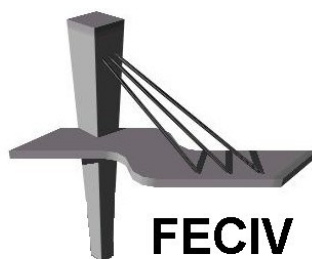


Dissertação DE MESTRADO

**RELAÇÃO ENTRE CUSTOS DE SISTEMAS DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO
SANITÁRIO COM SAÚDE PÚBLICA EM BISSAU,
GUINÉ-BISSAU**

ELIAS SÁ

UBERLÂNDIA, AGOSTO DE 2018.



FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



Elias Sá

**RELAÇÃO ENTRE CUSTOS DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO
DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO COM SAÚDE PÚBLICA
EM BISSAU, GUINÉ-BISSAU**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia Civil**.

Área de Concentração: Recursos Hídricos e Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. Marcio Ricardo Salla

Coorientadora: Profa. Dra. Nágela Aparecida de Melo

Uberlândia, Agosto de 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

S465r Sá, Elias, 1986-
2018 Relação entre custos de sistemas de abastecimento de água e
 esgotamento sanitário com saúde pública em Bissau, Guiné-Bissau
 [recurso eletrônico] / Elias Sá. - 2018.

Orientador: Marcio Ricardo Salla.

Coorientadora: Nágela Aparecida de Melo.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.1225>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Engenharia civil. 2. Abastecimento de água - Guiné-Bissau. 3.
Saúde pública - Guiné-Bissau. 4. Saneamento - Guiné-Bissau. I. Salla,
Marcio Ricardo (Orient.). II. Melo, Nágela Aparecida de, 1976-
(Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Civil. IV. Título.

CDU: 624

Maria Salete de Freitas Pinheiro - CRB6/1262



ATA

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL - PPGEC

ATA Nº: 223/2018

CANDIDATO: Elias Sá **Nº. Matrícula:** 11612ECV005

ORIENTADOR: Prof. Dr. Marcio Ricardo Salla

TÍTULO: “Relação entre custos de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário com saúde pública em Bissau, Guiné-Bissau”.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Engenharia Urbana, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

LINHA DE PESQUISA: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

PROJETO DE PESQUISA: Estudos de aproveitamento hídrico e autodepuração em bacias hidrográficas nas unidades de planejamento de gestão em recursos hídricos dos Rios Paranaíba e Grande (lado mineiro)

DATA DA DEFESA: 24 de agosto de 2018

LOCAL: Sala de Projeções Prof. Celso Franco de Gouvêa, bloco 1Y.

HORÁRIO INÍCIO/TÉRMINO: 14:00/16:55

Reuniu-se na Sala de Projeções Prof. Celso Franco de Gouvêa, bloco 1Y - Campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do PPGEC, assim composta pelos professores doutores: Maria Lyda Bolanos Rojas – FECIV/UFU; Giovana Kátie Wiecheteck – DENG/UEPG e Marcio Ricardo Salla – FECIV/UFU orientador do candidato. Ressalta-se que a Prof.^a Dr.^a Giovana Kátie Wiecheteck participou da defesa por meio de video conferência desde a cidade de Ponta Grossa/PR e os demais membros da banca e o aluno participaram in loco.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa Prof. Dr. Marcio Ricardo Salla apresentou a Comissão Examinadora e concedeu ao discente a palavra para a exposição do trabalho. A seguir, o senhor presidente concedeu a palavra aos examinadores, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, a Banca, em sessão secreta, atribuiu os conceitos finais. Em face do resultado obtido, a Banca Examinadora considerou o candidato **APROVADO**. Esta defesa de Dissertação de Mestrado Acadêmico é parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU. Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos e foi lavrada a presente ata que após lida e aprovada foi assinada pela Banca Examinadora.

Membros titulares:

Prof. Dr. Marcio Ricardo Salla – FECIV/UFU

Prof.^a Dr.^a Giovana Kátie Wiecheteck – DENG/UEPG

Prof.^a Dr.^a Maria Lyda Bolanos Rojas – FECIV/UFU

Uberlândia, 24 de agosto de 2018.



Documento assinado eletronicamente por **Marcio Ricardo Salla, Membro de Comissão**, em 29/08/2018, às 08:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Giovana Kátie Wiecheteck, Usuário Externo**, em 29/08/2018, às 12:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maria Lyda Bolanos Rojas, Professor(a) do Magistério Superior**, em 29/08/2018, às 14:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0677257** e o código CRC **535E61FF**.

*Dedico este trabalho aos meus pais, **Cussus Sá (in memoriam)** e **Quinta Ié**, e à **Abiiny R. F. Sá**, por tudo que representam na minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a DEUS, meu Senhor e salvador, o qual me deu a vida, a oportunidade e a capacidade de chegar até aqui.

À Faculdade de Engenharia Civil (FECIV) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e a sua Coordenação, por me receberem como aluno em seu espaço acadêmico.

À Professora Dra. Nagela Aparecida de Melo, minha Coorientadora. À Professora Dra. Mara Alves Soares e ao amigo Pedro Augusto Silva Costa Ferreira que estiveram sempre presentes e me auxiliaram nos momentos de dúvidas.

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da FECIV - UFU que me passaram seu conhecimento em suas aulas ministradas durante o curso, possibilitando-me, aprender e desenvolver este trabalho. Especialmente, ao meu Orientador, Professor Dr. Márcio Ricardo Salla, que me acolheu como seu orientando e, com a sua didática e paciência, possibilitou o meu gradual aprendizado.

Aos meus amigos e colegas de classe que me acolheram e compartilharam conhecimento durante o período do curso.

A todos os funcionários da FECIV que, com as suas contribuições, tornaram o ambiente escolar limpo, seguro e confortável para a aprendizagem.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Ensino Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo do curso de Mestrado.

Aos meus amigos Isaque Cá e Samora Agostinho Cá, pelos incentivos e pela importância que tiveram na minha vida acadêmica.

Ao Epifânio Marcos Djú, meu estimado amigo de longa data, pelo seu companheirismo e por todos os momentos compartilhados.

Finalmente, ao meu Primo e Irmão, Lima Ié, pelos ensinamentos da vida e pela grande importância que teve na formação do meu caráter como homem e cidadão.

Um dia, chegaram de Jerusalém uns fariseus e mestres da lei religiosa para falarem com Jesus; E, vendo que alguns dos seus discípulos comiam pão com as mãos impuras, isto é, por lavar, os repreendiam; Porque os fariseus, e todos os judeus, conservando a tradição dos antigos, não comem sem lavar as mãos muitas vezes; E, quando voltam do mercado, se não se lavarem, não comem. E muitas outras coisas há que receberam para observar, como lavar os copos, e os jarros, e os vasos de metal e as camas.

Marcos 7:2-4

SÁ, Elias. *Relação entre custos de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário com saúde pública em Bissau, Guiné-Bissau*. 148 p. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil, 2018.

RESUMO

Na era contemporânea, verificaram-se elementos comprobatórios na relação de doenças e mortes com a falta de saneamento básico, tornando-se esse problema uma questão de saúde pública e um desafio do novo milênio. Os países pobres da África, Ásia e América Latina apresentam infraestruturas deficitárias vinculadas ao esgotamento sanitário e abastecimento de água, o que acarreta na proliferação de doenças de veiculação hídrica em áreas urbanas. Este estudo avaliou a relação de custos com a saúde pública e a implementação de sistemas de água e esgoto na capital de Guiné-Bissau. Para tanto, foram analisados seis cenários, incluindo três opções para o sistema de esgotamento sanitário (sistema coletivo com rede coletora e estação elevatória de esgoto, sistema simplificado individual por latrina e sistema coletivo completo com rede coletora, estação elevatória e estação de tratamento de esgoto) e duas opções para o sistema de abastecimento de água (captação direta e sistema completo com captação, reservação e distribuição). Quanto à saúde pública, foram considerados os custos com os programas de assistência social, medicamentos e vacinas, bem como internações relacionados às doenças de veiculação hídrica, não se distinguindo as doenças relacionadas ao esgotamento sanitário e abastecimento de água. A relação de custos de 4,05 para o cenário mais eficiente quanto ao saneamento básico foi similar ao valor encontrado na literatura da área. Em outras palavras, para cada dólar investido no saneamento básico, existe uma economia aproximada de 4,3 dólares com a saúde.

Palavras-chave: Bissau; Guiné-Bissau; Relação de custo; Esgotamento sanitário; Abastecimento de água; Saúde pública.

SÁ, Elias. *Ratio of water supply and sanitary sewage costs to public health in Bissau, Guinea-Bissau*. 148 p. Masters thesis, College of Civil Engineering, Federal University of Uberlandia, Brazil, 2018.

ABSTRACT

There has been evidence of a relationship between death, disease, and lack of basic sanitation in the contemporary era, which is both a public health issue and a challenge for the new millennium. The poor countries in Africa, Asia, and Latin America have deficit sanitary sewage and water supply infrastructure, which leads to the proliferation of waterborne diseases in urban areas. This degree study has evaluated the cost ratio of public health and the implementation of water and sewage systems in the capital of Guinea-Bissau. Six scenarios were analyzed, including three options for the sanitary sewage system (a collective system with a collection network and a sewage collection station; an individual simplified latrine system; and a complete collective system with a collection network, a lift station, and a sewage treatment plant), and two scenario options for the water supply system (a direct capture system, and a complete system with capture, storage, and distribution). As for public health, the costs with social assistance programs, drugs, vaccines, and hospitalizations related to waterborne diseases were considered, with no distinction of sanitary sewage and water supply-related diseases. The cost ratio of 4.05 for the most efficient basic sanitation scenario was similar to the value found in literature. In other words, for every dollar invested in basic sanitation there are approximate savings of 4.3 dollars in health.

Keywords: Bissau; Guinea Bissau; Cost ratio; Sanitary sewage; Water supply; Public health.

SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS

SÍMBOLOS

FCF Franco CFA (moeda da Comunidade Econômica dos Estados da África Ocidental)

US\$ Dólar Americano

Q Vazão calculada

Rcusto Relação entre os custos com a saúde pública e o saneamento básico

ABREVIATURAS

cm Centímetro

km Quilômetro

km² Quilômetro quadrado

L Litro

m Metro

m² Metro quadrado

m³ Metro cúbico

mm Milímetro

SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

ALAnet Global Global Association of Legal Administrators

ALMA African Leaders Malaria Alliance

CEDEAO Comunidade Econômica dos Estados da África Ocidental

CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO Demanda Bioquímica de Oxigênio

<i>DN</i>	Diâmetro Nominal
<i>DQO</i>	Demanda Química de Oxigênio
<i>EAGB</i>	Empresa de Eletricidade e Águas de Guiné-Bissau
<i>ECOMSRGB</i>	Estratégia de Cooperação da OMS com a República da Guiné-Bissau
<i>EEE</i>	Estação Elevatória de Esgoto
<i>ETE</i>	Estação de Tratamento de Esgoto
<i>FMI</i>	Fundo Monetário Internacional
<i>IDH</i>	Índice de Desenvolvimento Humano
<i>INASA</i>	Instituto Nacional de Saúde Pública
<i>INEP</i>	Instituto Nacional de Estatística
<i>JMP</i>	Joint Monitoring Programme
<i>MSPbr</i>	Ministério da Saúde Pública do Brasil
<i>MSPgb</i>	Ministério da Saúde Pública da Guiné-Bissau
<i>NBR</i>	Norma Brasileira
<i>ODM</i>	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (até 2015)
<i>OGE</i>	Orçamento Geral de Estado
<i>OMS</i>	Organização Mundial da Saúde
<i>OMSgb</i>	Organização Mundial de Saúde, Guiné-Bissau
<i>ONG</i>	Organizações Não Governamentais
<i>ONU</i>	Organização das Nações Unidas
<i>PNUD</i>	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
<i>PPPLP</i>	Pontes e Parcerias nos Países de Língua Portuguesa
<i>RAFA</i>	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente
<i>RTP</i>	Rádio e Televisão de Portugal
<i>UA</i>	União Africana
<i>UEMOA</i>	União Econômica e Monetária do Oeste Africano

<i>UE-PAANE</i>	União Europeia-Programa de Apoio aos Atores Não Estatais
<i>Undata</i>	Serviço de dados da ONU baseado na Internet
<i>UNICEF</i>	Fundo das Nações Unidas para a Infância
<i>UNIOGBIS</i>	Gabinete Integrado das Nações Unidas para consolidação da Paz na Guiné-Bissau

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 - Percentagem de população mundial até 2015 que utiliza fonte de água melhorada.	23
Figura 2 - Saída do poço freático protegida com estrutura de concreto.	24
Figura 3 - Vias de transmissão de doenças de veiculação hídrica.	28
Figura 4 - Números de casos, número de óbitos, taxa de obituário (%) e números de semanas da epidemia em Guiné-Bissau, entre os anos de 1986 até 2012-2013.	30
Figura 5 - Localização geográfica da República de Guiné-Conacri, país fronteiriço com a Guiné-Bissau.	31
Figura 6 - Número de casos de cólera nas regiões de Guiné-Bissau no ano de 2012.	32
Figura 7 - Ilustração das áreas de transmissão da malária em 2017.	33
Figura 8 - Casos e óbito registrados por malária na Guiné-Bissau, entre 2005-2015.	35
Figura 9 - Taxa de mortalidade em Guiné-Bissau (por 1.000 nascidos vivos).	39
Figura 10 - Expectativa de vida média em Guiné-Bissau para o período de 1990 até 2015.	40
Figura 11 - Localização de Bissau-Velho.	42
Figura 12 - Evolução dos sistemas individuais de esgotamento sanitário em Guiné-Bissau	45
Figura 13 - Localização da Guiné-Bissau em relação ao continente africano.	50
Figura 14 - Mapa de localização da capital Bissau	52
Figura 15 - Esquema dos processos considerados no saneamento básico e saúde pública.	54
Figura 16 - Custos per capita, em dólares, para construção de sistemas de esgotamento sanitário na África, Ásia e na América Latina/Caribe.	62

Figura 17 - Custo de investimento comparativo entre diferentes sistemas de esgotamento sanitário em Senegal..... 64

Figura 18 - Relação entre os gastos com a saúde coletiva e saneamento básico na capital Bissau para os seis cenários..... 74

LISTA DE TABELAS

TABELAS

Tabela 1 - Custos com a saúde pública/privada por país.....	25
Tabela 2 - Atividades e seus investimentos (em dólares) na saúde pública em Guiné-Bissau para o ano de 2014.....	36
Tabela 3 - Destinação de recursos para o Setor da Saúde por parte do Orçamento-Geral do Estado, em milhões de dólares.	37
Tabela 4 - Indicadores e seus valores relacionados à eletricidade e abastecimento de água para o ano de 2013.....	59
Tabela 5 - Custo com a captação direta.....	60
Tabela 6 - Custos corrigidos de abastecimento de água.....	61
Tabela 7 - Classificação de uma EEE quanto à sua capacidade.....	66
Tabela 8 - Valores caraterísticos dos diferentes modelos de tratamentos de esgotos, em dólares.....	68
Tabela 9 - Custo com programa de assistência social e prevenção.....	70
Tabela 10 - Custo com medicamentos e Vacinação.....	70
Tabela 11 - Custo da doença por episódio de cólera por tratamento e local de estudo.....	71
Tabela 12 - Anos da ocorrência, números de casos e o valor do custo total com a internação em Bissau, Guiné-Bissau.....	72
Tabela 13 - Relação dos custos entre a saúde e diferentes sistemas de saneamento básico	73

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	19
2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1 RELAÇÃO ENTRE SAÚDE E SANEAMENTO	22
2.2 SAÚDE PÚBLICA	25
2.2.1 Doenças de veiculação hídrica	27
- Cólera	29
- Malária (Paludismo)	32
2.2.2 Gastos com a saúde	36
2.2.3 Mortalidade vinculada à doença de veiculação hídrica	38
2.3 SANEAMENTO BÁSICO	40
2.3.1 Partes constituintes	41
- Abastecimento de água	41
Sistema individual	43
Sistema coletivo	45
2.4 DIFERENTES FORMAS DE ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO COM SAÚDE PÚBLICA	46
2.4.1 Custo de oportunidade	46
2.4.2 Análise do custo de abastecimento de água e esgotamento sanitário em detrimento da redução de custo com a saúde	47
3- MATERIAIS E MÉTODOS	49
3.1 ÁREA DE ESTUDO	49
Capital Bissau	51
3. 2 RELAÇÃO ENTRE OS CUSTOS COM A SAÚDE PÚBLICA COM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO	53
Sistema simplificado (latrina)	55
Sistema convencional - Rede coletora de esgoto	55
Sistema convencional - Estação Elevatória de Esgoto - EEE	55
Captação, reservação e distribuição	56
4- RESULTADOS E DISCUSSÕES	58
4.1 Panorama atual da relação saneamento básico e saúde em Guiné-Bissau	58
4.2 Custos dos sistemas de abastecimento de água	58

4.2.1 Custo com captação direta.....	59
4.2.1.2 Custo com captação, reservação e distribuição.	60
4.3 Custos dos sistemas de esgotamento sanitário	61
4.3.1 Latrina.....	61
4.3.2 Estação Elevatória de Esgoto (EEE).....	64
4.3.3 Custo com Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)	66
4.3.4 Rede coletora de esgoto.....	68
4.3.5 Custo com um lote (talhão) de terreno em Bissau, Guiné-Bissau.....	69
4.4 CUSTOS COM A SAÚDE PÚBLICA	69
4.4.1 Programas de assistência social e prevenção	69
4.4.2 Medicamentos e vacinas.....	70
4.4.3 Internações	70
4.5 RELAÇÃO ENTRE OS CUSTOS	72
5- CONCLUSÃO	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
6- ANEXOS	87
6.1-ANEXO A	88
6.3-ANEXO C	104
6.4-ANEXO D	120

CAPÍTULO 1

1- INTRODUÇÃO

O saneamento básico é fundamental para a saúde de todas as pessoas, além de essencial na construção de uma sociedade mais forte e equitativa (Fundo das Nações Unidas para a Infância-UNICEF, 2017). Portanto, é possível afirmar que promover o saneamento básico como instrumento na promoção da saúde pressupõe a superação de obstáculos culturais, políticos, gerenciais e falta de instrumentos tecnológicos (UNICEF, 2017).

É consenso entre os acadêmicos e técnicos que o investimento em saneamento básico (esgotamento sanitário, abastecimento de água, drenagem pluvial e resíduos sólidos), de forma efetiva, diminui os gastos públicos e privados com a saúde (MARA *et al*, 2010; TRATA BRASIL, 2013; LEONETI; PRADO; OLIVEIRA, 2011; SILVA, 2015; RIDORET, 2015). De acordo com World Health Organization-WHO (2012), Organização das Nações Unidas-ONUBR (2014) e ECODEBATE (2014), para cada dólar investido em saneamento básico existe uma redução econômica de, aproximadamente, 4,3 dólares nos gastos com a saúde no mundo.

Mais de 2,1 bilhões de pessoas (30% da população mundial) não têm acesso à água potável e 4,4 bilhões de pessoas (60% da população mundial) não dispõem de saneamento básico seguro em condições minimamente satisfatórias (UNICEF, 2017; Organização Mundial da Saúde-OMS, 2017). Os países pobres da África e da América Latina apresentam infraestruturas hídricas deficitárias, como as ligadas ao esgotamento sanitário, abastecimento de água potável e drenagem pluvial, o que acarreta na proliferação de doenças de veiculação hídrica em áreas urbanas e rurais. Um exemplo é a diarreia que, com mais de quatro bilhões de casos por ano, aflige a humanidade com, aproximadamente, 30% das mortes de crianças com menos de um ano de idade. Entre as causas dessa doença, destacam-se as condições inadequadas de saneamento básico relacionadas à água (GUIMARÃES, CARVALHO e SILVA, 2007).

De acordo com o Fundo Monetário Internacional-FMI (2011) e o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisa-INEP (2014), 53% da população rural e 84% da população urbana de

Guiné-Bissau consomem água melhorada (origem de água que, pela natureza da sua construção e, quando utilizada corretamente, protege adequadamente a origem de contaminação externa e “evita o contato com poluentes externos”, em particular, de matéria fecal e de fezes de animais), enquanto apenas 5% da população rural e 35% da população urbana possuem tanques sépticos em suas residências. Essa situação precária, associada a outros diversos fatores, intensifica a emigração da zona rural, sobretudo, para a capital Bissau (OMS, 2007).

Nesse contexto, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a relação financeira entre a implementação de abastecimento de água e esgotamento sanitário e os gastos com a saúde pública na capital Bissau. Essa relação financeira serve de base para discussões sobre o assunto entre os gestores públicos em países pobres da África, Ásia e América Latina.

Os objetivos específicos foram: estimar os custos com a implantação do esgotamento sanitário e abastecimento de água tratada na capital e avaliar os custos coletivos com a saúde na capital Bissau (com destaque para cólera). A base de dados é focada em material digital de órgãos públicos, organizações internacionais não governamentais e publicações técnicas e científicas relacionadas a essa área de conhecimento.

O texto desta pesquisa está organizado em cinco capítulos da seguinte maneira:

- Capítulo 1: traz a problemática do tema, a justificativa e objetivos deste trabalho;
- Capítulo 2: este item traz uma revisão bibliográfica sobre: relação entre abastecimento de água e esgotamento sanitário e saúde pública na Guiné-Bissau; detalhes sobre doenças de veiculação hídrica com destaque para cólera e malária; gastos com saúde por meio de repasses do Orçamento Geral de Estado – OGE; abordagem da mortalidade vinculada às doenças de veiculação hídrica; saneamento básico (abastecimento de água e esgotamento sanitário) em Guiné-Bissau, principalmente, na capital Bissau; e, para finalizar, as diferentes formas de análise da relação entre abastecimento de água e esgotamento sanitário e saúde pública.
- Capítulo 3: o item materiais e métodos traz detalhes da área de estudo (foco na capital Bissau associado às informações do país Guiné-Bissau), bem como a metodologia adotada para a avaliação de relação entre abastecimento de água, esgotamento sanitário e saúde coletiva, com foco na redução do custo na saúde com a implantação do sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

- Capítulo 4: o item resultados e discussões traz o panorama atual da relação abastecimento de água e esgotamento sanitário e saúde em Bissau, além de uma análise bibliográfica dos custos relacionados ao abastecimento de água, do esgotamento sanitário e o custo da saúde pública para Guiné-Bissau e em países afins. E, ainda, analisa a relação dos custos entre a saúde pública e diferentes sistemas de esgotamento.

- Capítulo 5: considerações finais sobre a pesquisa, as limitações encontradas e sugestões de trabalhos futuros.

E, por fim, são apontadas as Referências Bibliográficas.

CAPÍTULO 2

2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RELAÇÃO ENTRE SAÚDE E SANEAMENTO

A partir dos meados do Século XIV, apareceram os primeiros contágios de doenças ligadas à veiculação hídrica que devastou o mundo, infectando quase metade da população europeia e levando a óbito um terço dos habitantes da Índia (BUFF, 2010). Todavia, a percepção e, consequentemente, a descoberta de que seres microscópicos de veiculação hídrica eram responsáveis pelas doenças infecciosas aconteceram no Século XIX (BUFF, 2010).

Desde então, o mundo passou a se preocupar mais com os problemas que a falta de saneamento básico provoca na sociedade. Isso mobilizou os gestores públicos quanto à necessidade de um bom planejamento e gestão do saneamento básico que inclui o esgotamento sanitário, o abastecimento de água, a drenagem pluvial e os resíduos sólidos. Entretanto, os países subdesenvolvidos e em desenvolvimento (principalmente, na Ásia, África e América Latina) ainda convivem com índices elevadíssimos de doenças originadas da veiculação hídrica. De acordo com Alagidade *et al.* (2015), com base em dados do Banco Mundial e do Programa de Monitoração Conjunta (*Joint Monitoring Programme* - JMP; Sigla em Inglês), da OMS, a implementação de saneamento básico em países da África Ocidental ainda é tardia e deficitária.

Segundo a Global Association of Legal Administrators-ALAnet Global (2012), as doenças ligadas à veiculação hídrica têm uma relação direta não somente com a falta de infraestrutura urbana de abastecimento de água e esgotamento sanitário, mas também com o fornecimento deficitário desses serviços públicos e com os maus hábitos culturais/étnicos de sua população.

Conforme aponta o UNICEF (2017), o acesso à água e sabão para higienização das mãos varia consideravelmente nos 70 países com dados disponíveis, oscilando entre 15% da população na África subsaariana e 76% na Ásia Ocidental e no Norte de África. Foi

relatado também que existe uma grande discrepância entre as áreas rurais e urbanas quanto ao acesso à água de abastecimento e ao esgotamento sanitário (67% da população urbana têm acesso à água potável e 60% dispõem de sistemas de esgotamento sanitário, enquanto 93% da população rural consomem água de superfície sem tratamento e 4,5 bilhões de pessoas no mundo, ou seja, 59 %, não têm acesso adequado ao esgotamento seguro).

De acordo com a UNICEF (2017), 13% da população mundial, aproximadamente, ainda não têm acesso a um banheiro (nove em cada dez pessoas que ainda defecam a céu aberto vivem em áreas rurais) e 3,5 milhões de pessoas morrem no mundo por problemas relacionados ao fornecimento inadequado da água (1,5 milhão são crianças com menos de 5 anos de idade). O relatório também aponta que 10% das doenças registradas ao redor do mundo poderiam ser evitadas se os governos e agentes públicos investissem mais em acesso aos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário (UNICEF, 2017). A Figura 1 traz a porcentagem da população mundial até o ano de 2015 que utiliza fonte melhorada (estrutura protegida, na sua maioria, de concreto, junto à captação que impede a contaminação por fezes humanas e de animais).

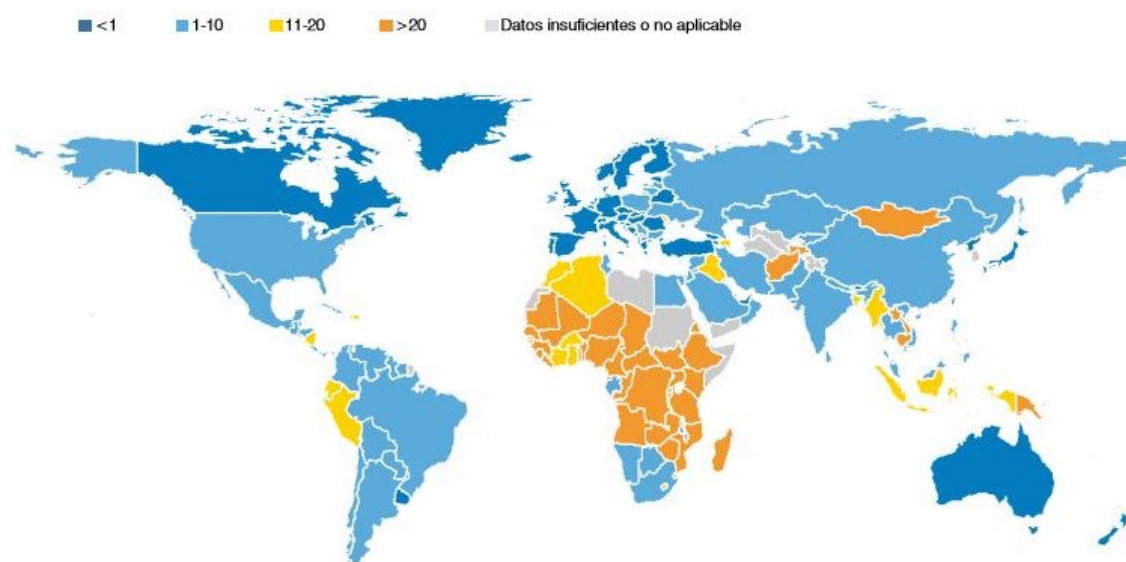


Figura 1 - Percentagem de população mundial até 2015 que utiliza fonte de água melhorada.

Fonte: UNICEF (2017)

Conforme Sá Bordalo (2014), 72% da população em Guiné-Bissau, aproximadamente, têm acesso à infraestrutura de captação de água não tratada em poços freáticos onde existe uma estrutura de concreto protegendo a saída de água (Figura 2).



Figura 2 - Saída do poço freático protegida com estrutura de concreto.
Fonte: BANCO MUNDIAL (2014).

Ainda de acordo com Sá Bordalo (2014), a falta de conscientização da população guineense quanto aos hábitos de higiene contribui para a proliferação de doenças de veiculação hídrica. Mesmo com a construção de estrutura de concreto junto aos poços, conforme ilustra a Figura 2, o contato direto do “tampão” metálico e do balde de coleta de água com o solo rico em microrganismos patogênicos pode comprometer a qualidade da água captada. Ainda de acordo com o autor, não são realizadas análises periódicas da qualidade da água captada no poço.

Na sequência, tem-se uma descrição mais detalhada sobre os temas relacionados à saúde pública e abastecimento de água e esgotamento sanitário para, em seguida, elucidar a relação de custo entre saúde pública e saneamento básico.

2.2 SAÚDE PÚBLICA

De acordo com a OMS (2017), a saúde é definida como o estado de completo bem-estar físico, mental e social, não se atendo somente à ausência de doença, sendo a condição ambiental um dos fatores mais importantes para a saúde da humanidade.

Segundo a ONU (2005) e Brasil (2002), o desafio com a saúde pública atinge toda a sociedade moderna em escala global, não se atendo apenas aos problemas locais, regionais e nacionais.

Conforme aponta a EXAME (2012), poucos países apresentam capacidade financeira e políticas voltadas à saúde pública. Como exemplo positivo, o Canadá destina 8% do seu Produto Interno Bruto (PIB) para gasto público com a saúde e gasto *per capita* de US\$ 4.314 com um sistema de saúde público/privado. O Reino Unido, que também tem sistema público/privado, destina 8,2% do seu PIB e tem gasto *per capita* de US\$ 3.438. Na contramão, os países em desenvolvimento apresentam poucos repasses para o sistema de saúde, como o Brasil, que destina apenas 4% do PIB para a saúde e US\$ 909,00 de gasto *per capita*. Na Guiné-Bissau, segundo o Banco Mundial (2007) e Sá Bordalo (2014), a parcela do PIB destinada à saúde um pouco mais de 1%, carecendo, portanto, o funcionamento adequado desse setor. Ainda de acordo com a FMI (2011), a despesa pública em saúde *per capita* foi estimada em US\$ 4 na Guiné-Bissau, contra uma média de US\$ 11 dólares para os países de baixa renda. A Tabela 1 apresenta alguns custos com a saúde pública/privada por país.

Tabela 1 - Custos com a saúde pública/privada por país.

País/Região	Custo com a saúde pública/privado	
	PIB (%)	Custo por pessoa (US\$)
Reino Unido	8,0	4.314,00
Canadá	8,2	3.438,00
Brasil	4,0	909,00
Guiné-Bissau	1,0	4,00

Fonte: EXAME (2012); Banco Mundial (2007); Sá Bordalo (2014); FMI (2011), Adaptado

Portanto, os problemas remetem à realidade sanitária dos países em desenvolvimento que apontam para a necessidade de se potencializar o sistema público de saúde e aumentar a responsabilidade dos gestores e profissionais do setor no enfrentamento e na diminuição

dos riscos com o objetivo de ampliar a esperança de vida saudável e evitar mortes prematuras e incapacidades (Ministério de Saúde Pública do Brasil-MSPbr, 2002).

Com a globalização do mundo, conseqüentemente, interconectado e interdependente, emergem igualmente questões adjacentes da saúde, como as bactérias e os vírus, os quais viajam quase que tão rapidamente quanto as mensagens de e-mail ou os fluxos de dinheiro. A globalização diminuiu as distâncias, destruiu as velhas barreiras e uniu as pessoas, fazendo também com que os problemas locais ou regionais fossem entendidos como problemas globais (ONU, 2005).

Esforços substanciais, ao longo das últimas décadas, foram direcionados para abordar questões de saúde na África. No entanto, a menos que esses esforços contribuam para o desenvolvimento e sustentabilidade da infraestrutura de saúde pública, para a capacidade da força de trabalho e processos de gestão, a resposta provavelmente terá apenas um impacto a curto prazo sobre os problemas mais urgentes. A maioria dos países da África não possui, atualmente, um sistema de saúde totalmente funcional e, portanto, estão mal preparados para enfrentar ameaças atuais e iminentes para a saúde pública (SCHOUB, 2007).

De acordo com RTP (2016), a África continua a ser a região do mundo com os piores índices a nível de saúde pública, entretanto, o continente, com ajuda internacional, procura constantemente resolver os problemas dessa natureza. Apesar dos avanços registrados em alguns países africanos, o continente, no geral, apresenta a maior taxa de mortalidade infantil e materna relacionada às doenças de veiculação hídrica.

Em Guiné-Bissau, um dos países da África, o sistema nacional de saúde é de responsabilidade do setor público e do privado e comporta três níveis, sendo eles, central, regional (distrital) e local (CÁ, 1999, p. 20). O nível central é responsável por elaborar as políticas e estratégias, regulamentar e fiscalizar as atividades, assim como mobilizar e coordenar as ajudas externas. O nível regional (distrital), também denominado nível intermediário, está relacionado com a divisão em regiões administrativas, com exceção das regiões administrativas de Bolama/Bijagós e Cacheu/São Domingos, que estão subdivididas em duas regiões sanitárias, as quais incluem os hospitais e centros regionais de cuidados primários de saúde, cuja função é traduzir políticas nacionais em estratégias operacionais. Já o nível local é caracterizado pelas estruturas de prestação de cuidados

primários em Centros de Saúde Comunitários e Unidades de Saúde Comunitária (Ministério da Saúde Pública da Guiné-Bissau-MSPgb, 2006).

De acordo com Cá (1999, p. 21), um dos maiores problemas que a saúde pública em Guiné-Bissau enfrenta é o repasse para o setor. O orçamento ordinário do MSPgb é condicionado pela disponibilidade de recursos, isto é, depende da oferta dos financiadores externos e não de avaliação analítica das necessidades definidas em função da dimensão dos programas e das suas prioridades.

Segundo MSPgb (2006), a malária e as doenças diarreicas são exemplos de doenças de veiculação hídrica e se constituem nos principais problemas da saúde pública Guineense, consequentemente, os principais desafios enfrentados pelas autoridades sanitárias da Guiné-Bissau. Portanto, o abastecimento eficiente da água tratada e sistema adequado de esgotamento surgem como ferramentas fundamentais no combate às infecções relacionadas à água.

Os subitens na sequência detalham um pouco mais o tema saúde em Guiné-Bissau.

2.2.1 Doenças de veiculação hídrica

A ausência de abastecimento de água potável e de esgotamento sanitário influencia na proliferação de várias doenças endêmicas de veiculação hídrica e de transmissão de elevada prevalência, fundamentalmente, na época chuvosa (BUFF, 2010). As principais doenças de veiculação hídrica são: cólera; malária (paludismo), diarreia aguda, disenteria, que é também conhecida como cortamento (inflamação intestinal seguida de diarreia com sangue que pode ser causada por parasitas intestinais, vírus ou bactérias), febre tifoide, protozoários gastrintestinais, sarna (causa coceira), schistossomíase (Bilharzíase) e tracoma (conjuntivite granulomatosa e barriga d'água). A Figura 3 ilustra as vias de transmissão das doenças de veiculação hídrica (União Europeia-Programa de Apoio aos Atores Não Estatais UE-PAANE, 2013).

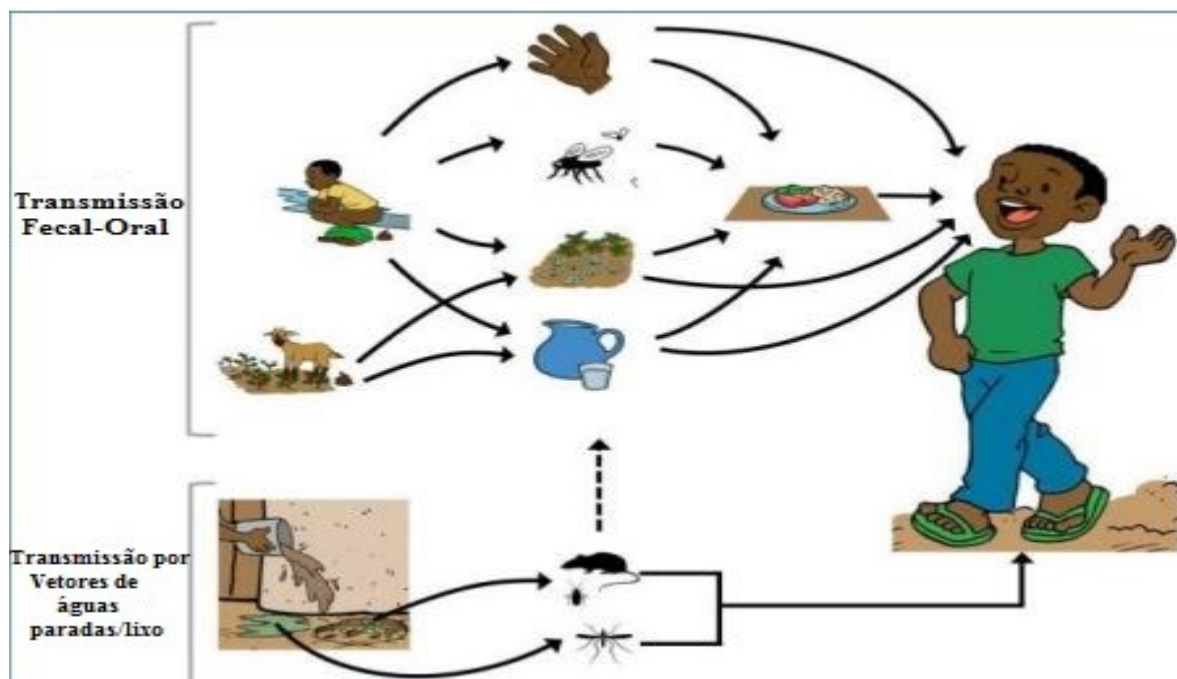


Figura 3 - Vias de transmissão de doenças de veiculação hídrica.

Fonte: UE-PAANE, (2013).

A Figura 3 acima esquematiza o ciclo da transmissão fecal-oral de algumas das doenças de veiculação hídrica e de transmissão por vetores de águas paradas/lixo. A ilustração auxilia na percepção de como as doenças podem ser transmitidas pelo contato direto ou indireto com objetos contaminados pelas fezes do doente ou de animais ou, ainda, por meio de animais vetores. Conforme UE-PAANE (2013), as principais vias e formas de transmissão de doença apresentadas na Figura 3 são: **defecação a céu aberto** - as fezes das crianças, adultos e animais ou vetores podem transmitir doenças ao contaminarem os pontos de coleta de água e os alimentos; **contato** - as mãos sujas transmitem doenças pelo contato com os alimentos ou com a boca. Ao não lavar as mãos depois de defecar e depois preparar comida, as outras pessoas podem ficar doentes; **moscas** - as moscas que pousam nas fezes (pela defecação ao ar livre ou pelas latrinas sem tampa) são as mesmas que, posteriormente, pousam no alimento; **campos** - as pessoas e os animais defecam nos campos e contaminam os alimentos que, posteriormente, são consumidos sem lavagem prévia, além do que as crianças brincam nos campos; **água** - as pessoas e os animais contaminam a água de consumo ao defecarem proximamente aos pontos de captação ou coleta. Ressalta-se aqui que se trata daquela água que não é desinfetada ou fervida antes do consumo.

De acordo com o UNICEF (2013), a diarreia, que é um dos sintomas da cólera, é uma das principais causadoras de morte em Guiné-Bissau (sobretudo, quando se trata de crianças menores de 5 anos), sendo as mortes ocasionadas pela falta de água potável e pela ausência de esgotamento sanitário vinculadas às práticas incorretas de higiene pessoal. Nesse sentido, 31% da população guineense (equivalente a 500 mil pessoas), aproximadamente, ainda têm hábito de defecar ao ar livre e apenas 5% da população residente nas zonas rurais têm acesso à água potável e sistema de esgotamento sanitário.

Em seguida, são evidenciados maiores detalhes acerca da cólera e da malária (paludismo), as quais são objetos deste estudo.

- Cólera

Das doenças relacionadas à qualidade de água e saneamento, a cólera é a doença com a maior incidência, infectando milhares de pessoas e levando ao óbito outras centenas. Os primeiros casos de surtos da cólera foram registrados no ano de 1986 e, ao longo do tempo, com tendência a se tornar endêmica (MACHADO, JÚNIOR e HARTOG, 2015).

As epidemias de cólera ocorrem, geralmente, em épocas chuvosas na Guiné-Bissau, entre maio e novembro, período em que aumenta o índice de mortalidade da população e os custos públicos com a saúde (Instituto Nacional de Saúde Pública-INASA, 2013).

Mesmo com todas as medidas de precaução adotadas pelas autoridades locais e organizações regionais e internacionais, juntamente com o Ministério da Saúde, mediante a intensa campanha de sensibilização junto das populações sobre a necessidade de bons hábitos de higiene pessoal, infelizmente, o surto de cólera tem assolado a comunidade guineense (INASA, 2013). Portanto, analisar a cólera em Guiné-Bissau requer um olhar sistêmico e amplo sobre os riscos ao meio em que se vive.

De acordo com o site VEJA (2011), uma pesquisa feita nos Estados Unidos da América estabeleceu que a vacina contra cólera, feita normalmente via oral, é útil após o surgimento de epidemia, podendo limitar a sua propagação e permitir um melhor combater às bactérias, chegando a apresentar eficácia de proteção acima de 75% nos países afetados.

Do ponto de vista epidemiológico, a cólera em Guiné-Bissau pode ser considerada uma epidemia em função do índice de mortalidade no período chuvoso (MACHADO, JÚNIOR e HARTOG, 2015).

...A capital é uma das áreas mais afetadas, mas casos também foram notificados por outras 11 regiões do país. A doença atinge majoritariamente os ambientes mais povoados, como mercados e áreas adjacentes. Vários fatores podem explicar a rápida disseminação, rituais fúnebres em que os parentes bebem (bocejar) a água usada para limpar os cadáveres aumenta a transmissão, assim como o fato de que a maioria da população não tem hábitos básicos de higiene. Somada a essa falta de higiene, os centros de saúde se tornam fontes de infecção. As pessoas sabem o que é cólera e percebe-se que a equipe médica já cuidou de alguns casos, mas cortar a epidemia pela raiz ainda é difícil por causa da necessidade de medidas de higiene ineficazes e/ou inexistentes (MSF, 2008).

Conforme dados do INASA (2013) e da OMSgb (2013), elaborou-se a Figura 4 que traz algumas informações da Guiné-Bissau como: os números de casos, número de óbitos, taxa de obituário (%) e duração da epidemia em números de semanas, entre os anos de 1986 até 2012-2013. Os números de casos e óbitos relacionados à cólera foram acentuados nos períodos de 1996-1997, 2005-2006 e 2008 e, quanto aos óbitos, o pico registrado de 961 falecimentos se refere ao período de 1996-1997. Em relação às taxas de obituário, com exceção do ano de 1986, essas se mantiveram entre 0,71% (menor taxa do período, no ano de 2002) a 4,46% (maior taxa do período, no ano de 2007).

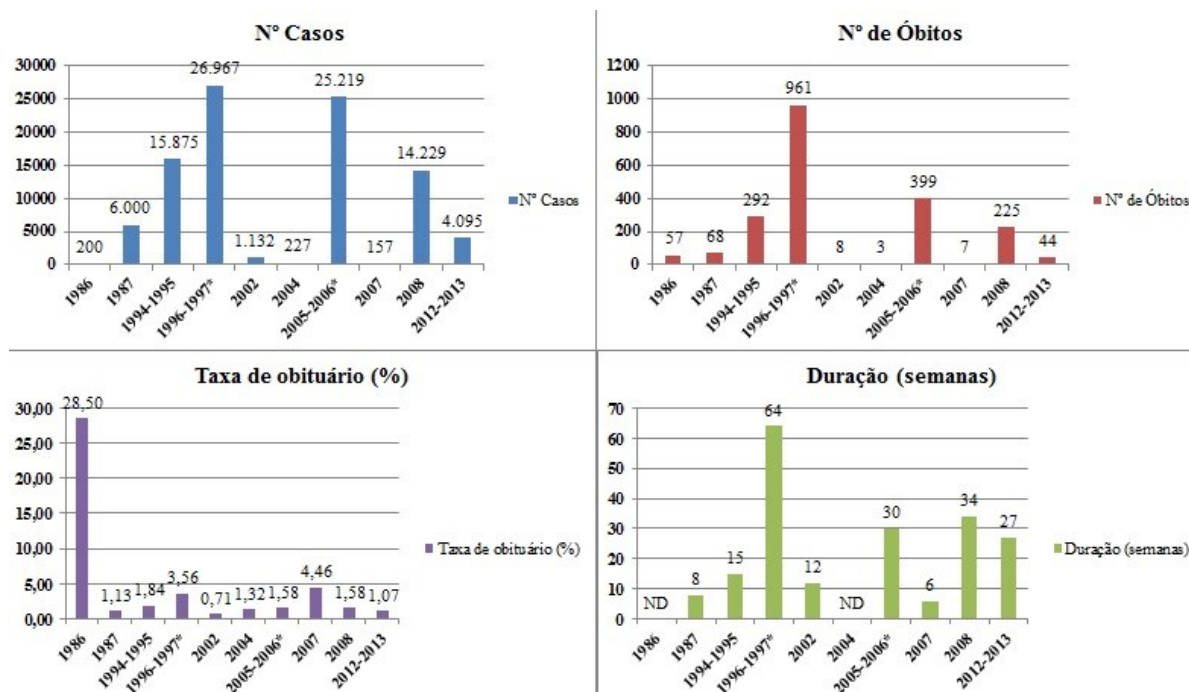


Figura 4 - Números de casos, número de óbitos, taxa de obituário (%) e números de semanas da epidemia em Guiné-Bissau, entre os anos de 1986 até 2012-2013.

Fonte: Adaptado de INASA, (2013) e OMSgb (2013), adaptado.

A última ocorrência de caso de cólera aconteceu no período 2012 a 2013, com início na vizinha Guiné-Conacri. Entretanto, devido à maior concentração populacional, os maiores índices foram anotados, principalmente, na capital Bissau. A Figura 5 ilustra a localização da República da Guiné Conacri, país com o qual a Guiné-Bissau tem limite fronteiro ao sul e no qual teve início o surto de cólera que atingiu a Guiné-Bissau em 2012.

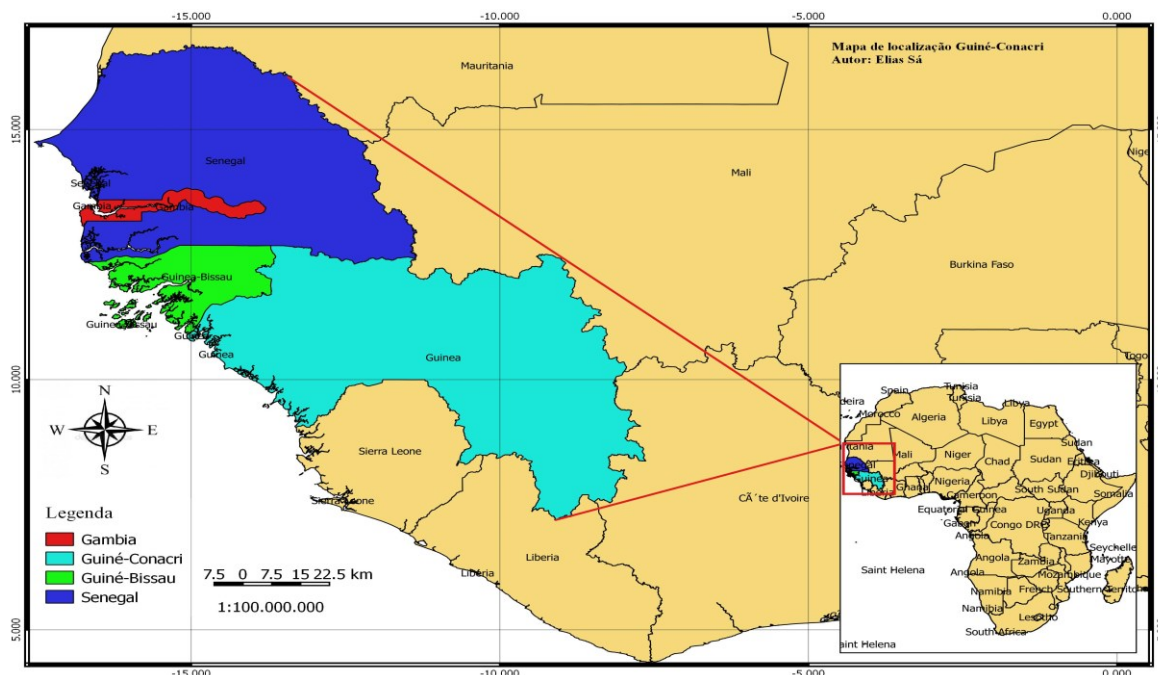


Figura 5 - Localização geográfica da República de Guiné-Conacri, país fronteiriço com a Guiné-Bissau.

Fonte: Autor (2017)

O surto atingiu todas as regiões do país no ano de 2012, sobretudo, na capital Bissau, nas regiões de Biombo e de Bolama/Bijagos. A Figura 6 traz os números de casos da última epidemia de cólera nas diferentes regiões da Guiné-Bissau.

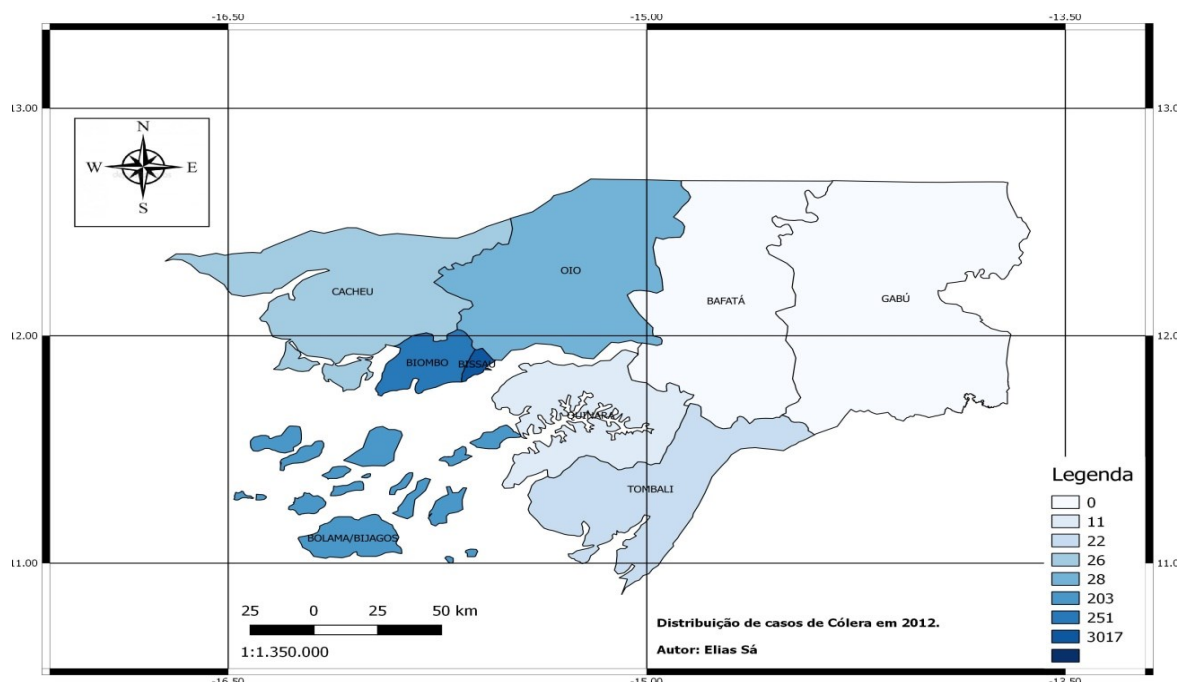


Figura 6 - Número de casos de cólera nas regiões de Guiné-Bissau no ano de 2012.

Fonte: Autor (2017).

- *Malária (Paludismo)*

De acordo com Camargo (2003), desde a antiguidade, a malária (também conhecida como paludismo e maleita) sempre foi um dos principais flagelos da humanidade.

A malária humana é uma doença parasitária que pode ter evolução rápida e ser grave, podendo ser provocada por quatro protozoários do gênero *Plasmodium*: *Plasmodium vivax*, *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium malária* e *Plasmodium ovale*. A transmissão natural dessa doença se dá pela picada de mosquitos *Anopheles* infectados. Além disso, também é possível adquirir a doença por meio do contato direto com o sangue de uma pessoa infectada (por exemplo, em transfusões sanguíneas ou transplante de órgãos ou, ainda, pelo compartilhamento de seringas entre usuários de drogas injetáveis) (FIOCRUZ, 201-?).

Os mosquitos transmissores da malária põem seus ovos em pequenos acúmulos de água, como poças e vasos, cisternas, pneus, cacimbas, dentre outros. A ocorrência de malária está intimamente associada à presença e proliferação de mosquitos do gênero *Anopheles*. Ademais, são muitas as espécies de *Anopheles*, cada uma com suas preferências evolutivas (CAMARGO, 2003).

De acordo com a FIOCRUZ (201-?), a principal manifestação clínica da malária em sua fase inicial é a febre, associada ou não a calafrios, tremores, suores intensos, dor de cabeça e dores no corpo. O indivíduo que contrair a doença pode ter também, dentre outros sintomas, vômitos, diarreia, dor abdominal, falta de apetite, tonteira e sensação de cansaço. Em se tratando das áreas de transmissão natural de malária (por meio da picada do mosquito), como ilustrado na Figura 7, foram classificados 88 países, estando muitos deles localizados na faixa tropical do planeta. Entre eles estão a maioria dos países da África subsaariana, os países da América Central e Caribe, países da mata amazônica da América do Sul, do Centro, do Sul e do Sudeste da Ásia, do Oriente Médio e do Extremo Oriente. Ainda de acordo com a FIOCRUZ (201-?), a malária é uma doença que é curável, entretanto pode evoluir para suas formas graves em poucos dias se não for diagnosticada e tratada rapidamente.

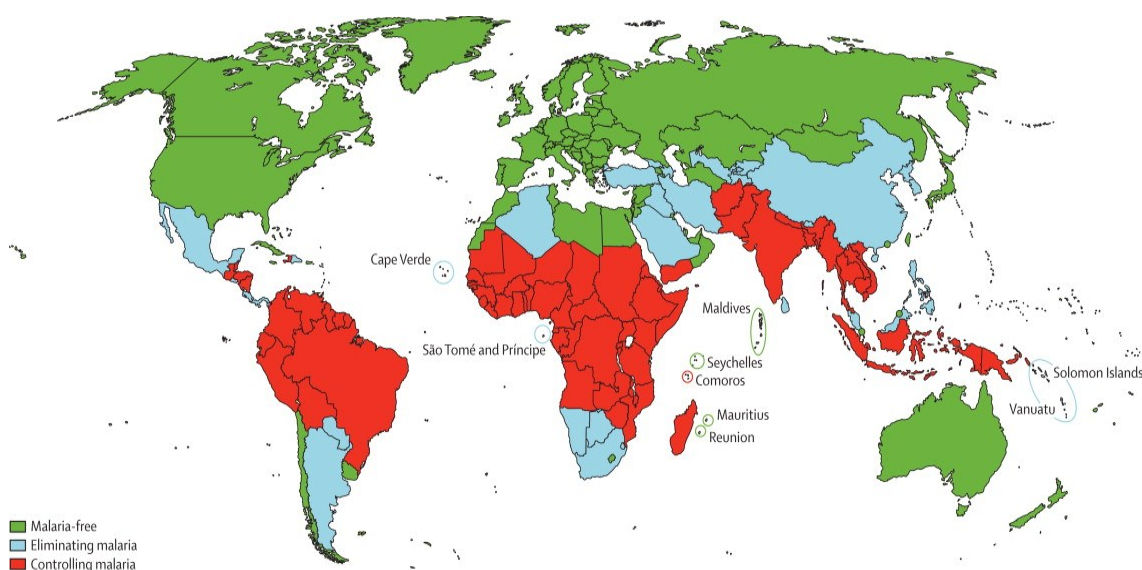


Figura 7 - Ilustração das áreas de transmissão da malária em 2017.

Fonte: <http://www.thelancet.com/cms/attachment/2001010053/2003786755/gr1.jpg>

A Figura 7, acima, traz a ilustração da incidência da malária a nível mundial. A cor verde representa países livres de incidência da malária, a cor Azul (claro) indica países onde a malária está sendo eliminada e a cor Vermelha aponta para área de transmissão da malária, estando esses países tentando controlar a doença.

Para a ONU (2016), no mundo contemporâneo, 212 milhões de pessoas, pelo menos, contraem malária por ano em todo o mundo (com 429 mil mortes anuais), sendo a situação mais grave a da África subsaariana, a qual concentra cerca 90% dos casos e 92% das

mortes. Além disso, quase 3 mil crianças morrem por dia na África em decorrência da malária. Os custos diretos e indiretos da malária para a África são da ordem de US\$ 2 bilhões por ano. A doença mata, anualmente, duas vezes mais que a Síndrome da Imunodeficiência Adquirida – AIDS (Sigla em Inglês) e muito mais que qualquer outra doença infecciosa (CAMARGO, 2003). A malária está presente também em quase 90 países, embora com prevalências diferentes. A malária é tipicamente uma doença do mundo subdesenvolvido, já sendo considerada desaparecida da Europa e da América do Norte.

Malária na Guiné-Bissau

De acordo com a African Leaders Malaria Alliance-ALMA (2010) e MSPgb (2006), a malária constitui o principal problema de saúde pública na Guiné-Bissau, além de ser a primeira causa de morbidade e de mortalidade geral, sobretudo, de crianças menores de 5 anos. Ademais, mais de 50% da solicitação dos serviços de saúde em nível do país nacional durante o ano se deve à malária, sendo essa, portanto, uma doença endêmica, de transmissão estável e de prevalência elevada, com aumento dos casos durante a estação chuvosa, época em que aumenta o ambiente de acúmulos de água, como poças e vasos, cisternas, pneus, cacimbas, facilitando a proliferação dos mosquitos transmissores. A espécie transmissora da doença mais comum no país é *Plasmodium Falciparum*.

Uma análise do plano estratégico constatou que a malária representa um grave problema de saúde pública e uma significativa causa da pobreza em Guiné-Bissau, dando origem a 43% das consultas e tratamentos, sendo ainda responsável por 59% das mortes nos estabelecimentos hospitalares. Dessas mortes ligadas à malária, 47% são de crianças com menos de cinco anos de idade, como ilustram as Figuras 8 e 9. O principal componente de controle da malária é a promoção de uso de inseticidas de longa duração por criança e gestantes e mosquiteiro (rede de proteção contra mosquitos para evitar a infecção com a malária) (ALMA, 2010).

O relatório do MSPgb (2006), no Plano Estratégico que foi elaborado com a finalidade reduzir a malária na Guiné-Bissau, apontou que houve uma melhoria geral das performances em matéria de luta contra a malária se comparados os anos de 2001 a 2006:

- ✓ 60,0% das crianças com sintomas de malária foram corretamente tratadas na comunidade nas primeiras 24 horas que se seguiram ao aparecimento dos sintomas contra 15% em 2001;

- ✓ 80,0% das crianças que tiveram malária foram corretamente tratadas nas formações sanitárias (postos de saúde) contra 38,0% em 2001;
- ✓ 74,8% das crianças menores de 5 anos dormiam sob um mosquiteiro impregnado (rede anti-mosquito) contra 4,7% em 2001;
- ✓ 65,0% das grávidas dormiam sob um mosquiteiro impregnado contra 8,0% em 2001;
- ✓ 52,0% das grávidas fizeram tratamento preventivo intermitente (TPI) contra 23,0% em 2001.

Apesar de todos os progressos na forma de diagnosticar a doença (Figura 8), o relatório admite que a malária tem um impacto negativo na economia do país e no rendimento das famílias, pois é responsável pelo absentismo nas escolas e nos lugares de trabalho. De acordo com a OMS (2016), no período de 2005 a 2015, houve oscilações nos casos relatados e confirmados de malária (Figura 8), no entanto, a Guiné-Bissau ainda enfrenta grandes desafios a serem superados, como, por exemplo, a instabilidade política que afeta diretamente as operações de saúde eficiente, incluindo, a falta de esforços para o controle da malária e a atualização dos recursos humanos que afeta negativamente a capacidade de expandir os serviços da luta para o controle da malária.

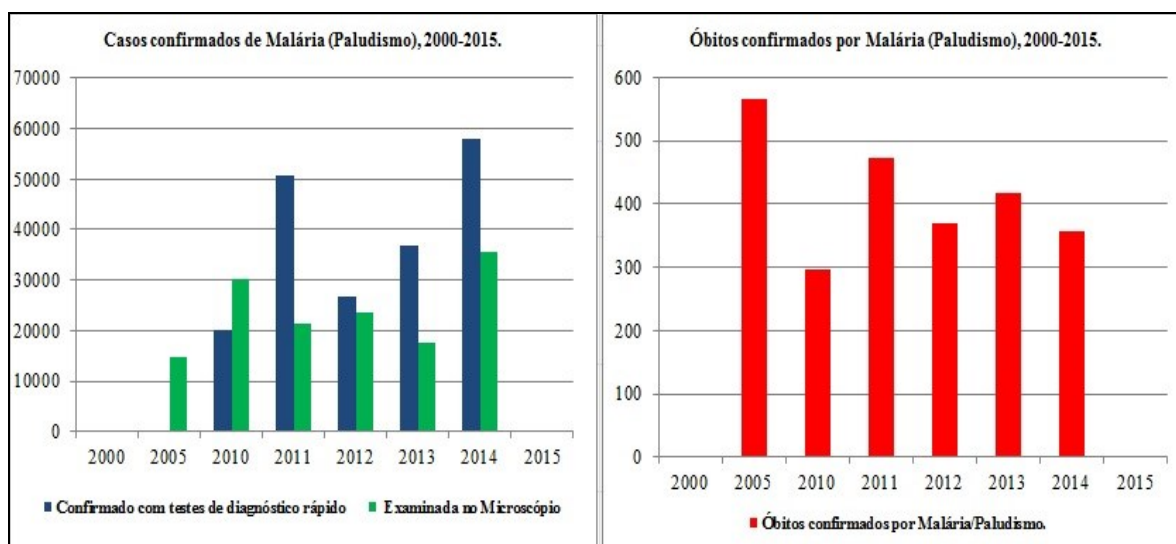


Figura 8 - Casos e óbito registrados por malária na Guiné-Bissau, entre 2005-2015.

Fonte: OMS (2017).

A Figura 8 demonstra casos de malária registrados e de casos de óbitos por malária, bem como os “progressos” alcançados ao longo dos anos pelos agentes públicos devido aos métodos avançados de detecção da doença empregados ultimamente.

2.2.2 Gastos com a saúde

A saúde pública em Guiné-Bissau é precária, com repasse de apenas 1% do PIB. Os estabelecimentos hospitalares apresentam enormes e complexas dificuldades cumulativas, tais como, a falta de investimento para a atualização dos recursos profissionais, a falta de materiais hospitalares, irregularidades no funcionamento, entre outros (SÁ BORDALO, 2014). Doenças como tuberculose, paludismo, malária e doenças gastrointestinais ainda causam preocupações aos órgãos gestores da saúde guineense em função da elevada taxa de óbito da população, principalmente, entre as crianças. Um dos poucos êxitos em nível do investimento na saúde é o Projeto de Saúde de Bandim, financiado por uma Organização não Governamental - ONG com fundo privado da Suécia em parceria com a Universidade da Dinamarca, cujo foco se centra nas mulheres e crianças (Gabinete Integrado das Nações Unidas para consolidação da Paz na Guiné-Bissau - “ONU-UNIOGBIS, 2017”).

A Tabela 2 apresenta as atividades e os investimentos (em dólares) na saúde pública em Guiné-Bissau para o ano de 2014, de acordo com o OGE (2014). Os dados da Tabela 2 mostram claramente que a maior parte do investimento com a saúde em Guiné-Bissau (próximo a 86,5% em 2014) provém de donativos internacionais, tais com, ONU, União Europeia (UE), Banco Mundial (BM), OMS e FMI.

Tabela 2 - Atividades e seus investimentos (em dólares) na saúde pública em Guiné-Bissau para o ano de 2014

Atividades	Interno (US\$)	Donativo (US\$)	Total (US\$)
Isenções aos projetos de saúde e nutrição	548.696,74	0	548.696,74
Programa sobrevivência das crianças "Nutrição, água e saneamento".	0	662.210,25	662.210,25
Programa nacional de combate à “HIV/SIDA”	0	266.788,50	266.788,50
Reforços dos serviços de saúde reprodutiva de qualidade e da prevenção	0	527.652,21	527.652,21
Cuidados de saúde de qualidade	0	878.993,94	878.993,94
Projeto de assistência social hospitalar, apoio aos pacientes carenciados.	103.651,05	0	103.651,05
Projeto compra de medicamentos "Cecom"	0	577.089,55	577.089,55
Programa nacional de combate à tuberculose "Gnb-910-G11-T"	0	886.269,12	886.269,12
Programa nacional de luta contra o paludismo "Gnb-M-Mho"	0	957.641,63	957.641,63
Programa de suporte de aprovisionamento de vacinas	96.181,59	0	96.181,59
Total	748.529,38	4.756.645,19	5.505.174,57

Fonte: OGE (2014) adaptado

Nos últimos dez anos, de acordo com a OGE (2014), a fração de recursos atribuída à saúde manteve-se abaixo de 10% e representa menos de 15% das necessidades financeiras para funcionamento do setor, implicando que o orçamento ordinário do Ministério da Saúde esteja totalmente dependente do apoio dos parceiros ou organizações não governamentais. A Tabela 3 demonstra a destinação de recursos financeiros, em milhões de dólares, para o setor da saúde por parte da OGE.

Tabela 3 - Destinação de recursos para o Setor da Saúde por parte do Orçamento-Geral do Estado, em milhões de dólares.

Indicador	Anos		
	2000 ¹	2006 ²	2014 ³
Orçamento Geral do Estado	US\$ 122,04	US\$ 187,25	US\$ 239,60
Total de OGE destinado para saúde	US\$ 3,61	US\$ 2,71	US\$ 2,88
Taxa de OGE destinado para saúde (%)	4,41%	5,08%	6,90%

A cotação em dólar americano foi remetida para o mês de setembro do ano de cada orçamento geral de estado (OGE). Ou seja, 1US\$ igual a 736,86 FCFA no ano de 2000, 1US\$ igual a 512,04 FCFA no ano de 2006 e 1US\$ igual a 500,25 FCFA no ano de 2014.

Fonte: ECOMSRGB (2007); MSPgb (2008); OGE (2014), adaptado

Em 2006, as despesas anuais com a saúde *per capita* eram de 3.484 Franco CFA (moeda corrente usada nos países africanos da União Econômica e Monetária do Oeste Africano - UEMOA) - FCFA, sendo esse um valor correspondente a US\$ 6,80 (1US\$, que é igual a 512,04 FCFA na cotação de setembro do ano 2006), cuja despesa foi bem parecida com investimento dos anos anteriores. Já no ano de 2009, o investimento total por pessoa em Guiné-Bissau com as despesas na saúde foi de 3.658 FCFA, o equivalente a 8,00 US\$ (1 US\$, que é igual a 457,46 FCFA na cotação de setembro de 2009) (OMS, 2009). De acordo com MSPgb (2008), esses valores são, aproximadamente, 5 vezes inferior ao valor recomendado para se alcançarem os objetivos de desenvolvimento do milênio, que é igual a US\$ 35,00/habitante/ano.

Devido à sua estrutura governamental e recursos disponíveis, a Guiné-Bissau enfrenta grandes desafios na área de saúde e de saneamento básico. É importante mencionar que o OGE é sustentado em parte pelos parceiros para o desenvolvimento (governamentais e as organizações não governamentais), com consequente déficit nos repasses financeiros e investimentos na saúde pública.

2.2.3 Mortalidade vinculada à doença de veiculação hídrica

De acordo com RTP (2013), as principais causas de mortalidade em Guiné-Bissau são a malária e as doenças diarreicas, com taxas de mortalidade infanto-juvenil elevadas.

De todas as doenças relacionadas com a falta de saneamento básico adequado em Guiné-Bissau, a malária é, sem dúvida, a doença que mais preocupa em termos sanitários, tendo em vista se constituir na principal causa de morbidade e mortalidade. A ineficiência dos sistemas de esgotamento sanitário e de abastecimento de água também contribui para a elevada prevalência de doenças parasitárias, diarreicas e intestinais, além de outras associadas à transmissão feco-oral.

De uma forma geral, mais de 60% dos casos de malária não são corretamente tratados, o que demonstra a importância de uma intervenção no quadro da melhoria do saneamento básico no país, especificamente, quanto ao esgotamento sanitário e abastecimento de água (OMS, 2007). Além disso, é preocupante a taxa de mortalidade materna devido à falta de instalações sanitárias adequadas nos centros de saúde e a deficiência nas condições de trabalho dos profissionais da área (UNICEF, 2007).

A Figura 9 demonstra a taxa de mortalidade em Guiné-Bissau para os anos de 1990, 2000, 2010 e 2016, conforme o Banco Mundial (2017) e o Index Mundi (2017). De acordo com o gráfico, a taxa de mortalidade infantil (de crianças menores que 5 anos), felizmente, vem decaindo de forma constante com o passar dos anos, caindo de 229 mortes para cada 1000 nascidos vivos, em 1990, para 93 mortes para cada 1000 nascidos vivos em 2016. Em contrapartida, com valores bem menores, a taxa de mortalidade adulta (pessoas entre 15 a 60 anos) permanece entre 15 a 18 mortes para cada 1000 nascidos vivos (Figura 9).

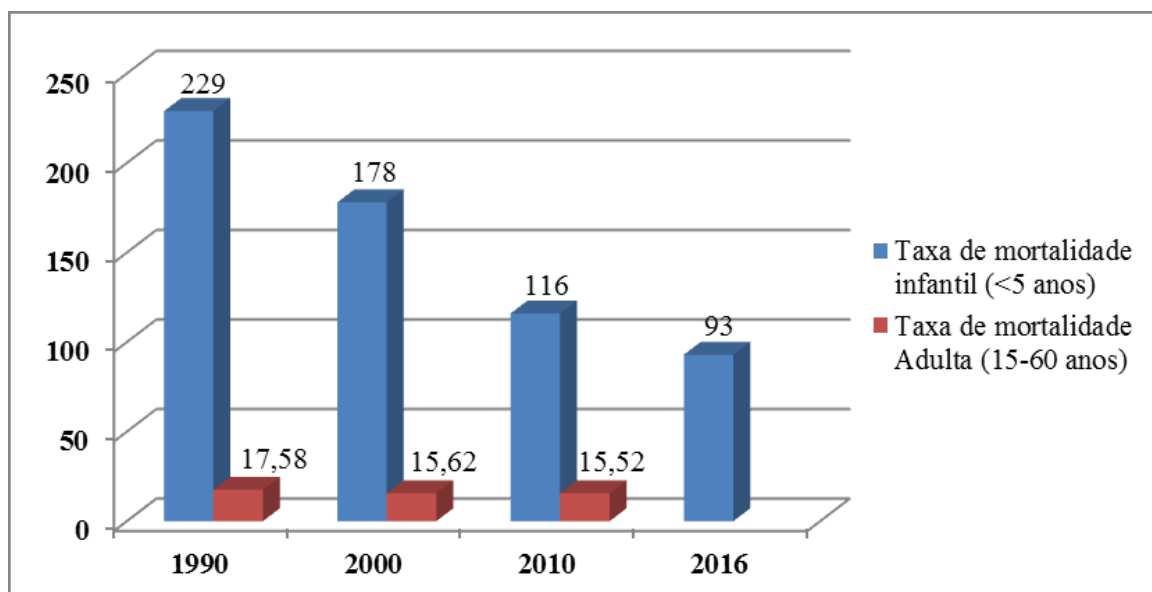


Figura 9 - Taxa de mortalidade em Guiné-Bissau (por 1.000 nascidos vivos).
Fonte: Adaptado de Banco Mundial (2017) e Index Mundi (2017).

É possível inferir que as elevadas taxas de mortalidade refletem diretamente na expectativa de vida da população guineense. De acordo com o Banco Mundial (2017), a expectativa de vida em Guiné-Bissau está muito abaixo do esperado (que é de 60 anos) e sem previsão de mudanças significativas. Entretanto, de acordo com a Figura 10, a expectativa de vida média em Guiné-Bissau manteve um aumento expressivo entre os anos de 1990 até 2015, passando de 49,08 para 55,47 anos. Apesar disso, os valores são bem inferiores aos de países em desenvolvimento e desenvolvidos. Como exemplo, de acordo com ONUBR (2016), a expectativa de vida intermediária nos países em desenvolvimento é de 75 anos e que, em 2015, existiam 12 países com expectativa de vida superior a 82 anos, sendo eles países desenvolvidos, enquanto que a expectativa de vida subiu apenas para 60 anos na região africana, ainda assim, acima da expectativa de vida verificada na Guiné-Bissau, como mostra a Figura 10.

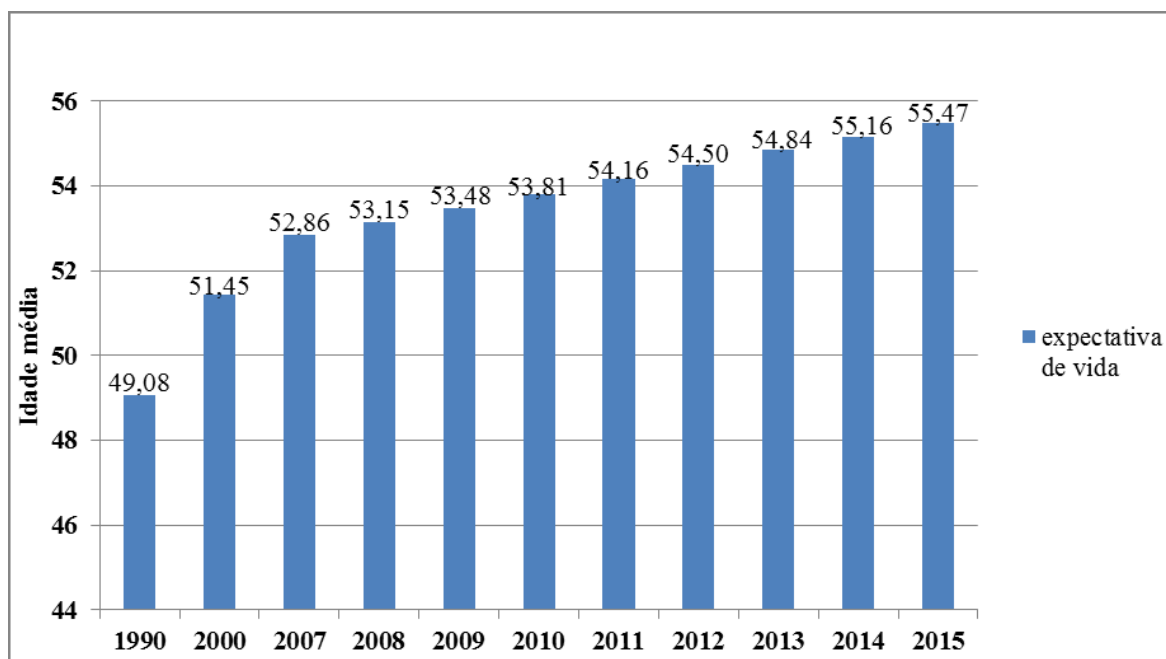


Figura 10 - Expectativa de vida média em Guiné-Bissau para o período de 1990 até 2015.

Fonte: Banco Mundial (2017)

A ONU (2017) e OMS (2017) também demonstram que o Índice de Desenvolvimento Humano-IDH do país não apresentou melhora significativa (IDH igual a 0,424), ficando em 178º posição no ano de 2015 (em 188 países avaliados). Isso demonstra a necessidade do saneamento básico, especificamente, esgotamento sanitário e abastecimento de água, para a melhoria de qualidade de vida da população.

2.3 SANEAMENTO BÁSICO

Para o bem-estar e saúde de uma comunidade, é primordial que um conjunto de serviços e de infraestrutura urbana esteja funcionando adequadamente, tais como, o abastecimento de água potável, o esgotamento sanitário, a manutenção e limpeza das vias públicas, a coleta e o manejo de resíduos sólidos, assim como a drenagem das águas pluviais. É importante, também, que os agentes públicos tomem medidas para a educação da comunidade quanto à conservação do meio em que vive.

Este estudo tem como foco avaliar e estimar os custos com a implantação do esgotamento sanitário e abastecimento de água tratada e relacioná-los com os gastos em saúde pública na capital da Guiné-Bissau, Bissau. Assim, esta revisão bibliográfica detalha as partes constituintes apenas dos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.

2.3.1 Partes constituintes

- Abastecimento de água

De acordo com o Banco Mundial (2014) e a Empresa de Eletricidade e Águas de Guiné-Bissau-EAGB (2014), a cidade de Bissau é abastecida por poços freáticos, cuja água apresenta uma boa qualidade e atende a 90% da população urbana da capital Bissau-Guineense por meio de torneiras públicas e instalação privada, entretanto, existem somente cerca de dez mil hidrômetros registrados (os 10% restantes são provenientes de recursos próprios). As perfurações dos aquíferos são geralmente bem sucedidas e produzem fluxos apreciáveis (até 250 m³/h). No entanto, é frequente a corrosão das paredes dos tubos (geralmente, em ferro galvanizado) com consequente contaminação das águas subterrâneas. Também, a corrosão das paredes ocasiona a entrada da areia na tubulação. De acordo com Gentili (2015), algumas instalações de poços freáticos não têm cobertura e, dessa forma, é possível o livre acesso ao interior com recipiente para a extração de água. Essas características resultam no alto risco de exposição a fontes de contaminação, tornando o poço convencional numa fonte insegura para acesso à água (GENTILI, 2015).

Já a rede pública de distribuição de água por meio de perfuração (água subterrânea) cobre, aproximadamente, 50% da área urbana da capital Bissau (DA SILVA, 2010). Entende-se, com isso, que o restante da população coleta água diretamente de poços freáticos distribuídos na capital.

O bombeamento de água ocorre a partir de diversos poços com profundidades que variam entre 100 e 285m (bombeamento diário de 8.200m³/dia), os quais estão interligados a diversos reservatórios elevados e distribuídos por vários pontos da cidade (volume total de reservação de 42.000m³) (DA SILVA, 2010). Entretanto, a falta de combustível para a geração de eletricidade e as interrupções na distribuição de energia reduzem drasticamente a capacidade diária de bombeamento de água (BANCO MUNDIAL, 2014; DA SILVA, 2010). Além disso, apenas quatro estações de bombeamento estão equipadas adequadamente com geradores de emergência e apenas 30% da capacidade de produção de água é protegida pelo bombeamento automático. A capacidade total dos reservatórios de água representa apenas duas horas de produção diária média (contra um valor recomendado de, pelo menos, seis horas), o que provoca restrição no uso e a redução da pressão da água na rede de distribuição, tendo sido constatado que muitos reservatórios metálicos estão corroídos e com vazamento constante (BANCO MUNDIAL, 2014).

Ainda de acordo com o Banco Mundial (2014) e Da Silva (2010), a rede de distribuição de água inclui uma significativa extensão de tubos de amianto deteriorados que, além de ser prejudicial à saúde, pode ocasionar o vazamento de até 50% da quantidade de água transportada. As expansões mais recentes da rede de distribuição de água na capital Bissau (e as conexões de serviço correspondentes) foram feitas com peças de baixa qualidade, o que aumenta a possibilidade de contaminação nos períodos do dia com baixo consumo de água. Conforme o Banco Mundial (2014) e Da Silva (2010), o abastecimento de água minimamente satisfatório ocorre apenas na zona central da capital, o chamado “Bissau-Velho”, que corresponde ao antigo núcleo colonial. A Figura 11 traz a localização de Bissau-Velho em relação à capital Bissau. Cabe destacar que, em Bissau-Velho, residiam os antigos colonos portugueses, local anteriormente denominado Guiné-Portuguesa (território ultramarino português).

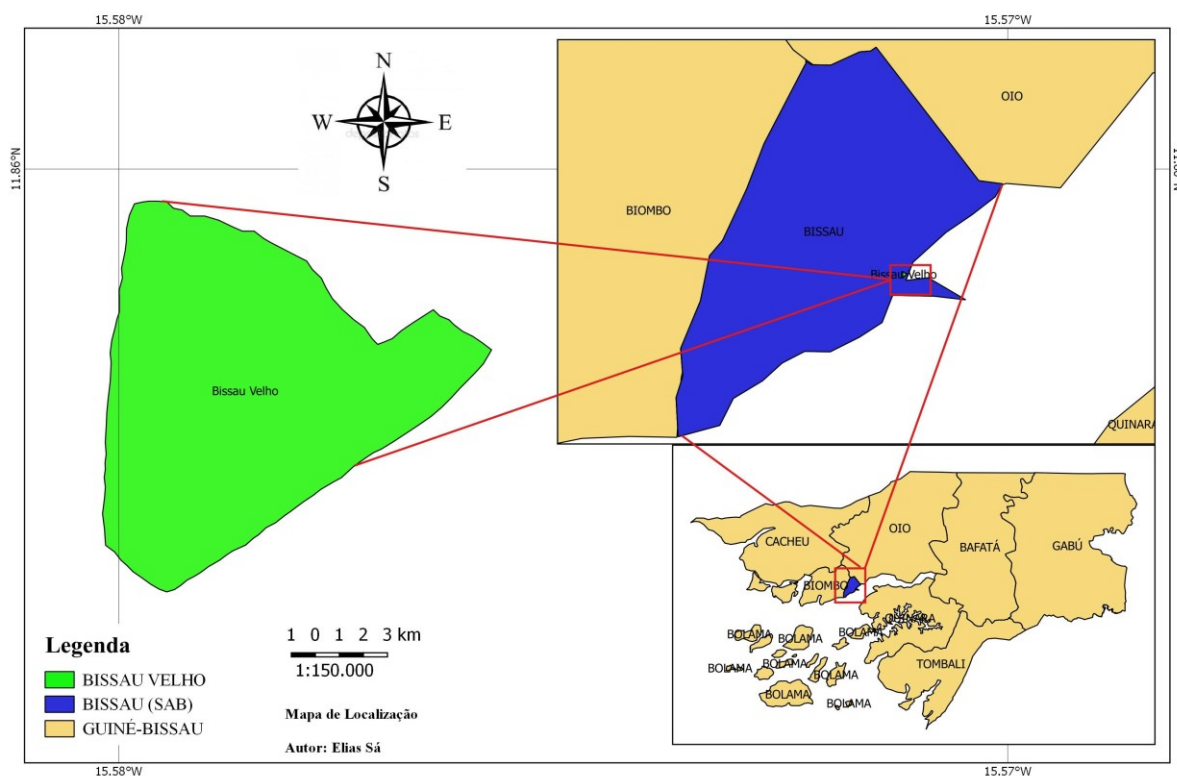


Figura 11 - Localização de Bissau-Velho.

Fonte: Autor (2018)

Com relação à cobrança pelo uso da água (que inclui a cobrança pela água e pela manutenção do sistema de abastecimento), no final de 2013, 70% das residências foram tarifadas com base em um valor fixo, recebendo as residências o equivalente a 30 m³/mês, o que, em média, é muito maior do que o consumo real nas atuais condições de

fornecimento. Nesse sentido, a metodologia de cobrança tem impacto positivo para a população de baixa renda se considerar a desigualdade social que existe em Guiné-Bissau e o benefício que a água tratada traz para a população (BANCO MUNDIAL, 2014).

- Esgotamento sanitário

Neste estudo, foram consideradas duas opções de sistema de esgotamento sanitário (existente na capital Bissau): o sistema individual (são as latrinas, popularmente conhecidas em Guiné-Bissau) e o sistema coletivo (que engloba a rede coletora de esgoto, estação de tratamento de esgoto e estação elevatória de esgoto).

Sistema individual

A latrina é um sistema simplificado de coleta, tratamento e disposição final de efluente doméstico amplamente utilizado em Guiné-Bissau em função dos reduzidos custos de construção e manutenção. De acordo com UE-PAANE (2013), o sistema é constituído por dois pontos de coleta de água servida (do chuveiro e da pia), um sistema simplificado de tratamento do efluente (tanque séptico) e um sistema para disposição final do efluente (sumidouro).

De acordo com o Código Civil e Legislação Complementar (2006) da Guiné-Bissau, nos Artigos 27º e 34º, para evitar a contaminação do lençol freático, dos cursos de água superficiais e do solo nas proximidades das residências, estabeleceu-se o seguinte:

Artigo 27º

(Do perímetro de proteção)

1. Em torno de cada furo, poço ou obra destinada a alimentação em água potável das cidades ou aglomerações é instituído um perímetro de proteção cujos limites serão fixados, em cada caso, pelo Ministério responsável pelas águas. 2. No interior dos perímetros de proteção é proibido entre outros: a) Construir habitações ou edifícios de qualquer tipo; b) Instalar estabelecimentos industriais ou comerciais, matadouros e currais de gado; c) Introduzir animais, depositar ou enterrar lixo ou imundícies de qualquer tipo; d) Instalar sepulturas ou fazer escavações; e) Instalar canalizações e reservatórios de hidrocarbonetos ou de águas usadas de qualquer tipo; f) Estabelecer terrenos de cultura e espalhar estrume, fertilizantes ou qualquer outro produto destinado à fertilização dos solos ou à proteção dos solos ou proteção das culturas. 3. Os atos fixando os limites dos perímetros de proteção poderão proibir atividades suplementares não enumeradas no presente artigo. Os mesmos atos poderão impor o estabelecimento de uma zona de proteção imediata no interior do perímetro de proteção cujos terrenos deverão ser adquiridos em plena propriedade e ser vedados pelo organismo responsável. Nos casos em que as proibições impostas conduzirem a utilização de terras anteriormente aproveitadas, o titular de direito poderá exigir a sua expropriação.

Artigo 34º

(Do controle de qualidade das águas)

As exigências regulamentares a definir pelos Ministérios responsáveis pelas águas e pela saúde pública estabelecerão o seguinte: a) As modalidades de realização dos controles das obras e instalações de produção, recolha, armazenamento, transporte e distribuição de águas; b) Os parâmetros bacteriológicos, físicos e químicos da água potável e as modalidades de realização dos controles sanitários ou análises assim como os métodos e produtos empregues para o tratamento e a correção das águas; c) As medidas de proteção especiais que deverão ser adoptadas em situações excepcionais; d) Os controles sanitários do pessoal trabalhando no sector da distribuição de água potável; e) Qualquer outra disposição que for necessária para assegurar a proteção qualitativa das águas.

Da Silva (2010) assevera que, como determinado pela lei da Câmara Municipal de Bissau (CMB), é proibido depositar estrume em terrenos dentro do perímetro de proteção das nascentes e captação de água, bem como deve ser mantida uma distância mínima de 150m das margens dos cursos de água e 50m de poços freáticos para depósitos dessa natureza.

Na prática, de acordo com Da Silva (2010), os sistemas são construídos de maneira ineficiente, causando a contaminação dos lençóis freáticos, sobretudo, nas áreas próximas aos pântanos onde o nível do lençol freático é alto, sendo esse o espaço onde, geralmente, encontra-se o foco de doenças devido ao seu efeito (doenças) sobre a poluição das águas subterrâneas, ocasionando o contágio da água para consumo. Esse cenário é frequente nas instalações em forma de condomínio nas áreas urbanas, onde várias residências unifamiliares usufruem de uma mesma latrina. Já nas áreas rurais, principalmente, nas vilas ou tabancas, verifica-se, majoritariamente, o hábito de defecar a céu aberto.

De uma forma geral, a latrina aparenta ser adequada ao tipo de solo existente na capital Bissau, o qual apresenta boa capacidade de infiltração e absorção. Entretanto, nas áreas baixas, sobretudo, nas proximidades dos pântanos, onde os níveis dos lençóis freáticos são altos, a latrina torna-se um foco de proliferação das doenças em função da poluição das águas subterrâneas (DA SILVA, 2010).

Ainda de acordo com UE-PAANE (2013), algumas instalações de latrinas são rudimentares e provisórias, o que não garante uma higienização eficiente. Além disso, a ausência de uma política pública para coleta do lodo de fundo dos tanques sépticos e para a vedação adequada dos sumidouros inativos ajudam na proliferação de doenças de veiculação hídrica no país, principalmente, na capital Bissau (que possui a maior densidade populacional). A Figura 12 demonstra a evolução dos sistemas individuais de esgotamento sanitário em Guiné-Bissau.

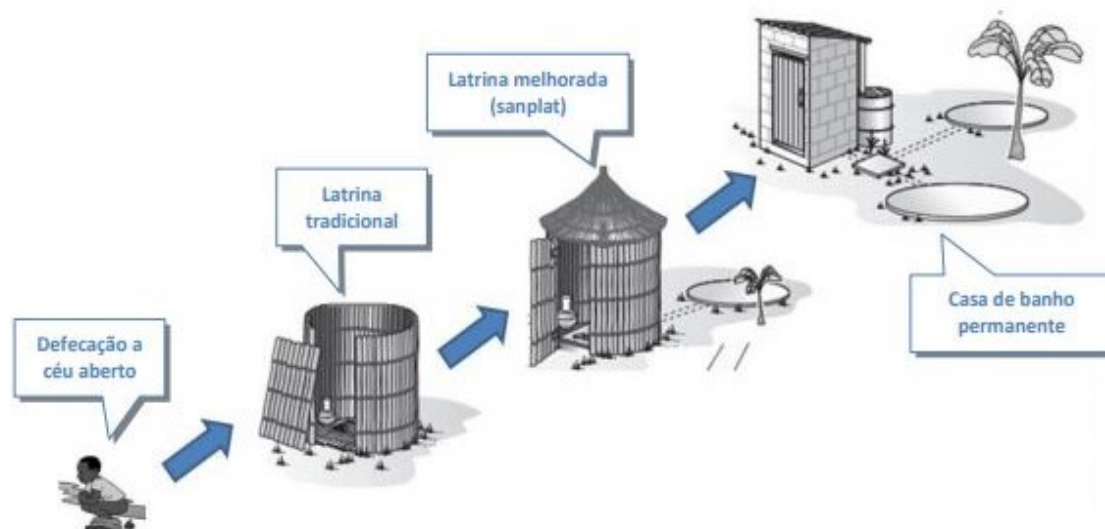


Figura 12 - Evolução dos sistemas individuais de esgotamento sanitário em Guiné-Bissau
Fonte: UE-PAANE (2013)

Como se pode perceber na Figura 12, a latrina tradicional é um sistema simplificado de disposição de fezes no solo, podendo a população estar sujeita a ter contato com o material fecal. A latrina melhorada consta de um sistema de disposição final de fezes no solo onde existe uma estrutura de vedação entre o interior da vala e o meio exterior. Já a casa de banho permanente é caracterizada com um sistema simplificado de coleta, tratamento e disposição final de efluente doméstico, conforme já mencionado anteriormente (UE-PAANE, 2013).

Sistema coletivo

A rede de esgotamento sanitário na capital Bissau restringe-se à região central, chamada Bissau-Velho (Figura 11), a qual encontra-se em um estado muito degradado em função da idade avançada da instalação. De modo geral, a cidade de Bissau carece de um sistema adequado e/ou convencional de esgotamento sanitário, acarretando esse problema, portanto, na prevalência pelo sistema simplificado de latrina (DA SILVA, 2010).

De acordo com Da Silva (2010), como o sistema de esgotamento convencional é muito restrito (quase inexistente), tem-se como consequência que o sistema existente na região central da capital Bissau “Bissau Velho” opere por via de fossas sépticas, ou seja, o efluente doméstico coletado é lançado diretamente ao solo sem nenhum tipo de tratamento, mesmo que em algumas áreas o solo não seja adequado.

2.4 DIFERENTES FORMAS DE ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO COM SAÚDE PÚBLICA

Os benefícios que a implantação do sistema de esgotamento e abastecimento da água traz sobre a saúde coletiva em uma área urbana são enormes.

2.4.1 Custo de oportunidade

De acordo com a literatura, “custo de oportunidade” tem como parâmetro base as premissas financeiras utilizadas para tomada de decisão entre as várias alternativas de concepção de um sistema. De acordo com Santos (201-?, pag. 5) e Denardin (2004), o custo de oportunidade pressupõe que haja duas ou mais alternativas viáveis para a solução do problema com base em algum atributo específico (valor dos bens e serviços).

Soares (2017) avaliou o custo de oportunidade no binômio esgotamento sanitário e saúde pública para as cidades do Estado de Minas Gerais. Entretanto, por falta de dados, apenas 113 cidades participam do modelo, sendo a cidade de Monte Carmelo utilizada para exemplificar os cálculos. A partir do banco de dados governamentais formado na pesquisa e relacionando os dados do Sistema Único de Saúde – SUS e do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento SNIS (dados sobre esgotamento sanitário), a autora chegou a um modelo que permite encontrar o custo de oportunidade das 113 cidades participantes. Para a cidade exemplo, conclui-se que, com a adequação do esgotamento sanitário (população 100% atendida), os custos com a saúde serão reduzidos, produzindo um benefício em torno de 4,79% na redução dos gastos com a saúde no período estudado (2008 a 2014), podendo esses recursos serem utilizados em outras áreas do município.

Por sua vez, Hutton (2015) utilizou o conceito de custo de oportunidade na avaliação das metas da ONU sobre o acesso doméstico universal à água e saneamento (no período pós Objetivo de Desenvolvimento do Milênio - ODM). O autor utilizou o modelo de estimativa dos custos, benefícios e opções de financiamento a nível mundial, regional e nacional das intervenções de fornecimento de água potável e esgotamento sanitário para atender às metas propostas. Ainda de acordo com Hutton (2015), o abastecimento de água e o esgotamento sanitário geram elevados retornos econômicos para a sociedade (retornos variáveis entre as diferentes regiões do mundo).

2.4.2 Análise do custo de abastecimento de água e esgotamento sanitário em detrimento da redução de custo com a saúde

A análise do custo de implantação dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário em detrimento da redução de custo com a saúde (cólera, diarreia, malária, etc.) na capital de Guiné-Bissau é o foco deste trabalho.

De acordo com WaterAid (2011), as instituições globais de saúde devem reconhecer e abordar o impacto do saneamento na diminuição global da doença relacionada com a veiculação hídrica. Ainda de acordo com WaterAid (2011), tendo em vista os estudos realizados em Malawi, Nepal, Sri Lanka e Uganda, a infraestrutura de saneamento é necessária, porém não é o suficiente para a melhoria que se deseja na saúde. Várias ações poderiam ser empreendidas por atores internacionais, nacionais e locais do setor de saúde para ajudar a acelerar o progresso no saneamento e alavancar ganhos na saúde, principalmente, por meio da redução do impacto das principais causas de mortalidade infantil, como diarreia e subnutrição.

Trata Brasil (2013) assevera que o saneamento básico precário é uma grave ameaça à saúde humana. A falta de saneamento básico ainda é muito associada à pobreza, afetando, principalmente, os países de baixa renda (PIB *per capita* inferior a US\$ 825,00). Ademais, as doenças relacionadas à ausência ou deficiência dos sistemas de esgotamento sanitário e de abastecimento de água causam a morte de milhões de pessoas no mundo. Nos países de clima quente, as diarreias se acentuam na estação chuvosa, aumentando o risco de ocorrência de doenças de veiculação hídrica, tais como, a cólera, diarreia, malária, dentre outras. De acordo com Eid (2015), a melhoria dos serviços de esgotamento sanitário e abastecimento de água trazem ganhos econômicos substanciais para a administração pública.

Ainda segundo Eid (2015), para cada dólar investido em esgotamento sanitário e abastecimento de água, há um retorno econômico de, aproximadamente, quatro dólares norte-americanos, resultando em ganhos de saúde e produtividade. Por outro lado, a ausência ou deficiência do saneamento básico no mundo causa uma perda econômica global anual de 260 bilhões de dólares.

Por sua vez, Télanón (2017) aponta que, para cada dólar investido em abastecimento de água e esgotamento sanitário, há um retorno estimado de 4,3 dólares (quase 400%) por meio da redução dos custos relacionados aos cuidados com a saúde em todo o mundo.

Ainda de acordo com Télanón (2017), mundialmente, o custo total da insegurança da água para a economia global é avaliado em 500 bilhões de dólares. Além disso, se for incluído o impacto ambiental causado, esse valor pode aumentar para 1% do PIB global.

Segundo Mara et al. (2010), além do impacto na saúde, o abastecimento de água e o esgotamento sanitário geram benefícios sociais e econômicos. Segundo os autores, os benefícios econômicos incluem os custos reduzidos com o sistema de saúde, diminuição de ausência no trabalho ou na escola, entre outros. Além disso, os autores abordam que a prevenção de doenças de veiculação hídrica poderia poupar cerca de US\$ 7 bilhões por ano nos custos com o sistema de saúde, além da redução de gastos com os óbitos, que podem atingir mais US\$ 3,6 bilhões ao ano. Os autores ainda afirmam que, na maioria dos países pobres, cerca de 50% dos leitos hospitalares são ocupados por pessoas com doenças diarreicas. Como um exemplo concreto, na República Democrática Popular do Lao (país asiático), a baixa qualidade de saneamento e a higiene adequada custam 5,6% do seu PIB por ano. Nesse sentido, estudos realizados em Gana e Paquistão apontam que as melhorias gerais nas condições ambientais poderiam economizar entre 8% a 9% do PIB anual.

Segundo a ONU (2016), muitos países estão alcançando índices satisfatórios no que diz respeito à eliminação das doenças relacionadas com a água, incluído a malária e diarreia.

CAPÍTULO 3

3- MATERIAIS E MÉTODOS

Este item traz o detalhamento da área de estudo e a metodologia adotada para avaliar a relação entre o saneamento básico e a saúde pública na capital de Guiné-Bissau.

O levantamento bibliográfico das informações relevantes para o desenvolvimento deste trabalho foi iniciado em agosto de 2017. Os dados foram manipulados e organizados com auxílio de mecanismos computacionais como o software Excel®, AutoCAD e Qgis, quando se verificou necessário. Ainda foram coletados e computados os dados faltantes na área de estudo (Guiné-Bissau, “Bissau”), os quais foram complementados com informações de países vizinhos (principalmente, Senegal) e países pobres da Ásia e da América Latina.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Guiné-Bissau é um país situado na parte subsaariana do continente africano (no oeste do continente, banhado pelo oceano atlântico), com uma extensão territorial de 36.125 km², composta por uma parte continental e outra insular (com, aproximadamente, 88 ilhas e ilhéus) (DA SILVA, 2010). Tendo como capital a cidade de Bissau. O país faz fronteira com a República do Senegal ao Norte e com a República da Guiné-Conacri ao Sul, conforme ilustra a Figura 13. Estima-se que a população de Guiné-Bissau, no ano de 2016, era de 1.815.698 habitantes (52% do sexo feminino), residindo 69% da população em áreas rurais (OMS, 2017). De acordo com a UNdata (2017), a densidade demográfica média em Guiné-Bissau é de 67,2 habitantes/km².

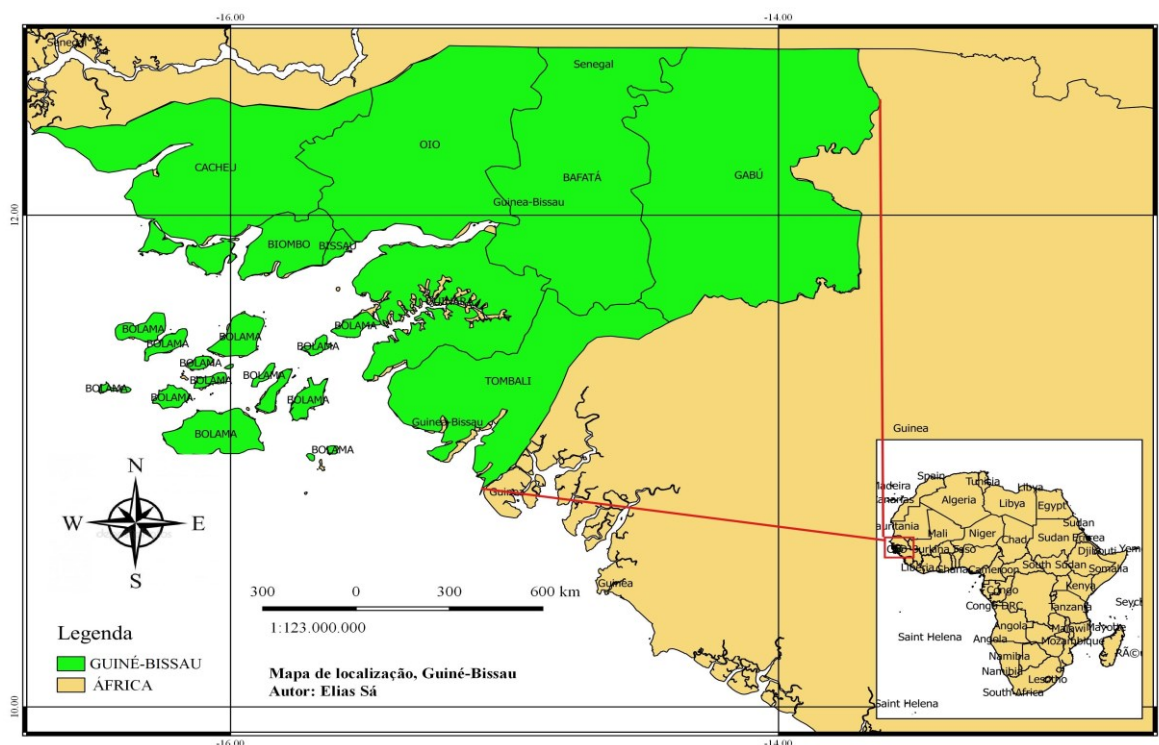


Figura 13 - Localização da Guiné-Bissau em relação ao continente africano.

Fonte: Autor (2017)

O país é separado administrativamente em oito regiões (Bafatá, Biombo, Bolama/Bijagós, Cacheu, Gabú, Oio, Quinara e Tombali) e a capital, Setor Autônomo de Bissau. Administrativamente, o país conta com 37 vilas (também conhecidas como setores). Entretanto, a área da saúde está dividida em 11 regiões que, por sua vez, são subdivididas em 114 distritos sanitários definidos com base em critérios geográficos. De acordo com o Banco Mundial (2017), o crescimento anual de Guiné-Bissau foi estimado em 2,5% no ano de 2016.

A língua oficial no país é o português e a língua nacional é crioula, a qual é falada por mais de 80% da população. A sociedade Guineense é constituída por dezenas de grupos étnicos com distintas expressões linguísticas e culturais que se refletem, inclusive, nas práticas agrícolas e culinárias (COSTA e RESENDE, 1994).

De acordo com Albuquerque Filho et al. (2010) e ONU-Uniogbis (2016), a pluviometria no país varia entre 1500 e 2500 mm/ano na região costeira e entre 1000 e 1500 mm/ano nas outras regiões. As três principais bacias hidrográficas são, de norte a sul, as bacias do rio Cacheu (Rio Canjambari), rio Geba e rio Corubal. Ainda segundo a ONU-Uniogbis (2016), o potencial hídrico do país está estimado em 130 km³/ano de águas superficiais e 45 km³/ano de águas subterrâneas, com um território marítimo de 105.000 km² e costa

marítima com 350 km. De acordo com ALAnet Global (2012), a captação de água para abastecimento público é prejudicada pela má qualidade da água e pela salinidade. Entretanto, os dados não especificam a percentagem de grau de salinidade por poço.

Ainda de acordo com a ONU (2016), Guiné-Bissau é considerado um dos países mais pobres do mundo, com IDH igual a 0,424 (178ª posição entre 188 países). O IDH da Guiné-Bissau é inferior ao dos outros países da África subsaariana (igual a 0,523) e de países com baixo desenvolvimento humano, como Quênia, Haiti, Afeganistão, dentre outros (igual a 0,497). De acordo com o Banco Mundial (2017), o PIB em Guiné-Bissau é instável, oscilando negativamente nos períodos de sobressaltos políticos (como, por exemplo, apresentou um déficit de, aproximadamente, 16% no ano do golpe militar de 1980 e 28% no ano da guerra civil de 1998). Atualmente, o PIB é de cerca de 2 bilhões de dólares americanos, sustentado, principalmente, pelo setor agrícola com a exportação de castanha de caju.

Em função da instabilidade política no país, as despesas internas nos diversos setores administrativos, sobretudo, com a saúde pública, são “bancadas”, em sua maioria, por parceiros, tais como, União Europeia - UE, Fundo Monetário Internacional - FMI, Banco Mundial, Timor-Leste, Comunidade Econômica dos Estados da África Ocidental - CEDEAO, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD, União Econômica e Monetária do Oeste Africano - UEMOA e Nigéria. No ano de 2014, por exemplo, apenas 6,9% das despesas no país foram pagas pelo governo guineense (OGE, 2014).

Importante destacar que mais de 40% da população Bissau-guineense ainda vive a uma distância superior a 5 km das poucas instituições públicas de saúde existentes no país. A população com melhores condições financeira procura o acesso aos serviços de saúde em outros países, principalmente, no Senegal e em Portugal, mantendo o governo um orçamento para até 300 pessoas/ano realizarem tratamento no exterior (ONU-UNIOGBIS, 2017).

Capital Bissau

Em função da carência de dados relacionados ao saneamento básico e à saúde pública em todo o país, este estudo está focado na capital Bissau. Bissau é a cidade mais populosa em Guiné-Bissau, cujos habitantes representam mais de 30% da população total do país, com diversos costumes, culturas e religiões entre seus residentes. Entretanto, de acordo com a

ONU (2017), os problemas da área de saneamento básico, além da grande quantidade de assentamentos ilegais, evidenciam a falta de planejamento urbano na cidade de Bissau.

A cidade de Bissau se constitui em uma das nove regiões do país, tendo sido fundada em meados de Século XVIII. Posteriormente, foi instituída como centro administrativo, capital do país e único setor autônomo. Em virtude da sua localização geográfica, entre a linha do equador e o trópico de câncer, a cidade apresenta um clima tropical, com uma estação chuvosa (segunda quinzena de maio até o início de novembro) e a estação seca (no restante do ano). A temperatura média é de 26°C, variando conforme as estações, podendo atingir a temperatura máxima de 36°C no mês mais seco (COSTA e RESENDE, 1994). Ainda de acordo com Costa e Resende (1994), a maior parte do solo guineense é formada por sedimento fluvio-marinho. A Figura 14 apresenta o mapa de localização da cidade de Bissau.

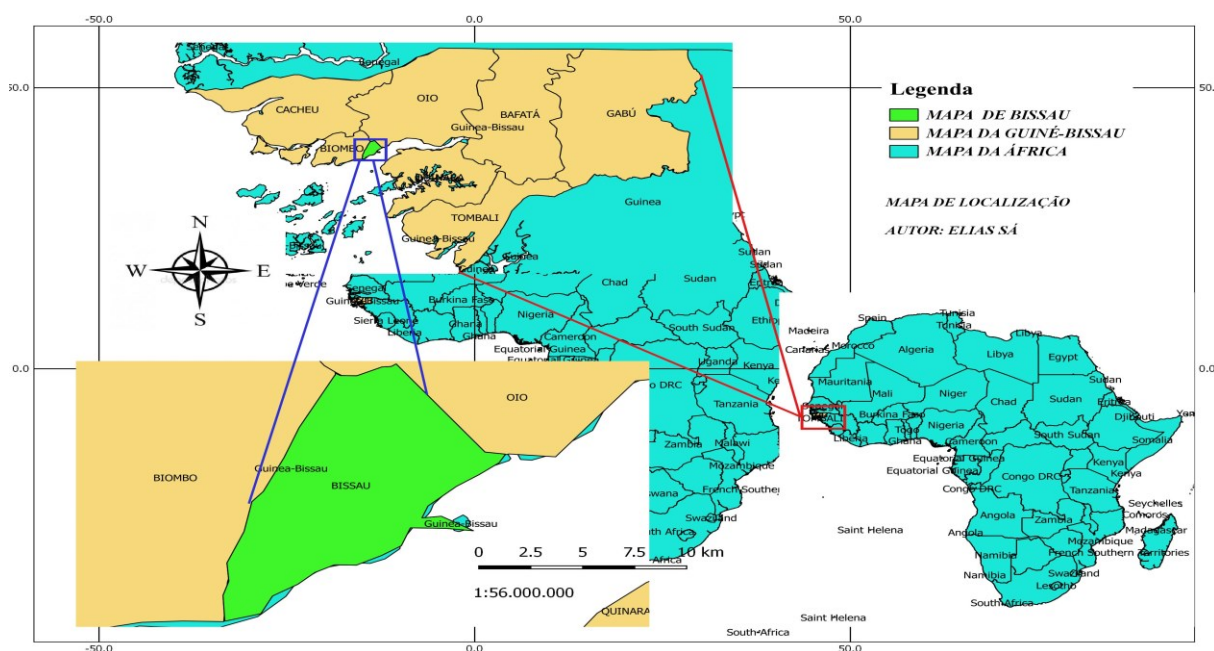


Figura 14 - Mapa de localização da capital Bissau
Fonte: Autor (2017)

O salário mínimo líquido guineense é um dos mais baixos da sub-região África Ocidental, senão um dos mais baixos da África. Em setembro de 2017, o salário era igual a, aproximadamente, 30.000 FCFA/mês, o que representa US\$ 54,37/mês (1US\$ era igual a 551,76 FCFA para a cotação de setembro de 2017) (União Nacional dos Trabalhadores da Guiné-UNTG, 2017).

De acordo com CCLC (2006), os responsáveis pela gestão dos recursos hídricos em Guiné-Bissau (especificamente, pelo abastecimento de água potável e esgotamento sanitário) são as empresas públicas de Eletricidade e Águas de Guiné-Bissau (EAGB), o Ministério da Indústria Energia e Recursos Naturais (MEIRN) e a Direção-geral dos Recursos Hídricos (DGRH).

3. 2 RELAÇÃO ENTRE OS CUSTOS COM A SAÚDE PÚBLICA COM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Estabelecer a relação entre os custos teve como foco a avaliação dos impactos positivos que as implementações dos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário ocasionam sobre a saúde pública na capital de Guiné-Bissau. Em outras palavras, foi avaliada a redução de gasto com a saúde (em dólares) para cada dólar investido no saneamento básico.

Como se percebe na Figura 15, foram consideradas três opções para o sistema de esgotamento sanitário: sistema coletivo com rede coletora e estação elevatória de esgoto – **ES1**; sistema simplificado individual por latrina – **ES2**; sistema coletivo completo com rede coletora, estação elevatória e estação de tratamento de esgoto - **ES3**. Para o sistema de abastecimento de água, foram consideradas duas opções: captação direta - **AA1**; sistema completo com captação, reservação e distribuição - **AA2**. Quanto à saúde pública (**SP**), foram considerados os custos com os programas de assistência social (**SP1**), medicamentos e vacinas (**SP2**) e internações (**SP3**) relacionados às doenças de veiculação hídrica, não se distinguindo as doenças relacionadas ao esgotamento sanitário e abastecimento de água.

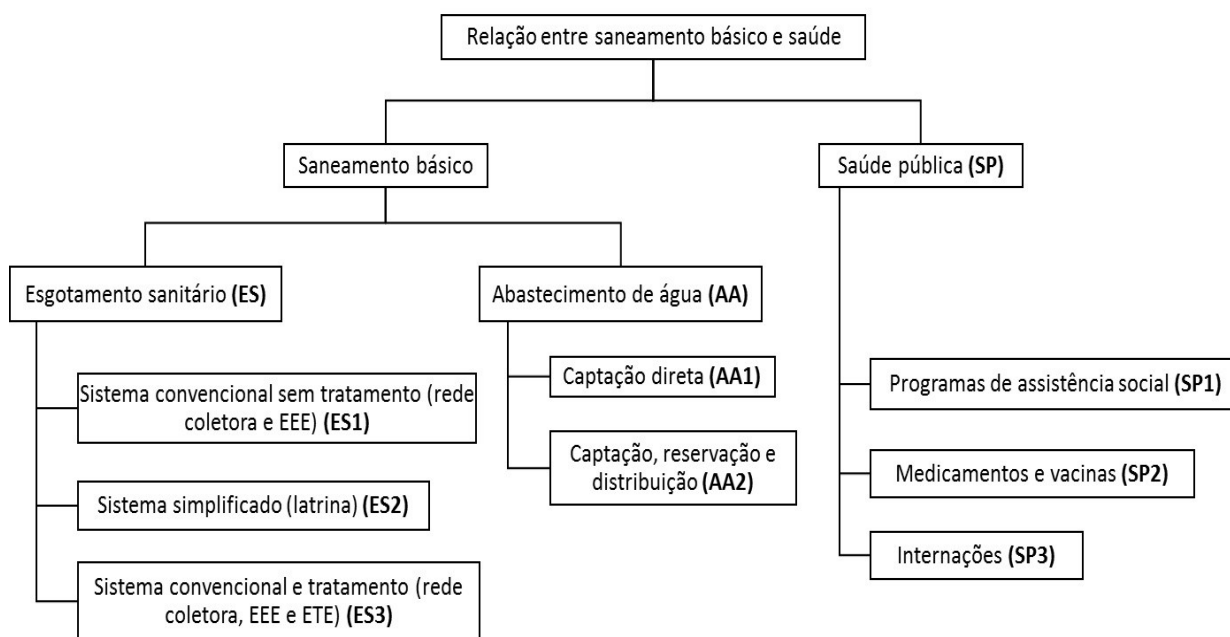


Figura 15 - Esquema dos processos considerados no saneamento básico e saúde pública
Fonte: Autor (2018)

Os cenários analisados, em se tratando da relação dos custos entre saneamento básico e saúde pública, foram: 1º cenário - ES1+AA1+SP; 2º cenário - ES2+AA1+SP; 3º cenário - ES3+AA1+SP; 4º cenário - ES1+AA2+SP; 5º cenário - ES2+AA2+SP; 6º cenário - ES3+AA2+SP. A relação entre os custos com a saúde pública e os custos de implantação do saneamento básico R_{custo} foi obtida a partir da seguinte equação (1).

$$R_{custo} = Saúde/Saneamento \quad (1)$$

Na qual: *Saúde* representa os custos com a saúde pública na capital Bissau (SP1+SP2+SP3) em US\$; *Saneamento* representa os custos de implantação do saneamento básico (ES+AA) em US\$.

ESTIMATIVA DOS CUSTOS DOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Esgotamento sanitário

Neste estudo, foram considerados os custos para aquisição do terreno e construção do sistema de esgotamento sanitário. Além disso, foi considerada a população da capital

Bissau, calculada pelo método de extrapolação (Anexo A) igual a 786.280 habitantes, para um horizonte de 20 anos (2038).

Sistema simplificado (latrina)

O custo *per capita* para construção da latrina na capital Bissau foi estimado em US\$ 57, de acordo com UE-PAANE (2013). Nessa estimativa, é considerada a construção do sistema de vedação entre o tanque séptico e o meio exterior, associado a uma tubulação de ventilação para liberação dos gases produzidos no tanque.

Sistema convencional - Rede coletora de esgoto

De acordo com Salazar (2010), para a estimativa do custo final de implantação da rede coletora de esgoto, foi considerado o valor médio de US\$ 31,25 por metro de rede (para profundidade da tubulação entre 1,2 e 1,5 m). A extensão total da rede é de 958,8 km, o que foi obtido por meio da ferramenta computacional, Sistema de Informação Geográfica-SIG de uso livre.

Sistema convencional - Estação Elevatória de Esgoto - EEE

Segundo Pacheco (2011), a Equação (2) representa os custos das EEE com desnível de até 15 metros em função da sua capacidade.

$$C_{EEE} = 98.000 * \ln(Q) + 250.000 \quad (2)$$

Na qual: C_{EEE} é o custo de estação elevatória de esgoto sanitário expressos em real brasileiro (R\$); Q é a vazão de projeto (L/s).

Sistema convencional - Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)

Em função da eficiência significativa na remoção de matéria orgânica biodegradável ($E_{DBO} = 73,5\%$, ver no Anexo C), menor área para implantação do sistema e baixo custo operacional, este estudo utilizou o reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA) para tratamento secundário (foram avaliados, previamente, os sistemas tipo RAFA e lodo ativado). O tratamento preliminar também faz parte do processo aqui dimensionado.

O custo de implantação da ETE foi estimado a partir de Von Sperling (2005), considerando-se o custo de US\$ 30 por habitante. A ETE projetada para o horizonte de 20 anos (2038) tem uma área de $7.268,95\text{m}^2$, perfazendo $443,95^2$ para o tratamento preliminar e 6.825m^2 para o RAFA (tratamento secundário). Conforme Von Sperling (2005), foi acrescida uma área de $2180,7\text{m}^2$ (30% da área calculada) para as demais dependências da

ETE (guarita, escritório, casa de química, laboratório, refeitório, banheiro, acesso de veículo, sistema de drenagem pluvial, entre outros).

Abastecimento de água

Além disso, foram considerados os custos para aquisição do terreno, construção, manutenção e operação do sistema de abastecimento de água. Foi considerada uma população da capital Bissau igual a 786.280 habitantes, para um horizonte de 20 anos (2038).

Captação direta

Para a estimativa do custo de captação direta, foi considerada apenas a população residente na cidade de Bissau não atendida pela autarquia de água e esgoto (10% da população), o que é igual a 78.628 habitantes para o horizonte de 20 anos (2038). Foi considerado também o custo de US\$ 4,07 por habitante para a construção de poço freático (Wells, 2018).

Captação, reservação e distribuição

De acordo com o Banco Mundial (2014), a tarifa média de cobrança para captação, reservação e distribuição de água em Guiné-Bissau foi de US\$ 0,41/m³/hab no ano de 2014. Essa tarifa inclui a construção, manutenção e operação do sistema de abastecimento de água. O custo total para os próximos 20 anos foi obtido a partir da soma anual dos custos, mantendo fixa a tarifa média de cobrança definida pelo Banco Mundial (2014).

ESTIMATIVA DE CUSTOS COM A SAÚDE PÚBLICA

O levantamento dos custos da saúde (especificamente, os relacionados às doenças de veiculação hídrica) foi realizado a partir de revisão bibliográfica junto aos periódicos científicos, livros, jornais digitais, Organismos não Governamentais – ONG nacionais e estrangeiras e órgãos públicos. Os dados faltantes acerca da área objeto de estudo (capital Bissau) foram complementados com informações de países vizinhos (principalmente, Senegal) e de países pobres da Ásia e América Latina.

Quanto ao programa de assistência social e prevenção de doenças de veiculação hídrica, o valor de US\$ 12,43 milhões para o ano de 2009 (OMS, 2009) foi corrigido para cada quadriênio, totalizando 6 campanhas entre o período de 2018 a 2038. É importante salientar que, de acordo com Jónína, Passa e Geir (2001), os programas de assistência social e difusão de informação sobre as doenças de veiculação hídrica são ineficientes na

capital Bissau. E, quanto aos custos com medicamentos e vacinas, utilizou-se o valor US\$ 41 milhões para o ano de 2009 (OMS, 2009) corrigido para cada 8 anos, totalizando 3 campanhas entre o período de 2018 a 2038.

Em função da carência de dados sobre internações em Guiné-Bissau, foram utilizados os custos de internação em virtude da cólera nos países da África (Moçambique) e Ásia (Bangladesh, Indonésia e Índia), os quais variam conforme a localidade e a forma de tratamento. Nesse sentido, em acordo com Poulos *et al.*, (2011), foram computados os custos com o primeiro atendimento (na própria comunidade) e no hospital. O valor de US\$ 79,95 por internação ao longo de 2018 a 2038 foi considerado fixo, em função da pouca alternância entre 1986 até 2013 (total de 94.101 internações).

CAPÍTULO 4

4- RESULTADOS E DISCUSSÕES

O item 4.1 traz o panorama atual da relação saneamento básico e saúde em Guiné-Bissau. Já os itens 4.2 e 4.3 trazem, respectivamente, os custos dos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário. Por sua vez, o item 4.4 demonstra os custos com a saúde pública (programas de assistência social, medicamentos e vacinas e internações), enquanto que o item 4.5 detalha e discute a relação entre os custos para os seis cenários analisados.

4.1 Panorama atual da relação saneamento básico e saúde em Guiné-Bissau

Em função da fragilidade e incapacidade dos gestores públicos, uma grande parcela do OGE é provida pelas ONGs. A maioria da população (61,5% das famílias) ainda carece de facilidade de acesso aos centros de saúde, tornando ineficiente o combate e/ou prevenção das doenças de veiculação hídrica.

A partir de uma análise criteriosa, é possível notar que a propagação das doenças de veiculação hídrica está relacionada à deficiência do planejamento e da normatização para a construção da latrina e poço freático. Ademais, a maioria da população rural (90%) ainda possui o hábito de defecar a céu aberto. Existem também crenças em mitos por parte de alguns grupos étnicos de que as doenças de veiculação hídrica são pragas dos espíritos e que podem ser combatidas por meio de práticas de sacrifício e de adoração aos espíritos. Essa situação é agravada pela ineficiente difusão de informações sobre a causa e prevenção das doenças.

4.2 Custos dos sistemas de abastecimento de água

A EAGB detém o monopólio de fornecimento de energia elétrica e do abastecimento de água tratada na capital Bissau. De acordo com o Banco Mundial (2014), no seu relatório de financiamento ao projeto de atualização de serviços de água e eletricidade na Guiné-

Bissau, a EAGB recebeu US\$ 17 milhões no ano de 2014 para restaurar e aumentar o acesso da população de Bissau à água potável.

O orçamento para o abastecimento urbano de água, considerando a captação, armazenamento, distribuição, instalação de geradores a diesel (para eventual falta de energia elétrica), financiamento de custos operacionais e consultores chega a US\$ 12,05 milhões, conforme aponta o Banco Mundial (2014). A Tabela 4 traz os indicadores e seus valores relacionados à eletricidade e ao abastecimento de água para o ano de 2013 (BANCO MUNDIAL, 2014).

Tabela 4 - Indicadores e seus valores relacionados à eletricidade e abastecimento de água para o ano de 2013.

para o ano de 2013.

Indicador	Eletricidade	Água
População	431.600	
Eletricidade e água produzidas	22,94 GW/h	6,48 milhões de m³
Eletricidade e água distribuída	12,26 GW/h	3,43 milhões m³
Relação não contabilizada para eletricidade / água	47%	50%
Taxa de acesso aos serviços:	58%	31%
• Através da conexão doméstica	58%	22%
• Através de postos	N/A	9%
Número de conexões	27.250	6.726
• Medido	23.890	9.556
• Medido e pré-pago	16.216	N/A
Número de funcionários	339	
Funcionário por 1.000 conexões	9,2	
Tarifa média (incluindo taxas mensais)	US\$ 0,59/kWh	US\$ 0,41/ m³
Taxa de cobrança	90%	
EQUIVALENTES DE MOEDA – Unidade de moeda = US\$ (1 US\$ equivale a 476 CFAF, cotação para 31 de marco de 2014).		

Fonte: Banco Mundial (2014) adaptado

Segundo EAGB (2014), os indicadores (Tabela 3) não sofreram alterações devido à falta de correção do salário-base da população.

4.2.1 Custo com captação direta

A captação direta para consumo pode ser feita de diferentes formas, no entanto, neste trabalho, foi utilizada como referência a captação no poço freático. Como fator negativo desse sistema pode ser citado o contato direto do “tampão” metálico e do balde de coleta

de água com o solo rico em microrganismos patogênicos que pode comprometer a qualidade da água captada. De acordo com Wells (2018), não é possível fixar o preço de um poço, pois o valor varia conforme a localidade e a profundidade.

Segundo Water Wells For África – WWFA (2018) e Wells (2018), o custo médio para construção de um poço, com profundidade entre 30 a 91 metros, varia entre US\$ 4.000 a US\$ 12.000, levando-se em conta as características do solo. Ainda de acordo com WWFA (2018), em seu trabalho sobre de escavação de poços em Moçambique e Malawi, cada poço tem capacidade de abastecer até 2.000 pessoas, tendo, nesse caso, uma vida útil de 20 anos, ou seja, o custo de implantação de poço é de US\$ 2,00 a US\$ 6,00 por pessoa.

De acordo com Catarise (2014), a missão Sal e Luz, em sua campanha para construção de poços na Guiné-Bissau, concluiu que a profundidade média satisfatória dos poços manualmente bombeados nos arredores de Bissau é de 35 metros. Portanto, para o cálculo dos custos de captação direta, foi utilizada a população crítica e a média dos custos, nesse caso, os 10% da população de 786.280 habitantes que não seriam atendidos pela EAGB. A Tabela 5 detalha o cálculo de custo da captação direta.

Tabela 5 - Custo com a captação direta.

População (hab.)		Números de poços necessários	Custo US\$			
			Por profundidade		Média	TOTAL
Total a ser atendida	Atendida por poço		0 a 30 metros	31 a 91 metros		
78.628	2.000	40	4.000,00	12.000,00	8.000,00	320.000,00

Fonte: Autor (2018)

4.2.1.2 Custo com captação, reservação e distribuição.

Para determinação do custo final de abastecimento de água tratada com cloro (captação, reservação e distribuição), utilizou-se a capacidade corrigida de água distribuída seguindo o crescimento populacional por ano, mantendo-se a tarifa média de cobrança (US\$ 0,41/m³) e a taxa da cobrança fixada em 90% (Tabela 4). A Tabela 6 traz indicadores e valores relacionados ao custo de abastecimento de água.

Tabela 6 - Custos corrigidos de abastecimento de água.

Tabela 6 – Custos corrigidos de abastecimento de água.						
Ano	População (hab.)	Crescimento (%)	Água distribuída (m³)	Custo da Distribuição da água		
				Custo Unitário (US\$/m³)	Taxa de Cobrança (%)	Custo Total com taxa de cobrança (US\$)
2018	537.300	1,24	4.270.016,22	0,41	90,00	1.575.635,98
2019	549.749	1,02	4.368.950,58			1.612.142,76
2020	562.198	1,02	4.467.884,94			1.648.649,54
2021	574.647	1,02	4.566.819,30			1.685.156,32
2022	587.096	1,02	4.665.753,66			1.721.663,10
2023	599.545	1,02	4.764.688,02			1.758.169,88
2024	611.994	1,02	4.863.622,38			1.794.676,66
2025	624.443	1,02	4.962.556,74			1.831.183,44
2026	636.892	1,02	5.061.491,10			1.867.690,22
2027	649.341	1,02	5.160.425,46			1.904.197,00
2028	661.790	1,02	5.259.359,82			1.940.703,78
2029	674.239	1,02	5.358.294,18			1.977.210,55
2030	686.688	1,02	5.457.228,54			2.013.717,33
2031	699.137	1,02	5.556.162,91			2.050.224,11
2032	711.586	1,02	5.655.097,27			2.086.730,89
2033	724.035	1,02	5.754.031,63			2.123.237,67
2034	736.484	1,02	5.852.965,99			2.159.744,45
2035	748.933	1,02	5.951.900,35			2.196.251,23
2036	761.382	1,02	6.050.834,71			2.232.758,01
2037	773.831	1,02	6.149.769,07			2.269.264,79
2038	786.280	1,02	6.248.703,43			2.305.771,57
Soma total do custo						40.754.779,28

Fonte: Adaptado de Banco Mundial (2014)

4.3 Custos dos sistemas de esgotamento sanitário

4.3.1 Latrina

Esse sistema se constitui em um método de construção direta, caracterizando-se como um grande potencial de contaminação do solo. Observa-se que, em virtude da falta de medidas práticas de saneamento e de educação sanitária, grande parte da população tende a lançar os dejetos diretamente sobre o solo, poluindo e criando, desse modo, situações favoráveis à transmissão de doenças (Fundação Nacional da Saúde-FUNASA, 2007). Contudo, por razões, principalmente, econômicas, em muitas comunidades urbanas e suburbanas, esse sistema se torna uma solução domiciliar. Ressalta-se que, dependendo do lugar onde for

construído, esse sistema pode servir de disseminação de bactérias em águas subterrâneas, sobretudo, nas épocas chuvosas, período em que lençóis freáticos atingem maiores alturas.

De acordo com UE-PAANE (2013), o custo de construção das latrinas é variável, dependendo da capacidade financeira da população e da disposição do espaço físico. A Figura 16 traz o custo *per capita*, em dólares, para construção de sistemas de esgotamento sanitário na África, Ásia e América Latina/Caribe (foi considerado que 1 US\$ é igual a 551,76 FCFA, que é uma cotação para setembro de 2017). A referida Figura é importante para comparar o sistema de latrina (que é amplamente utilizado em Guiné-Bissau) com outros sistemas similares.

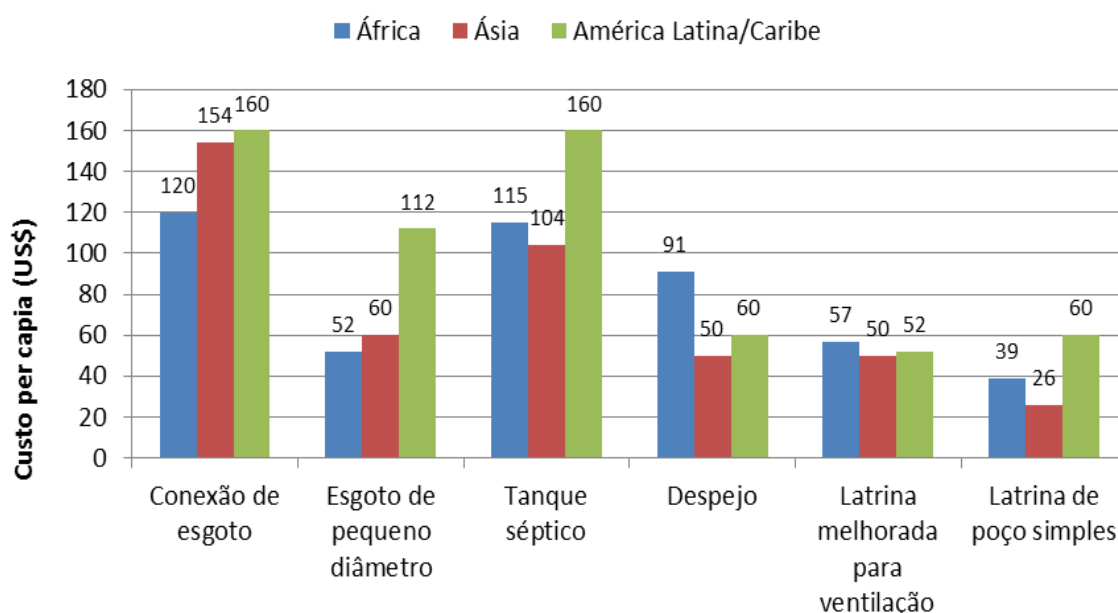


Figura 16 - Custos per capita, em dólares, para construção de sistemas de esgotamento sanitário na África, Ásia e na América Latina/Caribe.

Fonte: UE-PAANE (2013).

Na Figura 16, a conexão de esgoto representa toda a rede coletora de esgoto, incluindo as ligações prediais, coletores de esgotos e seus órgãos acessórios. O esgoto de pequeno diâmetro é toda a rede coletora de esgoto com diâmetro reduzido em função da limitação de espaço. Já o tanque séptico, conforme já descrito anteriormente, trata-se de um sistema simplificado de tratamento de efluente doméstico e o despejo representa os sumidouros (disposição final do efluente doméstico). A latrina melhorada para ventilação corresponde a um sistema de vedação entre a vala e o meio exterior associado a uma tubulação de ventilação para liberação dos gases produzidos na vala, enquanto que a latrina de poço

simples é a latrina tradicional, sem estrutura de vedação entre a vala e o meio exterior (“fossa negra”).

O custo *per capita* reduzido de construção das latrinas de poço simples e melhoradas justifica sua grande utilização em Guiné-Bissau (Figura 16). Ainda na Figura 16, percebe-se que os custos *per capita* para construção de tanques sépticos e sumidouros (despejos sem tratamento prévio) são maiores do que para a construção de rede coletora de esgoto, o que evidencia a necessidade de substituição do sistema de esgotamento sanitário. É importante alertar que, nessa comparação, não foram considerados os custos com a construção de uma estação de tratamento de efluente.

Em função da falta de dados sobre custo de investimento para o comprimento linear de rede coletora de esgoto em Guiné-Bissau, foram utilizados os valores do país vizinho, o Senegal, já que esses países compartilham da mesma moeda. No levantamento do custo de investimento comparativo entre diferentes sistemas de esgotamento sanitário (Figura 17), foram consideradas as despesas operacionais, as condições ambientais e os aspectos sociocomunitários (RESEAUPROJECTION, 2009).

Na Figura 17, abaixo, o esgotamento individual refere-se à ligação individualizada de rede de esgotamento sanitário; já o esgotamento semicoletivo se refere ao sistema de rede tipo condomínio, enquanto o saneamento coletivo se refere a toda a área urbana. Ainda na Figura 17, para o mesmo número de domicílios, o custo de investimento do esgotamento individual sempre é maior que o esgotamento semicoletivo e o coletivo. Contudo, até, aproximadamente, 1500 domicílios, o custo do esgotamento coletivo é ligeiramente superior ao saneamento semicoletivo (acima de 1500 domicílios, ocorre o inverso).

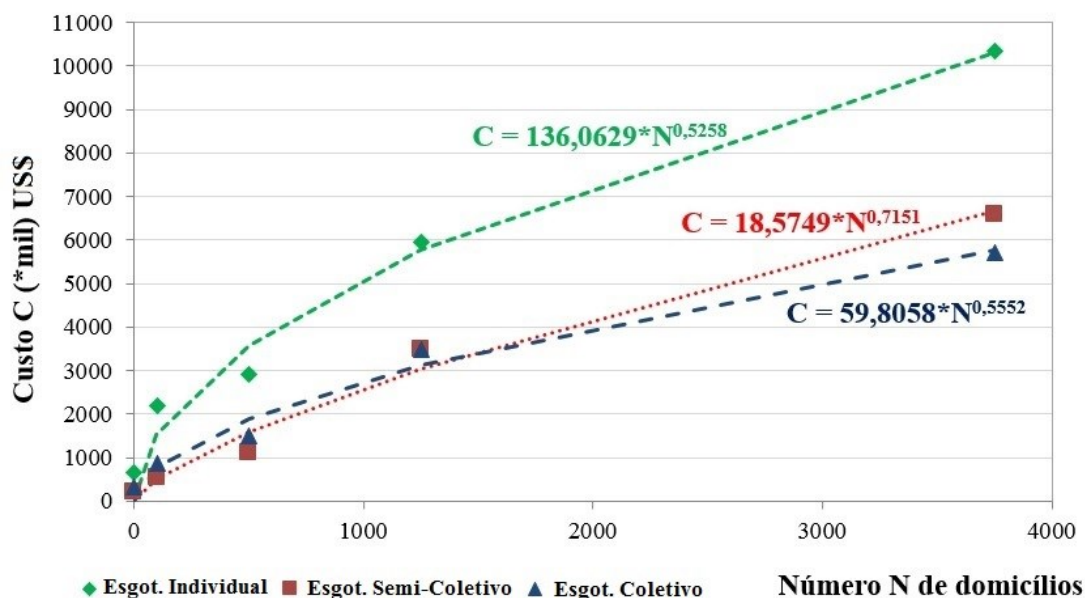


Figura 17 - Custo de investimento comparativo entre diferentes sistemas de esgotamento sanitário em Senegal.

Fonte:

http://www.reseauprojection.org/wiki/index.php?title=Image:Reseau_petit_diametre_8.jpg,
(adaptado)

Para o custo com esgotamento modelo latrina *per capita* (amplamente adotada em Bissau, Guiné-Bissau), após a análise, optou-se pela latrina melhorada para ventilação por trazer um sistema de vedação entre a vala e o meio exterior associado a uma tubulação de ventilação para liberação dos gases produzidos na vala que é isolada do contato direto, atendendo, assim, à condição de não contaminar o solo e também devido o seu baixo custo *per capita* de construção em relação às outras latrinas desse sistema. Sendo assim, com o custo *per capita* de US\$ 57 (Figura 16), e considerando que a população atendida é crítica, isto é, a população estimada de 786.280 habitantes para o horizonte de 20 anos (alcançe em 2038), o custo estimado para implantação de latrina modelo melhorada com ventilação é de US\$ 44.817.960,00.

4.3.2 Estação Elevatória de Esgoto (EEE)

De acordo com a Rede Nacional de Captação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental-ReCESA (2008) e Funasa (2007), as estações elevatórias servem para o recalque de esgoto de um ponto de cota mais baixa para outro mais elevado, seja para

integrar bacias ou para levar o efluente à ETE. Portanto, a sua instalação sem a devida integração com a ETE acarreta em um sistema limitado, com consequente poluição dos mananciais.

De acordo com Knowle (2011) e Colossi (2002), a EEE (também denominada de estação de bombeamento de esgoto) é um pequeno componente da unidade de sistema de esgoto sanitário, porém vital na transposição de esgotamento em diferentes desníveis da rede coletora de onde os conjuntos moto-bombas recalcam o esgoto de um nível para outro, sendo fundamental para manter a integridade do sistema e evitar derramamentos indesejados. Seus custos expressam os gastos com os insumos, mão de obra, materiais e equipamentos necessários à implantação de uma unidade de estação elevatória, cujos conjuntos moto-bombas são, em sua maioria, submersíveis (COLOSSI, 2002).

De acordo com Minisota (2016), Knowle (2011) e Francato, Barbosa e Nour (2011), os custos de construção (instalação) de uma EEE, geralmente, variam de acordo com cada local, capacidade e complexidade e altura manométrica. Dependendo das condições do campo e arranjo dos componentes, os custos podem oscilar entre US\$ 150.000 a 1,5 milhão, com capacidade de bombeamento de até 6,3 m³/s.

Por sua vez, Minisota (2016) assevera que os preços unitários originais e informações obtidas dos fornecedores das bombas a serem instaladas nas estações elevatórias são fatores definidores dos custos estimados para as futuras manutenções. Esses valores devem ser atualizados anualmente para refletir o histórico dos custos durante a operação das estações elevatórias. Assim, estima-se o orçamento do custo de manutenção para o tempo de funcionamento da EEE para eventuais necessidades de substituições, como, por exemplo, entre 2018 a 2038 (MINISOTA, 2016).

Segundo Francato, Barbosa e Nour (2011), uma EEE pode ser classificada em função da sua capacidade de vazão quanto à altura manométrica de recalque, extensão da rede coletora, dentre outros. A Tabela 7 apresenta a classificação de uma EEE quanto à sua capacidade.

Tabela 7 - Classificação de uma EEE quanto à sua capacidade

Classificação de uma EEE		
Quanto à vazão	$Q_r \leq 50 \text{ L/s}$	Pequena
	$50 < Q_r \leq 500 \text{ L/s}$	Média
	$Q_r > 500 \text{ L/s}$	Grande
Quanto ao desnível geométrico	$H \leq 10 \text{ mca}$	Baixa
	$10 < H \leq 20 \text{ mca}$	Média
	$H > 20 \text{ m}$	Alta
Quanto ao comprimento	$L \leq 10 \text{ m}$	Curta
	$L > 10 \text{ m}$	Longa

Q_r é a vazão de projeto; H é a altura geométrica (desnível); L é o comprimento do trecho de recalque (m).

Fonte: Francato, Barbosa e Nour (2011) adaptado.

Conforme aponta Gomes e Harada (1997) apud Costa (2010) e Pacheco (2011), os custos de implantação de EEE correspondem a 1% do custo total de um sistema de esgotamento sanitário de uma comunidade, sendo os fatores importantes na estimativa do custo da EEE a vazão do projeto (recalque) e o desnível geométrico (altura manométrica).

Neste trabalho, considerou-se a vazão crítica, vazão máxima do fim do plano (2038), que é de 1857,1 L/s (Anexo A) como vazão de projeto. Em relação ao que foi estabelecido na determinação da altitude média (Anexo D), a cidade de Bissau é plana, situa-se a uma altitude de 0 metros do nível do mar. Logo, considerando a característica plana da cidade, e ponderando a margem de segurança, que inclui a perda de carga total no sistema (para o reator RAFA), estimou-se que a altura manométrica (desnível) da EEE é média, isto é, compreendida entre 10 e 20 metros, portanto adotou-se a altura manométrica de 15 metros.

Contudo, considerando a vazão e altura manométrica definida anteriormente, o custo total obtido pela Equação 2, para EEE, é de R\$ 987.623,60 (US\$ 293.935,59).

4.3.3 Custo com Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)

A melhor maneira de evitar o contato de pessoas com dejetos e a transmissão de doenças de veiculação hídrica é a execução de sistemas adequados de coleta, tratamento e destinação final para os esgotos sanitários (ReCESA, 2008). De acordo com Ferreira (2017), entre diferentes modelos da ETE, avaliou-se que os modelos tipo lodo ativado e RAFA apresentam maior eficiência, exigem menor área para implantação do sistema e apresentam baixo custo operacional e menor potencial de contaminação do solo. Portanto, para o presente trabalho, foram utilizados esses dois modelos para cálculo do custo de

implantação da ETE. Ao final, na avaliação da relação de custos, optou-se pelo modelo mais econômico. Todas as etapas do dimensionamento do Sistema de Esgotamento Sanitário consideradas estão disponíveis nos anexos A, B, C e D.

- *Estudos preliminares*: Os estudos Preliminares da ETE, com determinação do período e cálculo da população do projeto, as vazões domésticas, infiltração, industrial, vazão média, máxima e mínima, assim como a determinação da temperatura para o projeto e parâmetros de qualidade do efluente estão disponíveis no Anexo A.

- *Tratamento preliminar*: O tratamento preliminar da ETE, que inclui o dimensionamento do tratamento preliminar, seleção da calha Parshall, dimensionamento da caixa de Areia, dimensionamento do gradeamento, cálculo da tubulação de alimentação de esgoto e a determinação da área total para o tratamento preliminar, pode ser visto no Anexo B.

- *Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA)*: O dimensionamento do tratamento do sistema RAFA com dados iniciais, determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO), sua eficiência e área estão no Anexo C.

- *Lodo Ativado*: O Tratamento Secundário por Lodo Ativado, incluindo o dimensionamento dos decantadores primário e secundário, dos poços de Lodo, dimensionamento dos vertedores, dos tanques de aeração ou reator, assim como a eficiência e a área necessária para a sua implantação, estão detalhados no Anexo D.

A Tabela 8, adaptada de Von Sperling (2005), traz a comparação dos custos para as opções de tratamento de esgoto quanto à implantação da ETE.

Tabela 8 - Valores característicos dos diferentes modelos de tratamentos de esgotos, em dólares.

Sistema de tratamento	Eficiência na remoção (%)				Requisitos		Custos de implantação (US\$/hab)	Tempo de detenção hidráulica total (dias)	Qtde. de lodo a ser tratado (m³/hab.ano)
	DBO	N	P	Coliformes	Área (m²/hab)	Potência (W/hab)			
Lagoa facultativa	70-85	30-50	20-60	60-99	2-5	0 (aprox)	10-30	15-30	-
Lagoa anaeróbia - lagoa facult.	70-90	30-50	20-60	60-99,9	1,5-3,5	0 (aprox)	10-25	12-24	-
Lagoa aerada facultativa	70-90	30-50	20-60	60-96	0,25-0,5	1-1,7	10-25	5-10	-
Lagoa aer. Mist. Completa - lagoa decant.	70-90	30-50	20-60	60-99	0,2-0,5	1-1,7	10-25	4-7	-
Lodos ativados convencional	85-93	30-40	30-45	60-90	0,2-0,3	1,5-2,8	60-120	0,4-0,6	1,1-1,5
Lodos ativados era. Prolongada	93-98	15-30	10-20	65-90	0,25-0,35	2,5-4	40-80	0,8-1,2	0,7-1,2
Lodos ativados fluxo intermitente	85-95	30-40	30-45	65-90	0,2-0,3	1,5-4	50-80	0,4-1,2	0,7-1,5
Reator anaeróbio manta de lodo	60-80	10-25	10-20	65-90	0,05-0,1	0 (aprox)	20-40	0,3-0,5	0,07-0,1
Fossa séptica - filtro anaeróbio	70-90	10-25	30-45	65-90	0,2-0,4	0 (aprox)	30-80	1-2	0,07-0,1
Biodiscos	85-93	30-40	30-45	65-90	0,15-0,25	0,7-1,6	70-120	0,2-0,3	0,7-1
Filtro biológico baixa carga	85-93	30-40	30-45	65-90	0,5-0,7	0,2-0,6	50-90	NA	0,4-0,6
Filtro biológico alta carga	80-90	30-40	30-45	65-90	0,3-0,45	0,5-1	40-70	NA	1,1-1,5

Fonte: Von Sperling (1996)

A população considerada para o cálculo do custo de implantação da ETE foi a população crítica (para ano final da operação do sistema, 2038) estimada no cálculo de população (Anexo A) para residentes na cidade Bissau, com 786.280 habitantes. Quanto à área, adotou-se a área final para esses dois sistemas dimensionados. Portanto, a área total do modelo RAFA é igual a 6.825 m², enquanto a área para lodo ativado é de 15.945,87 m² (Anexos C e D, respectivamente).

Diante da população considerada e dos custos de implantação dos sistemas por habitante, o custo total médio para o RAFA é de US\$ 23.588.400,00 e, para o lodo ativado, é de US\$ 70.765.200,00. Portanto, levando em consideração o menor custo total e a menor área total ocupada, foi considerado o sistema RAFA. É importante salientar que, nesse levantamento, não foram considerados os custos de operação e manutenção.

4.3.4 Rede coletora de esgoto

De acordo com Salazar (2010), a maior parte das redes coletoras (incluindo o coletor tronco e interceptores) tem valores de profundidade média, compreendidos entre 1,20 m a

1,50 m, apresentando os custos de implantação que variam entre US\$ 26,79 e US\$ 35,71¹ por metro de rede. Portanto, com a extensão total da rede coletora necessária (958,8 km), como determinada no Anexo A, e considerado o valor médio do custo por metro linear encontrado na literatura, chegou-se a um custo total de instalação da rede coletora de US\$ 29.962.500,00.

4.3.5 Custo com um lote (talhão) de terreno em Bissau, Guiné-Bissau.

De acordo com as páginas de anúncios na internet AFRIBABA (2015) e NHA-TERRA (2015), um lote (talhão) de terreno na cidade de Bissau tem dimensão aproximada de 20m por 25m, algo em torno de 500m². O preço de aquisição avaliado é de, aproximadamente, 3.000.000 FCFA, valor correspondente a US\$ 5.650,89 (1US\$² é igual a 530,89 FCFA na cotação de Abril do ano 2018). Para o custo unitário do terreno, dividiu-se o valor em dólar pela área de um lote (talhão) de terreno (500 m²), chegando, nesse caso, ao valor de US\$ 11,30/m².

As áreas necessárias para o tratamento preliminar (443,95 m²) e para o sistema de tratamento RAFA (6.825 m²) estão disponíveis nos Anexos B e C, respectivamente. Já o custo total do terreno, convertido em dólar, foi de US\$ 82.152,05 (US\$ 5.017,42 para o tratamento preliminar e US\$ 77.134,62, para o sistema RAFA). Nesse custo, inclui-se o acréscimo de 30% para atender à área necessária de EEE.

4.4 CUSTOS COM A SAÚDE PÚBLICA

Este item apresenta os custos com os programas de assistência social e prevenção, medicamentos e vacinas e internações.

4.4.1 Programas de assistência social e prevenção

De acordo com a publicação trimestral da OMS (2009), na Guiné-Bissau (Nobas de Saudi – 02/09), foi elaborado um plano estratégico para assistência e prevenção com o objetivo de redução de doenças relacionadas à água, malária (Paludismo), e na prevenção de cólera e gripes. Em relação aos custos da formação local e de contratação dos novos quadros, estima-se um valor de US\$ 6,72 milhões, enquanto que o valor de custo adicional é

¹ 1 US\$ equivale a R\$ 3,36 (cotação para 10 de março de 2018).

² Cotação de Dólar para Abril de 2018. Disponível em: <http://usd.pt.fxexchangerate.com/xof/>

estimado em US\$ 5,71 milhões, totalizando US\$ 12,43 milhões em 2009 (OMS, 2009). A Tabela 9 ilustra a correção do valor e estimativa do custo durante 20 anos, separados de quatro em quatro anos.

Tabela 9 - Custo com programa de assistência social e prevenção.

Ano	População (hab.)	Crescimento (%)	Custo Corrigido (US\$)
2018	537.300	1,263	15.704.873,97
2022	587.096	1,093	17.160.373,51
2026	636.892	1,085	18.615.873,06
2030	686.688	1,078	20.071.372,6
2034	736.484	1,073	21.526.872,14
2038	786.280	1,068	22.982.371,68
Soma dos Custos			116.061.737,00

Fonte: Autor (2018)

4.4.2 Medicamentos e vacinas

Ainda de acordo com a publicação trimestral OMS (2009), na Guiné-Bissau (Nobas de Saudi – 03/09), o plano estratégico para prevenção, aquisição de medicamentos e vacinação tem o objetivo também de reduzir as doenças relacionadas à água, assim como prevenir a cólera e gripes. O referido plano foi orçado em 41 milhões de dólares para um período de oito anos (OMS, 2009).

Portanto, tomando como referência tais valores, foi realizada, neste trabalho, a correção desse montante para o ano de 2018. A Tabela 10 traz a correção do valor e a estimativa dos custos para durante 20 anos, separados de oito e oito anos.

Tabela 10 - Custo com medicamentos e Vacinação.

Ano	População (hab.)	Crescimento (%)	Custo Corrigido (US\$)
2018	537.300	1,263	51.802.078,26
2026	636.892	1,185	61.403.925,61
2034	736.484	1,156	71.005.772,95
2038	786.280	1,068	75.806.696,62
Soma dos Custos			260.018.473,40

Fonte: Autor (2018)

4.4.3 Internações

De acordo com Poulos *et al.* (2011), os estudos sobre os custos com internações foram feitos em quatro locais, levando em conta a epidemia de cólera endêmica (Bangladesh,

Indonésia, Índia e Moçambique), tendo sido utilizada a combinação de dados em hospitais e em comunidades. Assim como ocorreu no caso de Bissau (Guiné-Bissau), os estudos se concentraram nas áreas urbanas. Nos custos referentes aos pacientes considerados internados, estão inseridos os custos privados (os valores pagos pelo paciente por assistência médica e transporte) e públicos (internação em hospital pública, testes de diagnóstico, tratamentos e medicação). O custo total é a soma dos custos privados e públicos.

Ainda de acordo com Poulos *et al* (2011), constatou-se que a duração média da doença é de 3 a 8 dias e que o custo por paciente hospitalizado varia de acordo com a localidade. A Tabela 11 traz o comparativo dos custos de paciente internado com a doença de cólera por local.

Tabela 11 - Custo da doença por episódio de cólera por tratamento e local de estudo.

Custos com Paciente de Cólera	Local de Estudo			
	Bangladesh	Indonésia	Índia	Moçambique
Custo com paciente hospitalizado (US\$)	31,50	205,70	35,40	47,20
Custo médio (US\$)	79,95			

Fonte: Adaptado de Poulos *et al*, (2011).

Para estimar o custo de internação de paciente com cólera em Bissau, foi utilizado o valor médio (média aritmética) constante na Tabela 10. Já quanto aos números de casos, foram considerados todos os eventos das epidemias de cólera ocorridas em Guiné-Bissau (Item 2.2.1) como sendo tratadas no maior centro hospitalar do país (Hospital Nacional Simão Mendes) ou que as ocorrências em outras localidades tenham sido acopladas ao banco de dados do referido hospital. A Tabela 12 mostra os anos da ocorrência, números de casos e o valor do custo total com a internação.

Tabela 12 - Anos da ocorrência, números de casos e o valor do custo total com a internação em Bissau, Guiné-Bissau.

Ano da epidemia	Números de casos	Custos por internação de cólera		Soma dos Custos (US\$)
		Custo médio por paciente (US\$)	Custo total (US\$)	
1986	200	79,95	15.990,00	7.523.374,95
1987	6.000		479.700,00	
1994-1995	15.875		1.269.206,25	
1996-1997*	26.967		2.156.011,65	
2002	1.132		90.503,40	
2004	227		18.148,65	
2005-2006 [#]	25.219		2.016.259,05	
2007	157		12.552,15	
2008	14.229		1.137.608,55	
2012-2013	4.095		327.395,25	

Fonte: Autor (2018).

Devido à pouca alternância nos custos estimados com as internações desde a primeira epidemia até a última ocorrência da cólera, o valor obtido na Tabela 12 foi considerado similar ao custo dos próximos 20 anos (2018-2038). Assim, com a base nos valores obtidos, estima-se que os custos totais com programas de assistência social e prevenção, medicamentos e vacinação e internações em virtude da cólera é de US\$ 383.603.585,36.

4.5 RELAÇÃO ENTRE OS CUSTOS

A relação entre os custos com a saúde pública e os custos de implantação de saneamento básico foi obtida por meio da equação 1, detalhada na Tabela 13, para os seis cenários analisados.

Considerando que a maior área necessária para implantação do sistema de esgotamento é da ETE, portanto, essa é uma área crítica. E, como foi constatada pouca alternância nos custos de aquisição do terreno, considerou-se a área constante para todo o sistema de esgotamento.

* Ano de maior incidência de Cólera

[#] Ano de segunda maior incidência de Cólera

Tabela 13 - Relação dos custos entre a saúde e diferentes sistemas de saneamento básico

Configurações	Custos US\$						Saúde (Σ Programa Social + Medicamentos e Vacina + Internações)	Relação dos custos (Saúde/Saneamento)
	Saneamento							
1º Cenário	Rede Coletora de Esgoto (RCE)	Estação Elevatória de Esgoto (EEE)	Custo do Terreno (Área)	Abastecimento de Água (Captação direta)		Σ Saneamento	383.603.585,36	12,51
	29.962.500,00	293.935,59	82.152,05	320.000,00		30.658.587,64		
2º Cenário	Sistema simplificado (latrina)	Abastecimento de Água (Captação direta)			Σ Saneamento	8,50		
	44.817.960,00	320.000,00			45.137.960,00			
3º Cenário	Rede Coletora de Esgoto (RCE)	Estação Elevatória de Esgoto (EEE)	Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)	Custo do Terreno (Área)	Abast. de Água (Captação direta)	Σ Saneamento		7,07
	29.962.500,00	293.935,59	23.588.400,00	82.152,05	320.000,00	54.246.987,64		
4º Cenário	Rede Coletora de Esgoto (RCE)	Estação Elevatória de Esgoto (EEE)	Custo do Terreno (Área)	Abast. de Água (Captação, reservação e distribuição)		Σ Saneamento		5,40
	29.962.500,00	293.935,59	82.152,05	40.754.779,28		71.093.366,92		
5º Cenário	Sistema simplificado (latrina)	Abastecimento de Água (Captação, reservação e distribuição)			Σ Saneamento	4,48		
	44.817.960,00	40.754.779,28			85.572.739,28			
6º Cenário	Rede Coletora de Esgoto (RCE)	Estação Elevatória de Esgoto (EEE)	Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)	Custo do Terreno (Área)	Abast. de Água (Captação, reservação e distribuição)	Σ Saneamento		4,05
	29.962.500,00	293.935,59	23.588.400,00	82.152,05	40.754.779,28	94.681.766,92		

Fonte: Autor (2018)

Os resultados apresentados na Tabela 13 podem ser melhor interpretados por meio da Figura 18, que traz na abscissa os cenários e a relação de custos na ordenada.

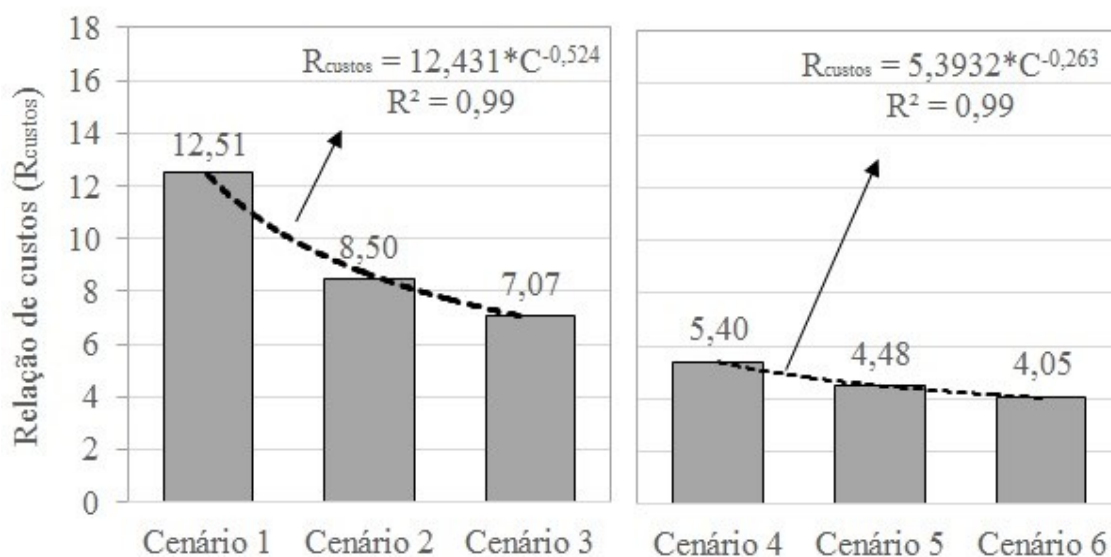


Figura 18 - Relação entre os gastos com a saúde coletiva e saneamento básico na capital Bissau para os seis cenários.

Fonte: Autor (2018)

Como se percebe na Figura 18, existe uma relação inversamente proporcional entre a relação de custos e a implementação do sistema de água e esgoto, ou seja, o uso de tecnologias mais avançadas e eficientes de tratamento de água e esgoto acarreta na diminuição da relação de custos (os cenários 1 e 6 são, respectivamente, as opções menos e mais eficientes quanto à capacidade de diminuição dos gastos com as doenças de veiculação hídrica).

A partir dos cenários 1, 2 e 3, foi possível traçar uma curva potencial da relação de custos e dos cenários ($R_{\text{custos}} = 12,431 * C^{-0,524}$, na qual C é um cenário qualquer). A partir dessa curva, e mantendo-se o sistema direto de captação de água, é possível estimar a relação de custos para qualquer sistema de esgotamento sanitário. Da mesma forma, para os cenários 3, 4 e 5, foi traçada outra curva potencial ($R_{\text{custos}} = 5,393 * C^{-0,263}$), a partir da qual, mantendo-se o sistema convencional de captação, reservação e distribuição de água, é possível estimar a relação de custos para qualquer sistema de esgotamento sanitário (ver Figura 18).

Conforme Eid (2015), a melhoria dos serviços de esgotamento sanitário e abastecimento de água traz ganhos econômicos para a administração pública em função da redução dos

gastos com a saúde. Nesse sentido, a partir do cenário 6, pressupõe-se que a implantação de saneamento básico eficiente elimina os gastos com as doenças de veiculação hídrica. A relação de custos de 4,05, no cenário 6, é similar ao valor encontrado na literatura da área (MARA et al., 2010; OMS, 2012; ONU, 2014; EID, 2015). Em outras palavras, para cada dólar investido no saneamento básico, existe uma economia aproximada de 4,3 dólares com a saúde no mundo. Segundo Eid (2015), a ausência ou deficiência do saneamento básico no mundo causa uma perda econômica global anual de 260 bilhões de dólares.

CAPÍTULO 5

5- CONCLUSÃO

A incidência recorrente das doenças de veiculação hídrica na Guiné-Bissau é uma realidade, com maior impacto na cidade de Bissau, fato justificado pela inexistência de planejamento e legislação clara sobre o saneamento básico, o que demonstra a fragilidade do governo local.

É perceptível que o controle da transmissão de doenças de veiculação hídrica está atrelado à implantação de infraestrutura urbana de esgotamento sanitário e de abastecimento de água, ambos vinculados fortemente às ações sociais e educativas quanto à importância da higiene pessoal diária, que pode acarretar em retorno de US\$ 4,05 na saúde para cada US\$ 1,00 aplicado no esgotamento sanitário eficiente e abastecimento de água tratada.

As curvas potenciais geradas que relacionam os cenários com as relações de custos são muito úteis em países pobres da África, Ásia e América Latina, regiões nas quais há carência dos dados relacionados aos gastos com a saúde pública e o saneamento básico. Destaca-se que, apesar dos cenários analisados neste trabalho, pode haver outros cenários na relação dos custos, dependendo das características de cada região.

As dificuldades enfrentadas na realização deste trabalho são referentes à escassez e falta de atualizações dos dados, mais especificamente, no que tange à limitação de acessos aos dados públicos.

Embora não tenham sido considerados os custos com a manutenção e operação dos sistemas, qualquer opção adotada é fundamental que esses aspectos sejam considerados na avaliação dos custos. Recomenda-se que sejam realizados estudos mais detalhados a fim de determinar a melhor localização do sistema, realizar uma detalhada avaliação de eventuais impactos ambientais, devendo-se também considerar as características do local no momento de levantamento orçamental, tais como: tipo de solo e capacidade de infiltração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12209. *Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários*. Rio de Janeiro, 2011.

_____. NBR NB 570. *Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário*. Rio de Janeiro, 1990.

AFRIBABA. *Talhões a Vender*. 2015. Disponível em: <<https://gw.afribaba.com/bissau/2-talhoes-a-vender-3-000-000-cfa-cada-1914.html>>. Acesso em: 10. abr. 2018.

AFRICAN LEADERS MALÁRIA ALLIANCE - ALMA. *Guinea-Bissau, Malária Overview*. Nova York: Alma, 2010. 3 p.

ALAGIDEDÉ, et al. *Meeting and missing targets: the public health dynamics of water and sanitation in Ghana*. Public Health; 2015. Forthcoming.
<https://doi.org/10.1093/pubmed/fdv181>

ALAnet global, 2012. *Relatório Final: "A análise econômica e financeira do sector da água e do saneamento"*, Brussels: CE - Contrato específico nº: 2011 / 275797 – V1 do Contrato quadro Beneficiário.

ALBUQUERQUE FILHO, José Luiz *et al.* *Cooperação Internacional em Água Subterrâneas: Desenvolvimentos no Brasil, em Angola e em Portugal*. 2010. In: XVI

BANCO MUNDIAL. 2007. *Função "recursos humanos" no Sector da Saúde da Guiné-Bissau*. Bissau: World Bank, 2007. P. 151.

BANCO MUNDIAL. 2017 - WORLD BANK. *Improved water source (% of population with access).*: GDP growth (annual %). Disponível em:
<[http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/14122/material/Epidemiologia descritiva 2016.2.pdf](http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/14122/material/Epidemiologia%20descritiva%202016.2.pdf)>. Acesso em: 02 set. 2017.

BANCO MUNDIAL. *Guinea-Bissau Emergency Water and Electricity Services Upgrading Project (P148797)*. Bissau: World Bank, 2014. 101 p

BRASIL. Ministério da saúde. *Carta de Ottawa sobre a Promoção da Saúde*. 2002. Disponível em:
<http://www.saudeemmovimento.com.br/conteudos/conteudo_frame.asp?cod_noticia=202>. Acesso em: 18 ago. 2017.

BRASIL. Ministério de Saúde. Secretária de Política Nacional de Promoção da Saúde. *Política Nacional de Promoção a Saúde: Documento para discussão*. Brasília: Ministério de Saúde, 2002. 48 p.

- BUFF, S. R. *Saneamento Básico - Etiologia e Evolução*. 2010. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfnx0AJ/saneamento-basico-etilogia-evolucao>>. Acesso em: 19 ago. 2017.
- CÁ, T. *Determinantes das diferenças de mortalidade infantil entre as etnias da Guiné-Bissau, 1990-1995*. 1999. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Epidemiologia Geral, Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 1999.
- CAMARGO, E. P. Malária, Maleita, Paludismo. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 55, n. 1, p.26-30, mar. 2003. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000100021>. Acesso em: 24 nov. 2017.
- CATARSE. *Missão Guiné-Bissau 2014: Água e Energia Elétrica*. 2014. Disponível em: <<https://www.catarse.me/missao2014>>. Acesso em: 8 maio 2018.
- CHERNICHARO, C.A.L. *Reatores anaeróbios*. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 1. ed. v. 5. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - DESA; Universidade Federal de Minas Gerais, 1997, 245 p.
- CLIMA-DATA. *Clima oficial da cidade de Bissau*. Disponível em: <<https://goo.gl/E3FYbz>>. Acesso em: 16 Jan. 2018.
- Código civil e legislação complementar-CCLC. 2006. *Decreto-lei N° 47.344 de 25 de novembro de 1966*. GUINÉ-BISSAU: Centro de Estudos e Apoio às Reformas Legislativas. 3. Ed. Bissau, 1 mar. 2006. Seção 22.869. Faculdade de direito de Bissau.
- COLOSSI, N. *Modelos Paramétricos de custos para Projetos de Sistema de Esgoto Sanitário*. 2002. 137 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.
- CONAMA 430. *Resolução N° 357/2005 – Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento*. Alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011. Ministério do Meio Ambiente – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Distrito Federal, Brasília, 17 de Março de 2005, 27 p.
- COSTA, C; RESENDE, M. *Guiné-Bissau: O ambiente agrícola o homem e o uso da terra*. Editora Clássica, 1994. 290 páginas.
- COSTA, D. R. V. *Avaliação de Custos de Implementação de Sistemas de Esgotamento Sanitário em comunidades de pequeno porte*. 2010. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2010.
- DA SILVA, B. A. *Urbanização na Guiné-Bissau: Morfologia e Estrutura Urbana da sua Capital*. 2010. 111 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa, 2010.

DENARDIN, A. A. A importância do custo de oportunidade para a avaliação de empreendimentos baseados na criação de valor econômico (Economic value added - EVA). *Contexto - Revista do Programa de Pós-graduação em Controladoria e Contabilidade da UFRGS*, Porto Alegre, v. 4, n. 6, p.1-20, jan. 2004.

DIGIFLOW. *Fornecedora de equipamentos para o tratamento de esgoto*. Disponível em: <<https://goo.gl/q9ETrj>>. Acesso em: 17 Jan. 2018.

EAGB - EMPRESA DE ELETRICIDADE E ÁGUAS DA GUINÉ-BISSAU - (2014). (GUINÉ-BISSAU). Ministério da Energia e Indústria. Eletricidade e Águas da Guiné-Bissau (eagb). *Actualisation de l'audit environnemental et de l'évaluation environnementale et sociale pour les nouveaux investissements*. Bissau: Eagb, 2006. 73 p.

ECODEBATE. *Para cada dólar investido em água e saneamento, economiza-se em saúde global*. 2014. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2014/11/24/oms-para-cada-dolar-investido-em-agua-e-saneamento-economiza-se-43-dolares-em-saude-global/>>. Acesso em: 25 nov. 2017.

ECOMSRGB - ESTRATÉGIA DE COOPERAÇÃO DE OMS COM A REPÚBLICA DA GUINÉ-BISSAU. 2007. *Estratégia de Cooperação de OMS com a República da Guiné-Bissau*. Bissau: 2007. 56 p.

EID, U. *The importance of water, sanitation, and hygiene as keys to national development*. 2015. Disponível em: <<http://water.jhu.edu/index.php/magazine/climate-change-and-health-why-the-link-to-water-is-critical>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

EXAME. 5 países onde a saúde pública funciona. 2012. Marcos Prates. Disponível em: <https://exame.abril.com/mundo/5-paises-onde-a-saude-funciona/>. Acesso: 1. out. 2017

FERREIRA, P.A.S.C. *Dimensionamento e comparação de sistemas de tratamento de esgoto para a cidade Romaria-MG*. 2017. 156 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

FIOCRUZ - Fundação Oswaldo Cruz (BRASIL). *Conheça Malária*. Rio de Janeiro: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 201-?. 8 p

FRANCATO, A. L; BARBOSA, Paulo Sérgio Franco; NOUR, Edson Aparecido Abdul. A Eficiência Energética na Operação Ótima de Estações Elevatórias de Esgoto. *Revista Dae*, [s.l.], v. 59, n. 185, p.29-34, 2011. Editora Cubo Multimídia.
<https://doi.org/10.4322/dae.2014.065>

FUNASA-Fundação Nacional de Saúde. Brasil. *Manual de saneamento*. 3. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2007. 408 p.

FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA - UNICEF (2007). Situação Mundial da Infância 2007: *Mulheres e Crianças O Duplo Dividendo da Igualdade de Gênero*. Nova Iorque: Unicef, 20007. 160 p. Disponível em: <<https://www.unicef.org/brazil/pt/sowc07.pdf>>. Acesso em: 23. ago. 2017.

. UNICEF (2013). *Contribuição da UNICEF para a estratégia Nacional de prevenção da eventual epidemia das Doenças de Vírus de Ébola*. Nova Iorque: Unicef, 2013. 10 p.

_____. UNICEF (2017). *Água potável gerenciada de forma segura: Relatório Água, Saneamento Progressos 2017*. Nova Iorque: Unicef, 2017.

_____. UNICEF (2017). *Água, Higiene e Saneamento: Relatório Água, Saneamento Progressos 2017*. Nova Iorque: Unicef, 2017. Disponível em: <<http://www.unicef.pt/Relatorio-Agua-Saneamento-Progressos-2017/>>. Acesso em: 19 ago. 2017.

FUNDO MONETÁRIO INTERNACIONAL - FMI (2011). *Guiné-Bissau: Segundo Documento de Estratégia Nacional de Redução da Pobreza*. Washington, D.C: fmi, 2011. 139 p. Disponível em: <<https://www.imf.org/external/lang/Portuguese/pubs/ft/scr/2011/cr11353p.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

FXEXCHANGERATE. *Dólar dos Estados Unidos (USD) Para Franco CFA (BCEAO) (XOF)*. Disponível em: <<http://usd.pt.fxexchangerate.com/xof/>>. Acesso em: 10 abr. 2018

GENTILI, D. *Acesso à água e ao saneamento nos Países em desenvolvimento*. Lisboa, Cesabriefpapers N. 1; 2015.

GOOGLE MAPS. Dados geográficos da cidade de Bissau. Disponível em: <<https://goo.gl/wCfNvw>>. Acesso em: 20 Mar. 2018.

GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. *Saneamento básico*. 2007. Disponível em: <http://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/TCC-SaneamentoSa%C3%BAdade.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2017.

HUTTON, G. *Water and Sanitation: Benefits and Costs of the Water Sanitation and Hygiene Targets for the Post-2015 Development Agenda*. Copenhagen: World Bank, 2015. 32 p.

IG. *Jornal último segundo*. Disponível em: <<https://goo.gl/ituZzb>>. Acesso em: 15 de Jan. 2018.

INDEXMUNDI. *Taxa de mortalidade (mortes/1.000 habitantes). 2017*. Disponível em: <<https://www.indexmundi.com/g/g.aspx?v=26&c=pu&l=pt>>. Acesso em: 06 set. 2017

INSTITUTO NACIONAL DA SAÚDE PÚBLICA - INASA. 2013. Guiné-Bissau. *Epidemias de Cólera, 1986 à 2013*. Bissau: Inasa, 2013.

Instituto Nacional de Estatísticas e Pesquisa - INEP (2014). Guiné-Bissau. *Estatísticas Básicas da Guiné-Bissau, 2014*. Bissau: Inep, 2014. 45 p.

JÓNINA, E; PASSA, A; GEIR, G. *The quest for safe drinking water: An example from Guinea-Bissau (West Africa)*; Volume 5, Issue 3, 2001, Pages 133-138

KNOWLE, R. *Sewage Lift Stations: Reducing Maintenance Costs with Level Transmitters*. 2011. Disponível em: <<https://www.pumpsandsystems.com/topics/instrumentationcontrols/sewage-lift-stations-reducing-maintenance-costs-level-transmitters>>. Acesso em: 5. jan. 2018.

LEONETI, A. B; PRADO, E. L. do; OLIVEIRA, S. V. W. B. de. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. *Revista de Administração Pública*, [s.l.], v. 45, n. 2, p.331-348, abr. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-76122011000200003>.

MACHADO, P. B; JÚNIOR, S. K; HARTOG, E. Cólera na Guiné-Bissau a partir de uma perspectiva de Epidemiologia Ambiental. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, Curitiba, v. 8, n. 4, p.144-164, jun. 2015.

MARA, D. et al. 2010. *Sanitation and Health*. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2981586/>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

MEDECINS SANS FRONTIERES-MSF. (Genebra, Suíça). *Guiné-Bissau sofre grave surto de cólera*. 2008. Disponível em: <<http://www.msf.org.br/noticias/guine-bissau-sofre-grave-surto-de-colera>>. Acesso em: 04 set. 2017.

MINISOTA. BAXTER/BRAINERD. *20-Year Maintenance Plan Update (2016-2036) for Sanitary Sewer Lift Station*. Baxter, Minisota: [s.l.], 2016. 13 p. Disponível em: <<http://www.baxtermn.gov/wp-lib/wp-content/uploads/2013/09/20-Year-Lift-Station-Maintenance-Plan-2016-2036-01.2016-1.pdf>>. Acesso em: 5. jan. 2018.

Ministério da Saúde Pública-MSPgb (2006). Direção Geral da Saúde. *Programa nacional de luta contra malária (paludismo): Plano estratégico nacional fazer recuar malária (paludismo) na Guiné-Bissau*. GUINÉ-BISSAU. Bissau: Ministério de Saúde, 2006. 74 p.

Ministério da Saúde Pública. MSPgb (2008). *Plano Nacional de Desenvolvimento Sanitário*. GUINÉ-BISSAU. Bissau: Ministério da Saúde Pública, 2008. 110 p <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3824392/>

NHA-TERRA. 2015. *Nha feira - Nha Guiné Bissau*. Disponível em: <<http://nha-bissau.blogspot.com.br/2015/08/terreno-venda-710-m.html>>. Acesso em: 10. abr. 2018.

OLIVEIRA, R.D. *Geração de energia elétrica a partir do biogás produzido pela fermentação anaeróbia de dejetos em abatedouro e as possibilidades no mercado de carbono*. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2009.

OMS (2007) - WORLD HEALTH ORGANIZATION (Suíça). *Regional and Global Costs of Attaining the Water Supply and Sanitation Target (Target 10) of the Millennium Development Goals: Public Health and the Environment Assessing & Managing Environmental Risks to Health*. Genova: World Health Organization 2008, 28 p. Disponível em:

<http://www.who.int/water_sanitation_health/economic/mdg_global_costing.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2017.

ONU- UNIOGBIS. 2016. Gabinete Integrado das Nações Unidas Para A Consolidação da Paz na Guiné-Bissau. *Perfil do país*. Bissau: Uniogbis, 2016. 41 p. Disponível em: <<https://uniogbis.unmissions.org/perfil-do-pa%C3%ADs>>. Acesso em: 28. out. 2017

_____. 2017. Gabinete Integrado das Nações Unidas Para A Consolidação da Paz na Guiné-Bissau. *Seção de direitos humanos (uniogbis-sdh)-acnuh relatório sobre direito a saúde na Guiné-Bissau abril de 2017*. Bissau: Uniogbis, 2017. 41 p. Disponível em: <https://uniogbis.unmissions.org/sites/default/files/report_on_the_right_to_health_-guinea-bissau_portuguese_.pdf>. Acesso em: 18. nov. 2017.

ONUBR, Nações Unidas no Brasil. *Para cada dólar investido em água e saneamento, economiza-se 4,3 dólares em saúde global*. 2014. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/oms-para-cada-dolar-investido-em-agua-e-saneamento-economiza-se-43-dolares-em-saude-global/>>. Acesso em: 26 nov. 2017.

_____. *oms: expectativa de vida sobe 5 anos de 2000 a 2015 no mundo, mas desigualdades persistem*. 2016. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/oms-expectativa-de-vida-sobe-5-anos-de-2000-a-2015-no-mundo-mas-desigualdades-persistem/>>. Acesso em: 02 set. 2017.

ORÇAMENTO GERAL DE ESTADO-OGE. 2014 . República da Guiné-Bissau. Ministério da Economia e Finanças. Ministério da Economia e Finanças. *Orçamento Geral de Estado: lei do orçamento*. Bissau, 2014. 296 p. Disponível em: <http://www.gbissau.com/wp-content/uploads/2014/09/PROPOSTA_OGE2014.compressed.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2017.

Organisation Mondiale de la Santé-OMS.2009. *Stratégie de Coopération—Guiné-Bissau*: Bissau: Bissau. Oms, 2009. 2 p.

Organização das Nações Unidas – ONU (2005). Viewpoint European Public Health Association: Public health challenges in a globalizing world. *European Journal Of Public Health*, Oxford, v. 15, n. 1, p.3-5, 1 fev. BRUNDTLAND, G. H. 2005. Disponível em: <<https://academic.oup.com/eurpub/article/15/1/3/506692>>. Acesso em: 26 nov. 2017.

_____. ONU (2016): *OMS registrou 212 milhões de casos de malária no mundo em 2015*. 2015. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2016/12/1571431-oms-registrou-212-milhoes-de-casos-de-malaria-no-mundo-em-2015>> Acesso em: 26 ago. 2018

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - OMS (2009). Representação da OMS na Guiné-Bissau. *Publicação Trimestral (Nobas de Saudi – N°02)*: Guiné-Bissau. Bissau: Oms, 2009.

_____. OMS (2009). Representação da OMS na Guiné-Bissau. *Publicação Trimestral (Nobas de Saudi – N°03)*: Guiné-Bissau. Bissau: Oms, 2009.

_____. OMS (2012). *Stratégie de Cooperation: Guinée-Bissau*. Genebra: Oms, 2012.

_____. OMS (2016). *Relatório Mundial de Malária 2016 (Anexos)*. Genebra: Suíça, 2016. 91 p. World Malaria Report 2016 (annexes). Disponível em: <<http://www.who.int/malaria/publications/world-malaria-report-2016/WMR-2016-annexes.pdf>>. Acesso em: 20.fev.2018.

_____. OMS (2016). *Relatório Mundial de Malária 2016 (Anexos)*. Genebra: Suíça, 2017. Água, Saneamento e Higiene: Benefícios econômicos de investimento em água e saneamento. Genebra, 2017 Disponível em: <<http://www.who.int/malaria/publications/world-malaria-report-2016/WMR-2016-annexes.pdf>>. Acesso em: 18.nov.2017.

PACHECO, R. P. *Custos para implantação de Sistemas de Esgotamento Sanitário*. 2011. 149p. Dissertação (Engenharia de Recursos Hídricos), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

PORTUGAL, Rádio e Televisão – RTP (2013). *Unicef na Guiné-Bissau alerta para perigos de água insegura*. UNICEF.. 2013. Disponível em: <https://www.rtp.pt/noticias/mundo/unicef-na-guine-bissau-alerta-para-perigos-de-agua-insegura_n637501>. Acesso em: 04 set. 2017.

_____. RTP (2016). *ONU diz que a saúde pública melhorou em África, mas é ainda a pior do mundo*. 2016. Disponível em: <https://www.rtp.pt/noticias/mundo/onu-diz-que-a-saude-publica-melhorou-em-africa-mas-e-ainda-a-pior-do-mundo_n132747>. Acesso em: 27 nov. 2017.

POULOS, C. et al. Costs of illness due to endemic cholera. *Epidemiology And Infection*, [s.l.], v. 140, n. 03, p.500-509, 18 abr. 2011. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1017/s0950268811000513>. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3824392/>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

ReCESA - Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. Brasil. *Esgotamento sanitário: Projetos e construção de sistemas de esgotamento sanitário: guia do profissional em treinamento: nível 2 / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org).* – Salvador: ReCESA, 2008. 183p.

RESEAUPROJECTION. *Réseau d'égout de petit diamètre au Sénégal : Directives pour la conception, entretien et gestion, coûts et avantages distinctifs*. 2009. Disponível em: <http://www.reseauprojection.org/wiki/index.php?title=Réseau_d'égout_de_petit_diamètre_au_Sénégal:_Directives_pour_la_conception,_entretien_et_gestion,_coûts_et_avantages_distinctifs>. Acesso em: 23 set. 2017.

RIDORET, Didier. *Les Avis Du Conseil Économique Social et Environnemental: Encourager l'investissement public des collectivités territoriales*. Paris: [s.l.], 2015. 50 p. Disponível em: <http://www.lecese.fr/sites/default/files/pdf/Avis/2015/2015_21_investissement_collectivites_territoriales.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2018.

- SÁ BORDALO, A. *Água de alto risco*. 2014. Disponível em: <<https://sol.sapo.pt/artigo/102298/agua-de-alto-risco>>. Acesso em: 04 set. 2017.
- SALAZAR, B. L. *Desenvolvimento de Funções de Custos de Implantação de Sistemas de Esgotamento Sanitário*. 2010. 44 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- SALLA, M.R. *Tratamento preliminar – Dimensionamento da caixa de areia e grade – Aula 03 da disciplina GCI073 (Tratamento de águas residuárias)*. 2017a.
- _____. *Tratamento primário – Decantadores – Aula 4 da disciplina GCI073 (Tratamento de águas residuárias)*. 2017b.
- _____. *Tratamento secundário – Lodos ativados. Aula 11 da disciplina GCI073 (Tratamento de águas residuárias)*. 2017e.
- SANTOS, R. V. *Aplicação de custo de Oportunidade às decisões de preços de venda sob o enfoque de custeio direto*. São Paulo: USP, 201-?. 15 p.
- SCHOUB, Barry David. *Public Health in Africa: The Role of National Public Health Instituto*. 2007. Disponível em: <<http://www.samj.org.za/index.php/samj/article/view/132>>. Acesso em: 27 nov. 2017.
- SIGMA®. *Fabricante de equipamentos e sistemas completos voltados ao tratamento de águas, esgotos sanitários e efluentes industriais*. Disponível em <<https://goo.gl/xLxatN>>. Acesso em 25 mar. 2018.
- SILVA, R. da. *Saneamento Básico: A Relação com o Meio Ambiente e a Saúde*. 2015. 65 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gerenciamento de Recursos Hídricos e Planejamento Ambiental em Bacias Hidrográficas, Universidade Estadual Paulista - Unesp, Ourinhos-sp, 2015.
- SOARES, M. A. *Custo de oportunidade no binômio saúde e esgotamento sanitário: proposta de um modelo de avaliação com custo-benefício utilizando dados governamentais*. 2017. 242 p. Tese (Doutorado) - Curso de Análise, Planejamento e Gestão Ambiental, Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.
- TÉLANÓN. *319 milhões na África subsariana não tem acesso a água potável*. 2017. Disponível em: <<https://www.telanon.info/destaques/2017/03/21/23989/319-milhoes-na-africa-subariana-nao-tem-acesso-a-agua-potavel/>>. Acesso em: 19 nov. 2017.
- THELANCET. *Malária*. 2017. Disponível em: <<http://www.thelancet.com/cms/attachment/2001010053/2003786755/gr1.jpg>> Acesso em: 19 nov. 2017.
- TRATA BRASIL. *Esgotamento Sanitário Inadequado e Impacto na Saúde da População*. 2013. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/esgotamento-sanitario-inadequado-e-impactos-na-saude-da-populacao>>. Acesso em: 19. nov. 2017.

_____. *Saneamento no Mundo*. 2013. São Paulo. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento-no-mundo>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

UNIÃO EUROPEIA-PROGRAMA DE APOIO AOS ACTORES NÃO ESTATAIS. UE-PAANE. *Água, Saneamento e Higiene: Programa de Formação Avançada para ANEs - Formações Temáticas*. Bissau: Ue-paane, 2013. 66 p. Disponível em: <http://www.ue-paane.org/files/3914/6055/5888/10_Manual_ASH.pdf>. Acesso em: 1 set. 2017.

UNIÃO NACIONAL DOS TRABALHADORES DA GUINÉ – UNTG. 2017 (Guiné-Bissau). *Servidores públicos da Guiné-Bissau anunciam greve geral: União Nacional dos Trabalhadores da Guiné-Bissau envia pré-aviso de greve ao Governo*. 2017. Karina Gomes. Disponível em: <<http://www.dw.com/pt-002/servidores-públicos-da-guiné-bissau-anunciam-greve-geral/a-39817871>>. Acesso em: 18 ago. 2017.

UNITED NATIONS – UNdata - (ONU). (Nova York) . 2017. *United Nations Statistics Division: Guinea-Bissau*. 2017. Disponível em: <<http://data.un.org/CountryProfile.aspx?crName=guinea-bissau>>. Acesso em: 08 set. 2017.

UOL. *Economia Cotações*. 2018. Disponível em: <<https://economia.uol.com.br/cotacoes/>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

VEJA. *Vacina contra cólera é útil após surgimento de epidemia: Medicação chega a proporcionar uma proteção de até 76% em países afetados*. 2011. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/saude/vacina-contr-colera-e-util-apos-surgimento-de-epidemia/>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 3. ed. v. 1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - DESA; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005, 452 p.

_____. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 2. ed. v. 1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - DESA; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996, 243 p.

_____. *Lodos ativados*. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 1. ed. v. 4. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - DESA; Universidade Federal de Minas Gerais, 1997, 428 p.

WATER WELLS FOR ÁFRICA – WWFA. *What's The Cost*. 2018. Disponível em: <<https://waterwellsforafrica.org/whats-the-cost/>>. Acesso em: 8 maio 2018.

WATERAID. *The sanitation problem: What can and should the health sector do*. Londres: Wateraid, 2011. 44 p.

WELLS, Bernier. *The price of an artesian well*. 2018. Disponível em: <<http://www.puitsbernier.ca/en/artesian-wells/price-artesian-well/>>. Acesso em: 8 maio 2018.

WORD POPULATION REVIEW. Word population by country. 2018. Disponível em: <<https://goo.gl/A5nyrP>>. Acesso em: 14 de Jan. 2018.

WORD STATS. Usage and population statistics. 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/JTKQ2k>>. Acesso em: 14 de Jan. 2018.

World Health Organization- WHO (2012). *Water sanitation hygiene: Economics.* Geneva: Oms, 2012. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/economics/en/>. Acesso em: 19 ago. 2017.

6- ANEXOS

6.1-ANEXO A

6.1 ESTUDOS PRELIMINARES

6.1.1 Determinação do período e cálculo da população de projeto

Adotou-se para este trabalho o período de projeto recomendado por Von Sperling (2005, p.395), 20 anos. Portanto, considerando o início das operações em 2018, a data final da operação da ETE será em 2038.

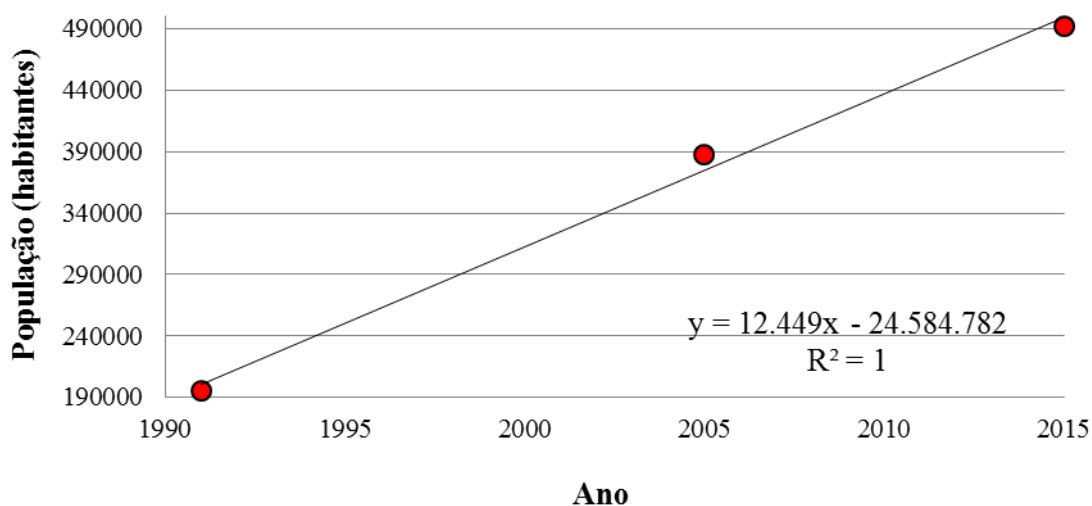
Para estimar a população em 2038, criou-se, com o auxílio do software Excel, e dos sensos populacionais fornecidos pelos sites de pesquisa *Word Stats* e *Word Population Review* (2017), Tabela A1, uma linha de tendência que descreve o crescimento populacional durante os anos. O gráfico populacional confeccionado, bem como a equação que descreve a reta de crescimento, Equação A1, e seu coeficiente (R^2), foram mostrados na Figura A1.

Tabela A1 – Crescimento populacional de Bissau, Guiné-Bissau.

Ano	População (hab.)
1991	195.389
2005	388.000
2015	492.004

Fonte: *Word Stats* e *Word Population Review* (2018)

Figura A1– Reta de crescimento populacional da cidade de Bissau / Guiné-Bissau



Fonte: Autor (2018)

$$y = 12449x - 24584782 \quad (A1)$$

Na qual:

y = População, em número de habitantes;

x = ano.

Portanto, pela Equação A1, a população nos anos de 2018 (início de plano) e 2038 (final de plano) serão, respectivamente, 537.300 e 786.280 habitantes.

6.1.2 Determinação das vazões afluentes à ETE

Utilizam-se no dimensionamento de uma Estação de Tratamento de Esgoto, as vazões mínimas, média e máxima (VON SPERLING, p.57). Entretanto, para o cálculo destas vazões é necessário conhecer as vazões doméstica, industrial e de infiltração.

6.1.2.1 Cálculo da vazão doméstica média (Q_{d méd})

A vazão doméstica média é calculada por meio da Equação A2, de acordo com Von Sperling (2005, p. 77).

$$Q_{d \text{ méd}} = \frac{Pop \times QPC \times R}{86400} \quad (A2)$$

Na qual:

Q_{d méd} = vazão doméstica média de esgotos, em L/s;

QPC = quota *per capita* de água, em L/hab.d. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), o consumo de água por habitante recomendado é de 110 L/hab.d (IG, 2018);

R = coeficiente de retorno. Segundo Von Sperling (2005, p. 77), adota-se usualmente R = 0,8;

Pop = população no ano desejado.

Assim, a vazão doméstica média para os anos de 2018 e 2038, serão respectivamente, 547,3 e 800,8 L/s

6.1.2.2 Vazão de infiltração (Q_{inf})

Determinou-se a vazão de infiltração conforme a Equação A3.

$$Q_{inf} = T_{inf} \times L_{red} \quad (A3)$$

Na qual:

Q_{inf} = vazão de infiltração, em L/s;

T_{inf} = taxa de infiltração, em L/s.km. De acordo com a NBR 9649 (1986, p.7), a taxa de contribuição de infiltração está compreendida entre 0,05 a 1 L/s.km. Devido a porosidade do solo local, arenoso, utilizou-se a taxa de infiltração igual a 0,4 L/s.km.

L_{red} = comprimento da rede de esgoto, em km. Estima-se que a rede coletora de esgoto necessária para atender a toda população da cidade de Bissau é de 958,8 km.

Portanto, temos que a vazão de infiltração (Q_{inf}) será 383,5 L/s.

6.1.2.3 Vazão industrial (Q_{ind})

Calculou-se a vazão industrial conforme a Equação A4.

$$Q_{ind} = Q_{d\text{ méd}} \times \%_{ind} \quad (A4)$$

Na qual:

Q_{ind} = vazão de industrial, em L/s;

$Q_{d\text{ méd}}$ = vazão doméstica média, em L/s;

$\%_{ind}$ = contribuição industrial, adimensional. Adotou-se o valor da contribuição industrial igual a 4% da vazão doméstica.

Portanto, as vazões industriais, no início e no fim de plano, serão, respectivamente, 21,9 e 32,0 L/s.

6.1.2.4 Vazão média ($Q_{méd}$)

As vazões médias foram determinadas pela soma das vazões doméstica, de infiltração e industrial, no início e no final do plano, conforme a Equação A5.

$$Q_{méd} = Q_{d\text{ méd}} + Q_{inf} + Q_{ind} \quad (A5)$$

Na qual:

$Q_{méd}$ = vazão média, em L/s;

$Q_{d\text{ méd}}$ = vazão doméstica média, em L/s;

Q_{inf} = vazão de infiltração, em L/s;

Q_{ind} = vazão de industrial, em L/s.

Logo, as vazões médias, em 2018 e 2038, serão respectivamente, 952,7 L/S e 1216,4 L/s.

6.1.2.5 Vazões máxima e mínima ($Q_{máx}$ e $Q_{mín}$)

As vazões máximas e mínimas do efluente podem ser calculadas através das Equações A6 e A7.

$$Q_{máx} = (Q_{d\ méd} \times K_1 \times K_2) + Q_{inf} + Q_{ind} \quad (A6)$$

$$Q_{mín} = (Q_{d\ méd} \times K_3) + Q_{inf} + Q_{ind} \quad (A7)$$

Na qual:

$Q_{máx}$ = vazão máxima, em L/s;

$Q_{mín}$ = vazão mínima, em L/s;

$Q_{d\ méd}$ = vazão doméstica média, em L/s;

Q_{inf} = vazão de infiltração, em L/s;

Q_{ind} = vazão de industrial, em L/s;

K_1 = 1,2 (coeficiente do dia de maior consumo);

K_2 = 1,5 (coeficiente da hora de maior consumo);

K_3 = 0,5 (coeficiente da hora de menor consumo).

Sendo que K_1 , K_2 e K_3 são valores recomendados pela NBR 9649. A Tabela A2 traz os valores das vazões máxima, média e mínima, encontradas para os períodos de início e fim de plano.

Tabela A 2 – Vazões máximas, médias e mínimas

Ano	Vazão máxima ($Q_{máx}$) [L/s]	Vazão média ($Q_{méd}$) [L/s]	Vazão mínima ($Q_{mín}$) [L/s]
2018	1390,5	952,7	679,0
2038	1857,1	1216,4	816,0

Fonte: Autor

6.1.3 Determinação da temperatura

A Tabela A3, fornecida pelo site de pesquisa Clima-Data (2018), mostra a variação da temperatura ao longo dos meses na cidade de Bissau.

Tabela A3 – Tabela climática de Bissau

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	24.5	25.7	26.8	27.2	27.6	27.2	26.4	25.8	26.4	27.1	27	24.9
Temperatura mínima (°C)	17.8	18.7	19.9	21	22.3	23.1	23.2	22.8	22.9	23.1	22.3	19
Temperatura máxima (°C)	31.3	32.8	33.7	33.5	32.9	31.4	29.6	28.8	29.9	31.2	31.7	30.8
Temperatura média (°F)	76.1	78.3	80.2	81.0	81.7	81.0	79.5	78.4	79.5	80.8	80.6	76.8
Temperatura mínima (°F)	64.0	65.7	67.8	69.8	72.1	73.6	73.8	73.0	73.2	73.6	72.1	66.2
Temperatura máxima (°F)	88.3	91.0	92.7	92.3	91.2	88.5	85.3	83.8	85.8	88.2	89.1	87.4
Chuva (mm)	0	1	0	0	22	156	431	585	397	173	27	2

Fonte: Clima-Data (2018)

Para o dimensionamento de uma ETE, deve-se conhecer a temperatura média no mês mais frio do ano (temperatura crítica para o dimensionamento) e a temperatura média do mês mais quente do ano. De acordo com a Tabela A3, tais temperaturas são respectivamente, $T^{\circ}_{\text{mín}} = 24,5^{\circ}\text{C}$ e $T^{\circ}_{\text{máx}} = 27,2^{\circ}\text{C}$.

6.1.4 Parâmetros de qualidade do efluente

Por falta de estudos *in loco* a respeito da concentração de DBO_5 na saída da rede coletora, utilizou-se a concentração de DBO_5 típica considerada no Brasil. Portanto $\text{DBO}_5 = 350 \text{ mg/L}$.

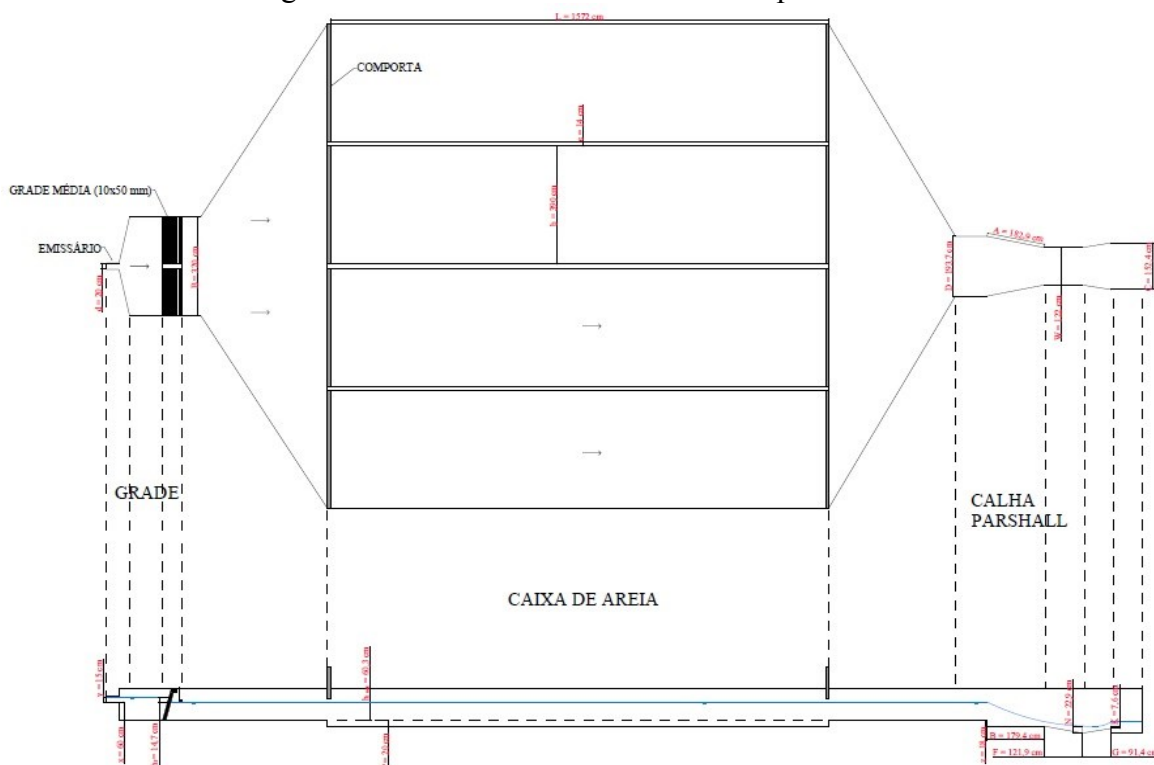
6.2-ANEXO B

6.2 TRATAMENTO PRELIMINAR

Segundo Von Sperling (2015, p. 265), o tratamento preliminar tem por objetivo: proteger os equipamentos de transporte de esgoto (bombas e tubulações), proteger as unidades de tratamento subsequentes e proteger o corpo receptor do efluente tratado, através da remoção de sólidos grosseiros e areia por mecanismos de remoção de ordem física.

Para facilitar a visualização, bem como, a compreensão do sistema calculado nos itens subsequentes, fez-se a Figura B1, contendo um esquema em planta e em corte do tratamento preliminar.

Figura B1 - Planta e corte do tratamento preliminar.



Fonte: Autor (2018)

6.2.1 Dimensionamento do tratamento preliminar

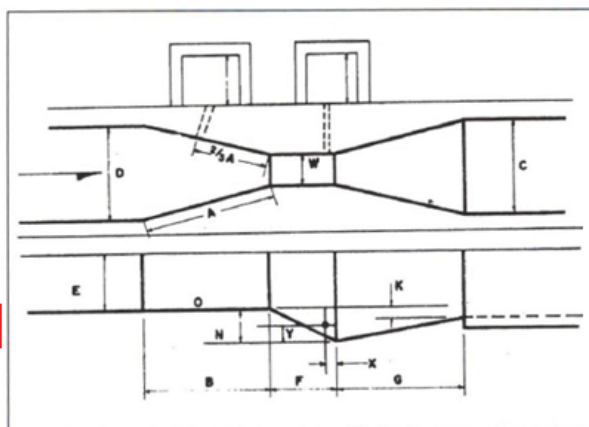
6.2.1.1 Seleção da calha Parshall

A seleção da calha Parshall foi realizada a partir da vazão máxima para o ano de 2038 ($Q_{\text{máx}} = 1857,1 \text{ L/s}$), e da ficha técnica do fornecedor.

A Figura B2 mostra as dimensões da calha Parshall fornecida pela empresa Digiflow. É importante salientar que poderão ser utilizadas calhas de outras marcas ou fornecedores que contenham as mesmas especificações.

Figura B2 – Quadro de capacidades e dimensões internas do medidor de vazão

W (POL.)	M3/H		L/S	
	MINIMA	MAXIMA	MINIMA	MÁXIMA
1	0,40	20,41	0,11	5,67
2	1,00	51,00	0,28	14,17
3	2,88	193,68	0,80	53,80
6	5,04	397,44	1,40	110,40
9	9,00	907,30	2,55	252,02
12	11,16	1.641,24	3,10	455,90
18	15,12	2.507,76	4,20	696,60
24	42,84	3.374,28	11,90	937,30
36	62,28	5.137,92	17,30	1.427,20
48	132,48	6.921,72	36,80	1.922,70
60	163,08	8.726,04	45,30	2.423,00
72	264,96	10.550,88	73,60	2.930,80
84	306,00	12.375,72	85,00	3.437,70
96	356,76	14.220,72	99,10	3.950,20



Fonte: Digiflow (2018, p.2)

Portanto, de acordo com a vazão máxima, escolheu-se a calha Parshall com seção de estrangulamento (W) igual a 48", ou seja, 1,22 m.

• Alturas d'água na calha Parshall (h_2)

A altura d'água na seção estrangulada (W) da calha Parshall foi determinada utilizando-se a Equação B1, fornecida por Salla (2017a, p. 33).

$$Q = 2,2 \times W \times h_2^{\left(\frac{5}{2}\right)} \quad (B1)$$

Na qual:

Q = vazão, em m³/s;

W = largura da seção estrangulada (garganta), em m;

h_2 = altura d'água na base horizontal do Parshall, em m.

Substituindo-se W = 1,22 m na Equação B1, pode-se escrever a Equação B2.

$$Q = 2,684 \times h_2^{\left(\frac{5}{2}\right)} \quad (B2)$$

Portanto, com base na Equação B2, determinou-se as alturas na calha Parshall (h_2) para as vazões máxima, média e mínima.

$$Q_{\text{máx}} = 1857,1 \text{ L/s} = 1,857 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow h_{2 \text{ máx}} = 0,782 \text{ m} = 78,2 \text{ cm}$$

$$Q_{\text{méd}} = 1216,4 \text{ L/s} = 1,216 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow h_{2 \text{ méd}} = 0,590 \text{ m} = 59,0 \text{ cm}$$

$$Q_{\text{mín}} = 679,0 \text{ L/s} = 0,679 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow h_{2 \text{ mín}} = 0,400 \text{ m} = 40,0 \text{ cm}$$

- **Rebaixo do Parshall (z)**

Calculou-se o rebaixo do Parshall (z) a partir Equação B3, que descreve a relação entre as vazões máxima e mínima e a diferença entre as alturas d'água na base horizontal da calha Parshall, máxima e mínima, com a altura do rebaixo (degrau) (SALLA, 2017a, p.36).

$$\frac{Q_{\text{máx}}}{Q_{\text{mín}}} = \frac{h_{2 \text{ máx}} - z}{h_{2 \text{ mín}} - z} \quad (\text{B3})$$

Na qual:

$Q_{\text{máx}}$ = vazão máxima, em m^3/s ;

$Q_{\text{mín}}$ = vazão mínima, em m^3/s ;

$h_{2 \text{ máx}}$ = altura d'água máxima na base horizontal da calha Parshall, em m;

$h_{2 \text{ mín}}$ = altura d'água mínima na base horizontal da calha Parshall, em m;

z = altura do degrau antes da calha Parshall, em m.

Assim, substituindo-se os devidos valores na Equação 10, determinou-se que a altura do degrau (z) será de 0,18 m, ou seja, 18 cm.

6.2.1.2 Dimensionamento da caixa de areia

A caixa de areia ou desarenador é parte do sistema responsável pela remoção da areia nos esgotos, através do processo de sedimentação simples (VON SPERLING, 2005, p.266).

- **Altura da caixa de areia (h_1)**

A altura d'água na caixa de areia foi determinada pela diferença entre a altura d'água na base horizontal da calha Parshall e a altura do degrau entre a caixa de areia e o medidor de vazão, conforme a Equação B4 (SALLA, 2017a, p. 36).

$$h_1 = h_2 - z \quad (\text{B4})$$

Logo, alturas na caixa de areia para as vazões máxima, média e mínima, serão respectivamente:

$$Q_{\text{máx}} = 1,857 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow h_{1\text{ máx}} = 0,603 \text{ m} = 60,3 \text{ cm}$$

$$Q_{\text{méd}} = 1,216 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow h_{1\text{ méd}} = 0,410 \text{ m} = 41,0 \text{ cm}$$

$$Q_{\text{mín}} = 0,679 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow h_{1\text{ mín}} = 0,220 \text{ m} = 22,0 \text{ cm}$$

• **Largura da caída de areia (b)**

Segundo a NBR 12209 (2011, p.13), em desarenadores de fluxo horizontal e seção retangular (tipo canal), deve-se garantir que a velocidade de escoamento esteja compreendida entre 0,25 a 0,40 m/s. Desta forma, fixou-se a velocidade de escoamento (V), em 0,38 m/s.

Assim, calculou-se a largura da caixa de areia (b) conforme a Equação B5.

$$S_{\text{méd}} = b \times h_{1\text{ méd}} = \frac{Q_{\text{méd}}}{V} \rightarrow b = \frac{Q_{\text{méd}}}{V \times h_{1\text{ méd}}} \quad (\text{B5})$$

Na qual:

$S_{\text{méd}}$ = área média da seção transversal da calha Parshall, em m²;

b = largura da caixa de areia, em m;

$h_{1\text{ méd}}$ = altura média d'água na caixa de areia gerada pela vazão média, em m;

$Q_{\text{méd}}$ = vazão média afluente à ETE, em m³/s;

V = velocidade do esgoto, em m/s.

Portanto, a largura da caixa de areia, será de 7,8 m.

Para garantir que a velocidade de escoamento esteja compreendida entre os limites das faixas fixadas pela NBR 12209, calculou-se as velocidades geradas pelas vazões máxima e mínima afluente a ETE, com base na Equação B6.

$$V = \frac{Q}{b \times h_1} \quad (\text{B6})$$

Na qual:

V = velocidade do esgoto, em m/s;

Q = vazão afluente à ETE (máxima ou mínima), em m³/s;

b = largura da caixa de areia, em m;

h_1 = altura d'água na caixa de areia (máxima ou mínima), em m.

Logo:

$$Q_{\text{máx}} = 1,857 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow V_{\text{máx}} = 0,395 \text{ m/s}$$

$$Q_{\text{mín}} = 0,679 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow V_{\text{mín}} = 0,395 \text{ m/s}$$

Portanto, os limites de velocidade recomendados pela NBR 12209 foram respeitados.

- **Comprimento da caixa de areia (L)**

De acordo com a NBR 12209 (2011, p. 14), a taxa de escoamento superficial deve estar compreendida entre 600 a 1300 m³/m².d.

Com base na Equação B7, e arbitrando uma taxa de escoamento superficial igual a 1300 m³/m².d, ou seja, 0,01505 m³/m².s, para a vazão máxima (Q_{máx}), calculou-se a área da caixa de areia (A).

$$\frac{Q}{A} = 0,01505 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{s} \quad (\text{B7})$$

Assim:

$$A = \frac{1,857 \text{ m}^3/\text{s}}{0,01505 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{s}} = 123,42 \text{ m}^2$$

Adotando-se caixas de areia prismáticas de base retangular, determinou-se, o comprimento da caixa de areia (L) conforme a Equação B8.

$$A = b \times L \quad (\text{B8})$$

Logo:

$$L = \frac{A}{b} = \frac{123,42}{7,8} = 15,82 \text{ m}$$

Portanto, o comprimento da caixa de areia será de 15,82 m.

- **Profundidade do depósito de areia (P)**

Considerando-se a retenção de 30 L de material a cada 1000 m³ de esgoto, ou seja, 30.10⁻⁶ L de material retido por litro de esgoto e a vazão média de esgoto (Q_{méd} = 1216,4 L/s = 1,5.10⁸ L/d), tem-se que em um dia serão retidos 3153 L/d.

Logo, arbitrando-se o período de limpeza da caixa de areia a cada 8 dias, serão retidos, aproximadamente, 25223 L, ou seja, 25,22 m³ de material.

Considerando que o material retido se distribui de forma homogênea ao longo do desarenador e conhecendo a área da base da caixa de areia, determinou-se a profundidade da caixa de areia por meio da Equação B9.

$$P = \frac{M_R}{A} \quad (B9)$$

Na qual:

P = profundidade do depósito da caixa de areia, em m;

M_R = volume de material retido entre os períodos de limpeza (M_R = 25,22 m³);

A = área da base da caixa de areia (A = 123,42 m²).

Portanto, a profundidade do coletor de areia, será de P = 0,20 m, ou seja, 20 cm.

De acordo com a NBR 12209 (2011, p. 13), na parte inferior e ao longo do canal deve-se adotar um espaço para a acumulação de material sedimentável, com profundidade mínima de 0,20 m, o que é atendido pela profundidade calculada.

6.2.1.3 Dimensionamento do gradeamento

Segundo Von Sperling (2005, p. 265), as grades têm por objetivo remover os sólidos grosseiros, os materiais com dimensões maiores do que o espaçamento entre as barras são retidos.

A Figura B3 apresenta os tipos e as seções das barras mais comuns utilizadas no gradeamento, que segundo a NBR 12209 (2011, p.11), e a NBR 12208 (1992, p. 3), são classificadas de acordo com o espaçamento, em: grade grossa (espaçamento de 40 a 100 mm), grade média (espaçamento de 20 a 40 mm) e grade fina (10 a 20 mm).

Figura B3 – Dimensões usuais das barras das grades

TIPO	ABERTURA	SEÇÃO DA BARRA
GRADE GROSSEIRA	40 mm a 100 mm	10x50mm ($\frac{3}{8} \times 2''$) 10x60mm ($\frac{3}{8} \times 2\frac{1}{2}''$) 13x40mm ($\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{2}''$) 13x50mm ($\frac{1}{2} \times 2''$)
GRADE MÉDIA	20 mm a 40 mm	8x50mm ($\frac{5}{16} \times 2''$) 10x40mm ($\frac{3}{8} \times 1\frac{1}{2}''$) 10x50mm ($\frac{3}{8} \times 2''$)
GRADE FINA	10 mm a 20 mm	6x40mm ($\frac{1}{4} \times 1\frac{1}{2}''$) 8x40mm ($\frac{5}{16} \times 1\frac{1}{2}''$) 10x40mm ($\frac{3}{8} \times 1\frac{1}{2}''$)

Fonte: Salla (2017a, p. 6)

Arbitrou-se para este trabalho a abertura entre as barras (a) de 40 mm e seção da barra de 10 x 50 mm, portanto, segundo a NBR 12209, será adotado o sistema de gradeamento médio.

- **Inclinação (i), velocidade (v_g) e área útil (A_u) da grade**

Segundo a NBR 12209 (2011, p. 11), para vazões maiores que 100 L/s deve-se adotar a limpeza de forma mecanizada. Logo, a inclinação a ser adotada deverá estar compreendida entre 60° a 90° (NBR 12209, 2011, p.12). Portanto, neste trabalho, a inclinação do gradeamento (i) será de 75°.

Recomenda-se também, que a velocidade máxima através da grade (v_g) para a vazão final não ultrapasse 1,2 m/s (NBR 12209, p.12). Logo, adotar-se-á, uma velocidade de 1,2 m/s. Assim, tendo como base os dados anteriores, e pela Equação B10, calculou-se a área útil.

$$A_u = \frac{Q_{\text{máx}}}{v_g} \quad (\text{B10})$$

Na qual:

A_u = área útil da grade, em m²;

$Q_{\text{máx}}$ = vazão máxima afluyente, em m³/s;

v_g = velocidade fixada através do gradeamento, em m/s.

Portanto, a área útil da seção do gradil, será de $A_u = 1,548 \text{ m}^2$.

- **Área transversal do canal (S) e largura do canal (B)**

A área transversal do canal (S) foi determinada conforme a Equação B11.

$$S = A_u \times \frac{a+t}{a} \quad (\text{B11})$$

Na qual:

S = área transversal, em m²;

A_u = área útil do canal (A_u = 1,548 m²);

a = espaçamento entre barras (a = 0,0030 m);

t = espessura das barras (t = 0,0010 m);

Assim, a área da seção transversal do canal, será S = 1,93 m².

Sabendo-se que o canal possui geometria prismática de base retangular, calculou-se a largura da base do canal através da Equação B12.

$$B = \frac{S}{h_{1 \max}} \quad (\text{B12})$$

Na qual:

B = largura do canal, em m;

S = área transversal (S = 1,93 m²);

h_{1 máx} = altura da caixa de areia gerada pela vazão máxima (h_{1 máx} = 0,603 m);

Portanto, a largura do canal será B = 3,21 m

• Verificação da velocidade para Q_{mín}

Segundo a NBR 12209 (2011, p.12), deve-se garantir, pelo menos uma vez ao dia, desde o início da operação, uma velocidade igual ou superior a 0,40 m/s.

Assim, da equação da continuidade:

$$V_{\min} = \frac{Q_{\min}}{B \times h_{1 \min}} = \frac{0,679}{3,21 \times 0,22} = 0,96 \text{ m/s}$$

Portanto, a velocidade mínima no canal está sendo atendida.

• Verificação da perda de carga na grade (h_f)

Para os casos em que a limpeza da grade será feita de forma manual, calcula-se a perda de carga para uma obstrução crítica de 50% (NBR 12209, 2011, p.12). Entretanto, como a limpeza será feita de forma mecanizada, utilizou-se a obstrução crítica de 30%.

Assim, a velocidade na grade em uma situação de obstrução crítica, ou seja, de 30% de sua abertura, será calculada pela Equação B13.

$$V_{g\text{ obs}} = \frac{Q_{\text{máx}}}{0,7 \times A_u} \quad (\text{B13})$$

Na qual:

$V_{g\text{ obs}}$ = velocidade na grade com obstrução crítica, em m/s;

$Q_{\text{máx}}$ = vazão máxima ($Q_{\text{máx}} = 1,857 \text{ m}^3/\text{s}$);

A_u = área útil do canal ($A_u = 1,548 \text{ m}^2$);

0,7 = constante utilizada para reduzir a área em 30%.

Logo, a velocidade em uma situação de obstrução crítica será $V_{g\text{ obs}} = 1,71 \text{ m/s}$.

Assim, calculou-se a perda de carga (h_f), conforme a Equação B14.

$$h_f = 1,43 \times \frac{V_{g\text{ obs}}^2 - V_{g\text{ máx}}^2}{2 \times g} \quad (\text{B14})$$

Na qual:

h_f = perda de carga na grade, em m;

$V_{g\text{ obs}}$ = velocidade na grade com 30% de obstrução ($V_{g\text{ obs}} = 1,71 \text{ m/s}$);

$V_{g\text{ máx}}$ = velocidade máxima gerada devido à vazão máxima (Equação B15);

g = aceleração da gravidade ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$).

$$V_{g\text{ máx}} = \frac{Q_{\text{máx}}}{B \times h_{1\text{ máx}}} \quad (\text{B15})$$

Na qual:

$V_{g\text{ máx}}$ = velocidade gerada pela vazão máxima, em m/s;

$Q_{\text{máx}}$ = vazão máxima na grade ($Q_{\text{máx}} = 1,857 \text{ m}^3/\text{s}$);

B = largura do canal ($B = 3,21 \text{ m}$);

$h_{l \text{ máx}}$ = altura da caixa de areia gerada pela vazão máxima ($h_{l \text{ máx}} = 0,603 \text{ m}$).

Logo a velocidade máxima no gradeamento será de $V_{g \text{ máx}} = 0,96 \text{ m/s}$.

Portanto, a perda de carga, ocasionada pelo gradeamento médio, será $h_f = 0,147 \text{ m}$.

De acordo com a NBR 12209 (2011, p. 12), a perda de carga mínima, para grades de limpeza mecanizada, a ser considerada no estudo das condições de escoamento de montante é 0,10 m. Desta forma, como a perda de carga calculada foi superior ao estipulado em norma, o gradeamento adotado está bem dimensionado para este critério.

6.2.1.4 Dimensionamento da tubulação de alimentação de esgoto

De acordo com Salla (2017a) para evitar o remanso do emissário, deve-se construir um degrau de altura x , de acordo com a Equação B16.

$$x = h_f + h_{l \text{ máx}} - y \quad (\text{B16})$$

Na qual:

x = altura do degrau, em m;

h_f = a perda de carga na grade ($h_f = 0,147 \text{ m}$);

$h_{l \text{ máx}}$ = altura da caixa de areia gerada pela vazão máxima ($h_{l \text{ máx}} = 0,603 \text{ m}$);

y = lâmina líquida na tubulação de entrada da ETE. Por falta de dados específicos de Bissau, adotou-se o diâmetro de 200 mm para a tubulação de saída. Assim, sabendo-se que a relação entre a altura da lâmina de água e o diâmetro do tubo (y/d) é de no máximo 0,75 (esta relação é necessária para manter as tubulações trabalhando como condutos livres e totalmente ventilados), tem-se que $y < 0,15 \text{ m}$.

Portanto, substituindo-se os valores na equação, determinou-se que a altura do degrau será $x = 0,60 \text{ m}$, ou seja, 60 cm.

6.2.1.5 Determinação da área total para o tratamento preliminar

Utilizando-se o recurso “Área” do software AutoCAD no desenho em planta e em escala do tratamento preliminar, tem-se que a área necessária para a implantação do tratamento preliminar será de 341,5 m². Por segurança, adotou-se um valor 30% maior. Portanto a $A_T = 443,95 \text{ m}^2$.

6.3-ANEXO C

6.3 REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE (RAFA)

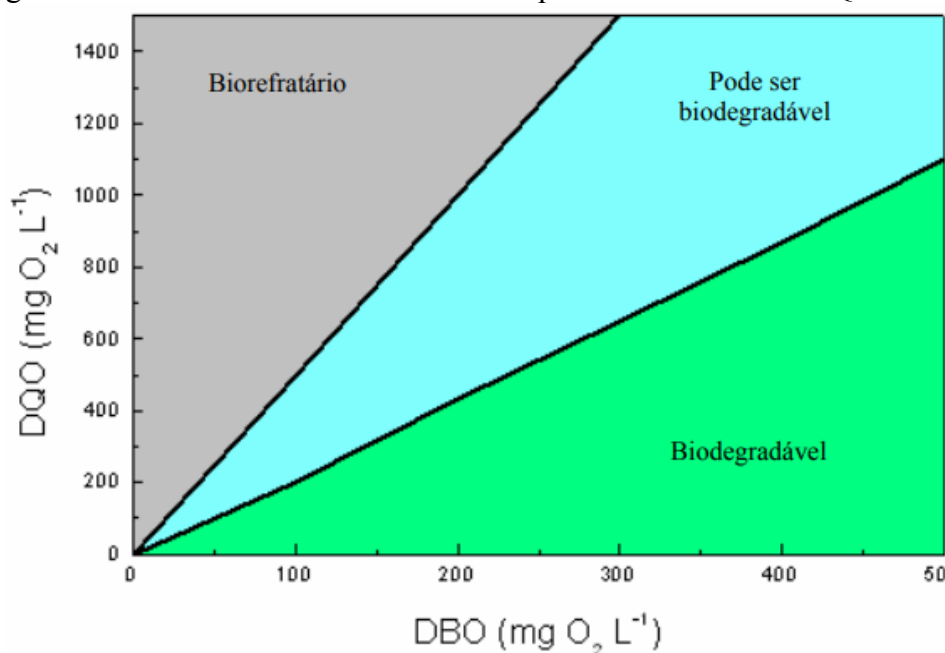
6.3.1 Dados iniciais

- População de projeto: $Pop_{2038} = 786280$ habitantes (calculada no item 6.1.1);
- Vazão média afluente: $Q_{\text{méd}} = 1216,4 \text{ L/s}$; $105096,5 \text{ m}^3/\text{d}$; ou $4379 \text{ m}^3/\text{h}$ (calculada no item 6.1.2.5).
- Vazão máxima afluente: $Q_{\text{máx}} = 1857,1 \text{ L/s}$; $160450,6 \text{ m}^3/\text{d}$; $6685,4 \text{ m}^3/\text{h}$ (calculada no item 6.1.2.5).
- Temperatura: $T_{\text{min}} = 24,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (estabelecida no item 6.1.3);
- DBO afluente: $S_{0 \text{ DBO}} = 350 \text{ mgDBO/L}$ (estabelecida no item 6.1.4);
- Coeficiente de produção de sólidos: $Y = 0,15 \text{ kgSST/kgDQO}_{\text{apl}}$. Por falta de dados específicos de Bissau utilizou-se a média brasileira, que segundo Chernicharo (1997, p. 173), varia de 0,10 a 0,20 $\text{kgSST/kgDQO}_{\text{apl}}$;
- Coeficiente de produção de sólidos, em termos de DQO: $Y_{\text{obs}} = 0,17 \text{ kgDQO}_{\text{lodo}}/\text{kgDQO}_{\text{apl}}$. De acordo com Chernicharo (1997, p. 173), o coeficiente global de produção de sólidos (Y_{obs}), é 14% maior que (Y), assim, variam entre, aproximadamente, 0,11 a 0,23 $\text{kgDQO}_{\text{lodo}}/\text{kgDQO}_{\text{apl}}$. Logo, adotou-se o seu valor médio;
- Concentração esperada para o lodo de descarte: $C = 4\%$. Segundo Chernicharo (1997, p. 188), a concentração de lodo esperada varia de 2 a 5%. Portanto, foi adotado o valor médio entre o intervalo;
- Densidade do lodo: $\gamma = 1030 \text{ kgSST/m}^3$. Adotou-se o valor médio entre os intervalos descritos por Chernicharo (1997, p. 188);

- **Determinação da DQO afluente ($S_{0 \text{ DQO}}$)**

A Figura C1 traz a trabalhabilidade de um efluente a partir dos valores de DQO e DBO observados.

Figura C1 – Trabalhabilidade do efluente a partir dos valores de DQO e DBO



Fonte: Jardim (2004, p. 3)

Segundo Jardim (2004, p.3), se a relação $DQO/DBO < 2,5$ o efluente pode ser facilmente tratado (biodegradável). Caso a relação DQO/DBO esteja entre 2,5 e 5 o efluente irá exigir alguns cuidados na escolha do processo de remoção da matéria orgânica. Entretanto, se a relação $DQO/DBO > 5$ o processo de degradação é de difícil sucesso, sendo a oxidação química uma alternativa possível no tratamento do esgoto.

Considerando que o esgoto de Bissau seja de fácil tratamento, determinou-se a DQO afluente ($S_0\ DQO$) conforme a Equação C1.

$$\frac{S_0\ DQO}{S_0\ DBO} = 2,5 \quad \rightarrow \quad S_0\ DQO = 2,5 \times S_0\ DBO \quad (C1)$$

Na qual:

$S_0\ DQO$ = DQO afluente, em mg/L

$S_0\ DBO$ = DBO afluente ($S_0\ DBO = 350$ mg/L).

Portanto, a DQO afluente será $S_0\ DBO = 875$ mg/L, ou seja 0,875 kg/m³.

6.3.2 Dimensionamento do RAFA

- Cálculo da carga afluente média de DQO (L_0)

Segundo Chernicharo (1997, p. 189), a carga afluyente média de DQO pode ser determinada conforme a Equação C2.

$$L_0 = S_{0 \text{ DQO}} \times Q_{\text{méd}} \quad (\text{C2})$$

Na qual:

L_0 = carga afluyente média de DQO, em kgDQO/d;

$S_{0 \text{ DQO}}$ = DQO afluyente ($S_{0 \text{ DQO}} = 0,875 \text{ kg/m}^3$);

$Q_{\text{méd}}$ = vazão média afluyente ($Q_{\text{méd}} = 105096,5 \text{ m}^3/\text{d}$).

Logo, $L_0 = 91959 \text{ kgDQO/d}$.

- **Adoção do tempo de detenção hidráulica (TDH)**

De acordo com a NBR 12209 (2011, p. 16), o tempo de detenção hidráulica para a vazão média, considerando a temperatura média do mês mais frio do ano ($T_{\text{min}} = 24,5 \text{ }^\circ\text{C}$) e o volume total do RAFA, deve ser igual ou superior a 7 horas para a temperatura do esgoto entre 22°C e 25°C .

- **Determinação do volume total do RAFA (V_{RAFA})**

Determinou-se o volume do reator de manta de lodo através da Equação C3.

$$V_{\text{RAFA}} = Q_{\text{méd}} \times \text{TDH} \quad (\text{C3})$$

Na qual:

V_{RAFA} = volume total dos reatores, m^3 ;

$Q_{\text{méd}}$ = vazão média afluyente ($Q_{\text{méd}} = 4379,0 \text{ m}^3/\text{h}$);

TDH = tempo de detenção hidráulica (TDH = 7 h).

Portanto, o volume total dos reatores deverá ser de 30653 m^3 .

- **Adoção do número de módulos de reatores (N_{RAFA})**

De acordo com Chernicharo (1997, p. 189), por facilidades construtivas e operacionais, no caso de pequenos sistemas, tem-se utilizado módulos com volumes não superiores a $400 - 500 \text{ m}^3$, entretanto não há limites obrigatórios.

Como o sistema tratará um grande volume de esgoto, serão adotados módulos com 1260 m³. Desta forma, dividindo o volume total necessário para os reatores pelo volume de cada módulo, determinou-se que serão necessários 25 módulos de reatores.

- **Adoção da altura do reator (H_{RAFA})**

Segundo a NBR (12209, p.17), a profundidade útil total dos reatores do tipo RAFA varia entre 4 a 6 m. Desta forma, arbitrou-se a altura do reator igual a 6 m.

- **Determinação da área do reator (A_{RAFA})**

Determinou-se a área de cada reator utilizando-se a Equação C4.

$$A_{RAFA} = \frac{V_{RAFA}}{N_{RAFA} \times H_{RAFA}} \quad (C4)$$

Na qual:

A_{RAFA} = área do reator, em m²;

V_{RAFA} = volume total dos reatores ($V_{RAFA} = 30653$ m³);

N_{RAFA} = número de módulos adotados ($N_{RAFA} = 25$ módulos);

H_{RAFA} = altura total do reator ($H_{RAFA} = 6$ m³).

Logo, a área mínima da seção transversal de apenas um reator será de 204,4 m². Portanto, adotou-se um reator retangular com as seguintes dimensões:

- $l_a = 14$ m;

- $l_b = 15$ m;

Logo, a área real do reator será de 210 m².

- **Verificação das velocidades superficiais do fluxo**

Calculou-se a velocidade superficial do fluxo de apenas um reator, utilizando-se as velocidades média e máxima, conforme a Equação C5 (CHERNICHARO, 1997, p. 164).

$$v = \frac{Q}{A_{RAFA}} \quad (C5)$$

Na qual:

v = velocidade máxima ($v_{máx}$) ou média ($v_{méd}$), em m/h;

Q = vazão máxima ($Q_{máx} = 267,4$ m³/h) ou média ($Q_{méd} = 175,2$ m³/h);

A_{RAFA} = área total do reator ($A_{\text{RAFA}} = 210 \text{ m}^2$).

Portanto, as velocidades máxima e média serão, aproximadamente, $v_{\text{máx}} = 1,2 \text{ m/h}$ e $v_{\text{méd}} = 0,7 \text{ m/h}$. De acordo com a NBR 12206 (2011, p. 17), a velocidade ascensional para as vazões máxima e média devem ser inferior a, respectivamente, $v_{\text{máx}} \leq 1,2 \text{ m/h}$ e $v_{\text{méd}} \leq 0,7 \text{ m/h}$. Portanto o RAFA atende a este critério.

• Verificação das cargas aplicadas

Definida como a quantidade (massa) de matéria orgânica aplicada diariamente ao reator por unidade de volume do mesmo, a carga orgânica volumétrica (COV), foi determinada conforme a Equação C6, segundo Chernicharo (1997, p. 160).

$$\text{COV} = \frac{Q_{\text{méd}} \times S_0 \text{ DQO}}{V_{\text{RAFA}}} \quad (\text{C6})$$

Na qual:

COV = carga orgânica volumétrica, em $\text{kgDQO}/\text{m}^3.\text{d}$;

$Q_{\text{méd}}$ = vazão média afluente em apenas um reator ($Q_{\text{méd}} = 4203,9 \text{ m}^3/\text{d}$);

$S_0 \text{ DQO}$ = DQO afluente ($S_0 \text{ DQO} = 0,875 \text{ kgDQO}/\text{m}^3$);

V_{RAFA} = volume total dos reatores ($V_{\text{RAFA}} = 1260 \text{ m}^3$).

Assim, verificou-se que a carga orgânica volumétrica (COV) será de $2,92 \text{ kgDQO}/\text{m}^3.\text{d}$. Segundo Chernicharo (1997, p. 160), o valor encontrado para a carga orgânica volumétrica deve ser inferiores a $15 \text{ kgDQO}/\text{m}^3.\text{d}$. Assim, de acordo com este critério o RAFA está dimensionado.

A carga hidráulica volumétrica (CHV), que equivale ao inverso do tempo de detenção hidráulica, e pode ser entendida como a quantidade (volume) de esgotos aplicados diariamente ao reator por unidade de volume do mesmo, foi determinada através da Equação C7 (CHERNICHARO, 1997, p. 162).

$$\text{CHV} = \frac{Q_{\text{méd}}}{V_{\text{RAFA}}} \quad (\text{C7})$$

Na qual:

CHV = carga hidráulica volumétrica, em $\text{m}^3/\text{m}^3.\text{d}$;

$Q_{\text{méd}}$ = vazão média afluente em apenas um reator ($Q_{\text{méd}} = 4203,9 \text{ m}^3/\text{d}$);

V_{RAFA} = volume total do reator ($V_{\text{RAFA}} = 1260 \text{ m}^3$).

Logo, verificou-se que a carga hidráulica volumétrica será de $3,34 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{d}$. Experimentos indicaram que a carga hidráulica volumétrica não deve exceder o valor de $5 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{d}$ (CHERNICHARO, 1997, p. 162). Portanto de acordo com este critério o RAFA está dimensionado.

- **Sistema de distribuição do esgoto afluyente**

A NBR 12209 (2011, p. 17), define que para o sistema de distribuição de esgoto nos reatores RAFA, deve-se atender os seguintes critérios:

- Diâmetro interno dos tubos de distribuição deve ser maior que 75 mm;
- Os pontos de descarga de esgoto no reator devem ter uma área de influência menor ou igual à de 3 m^2 ;
- A entrada de esgoto no reator deve estar a uma altura de 0,10 a 0,20 m do fundo;
- O sistema de distribuição deve permitir a identificação de pontos de entupimentos;
- O sistema de distribuição deve impedir a entrada de ar no interior do reator.

Para atender ao critério de área de influência máxima de um distribuidor, determinou-se a quantidade de distribuidores necessários dentro do RAFA, conforme a Equação C8.

$$N_d = \frac{A_{\text{RAFA}}}{A_f} \quad (\text{C8})$$

Na qual:

N_d = número de alimentadores de esgoto;

A_{RAFA} = área total do RAFA ($A_{\text{RAFA}} = 210 \text{ m}^2$).

A_f = área de influência inicial adotada para o distribuidor ($A_d = 3 \text{ m}^2$).

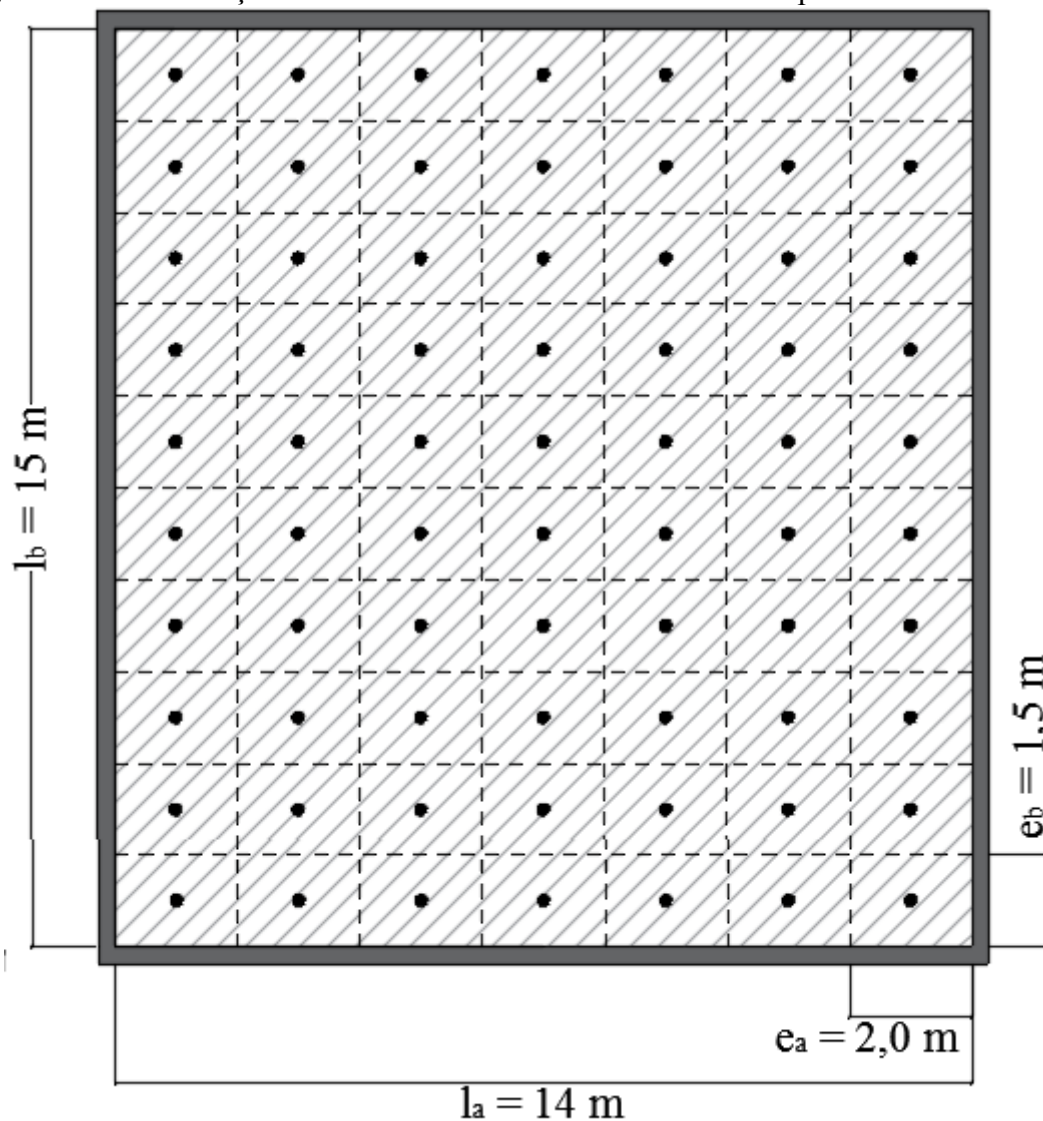
Assim, verificou-se a necessidade de instalação de 70 distribuidores.

A distribuição dos pontos de alimentação de esgoto dentro dos reatores foi feita de forma arbitrária. Para tal, adotaram-se 7 pontos de distribuição ao longo do menor lado (com espaçamento $e_a = 14/7 = 2 \text{ m}$) e 10 pontos de distribuição ao longo do maior lado (com espaçamento $e_b = 15/10 = 1,50 \text{ m}$).

Desta forma, a área de influência real de cada distribuidor será de 3,00 m², exatamente o valor estipulado pela NBR 12209 (2011, p.17).

A Figura C2 mostra o posicionamento, e a área de influência, de cada distribuidor de esgoto dentro do RAFA.

Figura C2 – Distribuição dos alimentadores de efluente e suas respectivas áreas no RAFA



Fonte: Autor (2018)

- **Eficiência na remoção da DQO do sistema**

Segundo Chernicharo (1997, p. 185), pode-se determinar a eficiência do RAFA em termos de remoção de DQO através da Equação C9.

$$E_{DQO} = 100 \times (1 - 0,68 \times TDH^{-0,35}) \quad (C9)$$

Na qual:

E_{DQO} = eficiência do RAFA em termos de remoção de DQO, em %;

TDH = tempo de detenção hidráulica (TDH = 7 h);

0,68 = constante empírica;

0,35 = constante empírica.

Assim, a eficiência na remoção de DQO será de 65,6%.

- **Eficiência na remoção da DBO do sistema**

A eficiência na remoção de DBO foi determinada conforme a Equação C10, descrita por Chernicharo (1997, p. 185).

$$E_{DBO} = 100 \times (1 - 0,70 \times TDH^{-0,50}) \quad (C10)$$

Na qual:

E_{DBO} = eficiência do RAFA em termos de remoção de DBO, em %;

TDH = tempo de detenção hidráulica (TDH = 7 h);

0,70 = constante empírica;

0,50 = constante empírica.

Assim a eficiência na remoção de DQO será de 73,5%.

- **Estimativas das concentrações de DBO e DQO no efluente final**

As concentrações de DQO e DBO no efluente final, após o tratamento do esgoto no RAFA, foram determinadas por meio da Equação C11 (CHERNICHARO, 1997, p. 185).

$$S = S_0 - \frac{E \times S_0}{100} \quad (C11)$$

Na qual:

S = concentração de DBO ou DQO efluente, em mg/L;

S_0 = concentração de DBO ou DQO afluente ($S_{0\ DQO} = 875\ \text{mg/L}$ e $S_{0\ DBO} = 350\ \text{mg/L}$);

E = eficiência na remoção de DBO ou DQO ($E_{DQO} = 65,6\%$ e $E_{DBO} = 73,5\%$).

Logo, as concentrações de DQO e DBO no efluente final (S_{DQOF} e S_{DBOF}), serão respectivamente, 301,1 mg/L e 92,6 mg/L.

É importante observar que a concentração de DBO no efluente final encontra-se abaixo do permitido pelo CONAMA 430 (2011, p. 6), ou seja, DBO menor que 120 mg/L.

- **Estimativa da produção de gás metano (CH₄)**

Segundo Chernicharo (1997, p. 172), a conversão de DQO que entra em um reator anaeróbio resulta em quatro parcelas de matéria: formação de gás metano (DQO_{CH₄}), DQO utilizada no crescimento celular (DQO_{cel}), DQO que não é convertida e permanece retida no lodo (DQO_{ret}) e por último a parte de DQO não convertida que sai do sistema juntamente com o efluente (DQO_{efl}). Portanto, sabe-se que a parcela de DQO removida do sistema (DQO_{remov}) é constituída pelas três primeiras parcelas descritas, Equação C12.

$$DQO_{remov} = DQO_{CH_4} + DQO_{cel} + DQO_{ret} \quad (C12)$$

Logo, determina-se a produção de metano no sistema, conforme a Equação C13.

$$DQO_{CH_4} = DQO_{remov} - DQO_{cel} - DQO_{ret} \quad (C13)$$

Onde DQO_{remov} é a carga de DQO removida no RAFA, resultado da Equação C14.

$$DQO_{remov} = \frac{Q_{med}}{N_{RAFA}} * (S_{0\ DQO} - S_{DQO}) \quad (C14)$$

Na qual:

DQO_{remov} = DQO removida do sistema, em kgDQO/d;

Q_{med} = vazão média afluyente total (Q_{med} = 105096,5 m³/dia);

N_{RAFA} = número de reatores (N_{RAFA} = 25 reatores);

S_{0 DQO} = concentração de DQO afluyente (S_{0 DQO} = 0,875 kgDQO/m³);

S_{DQO} = concentração de DQO efluente (S_{DQO} = 0,301 kgDQO/m³).

Entretanto, de acordo com Chernicharo (1997, p. 172), sabe-se que a determinação das parcelas DQO_{cel} e DQO_{ret} são bastante complicadas. Definiu-se então que estas duas parcelas constituem a produção de sólidos no sistema (P_{lodo}), a qual depende de um coeficiente de produção de sólidos em termos de DQO (Y_{obs}) e da carga aplicada de DQO no sistema (DQO_{apl}). Assim, pode-se determinar a produção de sólidos através da Equação C15.

$$P_{lodo} = DQO_{cel} + DQO_{ret} = Y_{obs} \times DQO_{apl} \quad (C15)$$

Na qual:

P_{lodo} = produção de sólidos no sistema, em kgDQO_{lodo}/d;

Y_{obs} = coeficiente de produção de sólidos no sistema ($Y_{\text{obs}} = 0,17$ kgDQO_{lodo}/kgDQO_{apl});

DQO_{apl} = carga de DQO aplicada ao sistema (kgDQO/dia).

Assim, a partir das Equações C13, C14 e C15, define-se a Equação C16:

$$DQO_{\text{CH}_4} = \frac{Q_{\text{méd}}}{N_{\text{RAFA}}} \times [(S_{0\text{DQO}} - S_{\text{DQO}}) - (Y_{\text{obs}} \times S_{0\text{DQO}})] \quad (\text{C16})$$

Na qual:

DQO_{CH_4} = carga de DQO convertida em metano, em kgDQO_{CH4}/d;

$Q_{\text{méd}}$ = vazão média afluyente ($Q_{\text{méd}} = 105096,5 \text{ m}^3/\text{dia}$);

N_{RAFA} = número de reatores ($N_{\text{RAFA}} = 25$ reatores);

$S_{0\text{DQO}}$ = concentração de DQO afluyente ($S_{0\text{DQO}} = 0,875 \text{ kgDQO/m}^3$);

S_{DQO} = concentração de DQO efluyente ($S_{\text{DQO}} = 0,301 \text{ kgDQO/m}^3$);

Y_{obs} = coeficiente de produção de sólidos no sistema ($Y_{\text{obs}} = 0,17$ kgDQO_{lodo}/kgDQO_{apl});

Portanto a massa gerada pela conversão da carga de DQO em gás metano, em um único reator, será de 1787 kgDQO_{CH4}/d.

Assim, pode-se facilmente converter a produção em massa para produção volumétrica de metano a partir da Equação C17, utilizando o fator de correção para a temperatura operacional do reator $K(t)$:

$$Q_{\text{CH}_4} = \frac{DQO_{\text{CH}_4}}{K(t)} \quad (\text{C17})$$

Na qual:

Q_{CH_4} = produção volumétrica de metano, em m^3/d ;

DQO_{CH_4} = carga de DQO convertida em metano ($DQO_{\text{CH}_4} = 1787 \text{ kgDQO}_{\text{CH}_4}/\text{d}$);

$K(t)$ = fator de correção para a temperatura operacional do reator, que pode, segundo Chernicharo (1997, p. 174), ser determinada através da Equação C18.

$$K(t) = \frac{P \times K}{R \times (273 + T_{\text{min}})} \quad (\text{C18})$$

Na qual:

$K(t)$ = fator de correção para a temperatura operacional do reator, em kgDQO/ m^3 ;

P = pressão atmosférica ($P = 1 \text{ atm}$);

K = COD correspondente a um mol de CH_4 ($K = 64 \text{ gDQO/mol}$);

R = constante dos gases ($0,08206 \text{ atm.L/mol}^\circ\text{K}$);

$T^\circ_{\text{mín}}$ = temperatura média no mês mais frio do ano ($T^\circ_{\text{mín}} = 24,5 \text{ }^\circ\text{C}$).

Logo o fator de correção será $2,62 \text{ kgDQO/m}^3$.

Consequentemente, após a substituição do valor de $K(t)$ na Equação C17, tem-se que a produção volumétrica de metano será de $681,7 \text{ m}^3/\text{d}$.

- **Avaliação da produção de biogás ($Q_{\text{biogás}}$)**

Para estipular a produção do biogás, é necessário considerar a porcentagem de seus gases constituintes. De acordo com Oliveira (2009, p 27), o gás metano representa 40 a 80% do volume do biogás produzido durante o processo de digestão anaeróbia, desta forma, assumindo um valor médio de 60%, tem-se que:

$$Q_{\text{biogás}} = \frac{Q_{\text{CH}_4}}{0,60} = \frac{681,7}{0,60} = 1136 \text{ m}^3/\text{dia} = 47,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

- **Dimensionamento dos coletores de gás**

Inicialmente adotou-se que o módulo do reator anaeróbio, possuirá 4 canaletas de distribuição do afluente e coleta de gás ($N_g = 5$ canaletas).

Desta forma, admitindo-se que os coletores sejam instalados paralelamente ao menor lado do reator, cada coletor possuirá 14 metros de comprimento ($C_g = 14 \text{ m}$), consequentemente, o comprimento linear total (C_t) será de 70 m.

A verificação da taxa de liberação de biogás foi feita segundo a Equação C19.

$$v_g = \frac{Q_{\text{biogás}}}{A_g} \quad (\text{C19})$$

Na qual:

v_g = taxa de liberação de biogás, em $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{h}$;

$Q_{\text{biogás}}$ = produção de biogás ($Q_{\text{biogás}} = 47,3 \text{ m}^3/\text{h}$);

A_g = área total de coletores de gases, em m^2 . Obtida através da multiplicação do comprimento linear total dos coletores ($C_t = 70 \text{ m}$) e da largura do coletor de gás imposta ($L_g = 0,14 \text{ m}$). Portanto, $A_g = 4,83 \text{ m}^2$.

Logo, reator possuirá uma taxa de liberação de biogás igual a $4,83 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$. Portanto, dentro dos padrões fixados pela norma NBR 12209 (2011, p. 17), a qual determina que essa taxa de liberação deva ser de pelo menos $1 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$ e no máximo de $5 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$.

- **Dimensionamento das aberturas (passagens) para o decantador**

Adotando-se 5 separadores trifásicos, um para cada coletor de gás adotado, tem-se:

- Número de aberturas simples (N_{as}): 2 aberturas;
- Número de aberturas duplas (N_{ad}): 4 aberturas;
- Número equivalente de aberturas simples (N_{aeqs}): $2 + (2 \times 4) = 10$ aberturas;
- Comprimento de cada abertura (C_a): assim como as canaletas coletoras de gás, as aberturas para o decantador serão instaladas paralelamente ao comprimento menor do reator, portanto, $C_a = 14 \text{ m}$.

- Comprimento equivalente de aberturas simples (C_{ta}): este comprimento total foi obtido através da multiplicação do comprimento da abertura ($C_a = 14 \text{ m}$) e do número equivalente de aberturas simples ($N_{aeqs} = 10$). Portanto, $C_{ta} = 140 \text{ m}$.

- Largura de cada abertura (L_a): assim como no item anterior, a largura das aberturas foi adotada ($L_a = 0,55 \text{ m}$);

- Área das aberturas (A_a): a área total das aberturas foi determinada pela multiplicação da largura adotada para cada abertura ($L_a = 0,55 \text{ m}$) e do comprimento equivalente total ($C_{ta} = 140 \text{ m}$). Assim, $A_a = 77 \text{ m}^2$.

Após a determinação das dimensões das aberturas para o decantador, fez-se necessário verificar se estas atendiam ao critério de velocidade na passagem para o decantador de cada reator RAFA (CHERNICHARO, 1997, p. 176).

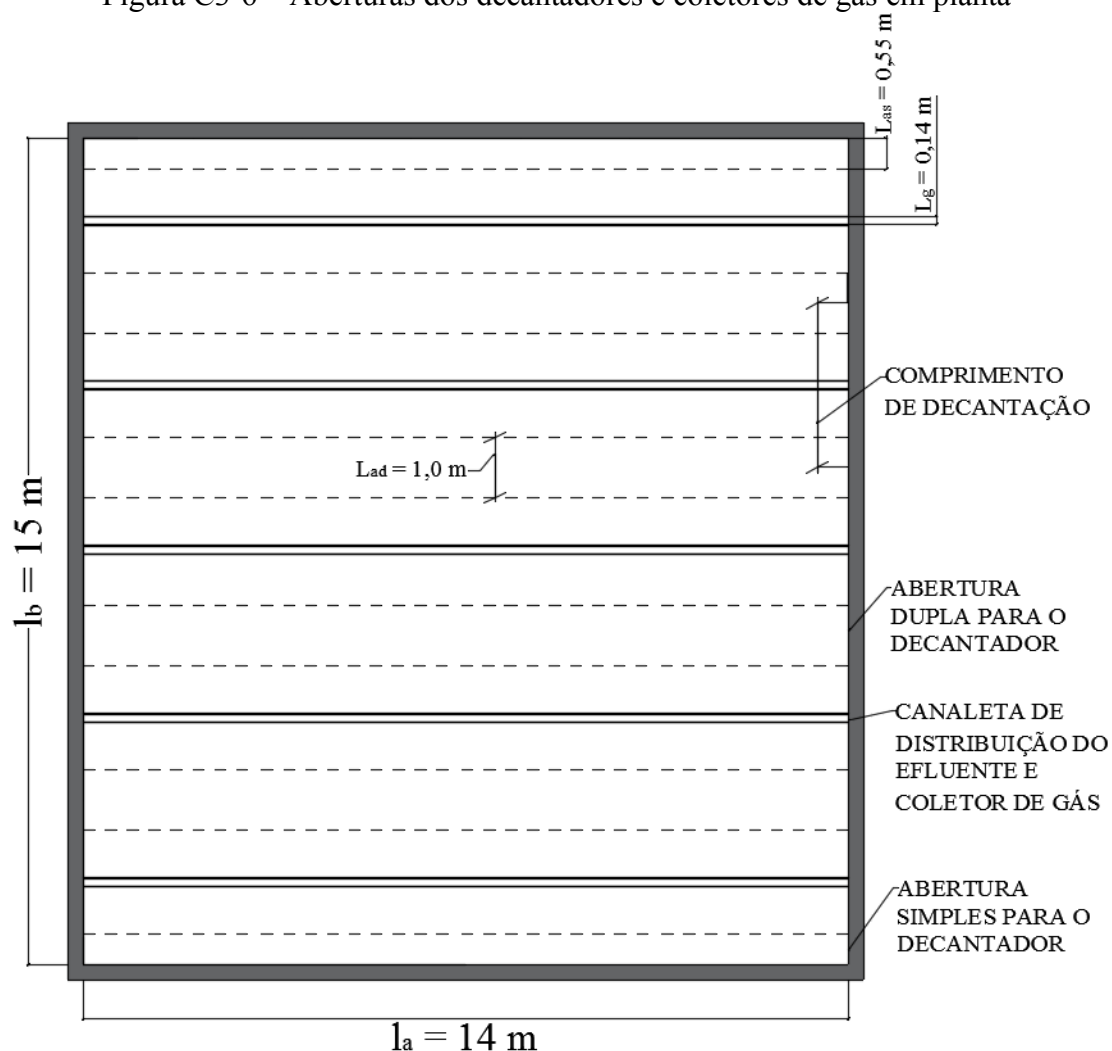
$$\text{- para } Q_{\text{méd}}: v_a = \frac{Q_{\text{méd}}}{A_a} = \frac{175,16 \text{ m}^3/\text{h}}{70 \text{ m}^2} = 2,50 \text{ m/h} < 2,3 \text{ m/h} \text{ (OK!)}$$

$$\text{- para } Q_{\text{máx}}: v_a = \frac{Q_{\text{máx}}}{A_a} = \frac{267,42 \text{ m}^3/\text{h}}{70 \text{ m}^2} = 3,82 \text{ m/h} < 4,0 \text{ m/h} \text{ (OK!)}$$

Portanto, as aberturas para o decantador do RAFA foram dimensionadas e estão de acordo com as exigências normativas quanto à velocidade de passagem.

A Figura C3-6 apresenta as dimensões e a distribuição das aberturas para o decantador, bem como a distribuição e as medidas das canaletas de distribuição do efluente e coletores de gás, dimensionados no subitem anterior.

Figura C3-6 – Aberturas dos decantadores e coletores de gás em planta



Fonte: Autor (2018)

- **Dimensionamento do compartimento de decantação**

- Número de compartimentos de decantação (N_{cd}): 5 compartimentos;
- Comprimento de cada decantador (C_d): 14 m;
- Comprimento total de decantadores (C_{td}): determinou-se o comprimento total linear dos decantadores através da multiplicação do número de compartimentos ($N_{cd} = 5$) e do comprimento de cada decantador ($C_d = 14\text{m}$). Portanto $C_{td} = 70 \text{ m}$.
- Largura real de cada coletor de gás (L_{Rg}): a largura total do coletor de gás foi obtida através da soma da largura da abertura do coletor mais 2 cm da espessura de parede. Portanto, $L_{Rg} = 0,14 + 0,02 = 0,16 \text{ m}$.

- Largura de cada compartimento de decantação (L_d): determinou-se a largura de cada decantador da seguinte forma:

$$L_d = \left(\frac{l_b}{N_{cd}} \right) - L_{Rg} = \left(\frac{15}{5} \right) - 0,16 = 2,84 \text{ m}$$

- Área total de decantadores (A_d): a área total dos decantadores foi obtida através da multiplicação da largura do decantador ($L_d = 2,84 \text{ m}$) e de seu comprimento total ($C_{td} = 70 \text{ m}$). Assim, $A_d = 198,8 \text{ m}^2$.

- **Avaliação da produção física e volumétrica de lodo**

Determinou-se a produção de lodo resultante no sistema de tratamento por reator anaeróbio utilizando-se a Equação C20 (CHERNICHARO, 1997, p. 181).

$$P_{\text{lodo}} = \frac{Y \times DQO_{\text{apl}}}{N_{\text{RAFA}}} \quad (\text{C20})$$

Na qual:

P_{lodo} = produção de sólidos no sistema, em kgSST/d;

Y = coeficiente de sólidos no sistema ($Y = 0,15 \text{ kgSST/kgDQO}_{\text{apl}}$);

DQO_{apl} = carga de DQO aplicada ao sistema ($DQO_{\text{apl}} = L_0 = 91959 \text{ kgDQO/d}$);

N_{RAFA} = número de reatores ($N_{\text{RAFA}} = 25$ reatores).

Portanto um RAFA produzirá 551,76 kgSST/d, ou seja, todo o sistema produzirá 13793,91 kgSST/d.

A produção volumétrica foi determinada utilizando-se a Equação C21.

$$V_{\text{lodo}} = \frac{P_{\text{lodo}}}{\gamma \times C} \quad (\text{C21})$$

Na qual:

V_{lodo} = produção volumétrica de lodo em um reator, em m^3/d ;

P_{lodo} = produção de sólidos em um RAFA ($P_{\text{lodo}} = 551,76 \text{ kgSST/d}$);

γ = densidade do lodo ($\gamma = 1030 \text{ kg/m}^3$);

C = concentração do lodo ($C = 0,04$).

Portanto, serão produzidos 13,39 m^3 de lodo por dia em cada reator, ou seja 334,8 m^3/d em todo o sistema.

- **Cálculo das demais dimensões relevantes do RAFA**

Levando em consideração todos os limites de dimensões estabelecidos pela NBR 12209 (2011), foi possível determinar as demais dimensões que uteis para a construção do reator anaeróbio de manta de lodo.

De acordo com a NBR 12209 (2011, p. 17), a profundidade total útil dos reatores deve estar entre 4 e 6 metros (adotado $H_{RAFA} = 6$ m), sendo que a profundidade mínima do compartimento de digestão (H_1) (do fundo do reator à entrada do compartimento de decantação) deve ser de 2,5 m. Portanto, adotou-se $H_1 = 4$ m.

É estabelecido também, que a profundidade útil mínima do compartimento de decantação deve ser de 1,5 m, sendo pelo menos 0,30 m com parede vertical (NBR 12209, 2011, p. 17), Assim:

- profundidade do compartimento de decantação (H_2) será: $H_2 = H_{RAFA} - H_1 = 6 - 4 = 2$ m (superior à altura mínima exigida).

- a altura da parede vertical (H_3) será de 0,50 m (superior à altura mínima exigida).

Segundo a NBR 12209 (2011, p.17), o transpasse dos defletores (L_{def}) de gases deve exceder em pelo menos 15 cm a abertura de passagem do compartimento de digestão para o compartimento de decantação. Assim, o comprimento total do defleto simples será $L_{def} = 0,15 + 0,55 = 0,70$ m.

Por fim de acordo com a NBR 12209 (2011, p.17), a entrada de esgoto no reator deve se dar entre 0,10 e 0,20 metros do fundo. Adotou-se o valor máximo, portanto, $H_4 = 0,20$ m.

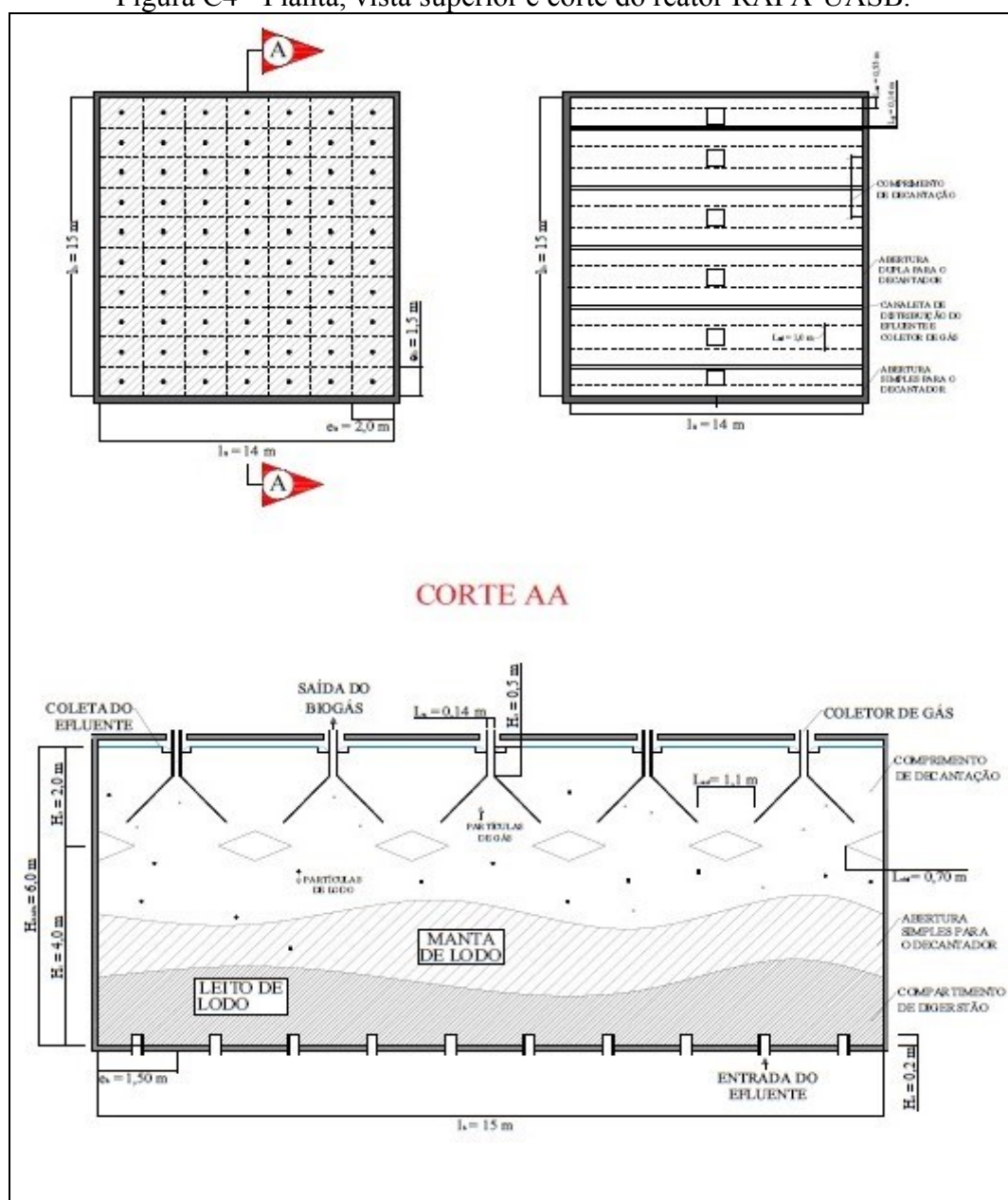
Segundo a NBR 12209 (2011, p.17), deve-se dispor de aberturas de acesso com dimensões mínimas de 0,80 m nas câmaras de digestão.

- **Cálculo total da área utilizada**

Para determinar a área total necessária para a implantação do sistema, adotou-se uma área 30% maior que a área calculada. Portanto, a área total ($A_T = 1,3 \times (A_{RAFA} \times N_{RAFA}) = 1,3 \times (210 \times 25) = 6825$ m²).

Todas as dimensões descritas na seção de dimensionamento do RAFA foram apresentadas na Figura C4.

Figura C4 - Planta, vista superior e corte do reator RAFA-UASB.



Fonte: Autor (2018)

6.4-ANEXO D

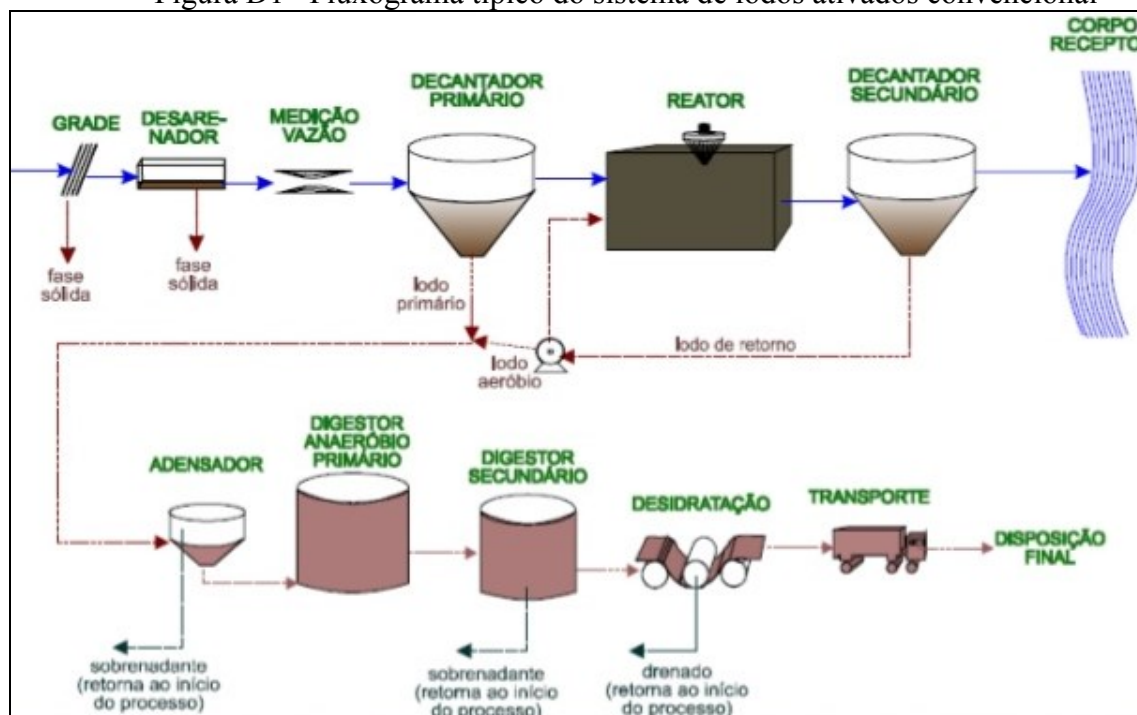
6.4 TRATAMENTO SECUNDÁRIO POR LODO ATIVADO

Segundo Von Sperling (2005, p. 301), os sistemas de lodos ativados e suas variantes são mundialmente utilizados devido a sua capacidade de elevar a qualidade do efluente com baixos requisitos de área. Entretanto, este sistema possui um gasto energético maior e certa complexidade operacional, devido à necessidade de monitoramentos físicos químicos e bacteriológicos constantes.

Nota-se que o sistema descrito anteriormente forma um “reservatório” de bactérias ainda ativas e ávidas na unidade de decantação. Desta forma, os sistemas de lodos ativados funcionam a partir da reintrodução destas bactérias, através do seu bombeamento, à unidade de aeração. Elevando assim a concentração de bactérias nesta unidade (VON SPERLING, 2005, p. 301).

A Figura D1 traz o fluxograma típico do sistema de lodos ativados convencional.

Figura D1– Fluxograma típico do sistema de lodos ativados convencional



Fonte: adaptado Von Sperling (2005, p.303)

6.4.1 Dimensionamento do decantador primário

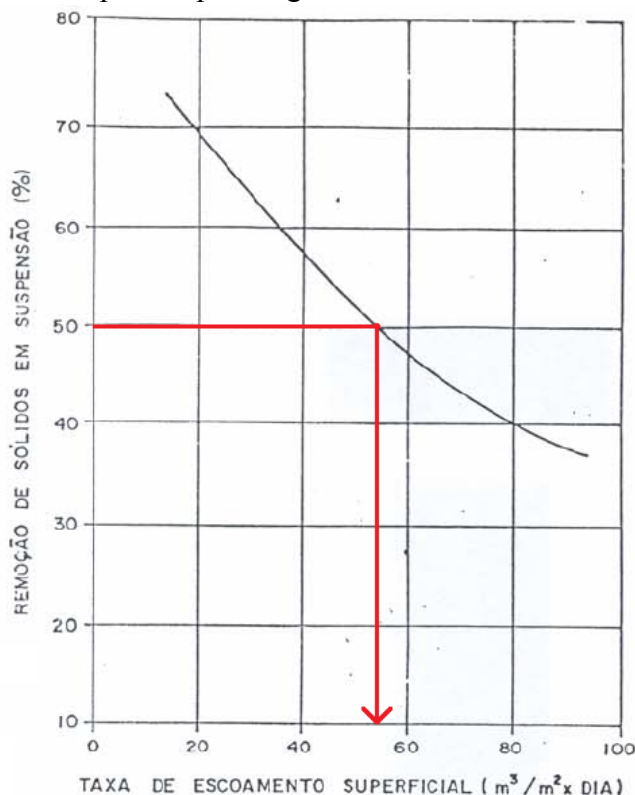
- Taxa de escoamento superficial ($T_{\text{esc sup}}$)

Segundo a NBR 12209 (2011, p. 6), a taxa de escoamento superficial é a relação entre a vazão afluyente do liquido de uma unidade de tratamento e a área horizontal na qual essa vazão é distribuída, em $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$.

De acordo com a NBR 12209 (2011, p. 14), a taxa de escoamento superficial deve ser compatível com a eficiência de remoção desejada, e ainda igual ou inferior a $90 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ quando preceder processo de lodo ativado.

Utilizando-se a Figura D2, gráfico que correlaciona a taxa de escoamento superficial ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$) com a porcentagem de remoção de sólidos em suspensão (%), determinou-se a taxa de escoamento superficial fixando-se a porcentagem de remoção mínima de sólidos em suspensão (SS) em 50%.

Figura D2– Relação entre a taxa de escoamento superficial e, a remoção de sólidos em suspensão para esgotos sanitários.



Fonte: NB 570 (1990)

Assim, de acordo com o gráfico, tem-se que a taxa de escoamento superficial será de 55 m³/m².d. É importante salientar que a taxa de escoamento superficial encontrada está abaixo do limite estabelecido pela NBR 12209 de 90 m³/m².d.

- **Profundidade (H_{dec}) e número de unidades do decantador**

A NBR 12209 (2011, p. 15), estipula que a profundidade mínima de água no decantador deve ser superior a 3,5 m. Portanto, será adotado H_{dec} = 4 m.

Ainda segundo a NBR 12209 (2011, p. 14), para uma ETE com vazão de dimensionamento superior a 250 L/s deve-se adotar mais de um decantador primário. Desta forma, como a vazão média no final de plano será 1214,4 L/s, adotou-se 5 decantadores.

- **Área (A_{dec}) e volume útil (V_{ol dec}) de cada decantador**

Determinou-se a área do decantador conforme a Equação D1.

$$\frac{Q_{\text{máx}}}{A_{\text{dec}} \times N_{\text{dec}}} = T_{\text{esc sup}} \rightarrow A_{\text{dec}} = \frac{Q_{\text{máx}}}{T_{\text{esc sup}} \times N_{\text{dec}}} \quad (\text{D1})$$

Na qual:

A_{dec} = área para um decantador primário, em m²;

Q_{máx} = vazão máxima afluyente (Q_{máx} = 160450,6 m³/d);

N_{dec} = número de decantadores (N_{dec} = 5);

T_{esc sup} = taxa de escoamento superficial (T_{esc sup} = 55 m³/m².d).

Portanto, a área do decantador será de A_{dec} = 583 m².

De acordo com a NBR 12209 (2011, p. 15), considera-se como o volume útil do decantador primário o produto entre a área de decantação e a profundidade adotada (Equação D2).

$$V_{\text{ol dec}} = A_{\text{dec}} \times H_{\text{dec}} \quad (\text{D2})$$

Na qual:

V_{ol dec} = volume útil de um decantador, em m³;

A_{dec} = área do decantador primário (A_{dec} = 1605 m²);

H_{dec} = Altura do nível mínimo de água no decantador (H_{dec} = 4 m).

Portanto, o volume útil no decantador será de V_{ol dec} = 2334 m³, porem, como serão instalados cinco decantadores:

$$V_{\text{ol total dec}} = N_{\text{dec}} \times V_{\text{ol dec}} = 5 \times 2334 = 11669 \text{ m}^3$$

- **Tempo de detenção hidráulica (t_{hid})**

Segundo a NBR 12209 (2011, p. 6), o tempo de detenção hidráulica em um único decantador é a relação entre o volume útil de uma unidade de tratamento e sua vazão afluente, expressa em horas, dias ou unidade equivalente (Equação D3).

$$t_{hid} = \frac{V_{ol\ dec}}{Q} \quad (D3)$$

Na qual:

t_{hid} = tempo de detenção hidráulica, em h;

$V_{ol\ dec}$ = volume útil total dos decantadores ($V_{ol\ dec} = 2334\ m^3$);

Q = vazão considerada ($Q_{m\acute{a}x\ dec} = 1337,1\ m^3/h$ ou $Q_{m\acute{e}d\ dec} = 875,8\ m^3/h$).

A NBR 12209 (2011, p.14), estipula que o tempo de detenção hidráulica para a vazão média deve ser inferior ou igual às 3h e, para a vazão máxima, deve ser superior ou igual 1h. Portanto, fez-se necessária a seguinte análise:

$$\text{Para } Q_{m\acute{a}x} = 1337,1\ \frac{m^3}{h} \rightarrow t_{hid} = \frac{2334}{1337,1} \cong 1,7\ h \geq 1\ h\ (OK!)$$

$$\text{Para } Q_{m\acute{e}d} = 875,8\ \frac{m^3}{h} \rightarrow t_{hid} = \frac{2334}{875,8} \cong 2,7\ h \leq 3\ h\ (OK!)$$

Portanto, os tempos de detenção respeitam as exigências normativas.

- **Dimensões do decantador**

Segundo a NBR 12209 (2011, p. 15), para decantadores retangulares, a relação largura/profundidade mínima de água deve ser igual ou superior a 2:1.

Sabendo disso, optou-se por adotar uma largura mínima do decantador (b_{dec}) de 14 metros, ou seja, optou-se por uma relação de 3,5:1.

Assim, com a largura do decantador arbitrada, calculou-se o comprimento dos decantadores (L_{dec}) conforme a Equação D4.

$$A_{dec} = b_{dec} \times L_{dec} \rightarrow L_{dec} = \frac{A_{dec}}{b_{dec}} \quad (D4)$$

Na qual:

L_{dec} = comprimento do decantador, em m;

A_{dec} = área do decantador ($A_{dec} = 583\ m^2$);

b_{dec} = largura do decantador ($b_{dec} = 14$ m).

Portanto, o comprimento do decantador adotada será $L_{dec} = 41,7$ m.

Entretanto, segundo a NBR 12209 (2011, p.15), a relação entre o comprimento e a profundidade de água deve ser igual ou superior a 4:1, ou seja, $L_{dec}/b_{dec} \geq 4$.

$$\text{Portanto: } \frac{L_{dec}}{H_{dec}} = \frac{41,7}{4} = 10,4 \geq 4 \text{ (OK!)}$$

Ainda segundo a NBR 12209 (2011, p.15), deve-se observar se a relação comprimento/largura é igual ou superior a 2:1.

$$\text{Assim: } \frac{L_{dec}}{b_{dec}} = \frac{41,7}{14} = 3,0 \geq 2 \text{ (OK!)}$$

Assim, as relações entre a base, o comprimento e a altura atendem as exigências normativas vigentes.

- **Velocidade horizontal de escoamento ($v_{h\text{ esc}}$)**

A velocidade horizontal de escoamento ($v_{h\text{ esc}}$) em um decantador primário foi determinada pela Equação D5.

$$v_{h\text{ esc}} = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{b_{dec} \times H_{dec}} \quad (D5)$$

Na qual:

$v_{h\text{ esc}}$ = velocidade horizontal de escoamento, em m/s;

$Q_{m\acute{a}x}$ = velocidade máxima ($Q_{m\acute{a}x} = 0,371$ m³/s);

B_{dec} = largura do decantador ($b_{dec} = 14$ m);

H_{dec} = profundidade mínima do decantador ($H_{dec} = 4$ m).

Logo, a velocidade horizontal de escoamento será $v_{h\text{ esc}} = 0,0066$ m/s, ou seja, 6,6 mm/s.

É importante salientar que, segundo a NBR 12209 (2011, p.15), a velocidade de escoamento horizontal, para decantadores retangulares, deve ser igual ou inferior a 50 mm/s. Portanto, este requisito esta sendo atendido.

- **Remoções esperadas**

Primeiramente, calculou-se a área superficial real do decantador ($A_{s\text{ dec}}$), conforme a Equação D6-50.

$$A_{s\text{ dec}} = b_{\text{dec}} \times L_{\text{dec}} \quad (\text{D6-50})$$

Na qual:

$A_{s\text{ dec}}$ = área superficial do decantador, em m^2 ;

b_{dec} = largura do decantador ($b_{\text{dec}} = 14 \text{ m}$);

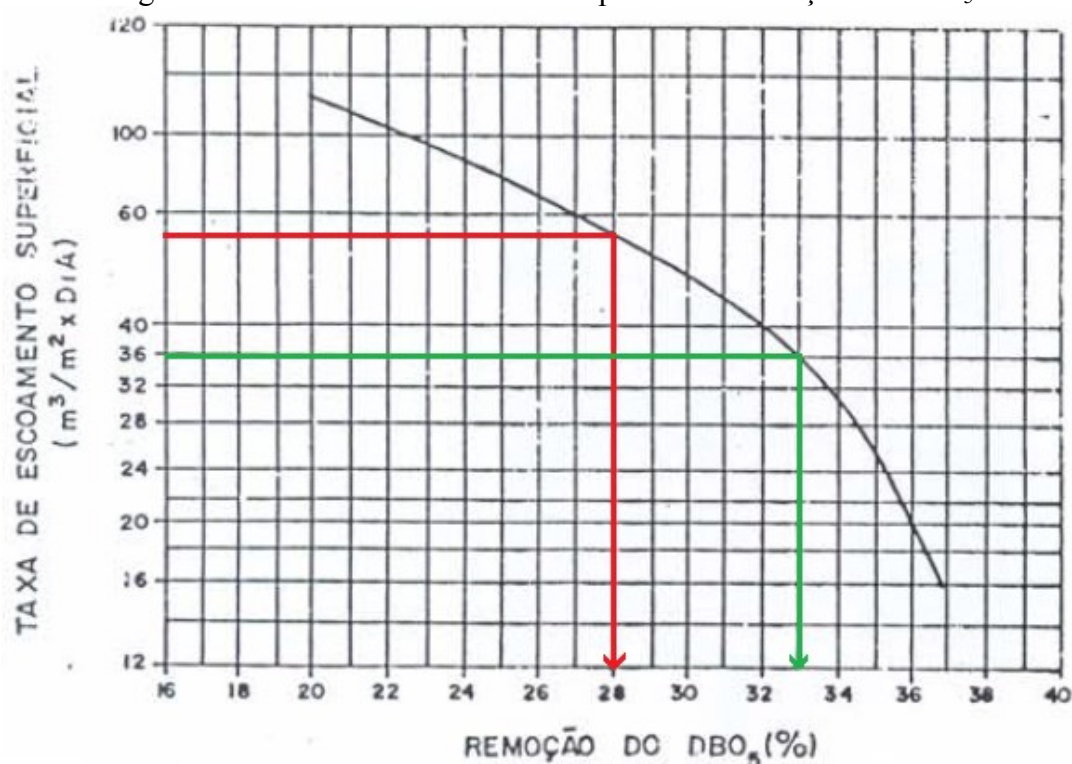
L_{dec} = comprimento do decantador ($L_{\text{dec}} = 41,7$).

Assim, a área superficial do decantador, será de $583,5 \text{ m}^2$.

Em seguida, de posse da Equação D1, para as vazões máxima e média, calculou-se a taxa de escoamento superficial ($T_{\text{esc sup}}$), 55 e $36 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, respectivamente.

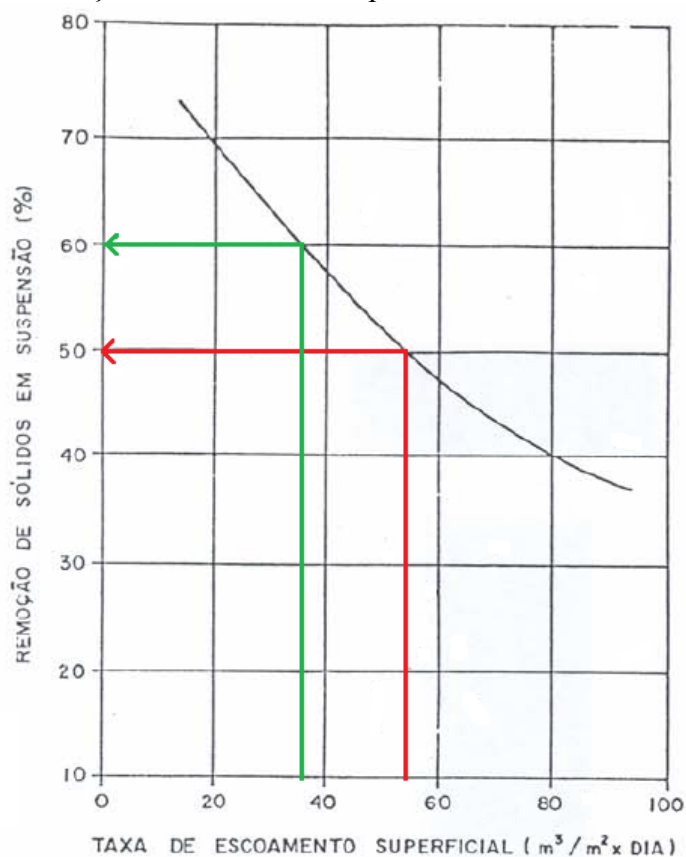
Por fim, determinou-se a porcentagem de remoção do DBO_5 e a porcentagem de remoção de sólidos em suspensão (SS), para as vazões máxima e média, com o auxílio das Figuras D3 e D4.

Figura D3-9 – Taxa de escoamento superficial x remoção do DBO_5



Fonte: NBR NB-570 (1990)

Figura D4-10 – Remoção de sólidos em suspensão x taxa de escoamento superficial



Fonte: NBR NB-570 (1990)

Para facilitar a visualização dos resultados obtidos neste subitem, fez-se a Tabela D1.

Tabela D1 – Remoção de SS e DBO₅ para as vazões máxima e média em um decantador primário

Q (L/s)	Q (m³/dia)	A _{s dec} (m²)	T _{esc sup} (Q/A) (m³/m².d)	Remoção (%)	
				SS	DBO ₅
371,4	32090,1	583,5	55,0	50	28
243,3	21019,3	583,5	36,0	60	33

Fonte: Autor (2018)

6.4.1.1 Dimensionamento dos poços de lodo

- Tempo de armazenamento do lodo (t_{arm})

Arbitrou-se o tempo de armazenamento do lodo em 12 horas, desta forma, é possível evitar operação de descarga durante a noite.

- **Massa de sólidos em suspensão (M_{SS})**

Considerando o esgoto com concentração média de sólidos suspensos (C_{SS}) na faixa de 220 mg/L (SALLA, 2017b), e considerando a vazão média ($Q_{méd} = 243,3$ L/s), ou seja, com taxa de remoção de sólidos em suspensão de 60% (Tabela D1), determinou-se a massa de sólidos em suspensão conforme a Equação D7.

$$M_{SS} = C_{SS} \times R_{ss} \times Q_{méd} \times t_{arm} \quad (D7)$$

Na qual:

M_{SS} = massa de sólidos em suspensão, em kgSS/12h;

C_{SS} = concentração de sólidos suspensos ($C_{SS} = 220 \times 10^{-6}$ kg/L);

R_{SS} = remoção de sólidos em suspensão ($R_{SS} = 0,60$);

$Q_{méd}$ = vazão média do esgoto ($Q_{méd} = 243,3$ L/s);

t_{arm} = tempo de armazenamento ($t_{arm} = 43200$ s).

Portanto, a massa de sólidos em suspensão será de 1387,3 kg a cada 12 horas de retenção.

- **Volume de lodo produzido em 12 horas**

Para o cálculo do volume de lodo gerado em 12 horas de decantação primária, utilizou-se a Equação D8.

$$V_{Lodo} = \frac{M_{SS}}{\rho \times \left(\frac{\gamma_{Lodo}}{\gamma} \right) \times C_{SS\ Lodo}} \quad (D8)$$

Na qual:

V_{Lodo} = volume de lodo produzido, em m³;

M_{SS} = massa de sólidos em suspensão (1387,3 kgSS);

ρ = densidade da água ($\rho = 1000$ kgf/m³);

γ_{Lodo} = peso específico do lodo. Segundo Salla (2017b, p. 3), o peso específico típico do lodo é da ordem de 1030 kgf/m³;

γ = peso específico da água ($\gamma = 1000$ kgf/m³);

$C_{SS\ Lodo}$ = concentração de sólidos em suspensão no lodo. A concentração de sólidos em suspensão no lodo é da ordem de 6% (SALLA, 2017b, p. 3).

Desta forma, o volume de lodo produzido a cada 12 horas será $V_{Lodo} = 22,4$ m³.

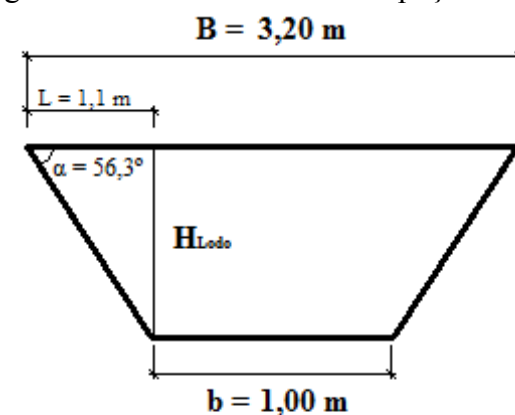
• Dimensões dos poços de lodo

Segundo a NRB 12209 (2017, p. 14), os poços de acumulação de lodo no fundo do decantador devem ter paredes com inclinação igual ou superior a 1,5 m na vertical para 1 m na horizontal (ou seja, inclinação superior a 56,3°), terminando em base inferior quadrada, com dimensão horizontal mínima de 0,6 m.

Desta forma, adotou-se 4 poços tronco de pirâmide de base maior com 3,20 × 3,20 m, e base menor com 1,00 × 1,00 m, e com inclinação de 56,3°.

Primeiramente determinou-se a altura do poço de lodo (H_{Lodo}) através da relação trigonométrica apresentada pela Figura D5.

Figura D5– Corte transversal do poço de lodo



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H_{\text{Lodo}}}{L} \Rightarrow H_{\text{Lodo}} = \operatorname{tg} \alpha \times L$$

Fonte: Autor (2018)

Logo, a altura do poço de lodo será $H_{\text{Lodo}} = 1,65$ m.

Em seguida, calculou-se o volume total de apenas um poço de lodo, em um tanque de decantação, por meio da Equação D9, fórmula do volume do tronco de pirâmide.

$$V_{\text{P Lodo}} = \frac{H_{\text{Lodo}}}{3} \times (A_B + \sqrt{A_B \times A_b} + A_b) \quad (\text{D9})$$

Na qual:

$V_{\text{P Lodo}}$ = volume do poço de lodo, m³;

H_{Lodo} = altura do poço de lodo ($H_{\text{Lodo}} = 1,65$ m);

A_B = área da base maior ($A_B = 10,2$ m²);

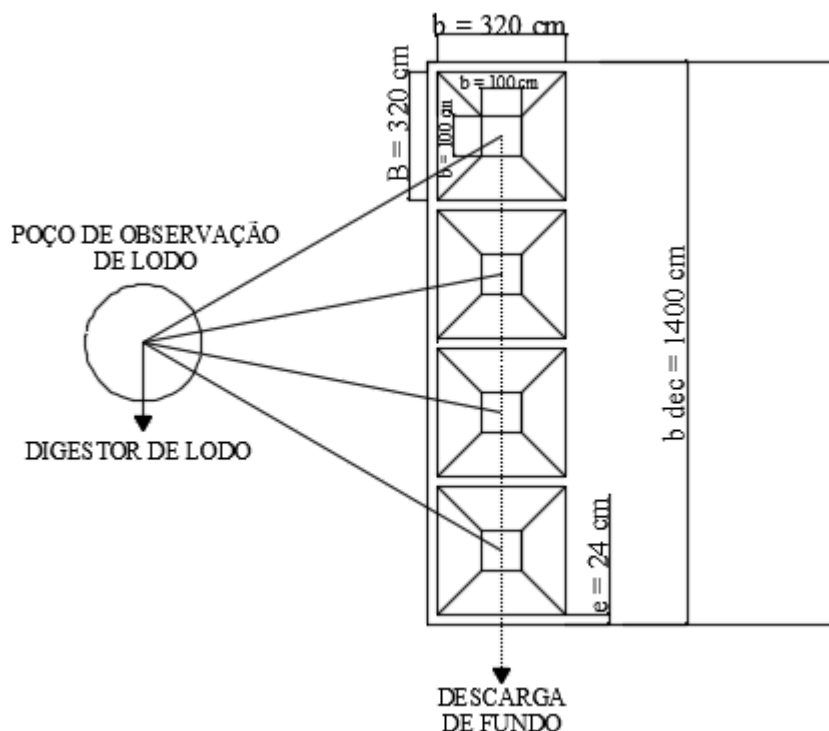
A_b = área da base menor ($A_b = 1,0 \text{ m}^2$).

Então o volume para um poço de lodo será $V_{P \text{ Lodo}} = 7,9 \text{ m}^3$. Consequentemente, para quatro poços de lodo, presentes em um decantador, tem-se um volume total ($V_{PT \text{ Lodo}}$) de $31,8 \text{ m}^3$.

Observa-se que o volume que é produzido pelo decantador primário ($V_{\text{Lodo}} = 22,4 \text{ m}^3$), durante o tempo de armazenamento de 12 horas, é menor que a capacidade total dentro dos poços de lodo ($V_{PT \text{ Lodo}} = 31,8 \text{ m}^3$). Portanto, os poços de lodo estão bem dimensionados.

Para facilitar a visualização do sistema final dos poços de lodo, fez-se a Figura D6, que mostra em planta o posicionamento e as dimensões dos poços de lodo em relação ao decantador.

Figura D6 – Dimensões dos poços de lodo em planta



Fonte: Autor (2018)

• Canalização de descarga de fundo

Segundo Salla (2017, p. 3), calcula-se a área do conduto responsável pela retirada do lodo (A_{CRLodo}), através da Equação D10.

$$A_{CRLodo} = \frac{A_{dec}}{4850 \times t_{Esv}} \times (\sqrt{h_{aec}} - \sqrt{h_{pec}}) \quad (D10)$$

Na qual:

A_{CRLodo} = área do conduto responsável pela retirada do lodo, em m^2 ;

A_{dec} = área do decantador ($A_{dec} = 583,5 \text{ m}^2$);

t_{Esv} = tempo de esvaziamento, em h;

h_{acc} = altura de água sobre o eixo do conduto, em m;

h_{pec} = altura de água sobre o poço de lodo, em m;

Considerando o decantador com inclinação de fundo de 1%, e o nível da canalização de descarga de lodo 30 cm abaixo do nível do poço de lodo, determinou-se a altura de água sobre o eixo do conduto (h_{acc}), por meio da Equação D11, e a altura de água sobre o poço de lodo pela Equação D12.

$$h_{acc} = 4 + 0,01 \times (14 - 3,2 - 0,24) + 1,65 + 0,30 = 6,33 \quad (D11)$$

$$h_{pec} = 4 + 0,01 \times (14 - 3,2 - 0,24) = 4,38 \quad (D12)$$

Assim, da Equação D10e arbitrando-se o tempo de esvaziamento (t_{Esv}) do poço de lodo em 1 hora, tem-se:

$$A_{CRLodo} = \frac{583,3}{4850 \times 1} \times (\sqrt{6,33} - \sqrt{4,38}) = 0,0509 \text{ m}^2$$

Logo, o diâmetro da canalização de descarga de fundo, deverá ter o diâmetro igual ou superior à:

$$D_{CRLodo} \geq \sqrt{\frac{4 \times A_{CRLodo}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0509}{\pi}} \cong 0,252 \text{ m}$$

Portanto, o diâmetro da canalização de retirada de lodo deverá ser igual ou maior que 0,252 m, ou seja, 252 mm. Portanto, será utilizada a tubulação DN 250, cujo diâmetro comercial interno é de 252 mm.

6.4.1.2 Dimensionamento dos vertedores (calhas) de saída de efluente

- **Taxa de escoamento superficial nas calhas ($T_{esc \text{ cal}}$)**

Segundo a NBR NB 570 (1990), a taxa de escoamento deve ser menor ou igual a 720 $\text{m}^3/\text{dia.m}$, ou seja, 30 $\text{m}^3/\text{dia.m}$.

Foram adotados neste trabalho, dois vertedores de saída (calhas de saída), sendo que um deles foi posicionado próximo à parede final do decantador, desta forma, recebendo apenas a contribuição do lado livre, enquanto o outro receberá a contribuição de ambos os lados.

Considerando que as duas calhas possuem o comprimento igual à largura do decantador, portanto igual a 14 m, tem-se que o comprimento efetivo das calhas ($L_{ef \text{ cal}}$) é 42 m (3 lados de 14 metros, cada, recebendo contribuição).

Desta forma, calculou-se a taxa de escoamento nos vertedores de apenas um decantador segundo a Equação D13.

$$T_{\text{esc cal}} = \frac{Q_{\text{máx}}}{N_{\text{cal}} \times L_{\text{ef cal}}} \quad (\text{D13})$$

Na qual:

$T_{\text{esc cal}}$ = taxa de escoamento nas calhas de saída, em $\text{m}^3/\text{h.m}$;

$Q_{\text{máx}}$ = vazão máxima ($Q_{\text{máx}} = 1337,1 \text{ m}^3/\text{h}$);

N_{cal} = quantidade de calhas ($N_{\text{cal}} = 3$);

$L_{\text{ef cal}}$ = comprimento efetivo das calhas ($L_{\text{ef cal}} = 42 \text{ m}$)

Logo, tem-se que a taxa de escoamento nas calhas de saída será $T_{\text{esc cal}} = 15,9 \text{ m}^3/\text{h.m}$. É importante observar que este valor está abaixo do permitido pela NBR NB 570, que é de $30 \text{ m}^3/\text{h.m}$.

• Dimensões das calhas de coleta de efluente

Segundo Salla (2017b, p. 4), a vazão de contribuição nos vertedores de saída corresponde à $2/3$ da vazão no decantador.

Como foram adotadas duas calhas de coleta de efluente, de acordo com Salla (2017b, p. 4), determina-se a vazão para uma das calhas, da seguinte forma:

$$Q_{\text{máx cal}} = \frac{2}{3} \times \frac{Q_{\text{máx}}}{N_{\text{cal}}} = \frac{2}{3} \times \frac{1337,1}{2} = 445,7 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0,124 \text{ m}^3/\text{s}$$

Assim, adotando a largura da calha (b_{cal}) igual $0,40 \text{ m}$, e a vazão de contribuição encontrada para apenas uma calha, tem-se que, a altura do nível de água na calha será (SALLA, 2017b, p.4):

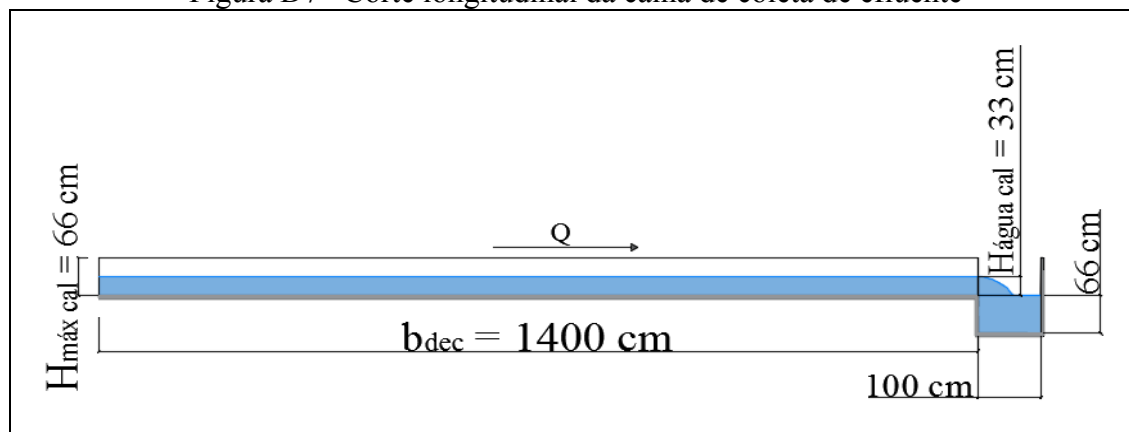
$$H_{\text{água cal}} = \left(\frac{Q_{\text{máx cal}}}{1,3 \times b_{\text{cal}}} \right)^{2/3} = \left(\frac{0,124}{1,3 \times 0,50} \right)^{2/3} = 0,33 \text{ m} = 33 \text{ cm}$$

Portanto, adotando para a altura da calha o dobro da altura do nível de água na calha (para que não haja transbordamento de efluente na calha), tem-se que, a altura final será $H_{\text{máx cal}} = 66 \text{ cm}$. Por facilidade construtiva, adotaram-se estas mesmas dimensões para a calha coletora de espuma.

Já para os vertedores laterais ao decantador, cuja função é receber o efluente proveniente das duas calhas, adotou-se o dobro das dimensões das canaletas. Portanto, adotou-se uma canaleta de 132×100 cm (altura \times largura).

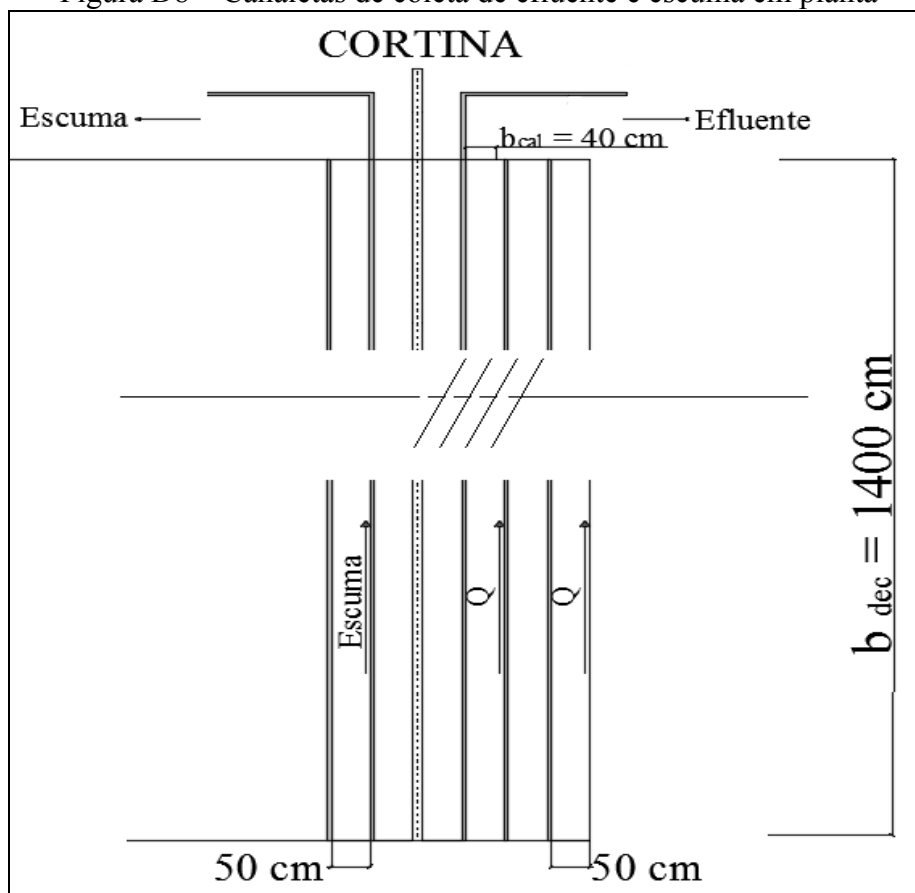
A Figura D7 e D8 mostram em corte e em planta os detalhes das canaletas de coleta de efluente.

Figura D7– Corte longitudinal da calha de coleta de efluente



Fonte: Autor (2018)

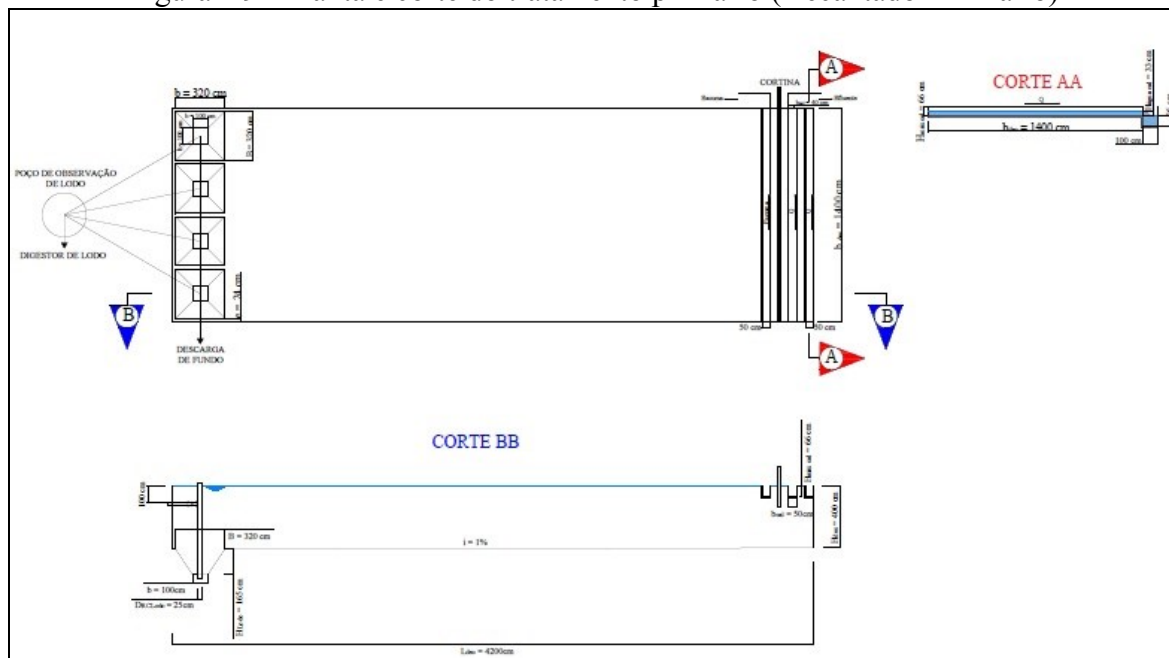
Figura D8 – Canaletas de coleta de efluente e espuma em planta



Fonte: Autor (2018)

Todas as dimensões finais do decantador primário calculados no item 6.4.1, foram representados na Figura D9.

Figura D9 - Planta e corte do tratamento primário (Decantador Primário)



Fonte: Autor (2018)

6.4.2 Dimensionamento do tanque de aeração ou reator

6.4.2.1 Dados iniciais

- População de projeto: $Pop_{2038} = 786280$ habitantes (calculada no item 6.1.1);
- Vazão média afluyente: $Q_{méd} = 1216,4 \text{ L/s} = 105096,5 \text{ m}^3/\text{d} = 4379,0 \text{ m}^3/\text{h}$ (calculada no item 6.1.2.4).
- Vazão máxima afluyente: $Q_{máx} = 1857,1 \text{ L/s}; 160450,6 \text{ m}^3/\text{d}; 6685,4 \text{ m}^3/\text{h}$ (calculada no item 6.1.2.5).
- Temperatura: $T^{\circ}_{min} = 24,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (estabelecida no item 6.1.3);
- DBO afluyente ao decantador primário: $S_0_{DEC} = 350 \text{ mgDBO/L}$ (estabelecida no item 6.1.4);

- **Taxa de utilização máxima do substrato ($q_{máx}$)**

Segundo Metcalf & Eddy (1991 *apud* Von Sperling, 1997, p. 35), pode-se determinar a taxa de utilização máxima do substrato conforme a Equação D15.

$$q_{\text{máx}} = \frac{\mu_{\text{máx}}}{Y} \quad (\text{D15})$$

Na qual:

$q_{\text{máx}}$ = taxa de utilização máxima, em d^{-1} ;

$\mu_{\text{máx}}$ = taxa de crescimento específico máximo. Por não existirem dados disponíveis específicos para a cidade de Bissau, adotou-se o valor médio entre os limites fixados por Von Sperling ($1,5 < \mu_{\text{máx}} < 5,0 \text{ d}^{-1}$). Logo, $\mu_{\text{máx}} = 3,25 \text{ d}^{-1}$.

Y = coeficiente de produção celular (massa de sólidos em suspensão voláteis produzidos por unidade de massa de DBO removida). Segundo Von Sperling (1997, p. 34), pode-se adotar para este coeficiente valores entre 0,4 a 0,8 gSSV/gDBO_5 removida. Portanto, adotando-se o valor médio, $Y = 0,6 \text{ gSSV/gDBO}_5$.

Assim, o valor da taxa de utilização máxima do substrato será $q_{\text{máx}} = 5,42 \text{ d}^{-1}$.

- **Constante de saturação (K_S)**

A constante de saturação (K_S) representa o valor da concentração do substrato para o qual a taxa de crescimento dos microrganismos é igual à metade da taxa de crescimento máxima. Usualmente, adotam-se valores de K_S entre 25 a 100 mgDBO_5/L (Metcalf & Eddy, 1991 *apud* VON SPERLING, 1997, p.35). Assim, optou-se por adotar o valor médio entre os limites conhecidos. Logo, $K_S = 62,5 \text{ mgDBO}_5/\text{L}$

- **Coeficiente de respiração endógena (K_d)**

Segundo Metcalf & Eddy (1991 *apud* VON SPERLING, 1997, p. 36), a constante de respiração endógena varia entre 0,06 a 0,10 mgSSV/mgSSVd . Assim, foi adotado o valor médio entre os limites estipulados, portanto, $K_d = 0,08 \text{ mgSSV/mgSSVd}$.

- **Concentração afluyente de DBO (S_0)**

A concentração de DBO afluyente no sistema de lodo ativado será a concentração inicial menos a parcela de DBO retirada na passagem do esgoto pelo decantador primário, que foi determinada conforme a Equação D16.

$$S_0 = S'_0 \times \left(1 - \frac{E_{\text{DP}_1}}{100}\right) \quad (\text{D16})$$

Na qual:

S_0 = DBO efluente do decantador primário, em mgDBO/L ;

S'_0 = DBO afluyente ao decantador primário ($S'_0 = 350 \text{ mgDBO/L}$);

E_{DP1} = eficiência do decantador primário em relação à vazão máxima ($E_{DP1} = 28\%$).

Portando, a concentração de matéria orgânica afluenta ao filtro biológico será de 252 mgDBO/L.

- **Altitude média da cidade de Bissau (H)**

Segundo o GOOGLE MAPS (2018), a cidade de Bissau, situa-se a uma altitude de 0 metro do nível do mar.

6.4.2.2 Dimensionamento do tanque de aeração (T.A.) ou reator

- **Tempo de detenção hidráulica (t)**

O tempo de detenção hidráulica no tanque de aeração pode ser determinado conforme a Equação D17.

$$t = \frac{(S_0 - S_e) \times (K_S + S_e)}{q_{\max} \times X_V \times S_e} \quad (D17)$$

Na qual:

t = tempo de detenção hidráulica, em dias;

S_0 = concentração de DBO afluenta no sistema ($S_0 = 252$ mg/L);

S_e = taxa de lançamento de DBO₅ no corpo receptor. Como não foram encontrados dados a respeito da classe do rio receptor do efluente, adotou-se o rio como sendo de classe 3 (rios de águas doce que podem ser destinados: ao abastecimento e consumo humano, após tratamento convencional, à irrigação, à pesca amadora, à recreação etc) (CONAMA 357, 2005, p. 4). Logo, o rio deve atender as seguintes características: DBO 5 dias a 20°C até 10 mg/L O₂, e oxigênio dissolvido (OD) em qualquer amostra não inferior a 4 mg/L O₂. Assim, adotou-se $S_e = 10$ mg/L

K_S = constante de saturação ($K_S = 62,5$ mgDBO₅/L);

q_{\max} = taxa de utilização máxima ($q_{\max} = 5,42$ d⁻¹);

X_V = concentração de sólidos em suspensão voláteis. Segundo a NBR 12209 (2011, p. 26), a concentração de sólidos em suspensão deve estar compreendida no intervalo de 1500 a 4500 mg/L. Portanto, foi adotado o valor médio de 3000 mgSSV/L.

Logo, o tempo de detenção (t) será 0,11 dias, ou seja, 2,59 horas.

- **Relação alimento/microrganismos (A/M)**

Segundo Von Sperling (1997, p. 46), a relação alimento/microrganismos ou, como também é conhecida, carga de lodo, correlaciona à eficiência do sistema a partir da análise de alimentos disponíveis pela quantidade de microrganismos que habitam o sistema. De tal forma que quanto maior a relação A/M menor será a eficiência do sistema.

A relação A/M pode ser determinada conforme a Equação D18.

$$\frac{A}{M} = \frac{S_0}{t \times X_V} \quad (D18)$$

Na qual:

A/M = carga de lodo fornecida por dia, em kgDBO₅/kgSSV.d;

S₀ = concentração de DBO afluente no sistema (S₀ = 252 mg/L);

t = tempo de detenção hidráulica (t = 0,11 h);

X_V = concentração de sólidos em suspensão voláteis (X_V = 3000 g/m³).

Portanto a relação A/M será de aproximadamente 0,78 kgDBO₅/kgSSV.d.

Segundo a NBR 12209 (2011, p. 26), sistemas com a relação alimento/microrganismos entre 0,70 a 1,10 kgDBO₅/kgSSV.d. são classificados como sistemas de alta taxa.

- **Volume do tanque de aeração (V_{LA})**

O volume do tanque de aeração foi determinado segundo a Equação D19.

$$V_{LA} = Q_{m\acute{a}x} \times t \quad (D19)$$

Na qual:

V_{LA} = volume do tanque de aeração, em m³;

Q_{máx} = vazão máxima afluente (Q_{máx} = 160450,6 m³/d);

t = tempo de detenção hidráulica (t = 0,11 dias).

Logo, V_{LA} = 1732375 m³. Entretanto, como serão utilizados 5 reatores, um para cada decantador primário, já calculado no item 6.4.1, cada reator deverá possuir um volume maior ou igual a 3464,7 m³.

- **Profundidade (H_{LA}), comprimento (L_{LA}) e largura (B_{LA}) do reator**

Segundo Von Sperling (1997), deve-se adotar a profundidade do reator entre 3,5 e 4,5 m quando a aeração foi feita de forma mecanizada. Assim, adotando-se o maior valor para a profundidade ($H_{LA} = 4,5$ m), tem-se que a área superficial do reator prismático retangular deverá ser no mínimo igual a 769,9 m².

Desta forma, adotou-se um reator de comprimento (L_{LA}) igual a 25 m, e largura (B_{LA}) igual a 31 m. Assim, a área superficial real será igual a $A_{LA} = 775$ m², consequentemente o volume de cada reator será igual à $V_{LA \text{ reat}} = 3487,5$ m³.

- **Cálculo da taxa de utilização do substrato (q)**

Calculou-se a taxa de utilização do substrato em função da quantidade de novas células produzidas a partir de um substrato, através da Equação D20.

$$q = \frac{S_0 - S_e}{t \times X_V} \quad (D20)$$

Na qual:

q = taxa de utilização do substrato, em kgDBO₅/kgSSVTA.d;

S_0 = concentração de DBO afluente no sistema ($S_0 = 252$ mg/L);

S_e = taxa de lançamento de DBO₅ no corpo receptor ($S_e = 10$ mg/L);

t = tempo de detenção hidráulica ($t = 0,11$ dias);

X_V = concentração de sólidos em suspensão voláteis ($X_V = 3000$ mgSSV/L).

Logo, o taxa de utilização será de $q = 0,747$ kgDBO₅/kgSSVTA.d.

- **Idade do lodo ou tempo de detenção da biomassa**

Segundo Von Sperling (1997, p. 42), pode-se determinar o tempo de detenção da biomassa através da Equação D21.

$$\theta_c = \frac{1}{\mu - (K_d)} = \frac{1}{(q \times Y) - (K_d)} \quad (D21)$$

Na qual:

θ_c = idade do lodo ou tempo de detenção da biomassa, em dias;

q = taxa de utilização do substrato ($q = 0,747$ kgDBO₅/kgSSVTA.d);

Y = coeficiente de produção celular ($Y = 0,6$ gSSV/gDBO₅);

K_d = taxa específica de redução de biomassa ($K_d = 0,08$ mgSSV/mgSSVd).

Assim, $\theta_c = 2,72$ dias. Segundo a NBR 12209 (2011, p. 25), para sistemas de alta taxa o lodo deve ter a idade compreendida entre 2 a 4 dias. Portanto, o sistema dimensionado atende a este critério.

- **Cálculo da carga de DBO aplicada**

Segundo Von Sperling (1997) a carga de DBO aplicada ao sistema é dada pela razão entre a DBO afluente e o tempo de retenção hidráulica dessa massa de DBO dentro do reator, e pode ser determinada conforme a Equação D22.

$$\text{Carga DBO} = \frac{S_0}{t} \quad (\text{D22})$$

Na qual:

Carga de DBO = carga de DBO5 aplicada por metro cúbico em um dia, em kgDBO₅/m³.d;

S_0 = concentração de DBO afluente no sistema ($S_0 = 252 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$);

t = tempo de detenção hidráulica ($t = 0,11$ dias);

Portanto, a carga DBO será de 2,33 kgDBO₅/m³.d.

- **Introdução de oxigênio requerida**

De acordo com VON SPERLING (1997, p. 67), nesse tipo de tratamento de efluentes, deve-se fornecer a quantidade suficiente de oxigênio para atender a demanda de nitrificação e também para a oxidação da matéria orgânica carbonácea, ou seja, garantir energia para síntese bacteriana assim como para a respiração endógena.

O consumo de oxigênio, segundo Von Sperling (1997, p. 96) pode ser determinado conforme a Equação D23, cujo cálculo é baseado na demanda para a oxidação do substrato e para a respiração endógena.

$$RO = \left[a' \times \left(\frac{S_0 - S_e}{t} \right) \right] + (b' \times X_v) \quad (\text{D23})$$

Na qual:

$a' = 1,46 - (1,42 \times Y) = 1,46 - (1,42 \times 0,6) = 0,61$;

$b' = 1,42 \times f_b \times K_d$;

f_b = fração biodegradável dos SSV gerados no sistema submetidos a uma idade de lodo θ_c , calculada através da Equação D24.

$$f_b = \frac{f_{b'}}{1 + [(1 - f_{b'}) \times K_d \times \theta_c]} \quad (\text{D24})$$

Na qual:

$f_{b'}$ = fração biodegradável de sólidos solúveis imediatamente após a sua geração no sistema, ou seja, com $\theta_c = 0$. Tal valor é tipicamente igual a 0,8 (80%), segundo Von Sperling (1997).

θ_c = idade do lodo ou tempo de detenção da biomassa ($\theta_c = 2,72$ d);

K_d = taxa específica de redução de biomassa ($K_d = 0,08$ mgSSV/mgSSVd).

Portanto, $f_b = 0,77$ e consequentemente, $b' = 0,087$.

Assim, substituindo os valores anteriormente encontrados na Equação D23, tem-se:

$$RO = \left[0,61 \times \left(\frac{0,252 - 0,010}{0,11} \right) \right] + (0,087 \times 3000 \times 10^{-3}) = 1,62 \text{ kgO}_2/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$$

Entretanto, por questões de segurança do processo de tratamento, adota-se um valor de requisito de oxigênio 50% maior que o calculado. Portanto, tem-se:

$$RO = 1,5 \times 1,62 = 2,44 \text{ kgO}_2/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$$

Segundo a NBR 12209 (2011, p. 27), deve-se garantir a concentração mínima de 1,5 mgO₂/L.d, ou seja 1,5 kgO₂/m³.d.

• Estimativa da produção de lodo (ΔX)

A produção líquida de sólidos, ou seja, de lodo, pode ser estimada segundo a Equação D25.

$$\Delta X = [Y \times Q_{\text{máx}} \times (S_0 - S_e)] - (K_d \times X_v \times V_{\text{LA}}) \quad (\text{D25})$$

Na qual:

ΔX = produção de lodo estimada, em kgSSV/d;

$Q_{\text{máx}}$ = vazão máxima afluente em um reator ($Q_{\text{máx}} = 160450,6 / 5 = 32090,1$ m³/d);

Y = coeficiente de produção celular ($Y = 0,6$ gSSV/gDBO₅);

S_0 = concentração de DBO afluente no sistema ($S_0 = 252 \times 10^{-3}$ kg/m³);

S_e = taxa de lançamento de DBO₅ no corpo receptor ($S_e = 10,0 \times 10^{-3}$ kg/m³);

K_d = taxa específica de redução de biomassa ($K_d = 0,08$ mgSSV/mgSSVd);

X_v = concentração de sólidos em suspensão voláteis ($X_v = 3$ kg/m³);

V_{LA} = volume do tanque de aeração ($V_{\text{LA}} = 3487,5$ m³).

Portanto, serão produzidos 3822,5 kgSSV/d.

• Relação de recirculação (R)

A relação de recirculação (R) pode ser calculada segundo a Equação D26.

$$R = \frac{Q_R}{Q} = \frac{X_V}{X_U - X_V} \quad (D26)$$

Na qual:

R = razão de recirculação, adimensional;

X_V = concentração de sólidos em suspensão voláteis. Para esgotos majoritariamente domésticos, no cálculo da relação recirculação, deve-se utilizar um valor de X_V 25% maior, assim $X_V = 3750$ mg/SSVTA/L (SALLA, 2017e, p.3);.

X_U = concentração de biomassa na linha de recirculação. Segundo Salla (2017e, p. 11), deve-se adotar valores entre 10000 a 15000 mg/SSVTA/L. Assim, adotou-se $X_U = 11000$ mg/SSVTA/L

Portanto a relação de recirculação será aproximadamente igual a 0,52. Nota-se que segundo a NBR 12209 (2011) este valor deve estar acima de 0,5.

- **Descarte de lodo (Q_w)**

Admitindo-se desprezível a concentração de SSV no efluente ($X_e \approx 0$), determinou-se o descarte de lodo através da Equação D27.

$$Q_w = \frac{V_{LA} \times X_V}{\theta_c \times X_U} \quad (D27)$$

Na qual:

Q_w = volume de solo a ser descartado diariamente, m³/d;

V_{LA} = volume do tanque de aeração ($V_{LA} = 3487,5$ m³);

X_V = concentração de sólidos em suspensão voláteis ($X_V = 3000$ mg/SSVTA/L);

θ_c = idade do lodo ou tempo de detenção da biomassa ($\theta_c = 2,72$ d);

X_U = concentração de biomassa na linha de recirculação ($X_U = 11000$ mg/SSVTA/L).

Portanto, serão descartados 350,3 m³/d de lodo, na linha de recirculação.

- **Eficiência efetiva de transferência de oxigênio (C_e)**

A eficiência da transferência de oxigênio dos aeradores para o tanque de aeração pode ser calculada a partir da potência utilizada pelos aeradores. Entretanto, a eficiência de transferência irá depender do clima e das temperaturas de processamento para esse sistema de tratamento de efluentes (VON SPERLING, 1997).

Segundo Von Sperling (1997, p.137), a altitude do lugar onde a estação de tratamento está instalada influencia diretamente no cálculo da eficiência, já que quanto maior a altitude, menor a pressão atmosférica, conseqüentemente menor será a pressão para que o gás consiga se dissolver em água.

De acordo com Von Sterling (1997, p. 137), o fator de correção da concentração de saturação de oxigênio dissolvido pode ser determinado segundo a Equação D28.

$$f_H = 1 - \frac{H}{9450} \quad (D28)$$

Na qual:

f_H = fator de correção da concentração de saturação de OD pela altitude, adimensional;

H = é a altitude do local ($H = 0$ m).

Portanto, o coeficiente f_H será igual a 1.

Além disso, também segundo Von Sperling (1997, p. 138), a concentração de oxigênio dissolvido (OD) mantida no líquido no reator situa-se usualmente entre 1 e 2 mg/L. Adotou-se para fins de cálculo, $C_L = 2$ mg/L.

Por fim, pode-se determinar a eficiência efetiva do sistema através da Equação D29.

$$C_e = C_n \times \alpha \times \frac{(C_{sw} - C_L)}{9,17} \times 1,02^{(T-20)} \quad (D29)$$

Na qual:

C_e = eficiência efetiva, em kgO₂/kWh;

C_n = taxa de aeração média. Segundo o catálogo do fabricante Sigma ® (2018), a taxa de aeração média do aerador modelo ARFA selecionado para este trabalho é de 1,75 kgO₂/kWh;

α = coeficiente de transferência de oxigênio. Segundo Von Sperling (1997, p.139), este coeficiente é influenciado pelas características do esgoto, bem como pela geometria do reator e grau de mistura. Para o sistema de aeração mecânica, adotam-se valores entre 0,6 a 1,2. Assim foi adotado a média entre os limites recomendados ($\alpha = 0,9$);

C_{sw} = concentração de saturação de oxigênio no líquido do reator, em mg/L. Determinou-se esta concentração através da Equação D30;

$$C_{sw} = \beta \times C_s \times f_H \quad (D30)$$

Na qual:

β = fator de correção para C_{sw} quando na presença de sais, matérias particuladas e agentes tensoativos. Segundo Von Sperling (1997, p. 139), esse coeficiente varia entre 0,70 e 0,98, sendo o valor 0,95 mais adotado, de acordo com Metcalf & Eddy (1991, *apud* Von Sperling, 1997); C_s = concentração de saturação de OD na água limpa. Segundo Von Sperling (1997, p. 138), a concentração de saturação de OD pode ser determinada com o auxílio da Tabela D2.

Tabela D2 – Concentração de saturação de oxigênio, em mg/L

Temperatura (°C)	Altitude (m)			
	0	500	1000	1500
10	11,3	10,7	10,1	9,5
11	11,1	10,5	9,9	9,3
12	10,8	10,2	9,7	9,1
13	10,6	10,0	9,5	8,9
14	10,4	9,8	9,3	8,7
15	10,2	9,7	9,1	8,6
16	10,0	9,5	8,9	8,4
17	9,7	9,2	8,7	8,2
18	9,5	9,0	8,5	8,0
19	9,4	8,9	8,4	7,9
20	9,2	8,7	8,2	7,7
21	9,0	8,5	8,0	7,6
22	8,8	8,3	7,9	7,4
23	8,7	8,2	7,8	7,3
24	8,5	8,1	7,6	7,2
25	8,4	8,0	7,5	7,1
26	8,2	7,8	7,3	6,9
27	8,1	7,7	7,2	6,8
28	7,9	7,5	7,1	6,6
29	7,8	7,4	7,0	6,6
30	7,6	7,2	6,8	6,4

Fonte: adaptado de Von Sperling (1997, p. 138).

f_H = fator de correção pela altitude ($f_H = 1$);

C_L = concentração de OD mantida no líquido no reator ($C_L = 2$ mg/L).

Assim, comparando-se o mês mais quente (Junho, com $T^{\circ}_{\text{máx}} = 27,2^{\circ}\text{C}$) com o mais frio (Janeiro, com $T^{\circ}_{\text{mín}} = 24,5^{\circ}\text{C}$), tem-se:

→ Eficiência durante o verão, $T^{\circ}_{\text{máx}} = 27,2^{\circ}\text{C}$ ($C_s = 8,06$):

$$C_{sw} = 0,95 \times 8,06 \times 1$$

$$C_{sw} = 7,66 \text{ mgO}_2/\text{L}$$

Assim, da Equação D29:

$$C_e = 1,75 \times 0,9 \times \frac{(7,66-2,00)}{9,17} \times 1,02^{(27,2-20)}$$

$$C_e = 1,121 \text{ kgO}_2/\text{kWh}$$

→ Eficiência durante o inverno, $T^{\circ}_{\text{mín}} = 24,5^{\circ}\text{C}$ ($C_s = 8,45$):

$$C_{sw} = 0,95 \times 8,45 \times 1$$

$$C_{sw} = 8,03 \text{ mgO}_2/\text{L}$$

Assim, da Equação D29:

$$C_e = 1,75 \times 0,9 \times \frac{(8,03-2,00)}{9,17} \times 1,02^{(24,5-20)}$$

$$C_e = 1,132 \text{ kgO}_2/\text{kWh}$$

Segundo Salla (2017e, p.4) deve-se adotar o menor valor de C_e . Portanto, a eficiência efetiva será de 1,121 kgO₂/kWh.

• Potência dos aeradores (P)

Para determinar a potência necessária para a introdução de oxigênio na biomassa (P), utilizou-se a Equação D31.

$$P = \frac{RO \times V_{LA}}{24 \times C_e} \quad (\text{D31})$$

Na qual:

RO = requisito de oxigênio ($RO = 2,44 \text{ kgO}_2/\text{m}^3.\text{d}$);

V_{LA} = é o volume do tanque de aeração ($V_{LA} = 3487,5 \text{ m}^3$);

C_e = eficiência efetiva na transferência de O₂ ($C_e = 1,121 \text{ kgO}_2/\text{kWh}$).

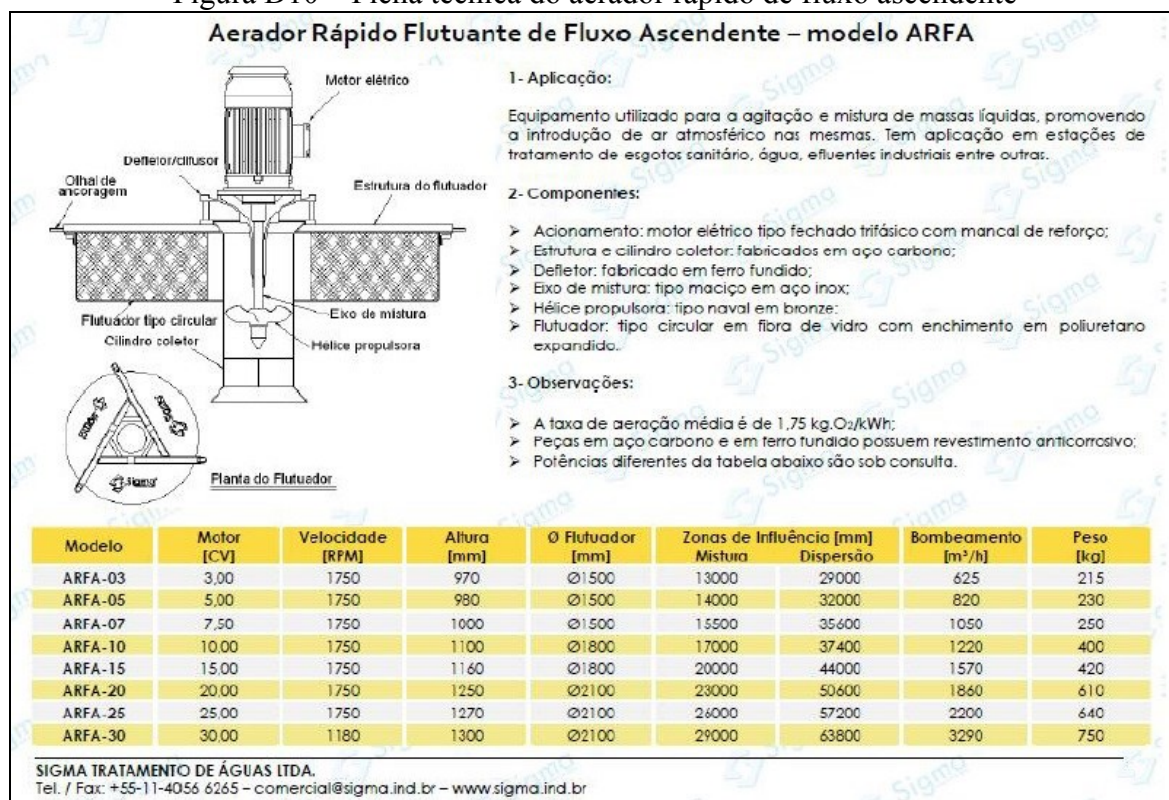
Portanto,

$$P = \frac{2,44 \times 3487,5}{24 \times 1,121} = 315,92 \text{ kW} \cong 430 \text{ CV}$$

- **Seleção do tipo de aerador e da quantidade de aeradores**

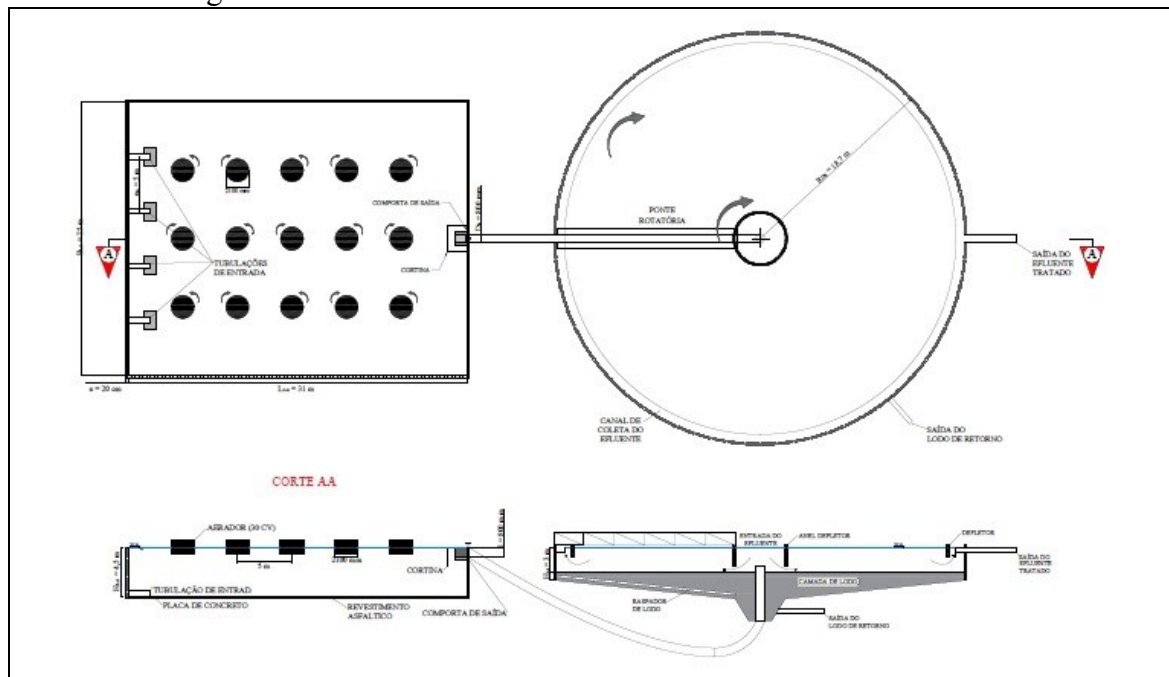
Os aeradores utilizados foram os aeradores rápidos flutuantes de fluxo ascendente – modelo ARFA da marca Sigma® (2018) (Figura D10). Para atender a potência necessária para a aeração do sistema ($P = 430 \text{ CV}$), foram adotados 15 aeradores de 30 CV. Os espaçamentos entre os aerados são mostrados na Figura D11.

Figura D10 – Ficha técnica do aerador rápido de fluxo ascendente



Fonte: SIGMA® (2018)

Figura D11- Planta de corte Lodo ativado decantador secundário



Fonte: Autor (2018)

- **Cálculo da eficiência total na remoção de DBO**

Determinou-se a eficiência deste sistema conforme a Equação D32.

$$E = 100 \times \left(\frac{S_0 - S_E}{S_0} \right) = 100 \times \left(\frac{252 - 10}{252} \right) = 96 \% \quad (D32)$$

6.4.3 Dimensionamento do decantador secundário

Segundo Von Sperling (1997, p.193), pode-se dimensionar o decantador secundário, precedido de uma estação de lodos ativados convencional da seguinte forma.

- **Determinação da vazão de recirculação (Q_R)**

Determina-se a vazão de recirculação conforme a Equação D26. É importante salientar que são utilizados 5 decantadores secundários, um para cada sistema de lodo ativado.

Portanto a vazão de recirculação (Q_R) será de 16598,3 m³/d, ou seja, 691,6 m³/h.

- **Cálculo da área superficial (A_{DS})**

Para calcular a área superficial do decantador secundário, fez-se 2 análises, para as vazões média e máxima, são elas:

- Cálculo da área superficial com base na taxa de aplicação hidráulica (T_{AH});
- Cálculo da área superficial com base na taxa de aplicação de sólidos (T_{AS}).

--- Com base na T_{AH} :

Segundo Von Sperling (1997, p. 192), são valores típicos da taxa de aplicação hidráulica para decantadores secundários, com vazões média e máxima, respectivamente, 0,8 e 1,8 $m^3/m^2.h$.

Assim, determinou-se a área com base na taxa de aplicação hidráulica conforme a Equação D33.

$$A_{DS} = \frac{Q}{T_{AH}} \quad (D33)$$

Na qual:

A_{DS} = área do decantador secundário, em m^2 ;

Q = vazões máxima e média ($Q_{máx} = 1337,1 m^3/h$ e $Q_{méd} = 875,8 m^3/h$);

T_{AH} = taxas de aplicação hidráulica para as vazões máxima e média ($T_{AH máx} = 1,8 m^3/m^2.h$ e $T_{AH méd} = 0,8 m^3/m^2.h$).

Portanto, as áreas requeridas pela análise da taxa de aplicação hidráulica, para as vazões máxima e média, foram respectivamente, 1094,8 e 742,8 m^2 .

--- Com base na T_{AS} :

Segundo Von Sperling (1997, p. 192), pode-se adotar para a taxa de aplicação de sólidos, para as vazões média e máxima os seguintes valores: 5 e 10 $kgSS/m^2.h$.

Desta forma, determinou-se a área com base na taxa de aplicação de sólidos através da Equação D34.

$$A_{DS} = \frac{(Q+Q_R) \times X_V}{T_{AS}} \quad (D34)$$

Na qual:

A_{DS} = área do decantador secundário, em m^2 ;

Q = vazões máxima e média ($Q_{máx} = 1337,1 m^3/h$ e $Q_{méd} = 875,8 m^3/h$);

Q_R = vazão de recirculação ($Q_R = 691,6 m^3/h$);

T_{AS} = taxas de aplicação de sólidos para as vazões máxima e média ($T_{AS máx} = 10,0 kgSS/m^2.h$ e $T_{AS méd} = 5,0 kgSS/m^2.h$);

X_V = concentração de sólidos em suspensão voláteis ($X_V = 3 kg/m^3$).

Portanto, as áreas requeridas pela análise da taxa de aplicação de sólidos, para as vazões máxima e média, foram respectivamente, 940,4 e 608,6 m².

A área superficial adotada para o decantador secundário foi a maior área dentre os quatro valores obtidos. Portanto a área do decantador secundário será $A_{DS} = 1094,8 \text{ m}^2$

Para tal, adotou-se um decantador secundário circular de raio (R_{DS}) igual a 18,7 metros, cuja remoção de lodo será feita por raspagem radial mecanizada.

- **Determinação da altura (H_{DS})**

Segundo Von Sperling (1997, p.213), recomenda-se a profundidade mínima de 3 metros da parede lateral do decantador secundário. Portanto, adotou-se $H_{DS} = 3 \text{ m}$.

Assim, o volume total do decantador (V_{DS}) será de 3284,3 m³.

- **Diâmetro da tubulação de entrada (D_{te})**

O Diâmetro da tubulação de entrada foi determinado segundo a equação da continuidade para uma velocidade máxima de 0,5 m/s.

$$D_{te} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{méd}}{v_{máx} \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,243}{0,5 \times \pi}} = 0,787 \text{ m} = 787 \text{ mm}$$

Assim, o diâmetro comercial adotado será DN 800.

- **Inclinação do fundo do decantador secundário (i)**

Foi adotada a inclinação de 1% para o fundo do decantador secundário.

- **Verificação do tempo de detenção hidráulica (t)**

Para verificar-se o tempo de detenção hidráulica, utilizou-se a Equação D35.

$$t = \frac{V_{DS}}{Q_{méd}} \tag{D35}$$

Na qual:

t = tempo de detenção hidráulica, em h;

V_{DS} = volume útil do decantador secundário ($V_{DS} = 3284,3 \text{ m}^3$);

$Q_{méd}$ = vazão média ($Q_{méd} = 875,8 \text{ m}^3/\text{h}$);

Portanto, $t = 3,75$ horas.

Segundo a NBR 12209 (2011, p.29), o tempo de detenção hidráulica no decantador secundário deve ser igual ou superior a 1,5 h. Assim, para este critério, o decantador está dimensionado.

Assim como na estação de lodos ativados, todas as dimensões e equipamentos a serem utilizados pelo decantador secundário foram apresentados anteriormente na Figura D11.

6.4.4 Cálculo da área utilizada para todo o sistema de lodo ativado

Adotou-se como área final para este sistema a soma das áreas do decantador primário, lagoa de lodo ativado e decantador secundário mais 30% de área para a implantação deste sistema. Portanto, a área total será $A_T = 1,30 \times ((5 \times 583) + (5 \times 775) + (5 \times 1094,8)) = 15945,87 \text{ m}^2$.