutenção nestas unidades de tratamento, com varias espécies arbustivas crescendo desordenadamente no entorno e dentro dos leitos.

## **6.3. Caracterização da Estrutura Utilizada nas Lagoas Facultativas e de Maturação**

Utilização de Concreto Armado, com tela metálica T ELCON Q-113, ou similar, em seção quadrada, com estaca de concreto DN 150 mm, com quatro ferros DN 3/8", e estribo em espiral DN 1/4" a cada três metros, com a base de regularização no solo nivelado. Espessura da placa em 6 cm, para aplicação no talude de 45°, medida de contenção e controle de erosão das margens das Lagoas.

35

### **6.3.1. Materiais Empregados**

Conforme especificação dos Projetos:

- Tela Metálica TELCON Q-113, ou similar, especificados em detalhes projeto;
- Concreto com Peso Especifico de 2500 Kgf/m<sup>3</sup>, Fck = 15Mp
- Estaca de concreto em quatro ferros de DN 3/8", e estribo em espiral DN 1/4".

### **6.3.2. Avaliação Executiva**

- Não existem juntas de dilatação;

- Existem focos com solos erodidos que afetam a estrutura destes taludes de concreto as margens das lagoas;
- Não existe impermeabilização adequada com manta de PEAD, e nem a alternativa de solo altamente coeso para a impermeabilização, nas Lagoas Facultativas e de Maturação;
- Existem ferragens expostas nos taludes de concreto as margens das lagoas;
- Existe falta de manutenção nestas unidades de tratamento, com varias espécies arbustivas crescendo desordenadamente no entorno e dentro das Lagoas;
- Recuperação com solo coeso para recompor o encontro dos taludes de concreto com o fundo das lagoas, e recompor também os degraus de quebra de energia cinética da água.

## 7. RECUPERAÇÃO DE ÁREAS ERODIDAS

### 7.1. Medidas de Controle de Erosão e de Estabilidade do Solo

O controle de erosões e carregamento de sedimentos da ETE se dará com a manutenção da estabilidade dos taludes pela revegetação dos mesmos.

A vegetação nestas áreas deverá sempre se apresentar em boas condições, cobrindo todo o solo, objetivando evitar o desencadeamento de processos erosivos e consequentes escoamentos laminares provocados por águas pluviais, carreando os sedimentos para o curso d'água, na área da Estação de Tratamento de Esgoto.

### 7.2. Medidas de Recuperação e Recomposição Paisagística dos Taludes

Para a recuperação e recomposição dos taludes, deverão ser adotadas as seguintes medidas:

- Plantio de gramas e plantas com raízes profundas (tipo macambira - *Bromelia laciniosa*, Vetiver e Capim Buffel, espécies nativas da região), em todos os taludes que se fizerem necessário;
- Recuperação e manutenção periódica dos jardins (canteiros e áreas gramadas) existentes na área da ETE;
- Implantação de um viveiro de mudas, onde serão armazenadas mudas das espécies nativas e a serapilheira, primeira camada de terra retirada que é rica em sementes, para serem replantadas novamente dando estabilização aos taludes e para recuperar a área degradada;
- Aplicação de lodo de esgoto, retirado dos Leitos de Secagem, como um adubo útil para fertilizar solos, recuperando as áreas degradadas devido a sua rica composição em matéria orgânica, nitrogênio e fosforo. A aplicação de lodo em áreas degradadas é uma prática aceitável, tanto na forma de disposição final, quanto de melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo. A adição de lodo apresenta uma serie de características que favorecem a recuperação e o reaparecimento da vegetação em um solo degradado com

precário desenvolvimento e fixação da vegetação, em função da falta de matéria orgânica e de nutrientes no solo e da atividade biológica. (ALAMINO, 2010)

As bermas dos taludes externos deverão apresentar largura mínima da ordem de 4,00 m para possibilitar tráfego das equipes de manutenção. O sistema de drenagem será ampliado, e terá uma calha de drenagem na base de cada talude e quando necessário na base da berma, visando à estabilização desses taludes. A berma deverá apresentar uma declividade mínima de 1%, a fim de facilitar o escoamento das águas pluviais até as calhas, e os taludes deverão ter uma declividade máxima de 45°.

### **7.3. Contribuição da Geomorfologia no Diagnóstico de áreas Degradadas**

A área atingida quase sempre tem alguma implicação geomorfológica e, nesse sentido, a análise das formas de relevo, dos processos associados e dos materiais constituintes, quando bem caracterizada, tem tudo para que a obra seja bem-sucedida, evitando gastos futuros, bem como podendo também colocar em risco a segurança das pessoas que vivem no seu entorno.

As encostas possuem uma grande importância para a recuperação das áreas degradadas, porque, na maioria das vezes, a degradação acontece sobre alguma encosta. As áreas que apresentam alguma declividade são limitadas nas suas partes mais elevadas por um interflúvio e em suas partes mais baixas por um talvegue.

## 8. PARÂMETROS E CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

### 8.1. Metodologia prévia utilizada

O projeto realizado anteriormente, em 2005 pela empresa Geotechnique Consultoria e Engenharia LTDA, tinha um horizonte de projeto de 2006 a 2026, e os cálculos populacionais apresentaram uma população de fim de plano de 37.288 habitantes. A tabela 9 que segue apresenta o crescimento demográfico do município.

Tabela 9 – Projeção populacional realizada em 2005

PERÍODO	POPULAÇÃO
<b>2006</b>	<b>19.139</b>
2007	19.788
2008	20.459
2009	21.153
2010	21.871
2011	22.612
2012	23.379
2013	24.172
2014	24.991
2015	25.839
<b>2016</b>	<b>26.715</b>
2017	27.621
2018	28.557
2019	29.526
2020	30.527
2021	31.562
2022	32.632
2023	33.739
2024	34.883
2025	36.066
<b>2026</b>	<b>37.288</b>

Fonte: Projeto de Ampliação do Sistema de Esgotamento Sanitário do Município De Sento Sé, Bahia.

A população inicial foi definida de acordo com a taxa de ocupação domiciliar de 4,97 hab/domicílio, dada pelo Censo 2000 – IBGE. Sendo assim, a população inicial (2006) foi estimada em 19.139 habitantes. Na projeção populacional em questão, foi adotada uma taxa de crescimento anual de 3,39%, que culminou no resultado final de 37.288 habitantes, no ano de 2026, na sede urbana de Sento Sé.

A partir da população estimada, o consumo *per capita* da cidade de Sento Sé foi definido a partir das diretrizes estabelecidas pelo Programa PROÁGUA do Governo Federal, também utilizadas pela CERB (Companhia de Engenharia Rural da Bahia) e

pela EMBASA (Empresa Baiana de Águas e Saneamento). Este programa estabelece o seguinte:

*“...deve-se utilizar os valores de consumo médio “per capita” entre 60 e 120 l/hab.dia para localidades com população inferior a 4.000 habitantes e de 150 l/hab.dia para localidades mais populosas.”*

Considerando o índice de perdas de água a ser alcançado de 20% (meta estabelecida pela concessionária baiana) o consumo per capita efetivo adotado para a cidade será de 120l/hab.dia, coerente para cidades do mesmo porte. A geração de esgoto de contribuição de todas as sub-bacias foi apresentada na tabela a seguir:

Tabela 10 – Demandas de esgoto em Sento Sé calculadas anteriormente

SUB-BACIAS	DEMANDAS MINIMAS (l/s)			DEMANDAS MÉDIAS (l/s)			DEMANDAS MÁXIMAS (l/s)		
	2006	2016	2026	2006	2016	2026	2006	2016	2026
A	1,53	2,41	3,80	2,33	3,80	6,02	3,61	6,01	9,58
B	2,02	3,90	6,28	3,11	6,24	10,37	4,86	9,99	16,93
C	2,85	2,96	3,08	4,64	4,86	5,09	7,50	7,89	8,31
D	4,52	5,95	8,07	7,11	9,51	13,02	11,27	15,21	20,93
E	2,93	2,99	3,05	4,56	4,68	4,80	7,17	7,38	7,60
Ea	0,38	0,38	0,38	0,52	0,52	0,52	0,75	0,75	0,75
F	3,29	5,22	8,03	5,20	8,34	12,84	8,26	13,34	20,54
G	1,17	1,20	1,23	1,85	1,90	1,96	2,94	3,03	3,13
<b>TOTAL</b>	<b>18,70</b>	<b>25,01</b>	<b>33,91</b>	<b>29,33</b>	<b>39,86</b>	<b>54,63</b>	<b>46,34</b>	<b>63,60</b>	<b>87,77</b>

Fonte: Projeto de Ampliação do Sistema de Esgotamento Sanitário do Município De Sento Sé, Bahia.

A demanda máxima no final do horizonte de projeto de 20 anos foi de 87,77 l/s, considerando os 37.288 habitantes no ano de 2026.

## 8.2. Justificativa para o novo dimensionamento

Visto que o dimensionamento da Estação de Tratamento de Esgoto tem como horizonte de projeto o ano limite de 2026, será realizado um novo dimensionamento hidráulico, com apresentação no Tomo II, verificando se o funcionamento das Unidades que compõem o Sistema de Tratamento de Esgoto desta Estação, atendem ao novo horizonte de projeto estabelecido para o ano de 2036. Desta maneira, busca-se uma aproximação mais fiel da taxa de crescimento da população, com base nos dados do IBGE, até o fim de projeto, no ano de 2036, justificando o Dimensionamento Hidráulico e a conferência do Dimensionamento Estrutural do Sistema.



## 9. ANEXOS FOTOGRÁFICOS



Figura 01 – Vista dos DAFA's

41



Figura 02 –Vista dos DAFA's

**DELBONI ENGENHARIA: Rua Guajajaras, 910 – Sl.1002 – Belo Horizonte/MG – Fone (31) 30724115**

**FAHMA: Rua Paulo Afonso, 333 - Santo Antônio - Fone (31) 3245-0388 - Fax: (31) 3245-0398 - Belo Horizonte/MG**



Figuras 03 e 04 – Entrada de esgoto no DAFA e comportas de distribuição do fluxo (à direita) e o separador de fases em fibra de vidro do DAFA



Figura 05 – Vista de cima do DAFA





Figura 06 – Vista panorâmica da ETE



Figura 07 – Infiltração no DAFA



Figura 08 – Infiltração no DAFA



Figura 09 – Ligação hidráulica no DAFA





Figura 10 – Coroamento no DAFA



Figura 11 – Oxidação das ferragens, exposição dos agregados no DAFA



Figura 12 – Infiltração no DAFA





Figura 13 – Leitos de Secagem.



Figura 14 – Lagoa Facultativa





Figura 15 – Taludes da Lagoa Facultativa em concreto.



Figura 16 – Taludes da Lagoa Facultativa em concreto, com foco erosivo.





Figuras 17 e 18 – O processo erosivo causou o deslocamento da placa do talude (à direita) e a placa deslocada (à esquerda)



Figura 19 – Talude da Lagoa Facultativa





Figura 20 – Talude da lagoa de Maturação



Figura 21 – Vista das lagoas facultativas



Figura 22 – Vista da Lagoa Facultativa



Figura 23 – Vista das Lagoas de Maturação





Figura 24 – Ausência de poda e limpeza nas Lagoas de Maturação



Figura 25 – Princípio de ravinamento no talude





Figura 26 – Princípio de ravinamento no talude entre as Lagoas.



Figura 27 – Processo erosivo próximo à caixa de passagem entre a Lagoa Facultativa e a Lagoa de Maturação.





Figura 28 – Vista do talude entre a Lagoa Facultativa (ao fundo) e a Lagoa de Maturação



Figura 29 – Focos de Erosão no Talude da Lagoa de Maturação



Figura 30 – Caixa de concreto com a ausência da fiação elétrica



Figura 31 – Ausência do quadro de distribuição de energia do sistema de iluminação





Figura 32 – Sistema de iluminação



Figura 33 – Sistema de Drenagem obstruído por processos erosivos





Figura 34 – Sistema de Drenagem



Figura 35 – Sistema de Drenagem





Figuras 36 e 37 – Execução do teste Hidráulico nos DAFA's



Figuras 38 e 39 – Execução do teste Hidráulico nos DAFA's



Figuras 40 e 41 – Execução do teste Hidráulico nos DAFA's



Figuras 42 e 43 – Demonstração das trincas de infiltração nos DAFA's durante o teste Hidráulico.



Figuras 44 e 45 – Demonstração das trincas de infiltração nos DAFA's durante o teste Hidráulico.





Figuras 46 e 47 – Demonstração das trincas de infiltração nos DAFA's, durante o teste Hidráulico.



Figura 48 – Teste Hidráulico nos Leitos de Secagem





Figura 49 – Teste Hidráulico na caixa de passagem dos DAFA's para os Leitos de Secagem



Figuras 50 e 51 – Execução do teste Hidráulico nas Lagoas

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT –Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABNT NBR-9649/86 – Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário.
- NBR-14486/00 – Sistemas Enterrados para Condução de Esgoto Sanitário – Projeto de Redes Coletoras com Tubos de PVC.
- NBR 12209 – Projetos de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário.
- Andrade Neto, Cícero Onofre de. – “Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários: experiência brasileira”. ABES, Rio de Janeiro, 1997.
- Barros, Raphael T. de V. et al. “Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios”. EEUFMG, Belo Horizonte, 1995.
- Chernicharo, Carlos Augusto de Lemos. – “Reatores anaeróbios”. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, Belo Horizonte, 1997.
- Von Sperling, Marcos. – “Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.” Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, Belo Horizonte, 1996.
- NBR 6118:2007 - Projeto estrutural de concreto.
- NBR 14931:2004- Execução estrutural de concreto – procedimentos.
- NBR 6122:1980 – Projeto e execução de fundações.
- NBR 6118:2007 - Projeto estrutural de concreto.
- NBR 6118:2003 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.
- NBR 14931:2004 - Execução estrutural de concreto – Procedimentos.
- NBR 14931:2003 – Execução de Estruturas de Concreto.
- NBR 15200:2004 - Projeto estrutural de concreto em situação de incêndio.
- NBR 8800: 1986 - Projetos e Execução de Estruturas.
- NBR 8681:2003 - Ações e segurança nas estruturas – procedimento.
- NBR 6120:1980 - Cargas para cálculo de estruturas de edificações.
- NBR 7480:2007 – Resistência e características para o dimensionamento do aço CA60 e CA 50.
- COPASA-MG – Diretrizes para Elaboração de Estudos e Projetos desenvolvido pela DPG / SPEG- Projeto Estrutural - volume VII.
- PAPADAKIS; VAYENAS E FARDIS. Fundamental modeling and experimental investigation of concrete carbonation. (1991)
- SCHRÖDER; SMOLCZYK. Carbonation and protection against corrosion. (1969)
- PARROT. Carbonation of concrete: a review. (1987)
- ALAMINO, Renata de Carvalho Jimenez. **A utilização de lodo de esgoto como alternativa sustentável na recuperação de solos degradados: viabilidade, avaliação e biodisponibilidade de metais.** 2010. 221 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.