



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**IDENTIFICAÇÃO E PROPOSTAS DE CONTROLE DOS IMPACTOS
AMBIENTAIS RESULTANTES DA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA
DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE POMBAL - PB**

GILLIANNON FONTES DE OLIVEIRA SILVA

POMBAL - PB

2013

GILLIANNON FONTES DE OLIVEIRA SILVA

**IDENTIFICAÇÃO E PROPOSTAS DE CONTROLE DOS IMPACTOS
AMBIENTAIS RESULTANTES DA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA
DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE POMBAL - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental, da Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental, do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, como um dos requisitos de avaliação para obtenção do grau de BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL.

ORIENTADOR

Prof. Dr. José Cleidimário Araújo Leite

POMBAL - PB

2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA SETORIAL
CAMPUS POMBAL/CCTA/UFCG

MON
S586i

Silva, Gillianno Fontes de Oliveira.

Identificação e propostas de controle dos impactos ambientais resultantes da implementação do sistema de esgotamento sanitário no município de Pombal-PB / Gillianno Fontes de Oliveira Silva. – Pombal, 2013.
88 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2013.

"Orientação: Prof. Pós-Dr. José Cleidimário Araújo Leite".
Referências.

1. Sistema de Esgotamento Sanitário. 2. Impacto Ambiental. 3. Meio Ambiente. I. Leite, José Cleidimário Araújo. II. Título.

UFCG/CCTA

CDU 628.3.033

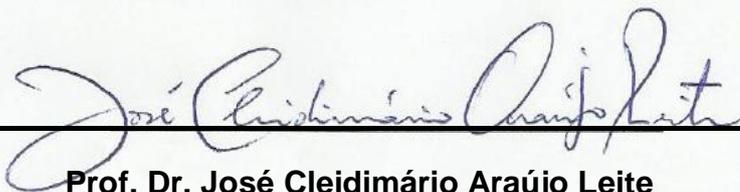
GILLIANO FONTES DE OLIVEIRA SILVA

**IDENTIFICAÇÃO E PROPOSTAS DE CONTROLE DOS IMPACTOS
AMBIENTAIS RESULTANTES DA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA
DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE POMBAL - PB**

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado adequado para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental, e aprovado em sua forma final pela Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, PB.

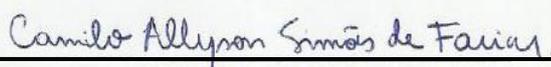
APROVADO EM 12/09/2013

COMISSÃO EXAMINADORA:



Prof. Dr. José Cleidimário Araújo Leite

Orientador – UACTA/CCTA/UFCG



Prof. Dr. Camilo Allyson Simões de Farias

Examinador Interno – UACTA/CCTA/UFCG



Prof. Dr. Valmir Cristiano Marques de Arruda

Examinador Externo – UFRPE

Pombal - PB

2013

DEDICO a minha mãe, Heleny Fontes, pelos ensinamentos de vida, incentivo ao estudo e compreensão nos momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS

À Deus, primeiramente, pela oportunidade de estar aqui e por todas as coisas boas e pessoas essenciais em minha vida.

À Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Pombal - PB.

Ao Prof. Dr. José Cleidimário Araújo Leite pela sua excelente orientação, pelo aprendizado, apoio, amizade, paciência, confiança e incentivo constante em todos os momentos necessários para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos professores e técnicos do CCTA – UFCG, pela sabedoria e aprendizado.

À minha família, em especial minha mãe e meu irmão, que sempre estiveram presentes com seu amor, atenção e constante incentivo, além de seus próprios exemplos de vida, que por si só já me encham de orgulho e força.

À minha madrinha, Assunção, quero aproveitar a oportunidade para externar minha profunda gratidão e admiração que tenho como espelho em minha vida, sobretudo por ter acreditado no meu potencial.

A todos da família Fontes pelo seu amor, atenção e apoio desde sempre.

Aos outros familiares e amigos que direta ou indiretamente contribuíram com esforços, dedicação e colaboração para a realização de mais essa etapa alcançada em minha vida.

Aos meus colegas do curso de Engenharia Ambiental, em especial a Pedro Hugo e Ricardo Ricelli, sobretudo pela amizade, pela rica troca de experiências e dificuldades enfrentadas durante todo o curso.

A todos os meus amigos, pelo apoio e pela compreensão nos momentos de ausência.

Aos membros da banca pela atenção e pelas contribuições para a melhoria deste trabalho.

Enfim, a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e que desejam um dia alcançar seus objetivos com muito esforço, dedicação e, acima de tudo, com muito sucesso.

IDENTIFICAÇÃO E PROPOSTAS DE CONTROLE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS
RESULTANTES DA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO
SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE POMBAL - PB

RESUMO

A implementação de um Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) é indispensável para se realizar a destinação ambientalmente adequada das águas residuais domésticas e assim reduzir os impactos ambientais nos meios biótico, abiótico e antrópico. Para tanto, faz-se necessária a identificação, mitigação e monitoramento desses impactos ambientais. Nesse trabalho, objetivou-se identificar e avaliar os impactos ambientais resultantes da implementação do SES no município de Pombal - PB, assim como propor medidas de controle ambiental. Para realização desta pesquisa, fez-se a caracterização das principais ações de projeto do empreendimento, assim como o diagnóstico ambiental simplificado da área de sua influência. A identificação dos impactos ambientais foi realizada para cada fase do empreendimento: planejamento, implantação e operação, em que se utilizaram os métodos de avaliação de impactos ambientais: *Ad Hoc*, *Check List*, Matriz de Interação e Redes de Interação. As medidas de controle ambiental foram adaptadas e propostas a partir de consultas na literatura acadêmica e técnica. De acordo com os resultados, identificaram-se um total de 40 impactos ambientais, em que 37% foram classificados como positivos e 63% negativos. Verificou-se ainda que a maior parte dos impactos positivos, 67%, foi identificada para o meio antrópico, o que indica um significativo melhoramento na qualidade de vida da população do município. As medidas de controle ambiental foram propostas aos impactos negativos, o que possibilitará a redução do potencial impactante do empreendimento. Espera-se que este estudo sirva como base para um estudo ambiental técnico mais aprofundado para este empreendimento.

Palavras-chave: impacto ambiental, avaliação de impactos ambientais, sistema de esgotamento sanitário, medidas mitigadoras, meio ambiente.

IDENTIFICATION AND PROPOSALS OF CONTROL OF THE ENVIRONMENTAL
IMPACTS RESULTING FROM THE IMPLEMENTATION OF SANITARY SEWAGE
SYSTEM IN THE MUNICIPALITY OF *POMBAL - PB*

ABSTRACT

The implementation of a Sanitary Sewage System (SSS) is essential to conduct the environmentally adequate disposal of waste water and thus to reduce the environmental impacts on the biotic, abiotic and anthropogenic environments. For that, it is necessary to identify, mitigate and monitor these environmental impacts. In this study it was aimed to identify and assess the environmental impacts resulting from the implementation of the SSS in the municipality of *Pombal - PB*, Brazil and to propose environmental control measures. For develop this research, the characterization of the main activities of the project as well as an environmental diagnosis of the study area were conducted. The environmental impacts identification was conducted for each phase of the project: planning, implantation and operation, in which were used the methods of environmental impacts assessment: Ad Hoc, Checklist, Matrix of Interaction and Networks. The environmental control measures have been adapted and proposals from researches in the academic and technique literature. In accordance with the results, It was identified a total of 40 impacts, of which 37% were classified as positives and 63% as negatives. It was also found that most of the positive impacts, 67%, were found for the anthropic environment, what indicates a significant enhancement in the quality of life of the city population. The environmental control measures have been proposed to negative impacts, which it will allow reducing the potential impacting the project. Expected to this study will serve as a basis for a depth technical environmental study for this project.

Keywords: environmental impact, environmental impact assessment, sanitary sewage system, mitigation measures, environment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma da metodologia utilizada na pesquisa.....	28
Figura 2 – Mapa de Localização do Município de Pombal - PB	29
Figura 3 – Mapa das rodovias do município de Pombal - PB	30
Figura 4 – Área de Influência Direta e Indireta	32
Figura 5 – Concepção geral do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) da cidade de Pombal - PB	38
Figura 6 – Estação Elevatória: (A) casa de bombas; (B) poço de sucção.....	41
Figura 7 – Concepção da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).....	42
Figura 8 – Fluxograma típico de um sistema de lagoas anaeróbias seguidas por lagoas facultativas (<i>Sistema Australiano</i>).....	43
Figura 9 – ETE: Construção da lagoa anaeróbia (1º módulo)	44
Figura 10 – ETE: Construção da lagoa anaeróbia (2º módulo)	44
Figura 11 – ETE: Lagoa anaeróbia (3º módulo)	44
Figura 12 – ETE: Lagoa facultativa (1º módulo)	45
Figura 13 – ETE: Construção da lagoa facultativa (2º módulo).....	45
Figura 14 – ETE: Lagoa facultativa (3º módulo)	46
Figura 15 – Emissário final: (A) Abertura de vala com retroescavadeira para assentamento da tubulação; (B) Assentamento da tubulação	46
Figura 16 – Emissário final: localização aproximada do ponto de lançamento dos efluentes da ETE no rio Piancó	47
Figura 17 – Vista do rio Piancó.....	48
Figura 18 – (A) abertura de vala com retroescavadeira; (B) assentamento de tubulações da rede coletora; (C) execução de poços de visita; (D) reaterro compactado de vala	49
Figura 19 – (A) Construção do poço de sucção da EE; (B) Terraplenagem na área da ETE	50
Figura 20 – Mapa de solos do município de Pombal - PB.....	51
Figura 21 – Algumas espécies da flora da Caatinga: (A) xique-xique (<i>Pilocereus gounellei</i>); (B) Jurema-preta (<i>Mimosa Hostilis</i>)	54
Figura 22 – Alguns animais da fauna da Caatinga: (A) tatu-bola (<i>Tolypeutes tricinctus</i>); (B) Carcará (<i>Polyborus plancus brasiliensis</i>)	55
Figura 23 – Distribuição percentual dos impactos ambientais identificados durante a	

implementação do SES em Pombal - PB	60
Figura 24 – Distribuição percentual dos impactos ambientais resultantes da implementação do SES em Pombal - PB	64
Figura 25 – Distribuição percentual geral dos impactos ambientais nos meios físico, biótico e antrópico	64
Figura 26 – Distribuição percentual dos impactos positivos e negativos nos meios físico, biótico e antrópico	65
Figura 27 – Diagrama de interação indicando algumas consequências da utilização de áreas de empréstimo/jazidas de minerais sob o meio biofísico.....	66
Figura 28 – (A) Degradação das áreas ocupadas pelas jazidas e caixas de empréstimo; (B) Desvio de tráfego e bloqueio de ruas; (C) Impactos resultantes do espalhamento de material durante a abertura de valas em áreas habitadas; (D) Alteração temporária da paisagem urbana.....	67
Figura 29 – Impactos na área da ETE: (A) Intrusão visual; (B) Degradação de áreas	69
Figura 30 – Distribuição percentual dos impactos ambientais significativos do SES de Pombal - PB	71
Figura 31 – Distribuição percentual dos impactos significativos nos meios.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Rede Coletora Projetada.....	39
Tabela 2 – Principais atividades do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) em Pombal - PB	48
Tabela 3 – Impactos ambientais potenciais da implementação do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) na cidade de Pombal - PB	58
Tabela 4 – Distribuição quantitativa dos impactos ambientais nas fases do SES	59
Tabela 5 – Matriz de Interação dos impactos ambientais gerados e/ou previsíveis de ocorrer sobre o meio físico, resultantes da implementação do SES em Pombal - PB	61
Tabela 6 – Matriz de Interação dos impactos ambientais gerados e/ou previsíveis de ocorrer sobre o meio biótico, resultantes da implementação do SES em Pombal - PB	62
Tabela 7 – Matriz de Interação dos impactos ambientais gerados e/ou previsíveis de ocorrer sobre o meio antrópico, resultantes da implementação do SES em Pombal - PB	63
Tabela 8 – Matriz de interação dos impactos ambientais significativos resultantes da implementação do SES em Pombal - PB	70
Tabela 9 – Medidas mitigadoras	74

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIA – Avaliação de Impacto Ambiental
AID – Área de Influência Direta
AII – Área de Influência Indireta
CAGEPA – Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
CP – Caixas de Passagem
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
EE – Estação Elevatória
EIA – Estudo de Impacto Ambiental
ETE – Estação de Tratamento de Esgotos
FOFO – Ferro Fundido
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IM – Implantação
NBR – Norma Brasileira
OP – Operação
PASS – Programa de Ação Social em Saneamento
PB – Paraíba
PL – Planejamento
PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PV – Poços de Visita
RIMA – Relatório de Impacto Ambiental
SES – Sistema de Esgotamento Sanitário
TIL – Tubos de Inspeção e Limpeza
TL – Terminais de Limpeza

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	16
1.1.1	<i>Objetivo geral</i>	16
1.1.2	<i>Objetivos específicos</i>	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	Avaliação de Impactos Ambientais	17
2.2	Métodos de Avaliação de Impactos Ambientais	19
2.2.1	<i>Método Espontâneo (Ad Hoc)</i>	20
2.2.2	<i>Listagens de Controles (Check Lists)</i>	20
2.2.3	<i>Matriz de Interação</i>	20
2.2.4	<i>Redes de Interação (Networks)</i>	21
2.3	Impactos Ambientais em Sistemas de Esgotamento Sanitário	21
2.4	Ações geradoras de impactos ambientais em Sistema de Esgotamento Sanitário	24
2.5	Medidas de controle ambiental	25
2.6	Planos e programas ambientais	27
3	MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1	Localização da área de estudo	28
3.2	Área de influência do projeto	30
3.2.1	<i>Área de Influência Direta (AID)</i>	31
3.2.2	<i>Área de Influência Indireta (AI)</i>	31
3.3	Caracterização do projeto	32
3.4	Diagnóstico ambiental simplificado	33
3.5	Identificação dos impactos ambientais	33
3.6	Classificação dos impactos ambientais	33
3.7	Proposição de medidas de controle ambiental	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1	Descrição do projeto	36
4.1.1	<i>Partes do sistema</i>	38

4.1.1.1 <u>Rede coletora</u>	38
4.1.1.2 <u>Estação Elevatória (EE)</u>	40
4.1.1.3 <u>Emissário de recalque da estação elevatória</u>	41
4.1.1.4 <u>Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)</u>	41
4.1.1.5 <u>Emissário final</u>	46
4.1.1.6 <u>Corpo receptor</u>	47
4.1.2 <i>Execução da obra – atividades previstas</i>	48
4.2 Diagnóstico ambiental simplificado.....	50
4.2.1 <i>Meio físico</i>	50
4.2.1.1 <u>Solo e relevo</u>	50
4.2.1.2 <u>Clima</u>	52
4.2.1.3 <u>Recursos hídricos</u>	52
4.2.2 <i>Meio biótico</i>	53
4.2.2.1 <u>Flora</u>	53
4.2.2.2 <u>Fauna</u>	55
4.2.3 <i>Meio antrópico</i>	56
4.3 Impactos ambientais potenciais.....	56
4.4 Classificação dos impactos ambientais	60
4.5 Impactos ambientais significativos	67
4.6 Medidas de controle ambiental	72
4.6.1 <i>Medidas mitigadoras</i>	72
4.6.2 <i>Medidas compensatórias</i>	78
4.6.3 <i>Medidas potencializadoras</i>	78
4.6.4 <i>Programas de monitoramento e controle ambiental</i>	79
5 CONCLUSÃO.....	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84

1 INTRODUÇÃO

A oferta de saneamento básico é fundamental em termos de qualidade de vida, pois sua ausência acarreta poluição dos recursos hídricos e outros problemas ambientais que trazem prejuízo à saúde da população humana, principalmente o aumento da mortalidade infantil (PNSB, 2008).

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento – PNSB (2008), pouco mais da metade dos municípios brasileiros (55,2%) tinham serviço de esgotamento sanitário por rede coletora, que é o sistema apropriado, marca pouco superior à observada na pesquisa anterior, realizada em 2000, que registrou 52,2%. Já no ano de 2008, a proporção de municípios com rede de coleta de esgoto foi bem inferior à de municípios com rede geral de distribuição de água (99,4%), coleta de resíduos sólidos (100,0%) e manejo de águas pluviais (94,5%).

É importante ressaltar que a referida estatística de acesso à rede coletora de esgoto refere-se apenas à existência do serviço no município, sem considerar a extensão da rede, a qualidade do atendimento, o número de domicílios atendidos, ou se o esgoto, depois de recolhido, é tratado.

Do volume de água distribuído pelo sistema de abastecimento público e efetivamente utilizado nas atividades humanas, tem-se que 80%, em média, é transformado em esgoto, o qual deve ser coletado e tratado pelo sistema de esgotamento sanitário antes de ser lançado no solo ou em corpos d'água (DIAS et al., 1999).

Caso não seja dada uma adequada destinação aos esgotos, estes acabam por poluir o solo e contaminar as águas superficiais e subterrâneas, além de frequentemente passarem a escoar à céu aberto, constituindo-se em perigosos focos de disseminação de doenças (NUCASE, 2008).

As características físicas e químicas do esgoto sanitário variam em função dos usos da água e podem apresentar em sua composição, além de grande quantidade de matéria orgânica, microrganismos patogênicos e substâncias químicas tóxicas. É necessário, portanto, que os esgotos gerados sejam coletados e tratados adequadamente, de forma que seja evitada a transmissão de doenças ao homem e minimizados os seus impactos sobre o meio ambiente (DIAS et al., 1999).

Os projetos de esgotamento sanitário, quando corretamente executados, têm

a finalidade de minimizar os efeitos do lançamento do esgoto *in natura* sobre o ambiente, caracterizando-se, assim, como um impacto positivo, possibilitando a redução dos índices de doenças e de risco à saúde da população, a melhoria de qualidade das águas e o aumento dos benefícios dessas águas para os diversos usos (DIAS et al., 1999).

Segundo Damato e Macuco (2002), os projetos de saneamento propiciam efeitos sociais e ambientais positivos. A coleta e tratamento de esgotos sanitários são atividades que levam à melhoria da saúde e da qualidade de vida de uma população beneficiada com um sistema de esgotamento sanitário, assim como podem ajudar na reversão de alguns processos de degradação ambiental.

Sabe-se que a implantação de um Sistema de Esgotamento Sanitário (SES), apesar dos benefícios à saúde pública, com o tratamento e destinação adequada dos esgotos, também causa impactos ambientais negativos que devem ser identificados e prevenidos ou mitigados por meio de medidas de controle ambiental.

Os projetos de esgotamento sanitário causam alguns impactos ambientais negativos quando da implantação do canteiro de obras, movimentação de terra, desativação do canteiro e na operação das estações de tratamento de esgoto. Portanto, nada mais natural e desejável que os projetos deste tipo de atividade sejam submetidos a estudos ambientais, como também aos processos de licenciamento ou revisão das atividades potencialmente poluidoras (DAMATO; MACUCO, 2002).

A avaliação ambiental dos efeitos de projetos de saneamento é uma etapa importante no processo de concepção do sistema, de formulação e seleção de alternativas e de elaboração e detalhamento do projeto. A avaliação da viabilidade ambiental, assim como da viabilidade técnica de um projeto de esgotamento sanitário, assume caráter de forte condicionante das alternativas a serem analisadas, ocorrendo, em muitos casos, a predominância dos critérios ambientais em relação aos critérios econômicos (DAMATO; MACUCO, 2002).

O município de Pombal - PB está localizado no sertão do Estado da Paraíba e tem uma população estimada em 32.110 habitantes, conforme dados do censo populacional 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Esse município apresenta problemas no tratamento e destinação adequada de seus esgotos, gerados principalmente em sua área urbana, devido à inexistência, até recentemente, de um sistema público de esgotamento sanitário. Os esgotos

produzidos eram destinados para os canais de drenagem urbana de águas pluviais que deságuam no Rio Piencó, o que tem contribuído para a poluição e contaminação desse manancial. Atualmente, um (SES) encontra-se em fase de implantação nesse município, com a finalidade de sanar tal problemática.

Com base nesse contexto, a necessidade de implantação de um SES no município de Pombal - PB, além de possibilitar a coleta, o transporte, o tratamento e a destinação final ambientalmente adequada, deve também considerar seus impactos ambientais, tanto os positivos, quanto os negativos, para que sejam garantidas a preservação e conservação do meio ambiente. Tais impactos devem ser identificados e avaliados por meio de estudos ambientais, que verifiquem, além da viabilidade técnica, econômica e social, a viabilidade ecológica desse empreendimento.

Diante do exposto, este trabalho constitui um estudo de caso, no qual se visa realizar o levantamento e identificação dos principais impactos ambientais decorrentes da instalação do SES da cidade de Pombal - PB, além da proposição de medidas de controle ambiental para garantir a maior sustentabilidade desse empreendimento. Adicionalmente, espera-se que os resultados deste estudo fomentem e complementem a realização de estudos ambientais técnicos mais aprofundados, realizados por equipe multidisciplinar habilitada, para este empreendimento, de modo a minimizar seus efeitos sobre o meio ambiente.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Identificar e avaliar os impactos ambientais resultantes da implementação do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) no município de Pombal, Paraíba, e propor medidas de controle ambiental.

1.1.2 Objetivos específicos

- Catalogar as principais atividades e ações do projeto para as fases de planejamento, implantação e operação do empreendimento;
- Elaborar o diagnóstico ambiental da área de estudo para os fatores ambientais do meio físico, biótico e antrópico;
- Identificar e analisar os principais impactos ambientais ocasionados pela implementação do referido empreendimento;
- Classificar e valorar qualitativamente os impactos ambientais identificados;
- Propor medidas de controle ambiental para os impactos ambientais significativos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Avaliação de Impactos Ambientais

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é a ferramenta principal que qualifica se uma ou um conjunto de atividades cumprem com as normas estabelecidas na política e na legislação ambiental, oferecendo condições necessárias para a tomada de decisões. É por meio deste instrumento de avaliação de impactos que será discutida a viabilidade ambiental da implantação de um Sistema de Esgotamento Sanitário em municípios, situados numa região com corpos hídricos intensamente degradados pelo lançamento de esgotos sem o devido tratamento (RIBEIRO, 2007).

Para Moura (2011) citado por Verdum (1992), a AIA é, assim, “um componente integrado no desenvolvimento de projeto e parte do processo de decisão”.

Os projetos de sistemas de tratamento de esgoto sanitário podem ser de diversos tipos e abranger desde simples instalações de redes de coleta de esgoto de uma cidade até a construção de uma ETE (Estação de Tratamento de Efluentes). Para este tipo de empreendimento, a avaliação dos impactos potenciais praticamente é indispensável para que se possa evitar ou minimizar maiores danos sobre meio ambiente (DAMATO; MACUCO, 2002).

A avaliação dos impactos ambientais decorrentes da implementação do projeto de SES's envolve a identificação e análise dos efeitos passíveis de ocorrência nas áreas de influência direta e indireta, decorrente da proposta de implantação e operação do mesmo (LIMA et al., 2010).

O fato dos projetos de saneamento causarem, em geral, muitos benefícios ao bem-estar e à qualidade de vida das populações atendidas pelos serviços de coleta e tratamento de esgotos sanitário fez com que, durante muito tempo, eventuais impactos negativos resultantes dessas obras sobre o ambiente natural fossem desconsiderados (DAMATO; MACUCO, 2002).

Quando se iniciou a implantação das Estações de Tratamento de Esgotos (ETE), observava-se apenas o caráter positivo da ETE, dentro do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) como um todo. Existia a percepção de que a ETE era uma medida mitigadora da rede coletora de esgotos, mas não se tinha a avaliação dos impactos causados às populações vizinhas ou à jusante (VAZ; DUCATTI;

PASQUALETTO, 2003).

Com a publicação da Resolução Nº 001/86 do CONAMA, na qual os sistemas de esgotamento sanitário são explicitamente citados como exemplos de atividades causadoras de alteração ambiental significativa, passou a ocorrer o inverso, ou seja, todo o projeto de saneamento deveria, então submeter-se a licenciamento, o que exigia muitas vezes a elaboração de EIA/RIMA (DAMATO; MACUCO, 2002).

A AIA que ocorrerem em Estações de Tratamento de Efluentes tem a finalidade de auxiliar os profissionais da área de saneamento em decorrência da pouca disponibilidade de informação e bibliografia editada. Com os avanços dos estudos dos impactos ambientais, foram disponibilizadas ferramentas para a mitigação de impactos negativos ou potencialização dos positivos na implantação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) na ETE (VAZ; DUCATTI; PASQUALETTO, 2003).

Segundo Ribeiro (2007), a análise ambiental do empreendimento proposto é meio pelo qual se obtém os subsídios para a escolha da melhor alternativa de projeto, devendo os impactos associados à alternativa escolhida ser mais bem detalhados por ocasião da elaboração dos estudos ambientais necessários ao licenciamento prévio. Além disso, a avaliação pretendida deve contemplar os seguintes aspectos principais:

- Áreas a serem desapropriadas;
- Necessidade de relocação de população;
- Conflitos de usos do solo e de usos da água;
- Alteração no regime hídrico;
- Impactos decorrentes do lançamento pretendido;
- Verificação do atendimento aos padrões de emissão e de qualidade do efluente previstos na legislação ambiental vigente;
- Remoção de cobertura vegetal em função do estágio de sucessão da vegetação afetada;
- Compatibilização do empreendimento com a legislação incidente: municipal, estadual e federal;
- Interferências em áreas sob proteção ambiental;
- Manifestação da comunidade local;
- Disponibilidade de áreas licenciadas passíveis de serem utilizadas

como áreas de empréstimo e bota-fora;

- Interferências com infraestrutura existente;
- Geração de odor e ruído.

Para Damato e Macuco (2002), a análise de impactos e a sua respectiva mitigação são desenvolvidas segundo os passos metodológicos discriminados a seguir:

- Definição dos Fatores Ambientais Relevantes: A partir dos elementos do ambiente referencial do projeto (Diagnóstico Ambiental da Área de Influência), quais os fatores ambientais relevantes para a análise ambiental, ou seja, aqueles que poderão sofrer modificações causadas pelas ações do empreendimento.
- Identificação/Avaliação dos Impactos: A partir das definições das ações, monta-se uma matriz para a detecção de impactos, os quais representam os efeitos provocados pelas ações do empreendimento. Para cada impacto detectado descreve-se de forma simples a relação causa/efeito detectado. A partir daí, listam-se todos os impactos detectados na matriz. Desta forma, sistematiza-se a análise ambiental, identificando-se as possibilidades de ocorrência de efeitos (adversos ou benéficos) sobre determinado fator.

2.2 Métodos de Avaliação de Impactos Ambientais

Os métodos de Avaliação de Impactos Ambientais são “mecanismos estruturados para a identificação, comparação e organização de dados sobre impactos ambientais” (BISSET, 1992 apud FOGLIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 2004, p. 42).

Devido à diversidade de métodos de AIA existentes, faz-se necessário que esses métodos sejam selecionados sob as próprias condições, muitas vezes até adaptando-os através de modificações e/ ou revisões, para que sejam realmente úteis na tomada de decisão de um projeto. Fica, então, a critério de cada equipe técnica, a seleção daquele método mais apropriado ou parte dele, de acordo com as atividades propostas (MOURA, 2011).

Dentre os vários métodos existentes para a realização da AIA, são descritos, a seguir, os métodos utilizados nesse estudo.

2.2.1 Método Espontâneo (Ad Hoc)

O Método Espontâneo, também conhecido como *Ad Hoc*, ou reunião de especialistas, consiste em reunir profissionais com o objetivo de levantar os possíveis impactos ambientais de um empreendimento e suas medidas mitigadoras, onde os profissionais envolvidos devem pertencer a diferentes áreas e possuir conhecimento específico para análise dos impactos sob diferentes pontos de vista, garantindo a eficiência do método (FOGLIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 2004).

Este método é utilizado para projetos específicos, onde os impactos são identificados normalmente por meio de longa reflexão, caracterizando-os e sintetizando-os com auxílio de tabelas e/ou matrizes (MOURA, 2011).

2.2.2 Listagens de Controles (Check Lists)

De acordo com Fogliatti, Filippo e Goudard (2004), as Listagens de Controle “são listas elaboradas nas fases de diagnóstico ambiental e estudo de alternativas de projeto onde se enumeram os fatores ambientais de um projeto específico e seus impactos”. Esses autores acrescentam que essas listas servem de guia para obtenção de informações mais detalhadas de modo a caracterizar os indicadores ambientais, tendo como objetivo principal, o “levantamento dos impactos mais relevantes nos meios físico, biótico e antrópico e as características das variáveis sociais e ambientais da área impactada pelo empreendimento”.

2.2.3 Matriz de Interação

As Matrizes de Interação têm como função principal identificar os impactos por meio impactado, sendo empregada para relacionar as ações de projeto e seus efeitos sobre o meio ambiente, onde em geral, apresentam no eixo vertical as ações de implantação do projeto, e no eixo horizontal os fatores ambientais a serem impactados (FOGLIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 2004).

As ações causadoras de impactos negativos são mitigáveis, ou seja, os efeitos negativos podem ser interrompidos ou mitigados simplesmente com a manutenção adequada nas atividades desenvolvidas, enquanto os impactos positivos são permanentes com a operação do sistema ou são potencializados com

a realização do monitoramento no decorrer dessa operação (VAZ; DUCATTI; PASQUALETTO, 2003).

O uso de matrizes pode ser executado com uma coleta moderada de dados técnicos e ecológicos, mas requer, de maneira imprescindível, certa familiaridade com a área afetada pelo projeto e com a sua natureza. De fato, é fundamental um exercício de consulta a especialistas, ao pessoal envolvido, às autoridades responsáveis pela proteção ambiental – em suas dimensões sanitárias, agrícola, recursos naturais, qualidade ambiental – e ao público envolvido (RIBEIRO, 2007).

2.2.4 Redes de Interação (Networks)

As Redes de Interação constituem um método que delinea conexões ou conjunto de dependências entre ações de projeto e seus referidos impactos, permitindo estabelecer relações do tipo “causa-efeito”, retratando, a partir do impacto inicial, o conjunto de ações que o desencadearam direta ou indiretamente, sendo possível a visualização da cadeia de relacionamentos entre os diferentes conflitos que surgem das intervenções antrópicas no meio ambiente (FOGLIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 2004).

2.3 Impactos Ambientais em Sistemas de Esgotamento Sanitário

Os projetos de sistemas coletivos de esgotamento sanitário apresentam, em grande maioria, impactos ambientais positivos em sua implantação, uma vez que são dimensionados com o intuito de promover a saúde e o bem estar da população atendida, influenciando diretamente na diminuição dos índices de ocorrência de epidemias e doenças que coloquem em risco a saúde pública. No entanto, este tipo de empreendimento poderá gerar impactos ambientais adversos, principalmente no local de tratamento e lançamento dos efluentes (DIAS et al., 1999).

O termo impacto ambiental é definido, no Artigo 1º, incisos de I a V, da Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986, como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

- II - as atividades sociais e econômicas;
- III - a biota;
- IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V - a qualidade dos recursos ambientais.

Em geral, nas obras de saneamento básico, pela própria natureza da intervenção prevista, os impactos ambientais esperados sobre a população são predominantemente positivos, pois promovem melhorias nas condições de saúde pública a diversas parcelas da população, principalmente na parcela de menor poder aquisitivo, muitas vezes afastada dos benefícios do saneamento básico (DAMATO; MACUCO, 2002).

Para Dias et al. (1999), os potenciais impactos ambientais negativos dos esgotos estão relacionados com a quantidade de materiais contaminantes contidos neles, que são caracterizados principalmente por:

- Sólidos suspensos;
- Sólidos dissolvidos;
- Matéria orgânica e inorgânica, nutrientes, óleos e graxas;
- Microrganismos patogênicos;
- Substâncias químicas tóxicas.

O prosseguimento dos lançamentos de esgotos **in natura** em um corpo hídrico, além de tornar difícil a reparação do dano ambiental, dada a dimensão que o tempo irá lhe proporcionar, torna previsível o grave comprometimento da saúde pública nos municípios que fazem uso dessa água, já que, direta ou indiretamente, os efeitos da poluição atingem a população local, urbana e rural (RIBEIRO, 2007).

Segundo Dias et al. (1999), na identificação dos impactos ambientais negativos dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário, deve-se considerar:

- Em relação aos recursos hídricos:
 - Degradação da qualidade de águas superficiais receptoras (corpo receptor);
 - Contaminação das águas subterrâneas por lançamento de esgoto bruto ou tratado e/ou substâncias tóxicas.
- Em relação aos solos:
 - Contaminação do solo por substâncias tóxicas e/ou agentes patogênicos.

- Em relação aos recursos biológicos:
 - Alteração dos habitats da fauna e/ou flora aquática;
 - Contaminação direta de organismos aquáticos, da fauna e da flora, por metais pesados.
- Em relação à qualidade de vida:
 - O processo de tratamento ou operações de lançamento produzem odores e/ou ruídos agressivos;
 - Alterações das condições de vida dos residentes próximos ao local de implantação, durante a execução das obras.

O principal aspecto ambiental negativo de um sistema de esgotamento sanitário é a concentração de carga poluidora das redes coletoras. Dessa forma, se não for dado o tratamento adequado, esse tipo sistema, embora traga conforto e melhoria para as condições de vida da população, poderá causar sérios danos à natureza por induzir uma deterioração do corpo receptor, inviabilizando a biota aquática e prejudicando outros usuários da água ou outras espécies de animais e vegetais (DAMATO; MACUCO, 2002).

Um sistema de esgotamento sanitário, apesar dos benefícios à saúde pública, com o afastamento dos esgotos da proximidade das residências, causa significativos impactos negativos quando da sua implementação, provocando “impactos ambientais, quer seja pelo consumo de recursos naturais, pela modificação da paisagem ou pela geração de resíduos” (RIBEIRO, 2007, p. 3).

Na elaboração e análise de projetos de sistemas de esgotamento sanitário deve-se ainda minimizar os impactos negativos decorrentes das obras, tais como a geração de poeira, ruídos e obstrução de vias com a consequente interrupção de trânsito de veículos e pedestres, supressão de cobertura vegetal, etc. que poderão acarretar alterações temporárias da qualidade de vida da população local (DIAS et al., 1999).

Segundo a PETROBRAS (2007), esses impactos podem ser diretos, quando decorrerem diretamente de alguma ação ligada às obras ou à operação do empreendimento. Os impactos indiretos decorrem indiretamente dessa ação, sendo considerados como uma continuação ou uma consequência dos impactos diretos. Dessa forma, dependendo do meio sobre o qual atuam e da forma como acontecem, são definidas duas categorias de Áreas de Influência:

- Área de Influência Indireta (AII) – área potencialmente sujeita aos impactos indiretos do empreendimento;
- Área de Influência Direta (AID) – área potencialmente sujeita aos impactos diretos do empreendimento.

Ainda convém lembrar que um aspecto ambiental importante, que deve ser observado na operação da estação de tratamento, é a geração de odor durante o processo e no lançamento do efluente no corpo receptor, que pode afetar a comunidade próxima à Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), bem como anular a potencialidade turística do local (DIAS et al., 1999).

Neste tipo de impacto, a atenção especial está nas estações de tratamento de esgotos, onde os odores constituem um problema do tratamento, tanto da fase líquida, quanto da fase sólida. Os odores agressivos são causados por gases produzidos durante o processo de biodegradação do lodo. Dessa forma, os maus odores provocam mais desconforto que danos físicos (RIBEIRO, 2007).

Ressalta-se também que o lançamento de efluentes sanitários nos cursos d'água, assim como de qualquer carga poluidora, deve ser considerado em seus efeitos cumulativos (DIAS et al., 1999).

2.4 Ações geradoras de impactos ambientais em Sistema de Esgotamento Sanitário

De acordo com Damato e Macuco (2002), as ações geradoras de impactos ambientais na implantação de um sistema de tratamento de esgoto sanitário (SES) são basicamente:

- Atividades Preliminares: Consiste no conjunto de serviços que antecedem às obras propriamente ditas, os quais têm por finalidade preparar os locais de execução delas. Dentre esses serviços destacam-se o preparo dos terrenos, desmatamento e limpeza, remoção vegetal, colocação de tapumes e sinalização;
- Instalação e Operação do Canteiro de Obras: Consiste nas atividades inerentes às instalações de apoio às obras, tais como: escritórios, alojamentos, sanitários, oficinas, almoxarifados, etc., bem como a operação e manutenção do mesmo durante a fase de obras. Nesse tipo de ações

incluem-se também as atividades referentes à terraplanagem, para preparação das áreas de trabalho, implantação de canais e/ou obras de drenagem de águas pluviais provisórias e definitivas, e regularização das cotas de implantação das unidades, envolvendo: escavação, aterro e reaterro de valas, poços e cavas, estocagem temporária de material escavado, bem como o transporte do material escavado excedente;

- Movimento de Terra e Obras Civis: Consiste nas obras propriamente ditas, enfocando as fundações e estruturas, assentamento de tubos e peças, instalações e montagens de equipamentos, e urbanização das áreas;
- Desmobilização de Canteiros: Consiste no conjunto de atividades de encerramento, relativas às instalações de apoio às obras e da desmobilização da mão-de-obra.

2.5 Medidas de controle ambiental

De acordo com Ribeiro (2007), ainda que o perímetro, o diagnóstico e a quantificação de impactos ambientais sejam elementos importantes na avaliação do impacto ambiental e devam se destacar no estudo de impacto ambiental, não se pode esquecer:

- a) A mitigação ou o projeto e a execução das atividades orientadas para reduzir os impactos ambientais significativos;
- b) A compensação ou troca ou substituição de recursos ou ecossistemas deteriorados, por outros de similar condição e importância;
- c) O monitoramento ou conjunto de decisões e atividades planejadas destinadas a zelar pelo cumprimento dos acordos estabelecidos na avaliação e o provimento de informação específica sobre o estado das variáveis ambientais e sociais no sítio de intervenção e seu comportamento no período considerado;
- d) A fiscalização ou o conjunto de ações dos órgãos de Estado, no uso de suas pertinências legais, tendentes a fazer cumprir a legislação ambiental e as condições ambientais de aprovação de uma intervenção.

Moura (2011) destaca que as “medidas mitigadoras são ações propostas com a finalidade de reduzir a magnitude ou a importância dos impactos negativos”.

Conforme destacam Vaz, Ducatti e Pasqualetto (2003), apud Mota (1997), as medidas mitigadoras são aquelas que visam à minimização dos impactos adversos,

compreendendo: a natureza das medidas preventivas ou corretivas; as fases do empreendimento em que serão aplicadas; o fator ambiental a que se destinam (físico, biológico ou antrópico); prazo de permanência de sua aplicação e também a responsabilidade por sua implementação.

Para Ribeiro (2007), a mitigação poderá:

- a) evitar completamente o impacto ao não desenvolver uma determinada ação;
- b) reduzir impactos ao limitar o grau ou a magnitude da ação e a sua implantação;
- c) retificar o impacto ao reparar, reabilitar ou restaurar o ambiente afetado; e
- d) reduzir ou eliminar o impacto a partir de ações objetivas de conservação e manutenção.

As medidas mitigadoras referentes à proteção e recuperação da qualidade ambiental das áreas de influência exigem projetos ambientais específicos e podem incluir medidas de recuperação de áreas degradadas, de recomposição paisagística e compensação vegetal, de proteção à fauna, de controle em áreas de mananciais, entre outros (DAMATO; MACUCO, 2002).

As medidas de potencialização são medidas destinadas aos efeitos positivos do projeto e visam potencializar a utilização dos recursos e melhorar o rendimento ambiental (PHILIPPI Jr. et al., 2004).

Os impactos positivos de um empreendimento muitas vezes se manifestam mais no campo social e econômico. Com isso, para tornar viável a concretização dos impactos potencialmente benéficos, pode ser necessário o desenvolvimento de programas específicos, descritos com nível de detalhe igual ao dos programas destinados à mitigação ou à compensação de impactos negativos (SÁNCHEZ, 2008).

A compensação compreende o subgrupo de medidas de manejo mediante as quais se pretende restituir os impactos ambientais irreversíveis gerados por uma ação ou grupo delas em um lugar determinado, a partir da criação de um cenário similar ao deteriorado, em um mesmo lugar ou em um lugar distinto ao primeiro (RIBEIRO, 2007).

As medidas de compensação são utilizadas para os impactos que não podem ser prevenidos ou mitigados (PHILIPPI JR. et al., 2010).

A compensação também pode dar-se pela conservação de um bem de

natureza diferente daquele afetado, desde que se possa estabelecer alguma relação. Esse tipo de medida é, portanto, uma substituição de um bem que será perdido, alterado ou descaracterizado por outro, entendido como equivalente (SÁNCHEZ, 2008).

2.6 Planos e programas ambientais

A elaboração de planos e programas ambientais é uma atividade prevista no artigo 6º, inciso IV, da Resolução nº 001/86, do CONAMA, que prevê que um Estudo de Impacto Ambiental deverá conter a “elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados”.

Com o intuito de reparar, minimizar ou evitar possíveis danos gerados ao ambiente são implantados alguns planos e programas, paralelos às fases de implantação e operação do empreendimento (LIMA et al., 2010).

Estes planos e programas são de grande importância para avaliar a eficiência das medidas mitigadoras, pois vários impactos previstos podem ocorrer ou não, com uma maior ou menor intensidade do que a esperada, ou ainda, podem ocorrer eventos ambientais não previstos, devendo estes serem levantados para que sejam adotadas medidas corretivas em tempo hábil (FOGLIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 2004).

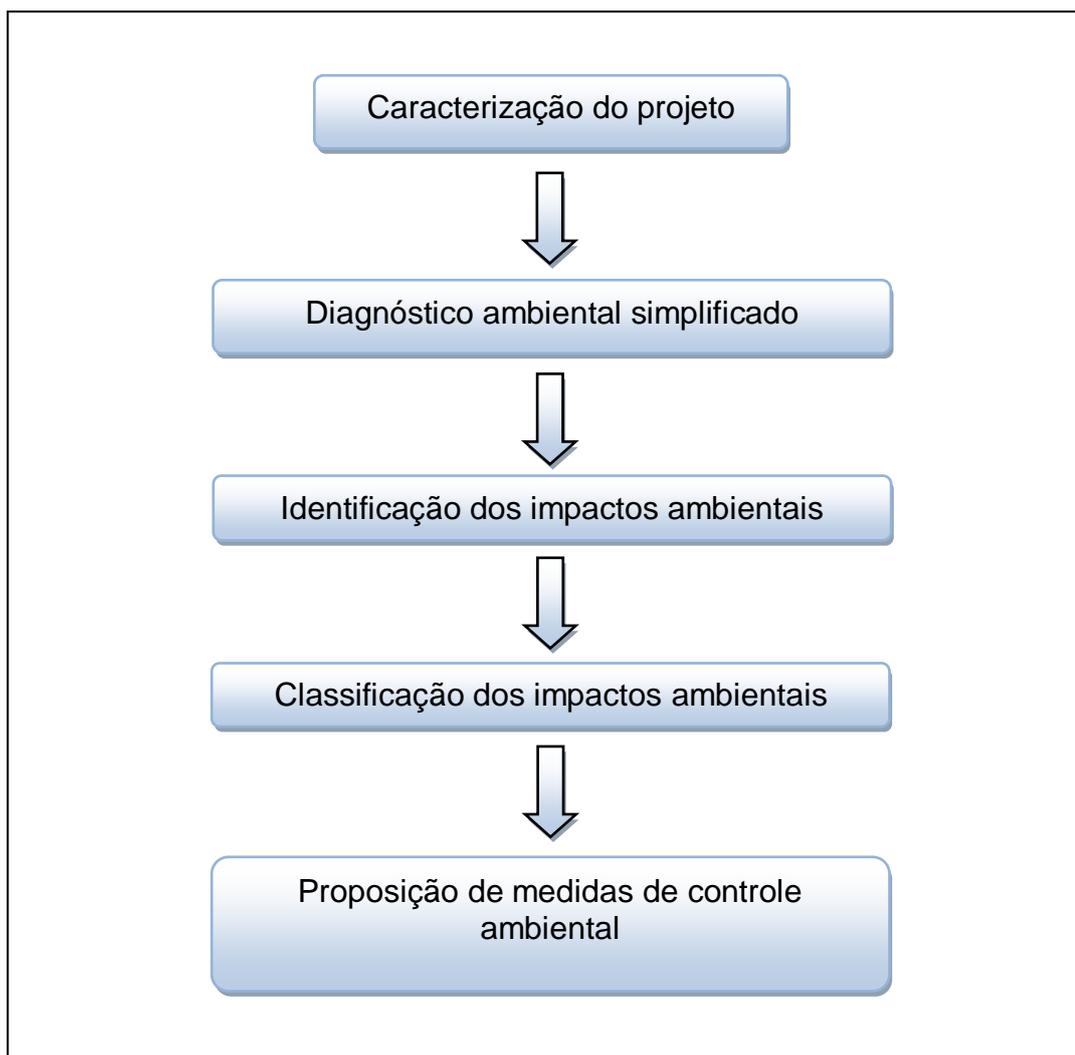
Dessa forma, os planos e programas ambientais deverão possibilitar a adequada inclusão do empreendimento à região, além de contribuir para a manutenção da qualidade ambiental de sua Área de Influência (PETROBRAS, 2007).

Assim, planos e programas ambientais apresentam como objetivos mitigar, monitorar, controlar, compensar ou restaurar os danos ambientais, e ainda potencializar os benefícios ou impactos positivos de determinadas ações, sendo necessário que os mesmos tenham prosseguimento em todas as fases cabíveis do empreendimento para obter êxitos nos resultados esperados (FOGLIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O fluxograma da Figura 1 apresenta, de forma resumida, a metodologia adotada no desenvolvimento deste trabalho.

Figura 1 – Fluxograma da metodologia utilizada na pesquisa

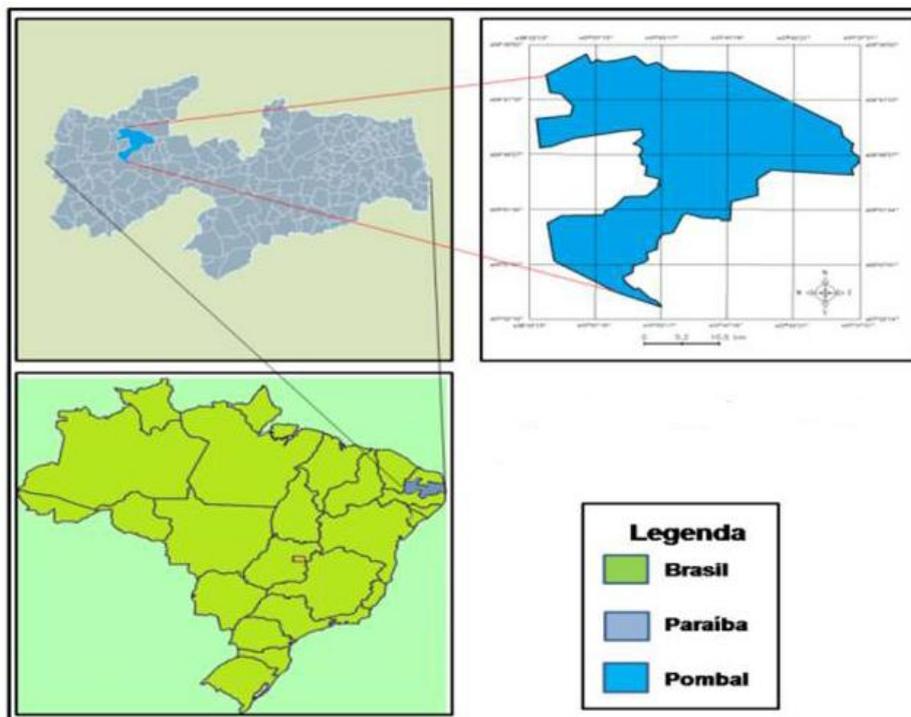


3.1 Localização da área de estudo

Este estudo foi desenvolvido para o Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) do município de Pombal, situado na região oeste do Estado da Paraíba (Figura 2), na Mesorregião do Sertão Paraibano e Microrregião de Sousa - PB. O referido município localiza-se a 377 km de João Pessoa - PB, 373 km de Natal - RN e 450

km de Fortaleza - CE, com uma altitude de 184 m em relação ao nível do mar, entre as coordenadas 06^o46'12''S e 37^o48'07''W, e possui uma área territorial de 892,70 km². Vale salientar que este SES atenderá apenas a área urbana desse município.

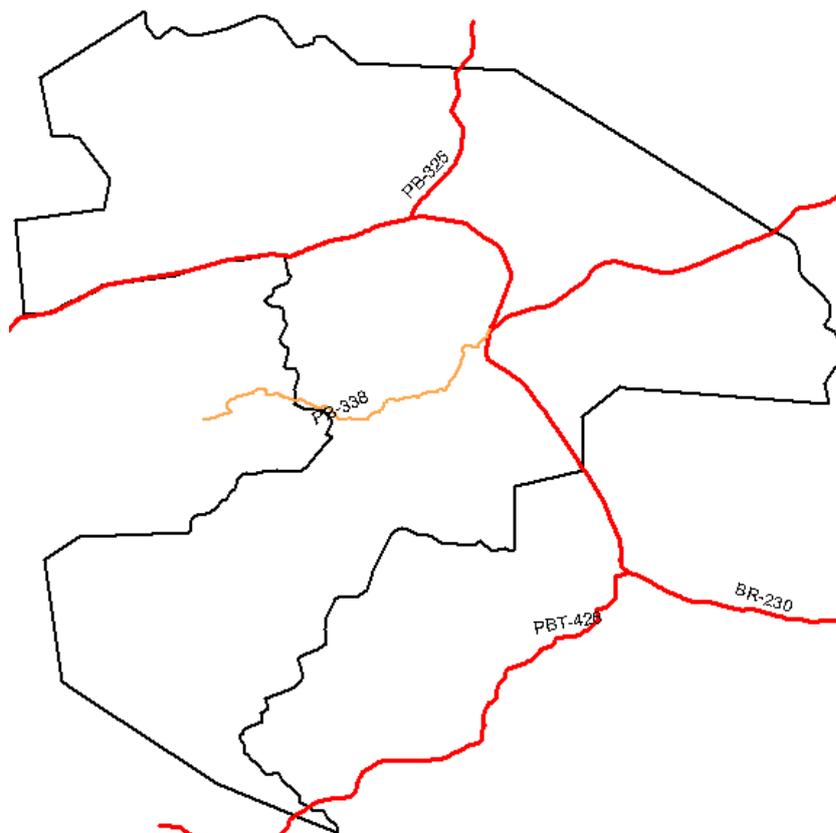
Figura 2 – Mapa de Localização do Município de Pombal - PB



Fonte: Adaptado de Sousa, 2011

Na Figura 3 apresenta-se um mapa com as principais rodovias que cortam o município de Pombal - PB.

Figura 3 – Mapa das rodovias do município de Pombal - PB



Fonte: Arquivo pessoal, 2010

3.2 Área de influência do projeto

A área que será ou poderá ser afetada pelos impactos ambientais acarretados pelo SES é denominada “área de influência”. Esta área divide-se em Área de Influência Direta (AID), na qual ocorrem os impactos diretos, e a Área de Influência Indireta (AII), onde ocorrem os impactos indiretos, conforme descrito a seguir e apresentado na Figura 4.

A delimitação das áreas de influência direta e indireta diferem entre o meio natural (físico-biótico) e socioeconômico, respeitando-se a individualidade dos processos inerentes à dinâmica dos diferentes fatores ambientais envolvidos. Dessa forma, essas áreas foram delimitadas nesse estudo com base na área de abrangência do SES de Pombal - PB, por meio de consultas ao projeto, tendo em vista que o sistema atenderá apenas a área urbana desse município.

Para uma maior precisão na delimitação da área a ser afetada pelos impactos ambientais do SES é recomendável uma análise técnica mais rigorosa, feita especialmente por uma equipe multidisciplinar tecnicamente habilitada.

3.2.1 Área de Influência Direta (AID)

A AID foi delimitada de forma geral com base nas áreas afetadas pelos impactos ambientais diretos do empreendimento do SES, nas suas diversas fases. Portanto, como projeto do Sistema de Esgotamento Sanitário visa atender toda à cidade, foi considerado como AID todo o perímetro urbano habitado no município de Pombal - PB, ou seja, a própria cidade (Figura 4).

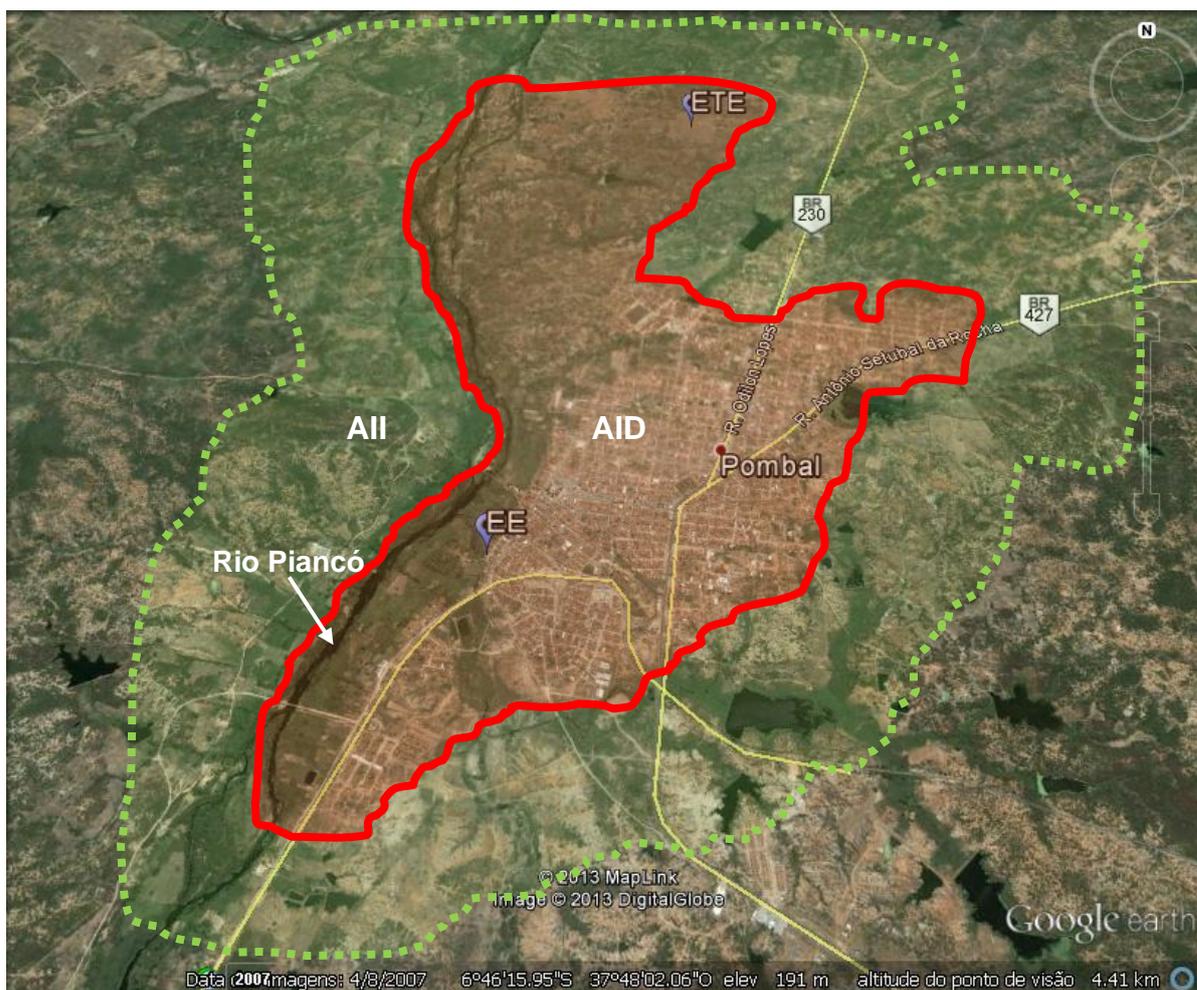
Além do perímetro urbano, a AID estende-se até o entorno da Estação de Tratamento de Esgoto – ETE e a Estação Elevatória – EE, onde ocorrem os impactos no Meio Natural (Físico e Biótico), sendo a ETE ocupada pelas unidades de tratamento, acrescida da área que inclui a estrada de serviço e o emissário final dos efluentes tratados.

A parcela da AID no Meio Socioeconômico foi a área onde a população e as atividades econômicas locais sofrerão algum tipo de intervenção do SES.

3.2.2 Área de Influência Indireta (AII)

A AII é aquela potencialmente susceptível de sofrer impactos provenientes de efeitos ambientais secundários. Dessa forma, considerou-se como AII a compreendida entre o limite externo da AID e o limite máximo onde ocorrem os impactos ambientais, ou seja, a Área de Influência “Total” do empreendimento. Por convenção e por se tratar de um trabalho técnico acadêmico, adotou-se uma distância uniforme de 10 km de largura, ao longo do entorno da AID, para a AII, que com estudos técnicos elaborados por equipes multidisciplinar habilitada, pode ser definido com maior precisão. Na Figura 4 apresenta-se uma imagem de satélite da área de estudo com a ilustração das áreas AID e AII.

Figura 4 – Área de Influência Direta e Indireta



Legenda:

- Perímetro da Área de Influência Direta (AID) e perímetro interno da AII
- - - - - Perímetro da área de influência do empreendimento e perímetro externo da AII

Fonte: Adaptado do Google Earth, 2007

3.3 Caracterização do projeto

A caracterização e descrição do projeto foi realizada a partir da consulta ao projeto do SES (CAGEPA, 2010), bem como a projetos semelhantes da mesma natureza. O levantamento das informações foi complementado por meio de visitas de campo na área de influência, onde foram observados os componentes do SES, assim como as formas de execução das obras de implantação. Complemente fez-se ainda a consultada à órgãos públicos, a exemplo da prefeitura municipal.

3.4 Diagnóstico ambiental simplificado

Para a elaboração do diagnóstico ambiental simplificado, foi realizada a identificação e catalogação dos fatores e elementos ambientais por meio de visitas de campo associadas à utilização de fotografias digitais e imagens de satélites, bem como a partir da busca de informações na literatura e em órgãos públicos.

3.5 Identificação dos impactos ambientais

A identificação dos impactos ambientais na área de estudo foi realizada a partir do levantamento de atividades e ações de projeto do empreendimento e do diagnóstico ambiental simplificado, e com o auxílio de visitas de campo, em que foi dada ênfase à área de influência do projeto, principalmente na AID: área urbana do município. Com o conhecimento das ações de projeto e da descrição de sua área de influência, fez-se a formulação de hipóteses sobre as modificações ambientais a serem direta ou indiretamente induzidas pelo empreendimento em questão, de acordo com SÁNCHEZ (2008), em que foram utilizados os métodos de avaliação de impactos ambientais: Ad Hoc (Método Espontâneo), Check Lists (Listagens de Controle), nas modalidades Listagem Simples e Listagem Descritiva, Matriz de Interação e Redes de Interação (FOGLIATTI et al., 2004; PHILIPPI Jr. et al. (2004); BRAGA et al., 2005; SÁNCHEZ, 2008).

Os referidos métodos de avaliação foram aplicados com o auxílio de visitas de campo e de pesquisas realizadas em estudos ambientais técnicos, a exemplo de EIA/RIMA, e acadêmicos, para empreendimentos de Sistemas de Esgotamento Sanitário (DIAS et al., 1999; LIMA et al., 2010; VAZ et al. 2003; MOURA, 2013; RIBEIRO, 2013).

3.6 Classificação dos impactos ambientais

A classificação dos impactos foi adaptada de Fogliatti et al. (2004) e Philippi Jr. et al. (2004), onde foi realizada com a finalidade de definir os impactos positivos e negativos, bem como os mais significativos, discriminando as interferências causadas nos componentes ambientais impactados por determinada atividade nas fases de planejamento, construção/implantação e operação do empreendimento.

A classificação dos impactos ambientais foi complementada com consultas em EIAs/RIMAs e outros estudos técnicos de trabalhos desenvolvidos na avaliação de impactos de empreendimentos de Sistema de Esgotamento Sanitário.

Dessa forma, os impactos ambientais potenciais foram classificados como: “positivos”, aqueles que significam benefícios ambientais, tais como ações de saneamento ou recuperação de áreas degradadas; e impactos ambientais classificados como “negativos”, ou seja, aqueles que causam dano ou deterioração de componentes ou do ambiente.

A partir dos impactos potenciais foram selecionados os impactos significativos com bases em consultas à literatura e RIMA. Sendo que, a intensidade da interferência desse tipo de impacto sobre o meio ambiente e junto aos demais impactos, acarreta, como resposta, perda da qualidade de vida, quando contrário, ou ganho, quando benéfico.

Para melhor entendimento da quantificação dos impactos ambientais da implantação do SES no município de Pombal - PB foram elaboradas matrizes que permitem a verificação da ação que mais se manifesta nos diferentes meios, relacionando às atividades e ações de projeto do empreendimento e os referidos impactos ambientais sobre os meios físico, biótico e antrópico, fato que possibilita que esta ação impactante seja conduzida de maneira a minimizar ao máximo os impactos ambientais ou mesmo substituída por outra menos impactante.

Essas matrizes foram elaboradas para os impactos potenciais classificando-os em positivos e negativos, bem como para os impactos significativos qualificados em mitigáveis e não mitigáveis.

3.7 Proposição de medidas de controle ambiental

As medidas de controle ambiental foram propostas a partir de consultas na literatura acadêmica e técnica em estudos ambientais de empreendimentos semelhantes, porém adaptadas ao desse estudo.

Essas medidas foram propostas para todos os impactos negativos, o que possibilitará a redução do potencial impactante do empreendimento. Elas estão divididas em: medidas de prevenção, mitigação e compensação.

As medidas de prevenção foram propostas para os impactos ambientais que possam ser evitados e as medidas de mitigação foram estabelecidas para os

impactos ambientais mitigáveis.

Para os impactos não mitigáveis aconselha propostas de medidas de compensação.

No caso dos impactos positivos foram propostas medidas potencializadoras a fim de maximizar a magnitude ou a importância desses impactos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Descrição do projeto

O projeto em análise trata-se do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) que está em fase de implantação no município de Pombal - PB, e que foi elaborado pelo consórcio Gerente/Engesoft, como parte integrante do Programa de Ação Social em Saneamento (PASS-BID) do ano de 1999. Como o projeto original era muito antigo foi necessária uma adequação para atender as condições atuais da cidade.

Segundo a CAGEPA (2010), as adequações feitas consistiram, basicamente, do seguinte:

- Atualização do estudo populacional para a atualidade, em virtude de o projeto original ter sido elaborado para atender uma população de projeto de 33.885 habitantes, estimativa adotada com base nos dados do IBGE disponíveis até o ano de 1996 para a cidade de Pombal - PB;
- Alteração do local da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), para evitar o lançamento de seus efluentes à montante da captação do sistema de abastecimento de água local;
- Mudança do sistema original de tratamento (lagoas de estabilização em série, com 1 lagoa facultativa e 2 lagoas de maturação) para um sistema de lagoas anaeróbias seguidas de lagoas facultativas em série;
- Divisão da ETE em três módulos que serão implantados em etapas sucessivas, o que diminuirá o investimento inicial para esta unidade, e liberará mais recursos para a rede coletora;
- Redimensionamento da estação elevatória, considerando a utilização de bombas submersíveis, o que leva a unidades mais econômicas;
- Plano de implantação da rede coletora, considerando essa nova concepção, para definir as áreas que poderão ser implantadas nesta etapa de obras, em função dos recursos disponíveis.

Com isto, o sistema proposto com as modificações ao projeto original a ser desenvolvido na primeira etapa de obras, consiste na implantação de um módulo da

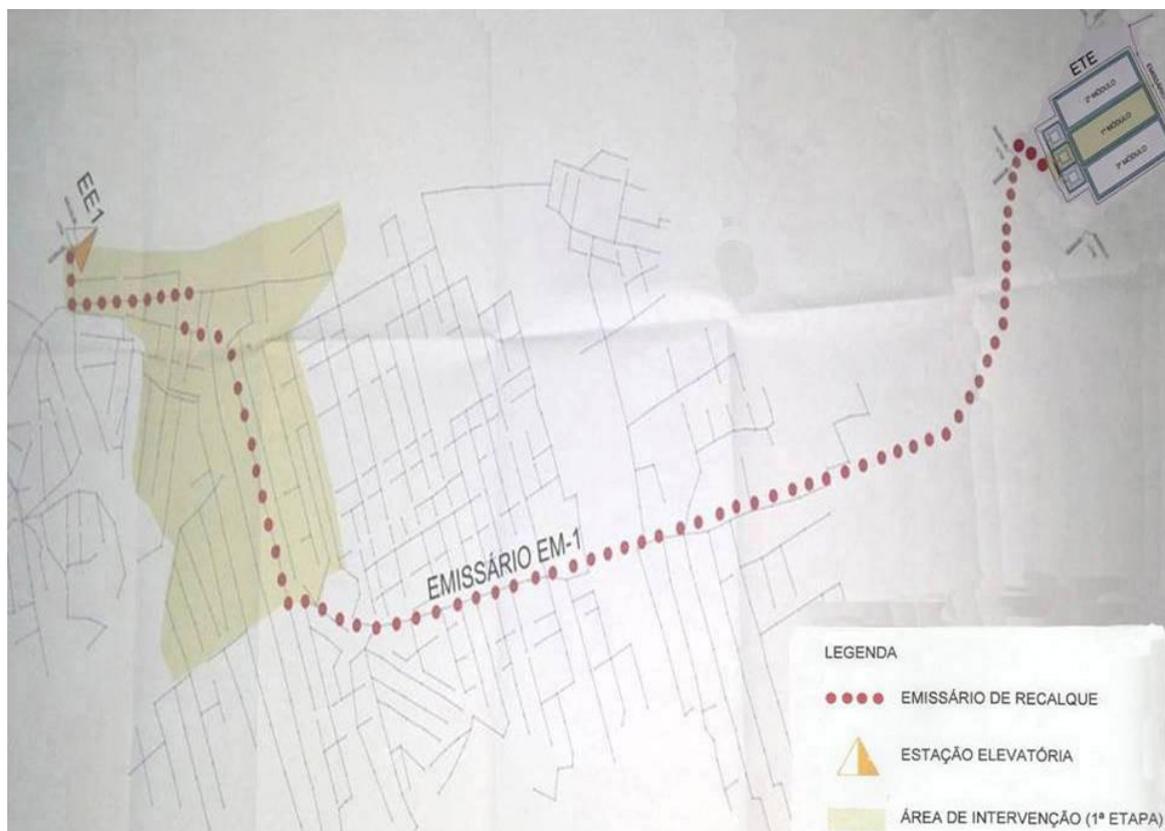
estação de tratamento, composto por lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa, além da implantação da estação elevatória e do seu respectivo emissário de recalque, que serão responsáveis, no futuro, pelo transporte de todo o efluente coletado da cidade para a estação de tratamento (CAGEPA, 2010).

Com base nisso a proposta será a implantação de toda a estrutura da estação elevatória, porém seu funcionamento deverá ser operado em etapas, ou seja, como foram projetadas três bombas iguais, é possível que o sistema funcione apenas com duas (sendo uma delas de reserva), enquanto o sistema não alcance a plenitude de sua vazão de projeto. Da mesma forma, o nível máximo de esgoto na estação elevatória deverá sofrer variação na medida em que a vazão de contribuição aumente (CAGEPA, 2010).

O plano de trabalho deverá levar em consideração a implantação do sistema de jusante para montante, ou seja, a primeira unidade a implantar é a estação de tratamento, seguida do emissário de recalque, estação elevatória e final da rede coletora e ligações domiciliares, o que permitirá que no momento de implantação das ligações domiciliares estas unidades já estejam em funcionamento.

Na Figura 5 mostra-se a concepção geral do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) a ser implantado no município de Pombal - PB.

Figura 5 – Concepção geral do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) da cidade de Pombal - PB



Fonte: Adaptado de CAGEPA, 2010

4.1.1 Partes do sistema

4.1.1.1 Rede coletora

O sistema de esgoto sanitário que está sendo implantado no município é o sistema separador absoluto, onde, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em sua norma NBR - 9648 (ABNT, 1986), o mesmo é definido como o “conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados a coletar, transportar, condicionar e encaminhar somente esgoto sanitário a uma disposição final conveniente, de modo contínuo e higienicamente seguro”.

Segundo a norma brasileira NBR - 9649 (ABNT, 1986), a rede coletora é definida como o conjunto constituído por ligações prediais, coletores de esgoto e seus órgãos acessórios:

- Ligação predial: trecho do coletor predial compreendido entre o limite

do terreno e o coletor de esgoto.

- Coletor de esgoto: tubulação da rede coletora que recebe contribuição de esgoto dos coletores prediais em qualquer ponto ao longo de seu comprimento.
- Coletor principal: coletor de esgoto de maior extensão dentro de uma mesma bacia.
- Coletor tronco: tubulação da rede coletora que recebe apenas contribuição de esgoto de outros coletores.
- Coletor predial: trecho de tubulação da instalação predial de esgoto compreendido entre a última inserção das tubulações que recebem efluentes de aparelhos sanitários e o coletor de esgoto.
- Órgãos acessórios: dispositivos fixos desprovidos de equipamentos mecânicos. Podem ser: poços de visita (PV), tubos de inspeção e limpeza (TIL), terminais de limpeza (TL) e caixas de passagem (CP).

De acordo com a CAGEPA (2010), para a primeira etapa foram previstas a implantação de 850 ligações domiciliares e também a implantação de uma área de 41,61 ha, nas proximidades da estação elevatória da cidade, o que equivale a uma população atendida de cerca de 5.000 habitantes, ou seja, cerca de 15% da população de projeto da cidade. A extensão da rede a ser construída é de 7.776 m e possui as características apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Rede Coletora Projetada

Diâmetros	1ª Etapa
150 mm	7.503 m
400 mm	221 m
500 mm	52 m
Total	7.776 m

Fonte: Adaptado de CAGEPA, 2010

No caso da rede coletora foi mantido o dimensionamento do projeto original que se apresentou coerente com a realidade. Os trechos de rede coletora propostos acima, que são compostos por tubulação de maior diâmetro consistem nos trechos que no futuro receberão toda a contribuição da cidade.

4.1.1.2 Estação Elevatória (EE)

De acordo com Nuvolari et al. (2003), estação elevatória de esgoto são “as instalações que se destinam ao transporte de esgoto do nível do poço de sucção das bombas ao nível de descarga na saída do recalque, acompanhando aproximadamente as variações da vazão afluyente”.

A estação elevatória da cidade de Pombal - PB foi projetada para funcionar com conjuntos motor-bombas submersíveis, instalados em poço úmido. A EE poderá, em princípio, funcionar com apenas um conjunto motor-bomba, porém no futuro será necessária a instalação de outro conjunto de características idênticas. O projeto prevê que a estação funcionará com dois conjuntos em paralelo e mais um conjunto de reserva (CAGEPA, 2010).

O nível máximo de esgoto no poço de sucção também deve ser monitorado, com a finalidade de evitar o aumento demasiado no tempo de detenção do esgoto no poço da estação, devido ao fato que será implantada uma pequena quantidade de rede coletora nesta primeira etapa. Dessa forma, o poço de sucção da estação foi projetado para trabalhar em três níveis, com 0,50 m para cada etapa e no final de plano a altura útil será de 1,50 m para o funcionamento total do sistema (CAGEPA, 2010).

Cada conjunto elevatório foi projetado para uma capacidade de recalcar uma vazão de 46,02 l/s ou 165,67 m³/h, contra uma altura manométrica de 63,37 metros de coluna d'água, e potência estimada de 65 CV.

Na Figura 6 mostra-se a casa de bombas e o poço de sucção da estação elevatória do SES de Pombal - PB.

Figura 6 – Estação Elevatória: (A) casa de bombas; (B) poço de sucção



Fonte: Arquivo pessoal, 2013

4.1.1.3 Emissário de recalque da estação elevatória

O emissário é definido simplesmente como a tubulação que recebe as contribuições de esgoto exclusivamente em sua extremidade de montante. No caso mais geral, trata-se do trecho do interceptor, após a última contribuição de coletores de esgoto. Em outros casos, pode ser a tubulação de descarga de uma estação elevatória (emissário de recalque) ou a simples interligação de dois pontos de concentração de efluentes dos coletores de esgoto ou interceptores – emissário de gravidade (Nuvolari et al., 2003).

O emissário de recalque final da estação elevatória conduzirá os efluentes de esgoto a partir da EE até o conjunto de lagoas de estabilização que será construído. O emissário foi projetado em tubos de PVC *Defofo*, 1 Mpa, para esgoto pressurizado, com diâmetro de 300 mm e extensão de 3.845,00 m (CAGEPA, 2010).

Este emissário também foi projetado de forma a trabalhar com a vazão de uma bomba ou do sistema completo com duas bombas em paralelo, sempre obedecendo às velocidades limites do fluido na tubulação, prevista em norma (CAGEPA, 2010).

4.1.1.4 Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)

Segundo a norma brasileira NBR 12209 (ABNT, 1992) a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) é o conjunto de unidades de tratamento,

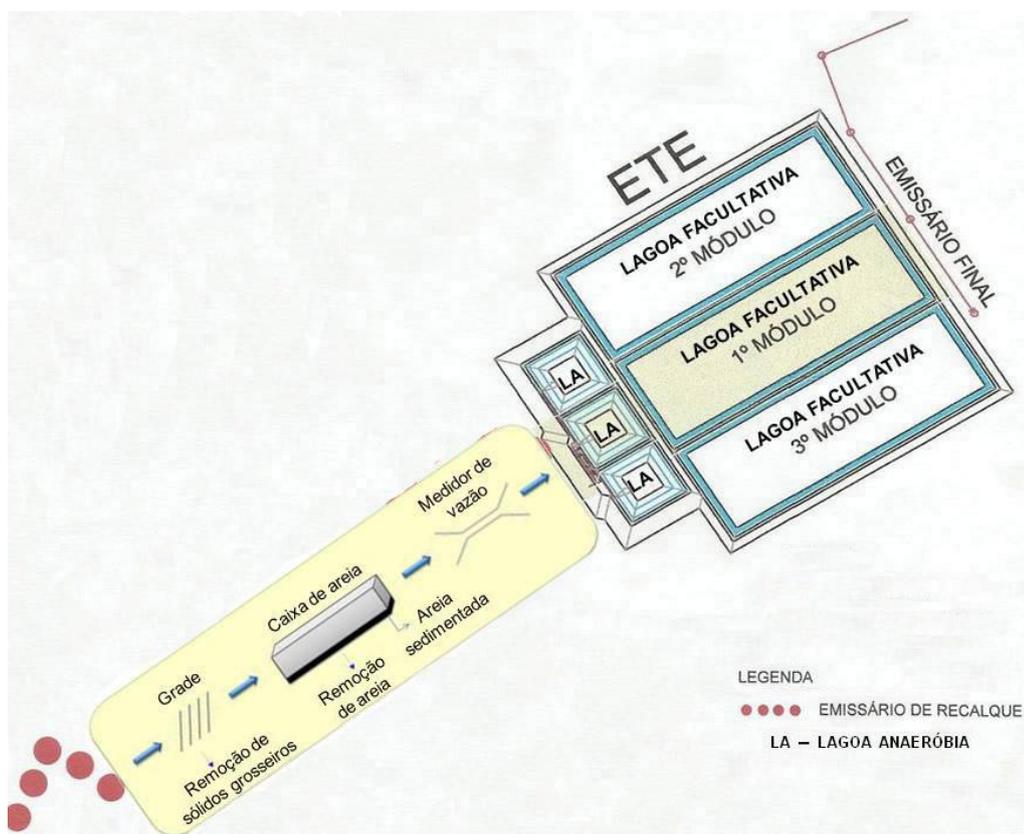
equipamentos, órgãos auxiliares, acessórios e sistemas de utilidades cuja finalidade é a redução das cargas poluidoras do esgoto sanitário e condicionamento da matéria residual resultante do tratamento.

A estação de tratamento de esgotos do sistema de Pombal - PB foi a principal razão de toda a adequação do projeto, pois originalmente havia sido projetada com lagoa facultativa seguida de lagoas de maturação e localizada ao sul da cidade, nas proximidades da captação do sistema de água da CAGEPA. Este fato motivou a mudança do local da estação de tratamento para uma área ao norte da cidade nas proximidades do lixão (CAGEPA, 2010).

Dessa forma foi projetada uma estação de tratamento em três módulos (Figura 7) compostos, cada um, por uma lagoa anaeróbia seguida de uma lagoa facultativa em série (Figura 8), possibilitando a implantação racional em três etapas na medida em que a demanda da cidade aumente (CAGEPA, 2010).

Na Figura 7 mostra-se a concepção do sistema de tratamento de esgoto da ETE de Pombal - PB, constituído por lagoas anaeróbias seguidas por lagoas facultativas, também conhecido como *Sistema Australiano*.

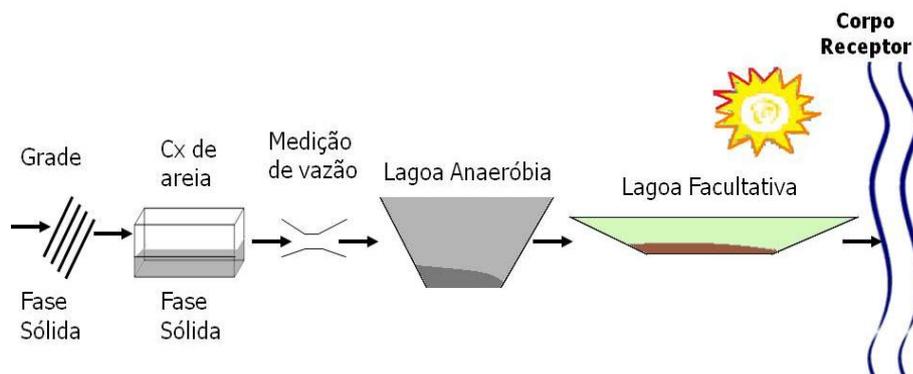
Figura 7 – Concepção da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)



Fonte: Adaptado de CAGEPA, 2010

Na Figura 8 mostra-se um fluxograma típico de um sistema de lagoas anaeróbias seguidas por lagoas facultativas (*Sistema Australiano*).

Figura 8 – Fluxograma típico de um sistema de lagoas anaeróbias seguidas por lagoas facultativas (*Sistema Australiano*)



Fonte: Adaptado de Sperling, 2005

No talude da lagoa anaeróbia do primeiro módulo foi projetado um sistema de tratamento preliminar que atenderá os três módulos da ETE. Esse sistema preliminar é composto de uma grade para a retirada do material grosseiro e de uma caixa de areia, ou desarenador (CAGEPA, 2010).

Além das unidades de remoção dos sólidos grosseiros, inclui-se também uma unidade para a medição da vazão. Usualmente esta é constituída por uma calha de dimensões padronizadas (ex: calha Parshall), onde o valor medido do nível do líquido pode ser correlacionado com a vazão. No caso da ETE de Pombal - PB será instalado um medidor calha Parshall pré-fabricado em fibra de vidro.

As lagoas anaeróbias foram projetadas em forma quadrada com 36,0 m de lado, e com 3,0 m de profundidade útil, planejadas para trabalhar com metade dessa profundidade. O tempo de detenção desta unidade será de 2,5 dias e é prevista uma remoção de DBO_5 de 70% (CAGEPA, 2010).

Nas Figuras 9, 10 e 11 são apresentadas fotografias das lagoas anaeróbia da ETE de Pombal - PB.

Figura 9 – ETE: Construção da lagoa anaeróbia (1º módulo)



Fonte: Arquivo pessoal, 2013

Figura 10 – ETE: Construção da lagoa anaeróbia (2º módulo)



Fonte: Arquivo pessoal, 2013

Figura 11 – ETE: Lagoa anaeróbia (3º módulo)



Fonte: Arquivo pessoal, 2013

As lagoas facultativas foram projetadas em forma retangular obdecendo a uma relação 1/3 entre largura e comprimento, e dimensões úteis de 64,0 x 192,0 x 1,5 metros, sendo largura, comprimento e altura útil, respectivamente. O tempo de detenção desta unidade será de 12 dias e é prevista uma remoção de DBO₅ de 84%. Dessa forma o efluente final que será lançado no rio Piancó terá uma concentração de DBO₅ de 14,13 mg/L (CAGEPA, 2010).

Nas Figuras 12, 13 e 14 são apresentadas fotografias das lagoas facultativa da ETE de Pombal - PB.

Figura 12 – ETE: Lagoa facultativa (1º módulo)



Fonte: Arquivo pessoal, 2013

Figura 13 – ETE: Construção da lagoa facultativa (2º módulo)



Fonte: Arquivo pessoal, 2013

Figura 14 – ETE: Lagoa facultativa (3º módulo)



Fonte: Arquivo pessoal, 2013

4.1.1.5 Emissário final

O Emissário final é a tubulação de descarga do efluente de uma estação de tratamento. No caso da ETE de Pombal - PB, os efluentes da estação foram previstos para serem lançados num emissário (Figura 15 B) que desaguará no Rio Piancó.

Figura 15 – Emissário final: (A) Abertura de vala com retroescavadeira para assentamento da tubulação; (B) Assentamento da tubulação



(A)



(B)

Fonte: CAGEPA, 2010

Na Figura 16 apresenta-se uma imagem de satélite da área onde está

construída a ETE de Pombal - PB com a ilustração da localização aproximada do ponto de lançamento dos efluentes da estação por meio do emissário final no rio Piancó.

Figura 16 – Emissário final: localização aproximada do ponto de lançamento dos efluentes da ETE no rio Piancó



Legenda:

-  – Emissário final
-  – Poços de visita
-  – Ponto de lançamento dos efluentes da ETE

Fonte: Adaptado do Google Earth, 2007

4.1.1.6 Corpo receptor

Segundo Nuvolari et al. (2003), o corpo receptor “é qualquer coleção de água natural ou solo que recebe o lançamento de esgoto em estágio final”.

No caso do sistema de esgotamento sanitário do município de Pombal - PB, o esgoto tratado será conduzido ao rio Piancó (Figura 17).

Figura 17 – Vista do rio Piancó



Fonte: Arquivo pessoal, 2013

4.1.2 Execução da obra – atividades previstas

As atividades de implantação e operação ou funcionamento, previstas para a implementação do SES no município de Pombal - PB, estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Principais atividades do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) em Pombal - PB

Obras Lineares: Coletor tronco, poços de visita (PV), caixas de passagem (CP), Linha de Recalque, travessias e emissários	Obras localizadas: Estação Elevatória (EE) e Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)
Reconhecimento do local	Reconhecimento do local
Implantação de canteiros	Implantação de canteiros
Locação topográfica	Locação topográfica
Remoção da camada vegetal e/ou pavimentos	Remoção da camada vegetal
Abertura e escoramento de valas	Terraplenagem (escavação, carga, transporte, aterro compactado, empréstimo de materiais, depósitos de material excedente)
Embasamento de tubulações	
Assentamento de tubulações	
Execução de bases e pilares de apoio de travessias	
Reaterro compactado de valas e remoção de escoramentos	Obras civis (fundações, formas, armação, alvenaria, lajes, cobertura, instalações elétricas e hidráulicas, acabamentos, cercas e portões)
Ligação de rede	

Execução de poços de visita (PV)	Instalação de equipamentos eletromecânicos
Execução de caixas de passagem	Limpeza da obra
Remoção de material para bota-fora	Comissionamento e pré-operação
Recomposição de pavimentos	Recomposição de vegetação
Desmobilização de canteiros de serviços	Desmobilização de canteiros

Fonte: Adaptado de CAGEPA, 2010

Nas Figuras 18 e 19 são apresentadas fotografias nas quais podem ser vistas a realização de algumas atividades das apresentadas na Tabela 2.

Figura 18 – (A) abertura de vala com retroescavadeira; (B) assentamento de tubulações da rede coletora; (C) execução de poços de visita; (D) reaterro compactado de vala



(A)



(B)



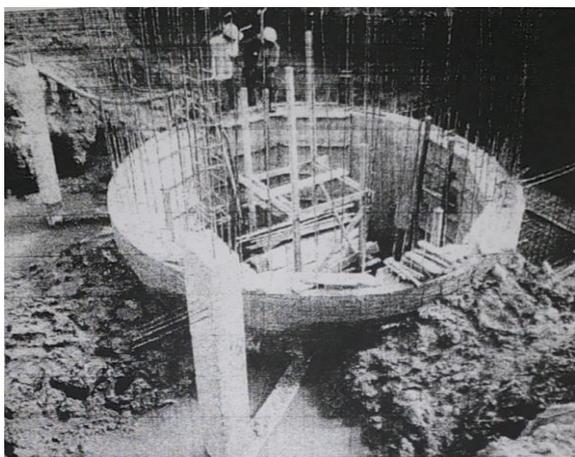
(C)



(D)

Fonte: Arquivo pessoal, 2013

Figura 19 – (A) Construção do poço de sucção da EE; (B) Terraplenagem na área da ETE



(A)



(B)

Fonte: CAGEPA, 2010

4.2 Diagnóstico ambiental simplificado

Descrevem-se a seguir os meios físico (solo e relevo, clima e recursos hídricos), biótico (flora e fauna) e antrópico (meio econômico) das áreas a serem influenciadas pelo Sistema de Esgotamento Sanitário.

4.2.1 Meio físico

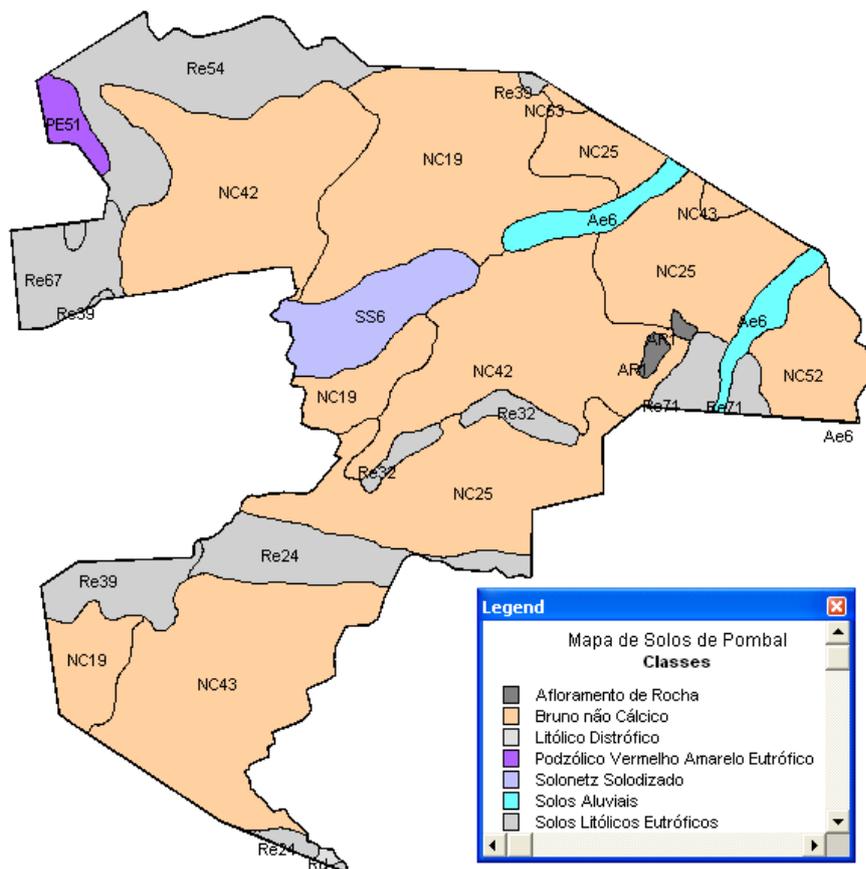
4.2.1.1 Solo e relevo

A atividade agrícola nos solos do município de Pombal - PB limita-se, em pequenas áreas, basicamente aos aluviões, sendo os demais solos dedicados principalmente à pecuária extensiva. Nesse grupo estão os solos *Litólicos*, *Solonetz Solodizado* e *Bruno não Cálcico Pedregoso* que é o solo predominante na região.

Em relação aos solos, nos Patamares Compridos e Baixas Vertentes do relevo suave ondulado ocorrem os *Planossolos*, mal drenados, fertilidade natural média e problemas de sais; Topos e Altas Vertentes, os solos *Brunos não Cálcicos*, rasos e fertilidade natural alta; Topos e Altas Vertentes do relevo ondulado ocorrem os *Podzólicos*, drenados e fertilidade natural média e as Elevações Residuais com os solos *Litólicos*, rasos, pedregosos e fertilidade natural média (CPRM, 2005).

Na Figura 20 encontra-se apresentado o mapa com a distribuição dos diversos tipos de solos do município de Pombal - PB.

Figura 20 – Mapa de solos do município de Pombal - PB



Fonte: Adaptado de Ismael; Leite, 2012

Segundo o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), o município de Pombal - PB está inserido na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja, que representa a paisagem típica do semiárido nordestino, caracterizada por uma superfície de pediplanação bastante monótona, relevo predominantemente suave-ondulado, com uma altitude média de 250 metros, que corresponde ao chamado Pediplano Sertanejo, cortada por vales estreitos, com vertentes dissecadas.

Elevações residuais, cristas e/ou outeiros pontuam a linha do horizonte. Delas fazem parte, também, as elevações escapadas e isoladas, nas quais a rocha granítica se apresenta exposta ou com um capeamento mínimo de solo e vegetação. Vale salientar que, em geral, as elevações se distribuem ambos os lados do eixo de drenagem natural dos rios Piancó e Piranhas, para onde todos os vales convergem,

resultando ocorrência de grandes transbordamentos dos rios no período das chuvas de inverno (CPRM, 2005).

4.2.1.2 Clima

O município apresenta clima do tipo Tropical Semiárido, com chuvas de verão. O período chuvoso se inicia em novembro com término em abril (CPRM, 2005).

O suprimento hídrico do município está na dependência da massa equatorial continental, que se desloca em direção sul, e também dos ventos alísios do Nordeste. Em períodos normais, a estação seca se inicia em agosto, prolongando-se até dezembro, sendo que algumas chuvas de verão podem ocorrer nos meses de setembro e outubro. A média anual das precipitações pluviométricas é de 700 mm. A ocorrência de chuvas reduzidas e irregularidade na sua distribuição dá lugar a características de aridez da região.

4.2.1.3 Recursos hídricos

O município de Pombal - PB encontra-se inserido nos domínios da Bacia Piancó-Piranhas-Açu, entre a Sub-bacia do rio Piancó e a região do Alto Piranhas.

O rio Piancó, principal manancial existente na área, constitui uma das Sub-bacias do rio Piranhas. O rio Piranhas-Açu nasce na Serra de Piancó no estado da Paraíba e tem sua foz no Oceano Atlântico, próximo à cidade de Macau no Rio Grande do Norte, percorrendo pouco mais de 400 km. Seus principais afluentes são os rios Piranhas, afluente pela margem esquerda no estado da Paraíba, e o rio Seridó, afluente pela margem direita no estado do Rio Grande do Norte.

Como a maioria dos rios do semiárido nordestino, à exceção do rio São Francisco e do Parnaíba, o rio Piancó, é em condições naturais, um rio intermitente. A perenidade de seu fluxo é assegurada por dois reservatórios de regularização construídos pelo DNOCS: Coremas - Mãe D'Água, na Paraíba, com capacidade de 1,358 bilhões de metros cúbicos, vazão regularizada (95% de garantia) de 9,5 m³/s e potência instalada de 3,5 MW; e a barragem Armando Ribeiro Gonçalves, no Rio Grande do Norte, com 2,400 bilhões de metros cúbicos e vazão regularizada de 17,8 m³/s (90% de garantia). Ao longo do sistema hídrico formado pela calha do rio e

seus reservatórios de regularização, denominado Sistema Coremas-Açu, ocorrem diversos usos da água tais como irrigação difusa, irrigação em perímetros públicos, abastecimento humano, dessedentação animal, lazer, produção energética e aquicultura (ANA, 2010).

A Bacia Piancó-Piranhas-Açu possui uma área total de drenagem de 43.681,50 km², sendo 26.208,9 km² (60% da área da bacia) no Estado da Paraíba e 17.472,6 km² (40% da área da bacia) no Estado do Rio Grande do Norte.

De acordo com a Resolução nº 02, de 05 de novembro de 2003, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba, o estado encontra-se dividido em onze bacias hidrográficas, uma delas correspondendo a do rio Piranhas. Essa Resolução define ainda que a bacia do rio Piranhas é constituída pelas seguintes sub-bacias:

- Bacia do rio do Peixe;
- Bacia do rio Piancó;
- Bacia do rio Espinharas; e
- Bacia do rio Seridó.

4.2.2 Meio biótico

4.2.2.1 Flora

O município de Pombal - PB encontra-se localizado na área de abrangência do Bioma Caatinga.

A Caatinga apresenta três estratos: arbóreo (8 a 12 metros), arbustivo (2 a 5 metros) e o herbáceo (abaixo de 2 metros). A vegetação da caatinga é composta por plantas xerófitas, isto porque ela é formada por espécies que acabaram desenvolvendo mecanismos para adapta-se ao clima seco para se proteger. As folhas, por exemplo, são finas ou inexistentes. Algumas plantas armazenam água, como os cactos, outras se caracterizam por terem raízes praticamente na superfície do solo para absorver o máximo da chuva. Quando chove, no início do ano, a paisagem muda muito rapidamente, as árvores cobrem-se de folhas e o solo fica forrado de pequenas plantas.

Neste bioma são comuns árvores baixas e arbustos. Espinhos estão presentes em muitas espécies vegetais. Nos cactos, por exemplo, eles são folhas

que se modificaram ao longo da evolução, fazendo com que a perda de água pela transpiração seja menor.

Os cactos são muito representativos da vegetação da caatinga. Mas não são os únicos representantes. Mesmo com o curto período de chuvas, existe uma variedade de espécies vegetais. Entre as espécies de cactos estão o mandacaru (*Cereus jamacaru*), a coroa-de-frade (*Melocactus Zehntneri*) e o xique-xique (*Pilocereus gounellei*).

Algumas das espécies mais comuns da região são a amburana (*Amburana cearensis*), aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), umbuzeiro (*Spondias tuberosa*, L., *Anacardiaceae*), baraúna (*Schinopsis brasiliensis*), angico branco (*Anadenanthera colubrina*), favela (*Cnidoscolus phyllacanthus*), catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tui), jurema (*Mimosa tenuiflora*), maniçoba (*Manihot glaziovii* Muell. Arg.), macambira (*Bromelia laciniosa*), mandacaru (*Cereus jamacaru*), juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.; *Rhamnaceae*), Jurema-preta (*Mimosa Hostilis*), mufumbo (*Combretum leprosum*) e pereiro (*Aspidosperma pyriforme*). Na Figura 21 são apresentadas algumas das espécies do Bioma Caatinga.

Figura 21 – Algumas espécies da flora da Caatinga: (A) xique-xique (*Pilocereus gounellei*); (B) Jurema-preta (*Mimosa Hostilis*)



(A)



(B)

Fonte: VELOSO, 2013

4.2.2.2 Fauna

A maioria dos animais da Caatinga tem hábitos noturnos, o que evita que se movimentem em horas mais quentes. Os lagartos são muito comuns na região. Entre eles estão o calango verde (*Ameiva ameiva*), o camaleão (*Iguana iguana*) e o tejo (*Tupinambis tequixim*). Ainda entre os répteis também se destacam as serpentes, onde a cascavel (*Crotalus durissus*) é uma das cobras mais vistas no bioma.

Algumas aves são moradoras típicas da Caatinga. É o caso do carcará (*Polyborus plancus brasiliensis*), da asa-branca (*Patagioenas picazuro*), da gralha-cancã ou canção (*Cyanocorax cyanopogon*), do periquito-da-caatinga (*Aratinga cactorum*), rolinha branca (*Columbina picui*) e do galo-de-campina (*Paroaria dominicana*).

Os anfíbios são os animais mais numerosos na Caatinga. Entre os mais conhecidos está o sapo cururu (*Rhinella jimi*).

Também existem muitos mamíferos na Caatinga. Entre as árvores secas e em terrenos pedregosos encontram-se gambás (*Didelphis marsupialis*), tatu-bola (*Tolypeutes tricinctus*), preás (*Galea spixii spixii*), tatu-peba (*Euphractus sexcinctus* (L.)), macacos-prego (*Cebus apella*), entre outros. Na Figura 22 são apresentados alguns dos animais do Bioma Caatinga.

Figura 22 – Alguns animais da fauna da Caatinga: (A) tatu-bola (*Tolypeutes tricinctus*); (B) Carcará (*Polyborus plancus brasiliensis*)



(A)



(B)

Fonte: SOARES, 2012

A singularidade da Caatinga e a sua diversidade de ambientes permitem supor que a sua fauna de invertebrados seja riquíssima, com várias espécies endêmicas, porém este grupo é o menos conhecido em distribuição e biologia. Sabe-se que os invertebrados formam a base da cadeia alimentar, fornecendo alimento para anfíbios, répteis, aves e pequenos mamíferos, além de serem responsáveis pela polinização das plantas.

4.2.3 Meio antrópico

Nos últimos anos, as variáveis populacionais registradas no município de Pombal - PB confirmam a tendência mais generalizada, no sentido de uma crescente urbanização.

O crescimento da população urbana, nesse município, vem acarretando problemas sociais vinculados à forte pressão sobre a infraestrutura e os serviços (água, esgoto e coleta de lixo), agravados por processos de ocupação do solo prejudiciais ao ambiente natural e, conseqüentemente, à qualidade de vida das pessoas.

A economia do município está sustentada na agricultura, na pecuária destacada pela criação de raças bovinas, a exemplo da raça nelore. Destacam-se também as indústrias de tecelagem, de doce, sabão e olarias. Além disso, outros setores que mais desenvolvem é o comércio varejista e atacadista, agências bancárias e pequenos mercados, oficinas, feira, restaurantes e pequenas pousadas que também movimentam a economia local.

4.3 Impactos ambientais potenciais

A avaliação dos impactos ambientais decorrentes da implementação do projeto de coleta e tratamento dos esgotos sanitários no município de Pombal - PB envolveu a identificação e análise dos efeitos e impactos possíveis de ocorrência nas áreas de influência definidas para este estudo, decorrente da proposta de implantação e operação do Sistema de Esgotamento Sanitário.

Algumas atividades, consideradas “preliminares”, que ocorrem anteriormente à execução dos serviços civis serão apenas mencionadas a fim de cronologicamente relacionar os procedimentos que envolvem o empreendimento. São elas:

- **Elaboração de Projetos** – Engloba a elaboração de estudos de alternativas, seleção de áreas e projetos de todos os elementos que compõem o sistema em diferentes níveis até o projeto executivo. Apesar de ser uma atividade de impactos pouco significativos, é importante na medida em que definem as características do empreendimento, segundo critérios técnicos e demonstra o cuidado da busca de melhores soluções.
- **Execução de Licenciamentos** – Abrange todo preparo de documentos e trâmites nos órgãos para o licenciamento da obra. É a atividade que indica a viabilidade do empreendimento quanto ao uso do solo, dos recursos hídricos, do corte de vegetação e intervenção em Área de Preservação Permanente – APP e etc.
- **Divulgação do Empreendimento** – Esta ação ocorre independentemente da manifestação oficial da empresa responsável pela implantação do sistema de esgotamento sanitário no município na fase de realização das obras decorrentes das atividades anteriores, que implicam em diversos contatos nos municípios e órgãos.

As atividades de construção/implantação e de operação/funcionamento foram avaliadas e como resultados dessa análise foram elencados os principais impactos causados e as medidas adotadas para mitigação ou minimização dos impactos negativos e maximização dos impactos positivos.

Na Tabela 3, são apresentados os impactos ambientais potenciais levantados na implementação do Sistema de Esgotamento Sanitário, pelos métodos *Ad Hoc* e *Check Lists* (Listagens de Controle), em que se relacionam os impactos ambientais com as fases do projeto.

Tabela 3 – Impactos ambientais potenciais da implementação do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) na cidade de Pombal - PB

(continua)

Impacto Ambiental	Fases de Projeto		
	PL	IM	OP
1. Alterações nos habitat da fauna		■	
2. Supressão da vegetação		■	
3. Alteração na qualidade do ar, devido à emissão de poeira em decorrência da movimentação de veículos e máquinas		■	
4. Poluição sonora decorrente da movimentação e operação de veículos e máquinas		■	■
5. Incômodos resultantes da produção de odores			■
6. Acidentes de trabalho		■	■
7. Perda de habitat para a fauna		■	
8. Aumento de expectativas e incertezas da população local	■		■
9. Modificação temporária das condições de vida da população	■	■	
10. Benefícios resultantes da geração de emprego e renda	■	■	■
11. Fuga e afugentamento da fauna		■	
12. Degradação das áreas ocupadas pelas jazidas e caixas de empréstimo		■	
13. Perda da biodiversidade nas áreas construídas e de empréstimo		■	■
14. Impactos da geração de resíduos		■	■
15. Fortalecimento do mercado regional de construção civil e sanitária	■	■	■
16. Melhoria das condições sanitárias do município			■
17. Promoção da qualidade ambiental local			■
18. Despoluição de rios e córregos			■
19. Melhoria da qualidade de vida das populações afetadas			■
20. Incômodo à vizinhança		■	■
21. Benefícios à saúde pública			■
22. Formação de processos erosivos		■	
23. Possível aumento de desemprego		■	
24. Intrusão visual		■	

25. Aumento da arrecadação tributária			
26. Aquisição de serviços temporários			
27. Redução da carga orgânica lançada nos recursos hídricos			
28. Aquisição de serviços especializados			
29. Possível contaminação do solo			
30. Melhoria e proteção da qualidade das águas superficial			
31. Proliferação de vetores			
32. Desvio de tráfego e bloqueio de ruas			
33. Surgimento de problemas estruturais na pavimentação das ruas			
34. Incômodos resultantes do espalhamento de material proveniente da abertura de valas em áreas habitadas			
35. Alteração temporária da paisagem urbana			
36. Alteração da qualidade da água			
37. Interrupção do tráfego com sobrecarga em outras vias			
38. Modificação da drenagem natural			
39. Redução do lançamento de esgoto bruto nos recursos hídricos			
40. Desvalorização dos terrenos vizinhos à área da ETE			

Legenda:

PL – Planejamento;
IM – Implantação;
OP – Operação.

Considerando que um mesmo impacto foi identificado em algumas vezes para mais de uma fase do empreendimento, conforme pode ser visto na Tabela 3, apresenta-se na Tabela 4 a distribuição quantitativa dos impactos ambientais para cada fase de implementação do empreendimento, levando-se em conta as repetições de um mesmo impacto ocorridas para diferentes fases do empreendimento.

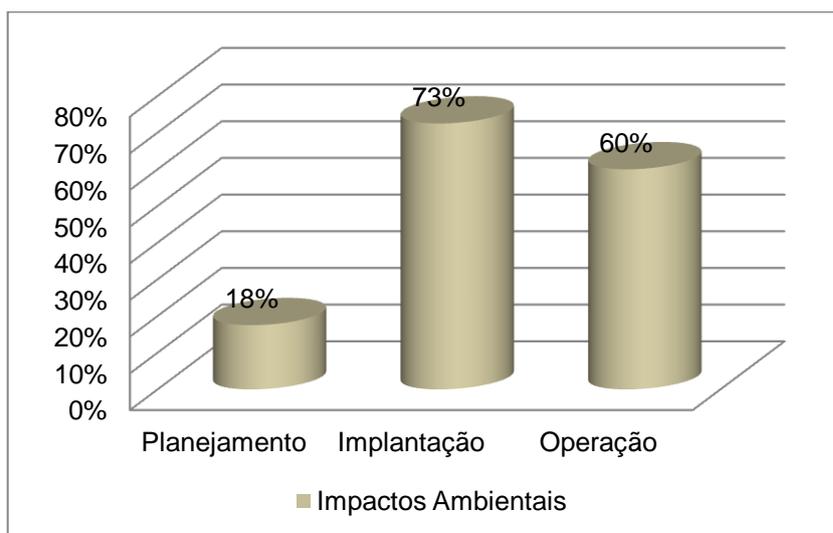
Tabela 4 – Distribuição quantitativa dos impactos ambientais nas fases do SES

Fases do Empreendimento	Impactos Ambientais	Distribuição percentual
Planejamento	07	18%
Implantação	29	73%
Operação	24	60%

Fonte: Dados da pesquisa, 2013

Na Figura 23 encontra-se a distribuição percentual dos impactos ambientais identificados durante a implementação do SES em Pombal - PB, considerando que um mesmo impacto foi identificado em algumas vezes para mais de uma fase do empreendimento.

Figura 23 – Distribuição percentual dos impactos ambientais identificados durante a implementação do SES em Pombal - PB



Fonte: Dados da pesquisa, 2013

Observando-se as Tabelas 3 e 4, nota-se que, a fase de implantação é a que ocasionará um maior número de impactos identificados ou previsíveis de ocorrer, representando 73% dos impactos totais. Estes dados estão de acordo com Moura (2011) que realizaram um estudo sobre Avaliação de Impactos Ambientais em Sistema de Esgotamento Sanitário com disposição oceânica e verificaram que a fase de implantação foi a que apresentou o maior número de impactos ambientais.

4.4 Classificação dos impactos ambientais

Nas Tabelas 5, 6 e 7 apresentam-se as Matrizes de Interação de impactos ambientais da implementação do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) na cidade de Pombal - PB, sendo que na primeira coluna foram listadas as atividades e ações de projeto do empreendimento e nas linhas foram colocados os impactos ambientais sobre os meios físico, biótico e antrópico.

Tabela 5 – Matriz de Interação dos impactos ambientais gerados e/ou previsíveis de ocorrer sobre o meio físico, resultantes da implementação do SES em Pombal - PB

Atividades e ações de projeto do empreendimento		Impactos Ambientais													
		Meio Físico													
		Alteração na qualidade do ar	Poliuição sonora	Incômodos resultantes da produção de odores	Promoção da qualidade ambiental local	Redução do lançamento de esgoto bruto nos recursos hídricos	Degradação de áreas	Impactos da geração de resíduos	Possível contaminação do solo	Despoluição de rios e córregos	Formação de processos erosivos	Melhoria e proteção da qualidade das águas superficial	Redução da carga orgânica lançada nos recursos hídricos	Alteração da qualidade da água	Modificação da drenagem natural
Fases do Empreendimento	Planejamento														
	Levantamentos de campo e estudos preliminares														
	Elaboração dos projetos														
	Divulgação do Empreendimento														
	Implantação	Instalação e funcionamento do canteiro de obras, inclusive contratação pessoal													
		Terraplenagem													
		Remoção da camada vegetal													
		Disposição de bota-fora													
		Abertura de valas													
		Utilização de áreas de empréstimo/jazidas de minerais													
		Obras de infraestrutura, construção civil e sistema sanitário													
		Assentamento de tubulações													
		Ligação de rede													
		Reaterro compactado de valas e recomposição de pavimentos													
		Limpeza da obra													
		Desmobilização de canteiros de serviços													
		Aquisição e instalação dos equipamentos													
		Operação	Contratação e capacitação das equipes de funcionários												
	Operação do Sistema de Esgotamento Sanitário														
	Geração e disposição do lodo														
	Produção de gases														
Monitoramento ambiental e do sistema															
Manutenção do sistema															

Fonte: Dados da pesquisa, 2013

Tabela 6 – Matriz de Interação dos impactos ambientais gerados e/ou previsíveis de ocorrer sobre o meio biótico, resultantes da implementação do SES em Pombal - PB

Atividades e ações de projeto do empreendimento		Impactos Ambientais						
		Meio Biótico						
		Alteração dos habitat	Supressão da vegetação	Fuga e afugentamento da fauna	Perda da biodiversidade nas áreas construídas e de empréstimo	Proliferação de vetores	Perda de habitat para a fauna	
Fases do Empreendimento	Planejamento							
	Levantamentos de campo e estudos preliminares							
	Elaboração dos projetos							
	Divulgação do Empreendimento							
	Implantação	Instalação e funcionamento do canteiro de obras, inclusive contratação pessoal						
		Terraplenagem						
		Remoção da camada vegetal						
		Disposição de bota-fora						
		Abertura de valas						
		Utilização de áreas de empréstimo/jazidas de minerais						
		Obras de infraestrutura, construção civil e sistema sanitário						
		Assentamento de tubulações						
		Ligação de rede						
		Reaterro compactado de valas e recomposição de pavimentos						
		Limpeza da obra						
		Desmobilização de canteiros de serviços						
		Aquisição e instalação dos equipamentos						
		Operação	Contratação e capacitação das equipes de funcionários					
	Operação do Sistema de Esgotamento Sanitário							
	Geração e disposição do lodo							
	Produção de gases							
	Monitoramento ambiental e do sistema							
	Manutenção do sistema							

Fonte: Dados da pesquisa, 2013

Tabela 7 – Matriz de Interação dos impactos ambientais gerados e/ou previsíveis de ocorrer sobre o meio antrópico, resultantes da implementação do SES em Pombal - PB

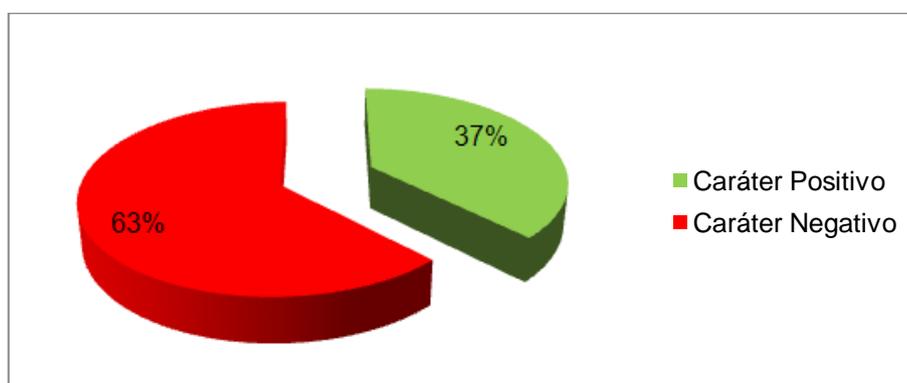
Atividades e ações de projeto do empreendimento		Impactos Ambientais																				
		Meio Antrópico																				
		Melhoria da qualidade de vida	Incômodo à vizinhança	Acidentes de trabalho	Aumento de expectativas e incertezas da população	Modificação temporária das condições de vida	Benefícios resultantes da geração de empregos e renda	Fortalecimento do mercado	Melhoria das condições sanitárias	Benefícios à Saúde Pública	Possível aumento de Desemprego	Intrusão visual	Aumento da arrecadação tributária	Aquisição de serviços temporários	Desvio de tráfego e bloqueio de ruas	Surgimento de problemas estruturais	Aquisição de serviços especializados	Incômodos resultantes do espalhamento de material	Alteração temporária da paisagem urbana	Sobrecarga de tráfego em outras vias	Desvalorização dos terrenos vizinhos	
Fases do Empreendimento	Planejamento	Levantamentos de campo e estudos preliminares																				
		Elaboração dos projetos																				
		Divulgação do Empreendimento																				
Fases do Empreendimento	Implantação	Instalação e funcionamento do canteiro de obras, inclusive contratação pessoal																				
		Terraplenagem																				
		Remoção da camada vegetal																				
		Disposição de bota-fora																				
		Abertura de valas																				
		Utilização de áreas de empréstimo/jazidas de minerais																				
		Obras de infraestrutura, construção civil e sistema sanitário																				
		Assentamento de tubulações																				
		Ligação de rede																				
		Reaterro compactado de valas e recomposição de pavimentos																				
		Limpeza da obra																				
		Desmobilização de canteiros de serviços																				
		Aquisição e instalação dos equipamentos																				
Fases do Empreendimento	Operação	Contratação e capacitação das equipes de funcionários																				
		Operação do Sistema de Esgotamento Sanitário																				
		Geração e disposição do lodo																				
		Produção de gases																				
		Monitoramento ambiental e do sistema																				
		Manutenção do sistema																				

Fonte: Dados da pesquisa, 2013

Ao analisar as Tabelas 5, 6 e 7, verifica-se que, dos 40 impactos ambientais identificados durante as fases de planejamento, implantação e operação do SES de Pombal - PB, 15 são de caráter positivo e 25 de caráter negativo, o que equivale a 37% e 63%, respectivamente. Esses resultados também estão compatíveis aos observados no estudo de Moura (2011).

Na Figura 24 encontra-se a distribuição percentual dos impactos ambientais identificados durante as fases de planejamento, implantação e operação do SES de Pombal - PB.

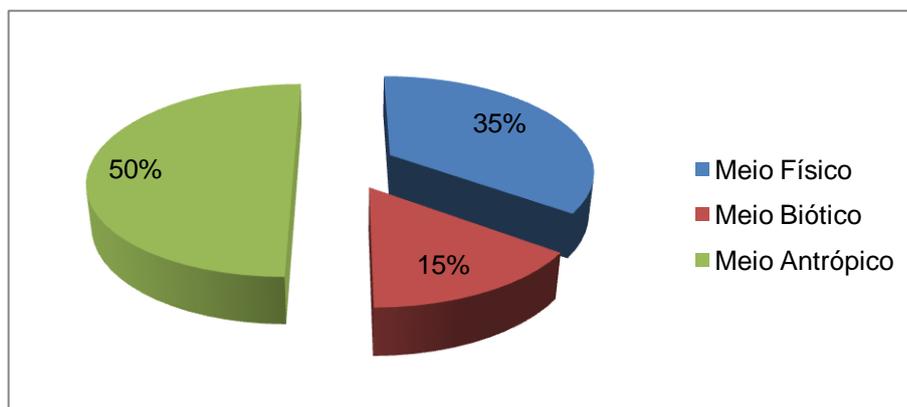
Figura 24 – Distribuição percentual dos impactos ambientais resultantes da implementação do SES em Pombal - PB



Fonte: Dados da pesquisa, 2013

Do total de 40 impactos, 14 destes ocorrerão no meio físico, 6 no meio biótico e 20 no meio antrópico, em que a distribuição percentual é apresentada na Figura 25.

Figura 25 – Distribuição percentual geral dos impactos ambientais nos meios físico, biótico e antrópico



Fonte: Dados da pesquisa, 2013

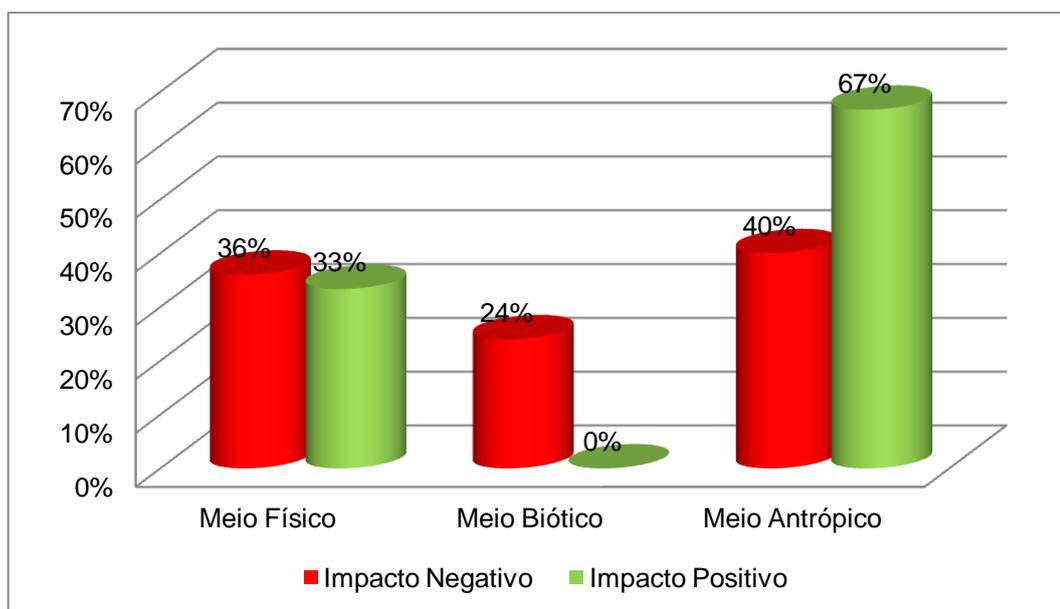
Dos impactos totais, o meio físico apresenta 9 (ou 36%) dos impactos de caráter negativo e 5 (ou 33%) de caráter positivo, conforme visto na Tabela 5.

Os impactos no meio biótico são de predominância negativa, em que se notaram ocorrendo 6, o equivalente a 24% do total de 63% dos impactos negativos.

A grande maioria dos impactos positivos deverá ocorrer no meio antrópico, 10 (ou 67%) dos impactos positivos levantados, concentrados no incremento na qualidade de vida, geração de emprego e renda para a população, melhoria das condições sanitárias e benefícios à saúde pública. O setor público também se beneficiará com a implantação do empreendimento, tendo em vista o aumento na arrecadação pública proporcionado pelo pagamento de tributos e, principalmente, a sua adequação às exigências legais acerca da coleta e tratamento dos esgotos sanitários. Esse meio também apresenta 40% dos impactos negativos totais.

Na Figura 26 é apresentada a distribuição percentual dos impactos nos meios físico, biótico e antrópico com relação aos impactos totais resultante da implementação do SES em Pombal - PB.

Figura 26 – Distribuição percentual dos impactos positivos e negativos nos meios físico, biótico e antrópico



Fonte: Dados da pesquisa, 2013

Observa-se na Figura 26 que os impactos negativos deverão ocorrer com maior quantidade sobre o meio biofísico ou natural, físico e biótico, representando

juntos 60% do total, em função, especialmente, da alteração dos elementos que compõem o ambiente natural, entre eles a paisagem local.

Na Figura 27 apresenta-se uma Rede de Interação que permite um melhor entendimento da ação de utilização de áreas de empréstimo/jazidas de minerais e seus possíveis impactos principalmente sob o meio biofísico. Essa ação foi escolhida por ser uma das mais impactantes do ambiente.

Figura 27 – Diagrama de interação indicando algumas consequências da utilização de áreas de empréstimo/jazidas de minerais sob o meio biofísico



Fonte: Dados da pesquisa, 2013

Ao analisar o diagrama de interação da Figura 27 percebe-se que essa ação ou atividade de projeto gera impactos de quarta ordem (perda de biodiversidade e

alteração da qualidade da água) permitindo a identificação dos impactos diretos e indiretos e possibilitando assim a mitigação de vários impactos.

Na Figura 28 são apresentadas imagens fotográficas que destacam alguns dos impactos ambientais identificados nesse estudo.

Figura 28 – (A) Degradação das áreas ocupadas pelas jazidas e caixas de empréstimo; (B) Desvio de tráfego e bloqueio de ruas; (C) Impactos resultantes do espalhamento de material durante a abertura de valas em áreas habitadas; (D) Alteração temporária da paisagem urbana



(A)



(B)



(C)



(D)

Fonte: Arquivo pessoal, 2013

4.5 Impactos ambientais significativos

Entre os 40 impactos ambientais identificados, foram selecionados os impactos ambientais significativos do empreendimento, que são aqueles em que as

alterações ambientais são mais preocupantes e importantes do ponto de vista da aplicação de medidas de controle ambiental. Estes impactos significativos podem ser positivos, quando a alteração é benéfica e significativa para o fator ambiental e negativo, quando a alteração no fator ambiental é adversa e maior que sua capacidade de suporte ou que sua resiliência.

Do total, foram elencados 15 impactos ambientais significativos, listados a seguir:

- Melhoria e proteção da qualidade das águas superficial;
- Benefícios resultantes da geração de emprego e renda;
- Melhoria das condições sanitárias do município;
- Promoção da qualidade ambiental;
- Aumento da arrecadação tributária;
- Degradação das áreas ocupadas pelas jazidas e caixas de empréstimo;
- Impactos da geração de resíduos;
- Despoluição de rios e córregos;
- Melhoria da qualidade de vida das populações afetadas;
- Benefícios à saúde pública;
- Intrusão visual;
- Redução da carga orgânica lançada nos recursos hídricos;
- Surgimento de problemas estruturais na pavimentação das ruas;
- Alteração da qualidade da água;
- Redução do lançamento de esgoto bruto nos recursos hídricos.

Na Tabela 8 apresenta-se a Matriz de Interação desses impactos ambientais significativos causados pela implantação do SES em Pombal - PB nos meios físico, biótico e antrópico, classificando-os de acordo com seu valor de ocorrência em positivo e negativo (Fogliatti et al., 2004), assim como os negativos em mitigáveis e não mitigáveis (Philippi Jr. et al. 2004).

Os impactos mitigáveis são aqueles em que é possível a redução de seus efeitos ambientais com aplicação de medidas mitigadoras. Já os impactos negativos não mitigáveis é sugerida a adoção de medidas compensatórias com o objetivo de minimizar os danos causados ao meio ambiente.

Na Figura 29 são apresentadas imagens fotográficas que destacam alguns

dos impactos ambientais significativos identificados nesse estudo.

Figura 29 – Impactos na área da ETE: (A) Intrusão visual; (B) Degradação de áreas



(A)



(B)

Fonte: Arquivo pessoal, 2013

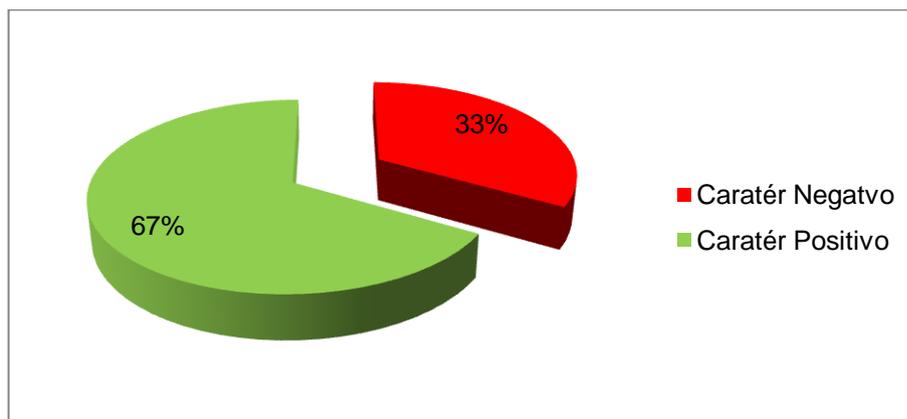
Tabela 8 – Matriz de interação dos impactos ambientais significativos resultantes da implementação do SES em Pombal - PB

		Atividades e ações de projeto do empreendimento	Impactos Ambientais														
			Meio Físico							Meio Antrópico							
			Impactos da geração de resíduos	Despoluição de rios e córregos	Alteração da qualidade da água	Redução da carga orgânica lançada nos recursos hídricos	Melhoria e proteção da qualidade das águas superficiais	Promoção da qualidade ambiental local	Redução do lançamento de esgoto bruto nos recursos hídricos	Degradação de áreas	Surgimento de problemas estruturais	Melhoria da qualidade de vida	Benefícios resultantes geração de empregos e renda	Melhoria das condições sanitárias	Benefícios à Saúde Pública	Aumento da arrecadação tributária	Intrusão visual
Fases do Empreendimento	Planejamento	Levantamentos de campo e estudos preliminares															
		Elaboração dos projetos															
		Divulgação do Empreendimento															
	Implantação	Instalação e funcionamento do canteiro de obras, inclusive contratação pessoal	M		M												
		Terraplenagem			M												
		Remoção da camada vegetal															NM
		Disposição de bota-fora	M		M												NM
		Abertura de valas	M		M							M					
		Utilização de áreas de empréstimo/jazidas de minerais			M												NM
		Obras de infraestrutura, construção civil e sistema sanitário	M		M												
		Assentamento de tubulações	M														
		Ligação de rede															
		Reaterro compactado de valas e recomposição de pavimentos	M														
		Limpeza da obra	M														
		Desmobilização de canteiros de serviços	M														
	Aquisição e instalação dos equipamentos																
	Operação	Contratação e capacitação das equipes de funcionários															
		Operação do Sistema de Esgotamento Sanitário															
Geração e disposição do lodo		M		M													
Produção de gases																	
Monitoramento ambiental e do sistema																	
Manutenção do sistema																	

Fonte: Dados da pesquisa, 2013

Dos 15 impactos significativos identificados ou previsíveis de ocorrer durante as fases de planejamento, implantação e operação do SES de Pombal - PB, 10 (ou 67%) são de caráter positivo, enquanto 5 (ou 33%) são de caráter negativo. Na Figura 30 apresenta-se a distribuição percentual dos impactos significativos.

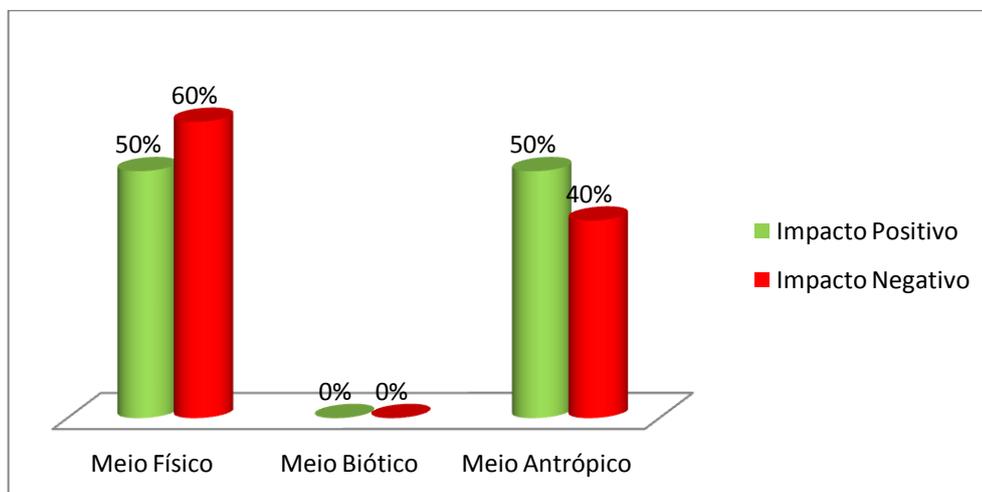
Figura 30 – Distribuição percentual dos impactos ambientais significativos do SES de Pombal - PB



Fonte: Dados da pesquisa, 2013

Com relação à distribuição dos impactos significativos no meio ambiente, 8 destes impactos ocorrem sob o meio antrópico (5 são positivos e 2 negativo), 7 impactos no meio físico (3 negativos e 5 positivos) e no meio biótico não foi constatado impactos significativos, como pode ser visto na Figura 31, a distribuição percentual desses impactos nos meios.

Figura 31 – Distribuição percentual dos impactos significativos nos meios



Fonte: Dados da pesquisa, 2013

4.6 Medidas de controle ambiental

Ao longo deste estudo, foram diagnosticadas as características dos diferentes meios que compõem o ambiente sobre o qual se pretende implantar o SES de Pombal - PB. Também foram apresentadas a concepção que direciona a instalação e operação do empreendimento, bem como identificados os possíveis impactos ambientais, entre estes os sociais, ocorrentes nas fases de planejamento, implantação e operação.

Este conjunto de informações permitiu a compreensão das intervenções ambientais decorrentes da implantação do sistema e possibilitou a elaboração de um conjunto de medidas que concorrem, e são indispensáveis, para garantir a sustentabilidade ambiental do empreendimento.

É importante destacar que as ações a serem descritas neste estudo para as medidas de controle ambiental aplicada aos impactos negativos assumem naturezas do tipo:

- Preventiva, com ações para os impactos negativos que podem ser evitados, reduzidos ou controlados, mediante a adoção antecipada de medidas preventivas;
- Corretiva, visando à mitigação de impactos por meio de ações de recuperação e recomposição das condições ambientais satisfatórias e aceitáveis;
- Compensatória, destinando-se a impactos inevitáveis ou aqueles não mitigados de forma adequada, onde há perda de recursos e valores ecológicos, por meio de ações de compensação dos danos ambientais.

4.6.1 Medidas mitigadoras

Para os efeitos negativos dos impactos foram propostas medidas mitigadoras com a finalidade de reduzir a magnitude ou a importância dos impactos negativos. Diante disso, é sugerida a adoção de algumas medidas para a gestão dos potenciais impactos ambientais identificados como passíveis de ocorrência durante a execução das obras.

As medidas ambientais propostas deverão ser tomadas desde o início das

obras, estendendo-se até após seu término, enquanto durarem as atividades.

As principais medidas mitigadoras sugeridas para diminuir o efeito dos impactos ambientais negativos, passíveis de ocorrência na área de influência do Sistema de Esgotamento Sanitário estão listadas na Tabela 9. Essas medidas foram adaptadas de Fogliatti et al. (2004) e Moura (2011).

Tabela 9 – Medidas mitigadoras

(continua)

Impacto Ambiental	Medidas Mitigadoras
<ol style="list-style-type: none"> 1. Alterações nos habitat da fauna 2. Supressão da vegetação 3. Alteração na qualidade do ar 4. Poluição sonora 5. Incômodos resultantes da produção de odores 6. Acidentes de trabalho 7. Perda de habitat para a fauna 8. Fuga e afugentamento da fauna 9. Degradação das áreas ocupadas pelas jazidas e caixas de empréstimo 10. Perda da biodiversidade nas áreas construídas e de empréstimo 11. Impactos da geração de resíduos 	<ul style="list-style-type: none"> • A instalação do canteiro de obras deverá ser feita de forma a minimizar incômodos de vizinhança e otimizar o transporte de materiais para seu pátio de estocagem, e daí para a frente de obras. (12) • A construção e manutenção do canteiro de obras deverão obedecer às instruções das normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho; • O local utilizado como canteiro de obras, bem como onde serão implantadas as tubulações, deverão, após o término das obras, serem reconstituídos, integralmente. (19/21) • Capacitação de empregados em relação às questões ambientais e de segurança no trabalho. (6) • Recompôr a vegetação das áreas de empréstimo e jazidas. (2/13/24) • Exigência pelo efetivo uso dos protetores auriculares e conhecimento dos efeitos à saúde de altos níveis de ruído por parte dos trabalhadores. (4/6) • No transporte de materiais passíveis de fuga para atmosfera ou para o pavimento das ruas, os veículos deverão ser cobertos com lonas ou plásticos resistentes e estanques e os materiais mais finos deverão ser umedecidos, sendo que no caso de transporte de materiais muito úmidos, os veículos transportadores deverão ser providos de calhas coletoras e de reservatório estanque. (3/20)

<p>12.Incômodo à vizinhança</p> <p>13.Formação de processos erosivos</p> <p>14. Possível aumento de desemprego</p> <p>15.Intrusão visual</p> <p>16.Possível contaminação do solo</p> <p>17.Proliferação de vetores</p> <p>18.Desvio de tráfego e bloqueio de ruas</p> <p>19.Surgimento de problemas estruturais na pavimentação das ruas</p> <p>20.Incômodos resultantes do espalhamento de material proveniente da abertura de vala em áreas habitadas</p> <p>21.Alteração temporária da paisagem urbana</p> <p>22.Alteração da qualidade da água</p> <p>23.Interrupção do tráfego com sobrecarga em outras vias</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Implantar uma política de desativação do canteiro, redirecionado a mão-de-obra. (14) • Dispor bota-foras em camadas compactadas, sem interromper a drenagem natural e a paisagem. (15/17/24/25) • Os horários dos deslocamentos dos veículos pesados deverão ser programados de modo a evitar os períodos de maior movimentação de tráfego, e ainda, obedecer às restrições estabelecidas nas leis e normas relativas ao silêncio. (4/18/23) • Acondicionar adequadamente os resíduos. (15/16/17) • Realizar obras de paisagismo procurando manter as espécies naturais da região. (7/8/10/15) • Qualquer obstáculo à livre circulação e à segurança de veículos e pedestres no leito das vias públicas deverá ser imediata e adequadamente sinalizado, de acordo com as normas de trânsito e de segurança vigente. (6/18/23) • Os serviços deverão interferir o mínimo possível com a comunidade, devendo ser implantados dispositivos de isolamento das obras, com a finalidade de se evitar riscos de acidentes e a presença de elementos estranhos aos serviços dentro das áreas de obras. (6/12) • Otimizar os processos para que haja a supressão apenas necessária da
---	--

(continua)

24. Modificação da drenagem natural
25. Desvalorização dos terrenos vizinhos
à área da ETE

- vegetação, visando restringir às áreas diretamente afetadas. **(1/2)**
- Deverão ser previstas travessias para pedestres, iluminadas e sinalizadas, bem como evitar a obstrução dos acessos aos domicílios e estabelecimentos comerciais, e a retirada só deverá se dar quando for restabelecida a circulação normal de pedestres. **(6/12)**
 - Implantar um sistema de monitoramento e acompanhamento das obras, em especial de erosão de sedimentação dos cursos de água. **(1/22/24)**
 - Recolhimento de todo material do “bota-fora” em local previamente selecionado e definido no Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS do município. **(1/5/11/16/17)**
 - Barreiras vegetais. **(4/5/15)**
 - Utilização de espécies nativas no revestimento vegetal. **(2/13/9)**
 - Implantação do Plano de Recuperação das Áreas Degradadas na área em torno da ETE após o término das intervenções. **(2/7/8/9/10)**
 - Sinalizar, de maneira adequada, eventuais desvios de tráfego de modo a evitar acidentes, principalmente no período noturno. **(6/18/23)**
 - Implantação de uma faixa bem arborizada, contornando todo o perímetro da ETE e ainda áreas de jardins e entorno de guarita, visando evitar impactos visuais negativos ao público externo e também otimizar a dispersão vertical dos odores. **(5/15/25)**
 - Promover a recomposição paisagística. **(1/2/25)**

-
- Buscar parcerias com os centros acadêmicos, ONG's e pesquisadores a fim de somarem esforços para recuperação da área degradada. **(1/2/9)**
 - Manter uma faixa arbórea protegendo os limites do terreno, de modo a diminuir o impacto visual e a dissipação de ruídos e odores. **(4/5/12/15)**
 - Implantar um programa de monitoramento da biodiversidade local para se conhecer o comportamento intra e interespecífico das espécies que ocorre no local, bem como seus nichos ecológicos. **(7/8/10)**

Fonte: Adaptado de Fogliatti et al. (2004) e Moura (2011)

4.6.2 Medidas compensatórias

Para os impactos ambientais significativos não mitigáveis, as medidas compensatórias propostas são:

- Conservação de um bem de natureza diferente do afetado. Por exemplo, a restauração de um monumento de valor histórico ou outro bem cultural poderia ser aceito como compensação pelos danos ambientais no meio natural;
- Promover recomposição paisagística;
- Reflorestamento de áreas degradadas;
- Plantar árvores em área contígua, ou em ruas da cidade;
- Recuperação de áreas de lazer.

4.6.3 Medidas potencializadoras

As medidas potencializadoras são ações propostas com a finalidade de realçar a magnitude ou a importância dos impactos positivos.

A execução de obras de porte nos centros urbanos representa um benefício potencial à comunidade, no que diz respeito ao aproveitamento de trabalhadores residentes nas proximidades, para integrar o quadro funcional previsto.

Assim, na etapa de implantação, deverão ser adotadas medidas no sentido de maximizar os efeitos positivos desta, a partir de oferecimento, pela Empreiteira, dos postos de trabalho porventura disponíveis, preferencialmente, aos moradores das comunidades locais, por meio de contatos com associações de profissionais ou comunitárias existentes na área de abrangência deste projeto, orientando-se as atividades de divulgação/recrutamento, cadastramento e seleção de mão-de-obra no sentido do aproveitamento máximo de pessoas da região.

Vale ressaltar que, com o término das obras, é interessante a empreiteira encaminhar os trabalhadores dispensados, ao serviço social do município e verificar também a possibilidade de seu aproveitamento em outras obras a serem desenvolvidas na região.

Outra medida potencializadora a ser adotada deverá referir-se à divulgação

técnica, para os alunos da universidade, em especial do curso de Engenharia Ambiental, alunos das redes municipal e estadual de ensino, de noções de saneamento básico e de engenharia, a partir do equacionamento de visitas programadas às obras em andamento, nas quais os mesmos irão receber informações sobre os propósitos e características das obras em andamento.

Além dessas medidas potencializadoras, é sugerida a elaboração de cartilhas e desenvolvimento de trabalhos de educação sanitária, orientado a população sobre a forma correta de utilização do Sistema de Esgotamento Sanitário.

4.6.4 Programas de monitoramento e controle ambiental

Os programas de monitoramento e controle ambiental são coletas sistemáticas e periódicas de dados previamente selecionados, com o objetivo principal de verificar o atendimento a requisitos predeterminados, entre estes, as medidas de controle ambiental.

Para o caso da implementação do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) no município de Pombal - PB citam-se alguns programas para o monitoramento e controle ambiental:

- Programa de controle de transporte e trânsito

Esses programas têm o objetivo de reduzir os potenciais impactos ambientais decorrentes das atividades de transporte e também da execução das obras, ou seja, minimizar ou mesmo evitar os efeitos dos deslocamentos dos veículos de carga sobre as vias de acesso às frentes de obras, onde se concentrarão as operações de transporte, e sobre as populações afetadas no entorno das obras e ao longo dos itinerários a serem percorridos.

- Programa de rotinas de monitoramento da obra

Este programa ambiental visa orientar a execução da fiscalização das atividades potencialmente causadoras de impactos ambientais relacionadas com a execução das obras de implantação/operação do Sistema de Esgotamento Sanitário

elencando os itens mínimos que devem ser vistoriados, verificados e registrados, bem como a frequência com que as vistorias devem ser feitas caso a caso.

- Programa de monitoramento da qualidade ambiental

Esse programa deverá ser implementado na fase de operação do sistema de tratamento de esgoto e, tem por objetivo verificar e acompanhar a qualidade da água do corpo receptor (Rio Piancó) dos efluentes tratados, assim como as comunidades bióticas existentes.

- Programa de recuperação de áreas degradadas

É um programa com o objetivo de contemplar todas as ações necessárias para promover a recomposição e a recuperação das áreas degradadas em função da construção da ETE.

- Programas especiais sociais

Os programas de informação e comunicação social têm por objetivo manter a população da área de abrangência do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) informados sobre o objetivo e desenvolvimento das obras, os benefícios de sua implantação e ainda os possíveis impactos ambientais adversos e ações para minimizá-los nas fases de implantação e operação, bem como atender aos questionamentos e/ou reclamações que possam surgir.

- Programa de gerenciamento integrado de resíduos da obra

Esse programa tem como objetivo o manejo da geração dos resíduos sólidos, contemplando a segregação na origem, coleta, manipulação, acondicionamento, armazenamento, transporte, minimização, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final.

- Programa de salvamento de flora e fauna

O objetivo deste tipo de programa é o de conservar o patrimônio botânico dos ecossistemas locais, por meio da coleta de sementes e muda vegetal para uma posterior revegetação e enriquecimento da área a ser suprimida. Resgatar os exemplares da macrofauna, presentes na área de influência direta do empreendimento a ser implantado, utilizando diretrizes para o manejo e relocação deles, atentando na escolha da área que será utilizada para a reintrodução das espécies, que deverá estar de acordo com as normas estabelecidas.

- Programa de segurança e higiene na operação e manutenção do sistema de esgotamento sanitário

Esse programa tem o objetivo de garantir condições de trabalho capazes de manter um nível de saúde e segurança dos colaboradores e trabalhadores do empreendimento.

- Programa de integração e capacitação de mão-de-obra local

Com o objetivo de conseguir o crescimento do colaborador, por meio da educação e treinamento, para melhorar a qualidade da mão-de-obra, elemento fundamental para um bom desempenho nas obras de implantação.

- Programa de operação e manutenção do Sistema de Esgotamento Sanitário

Tem o objetivo de desenvolver um documento base para o gerenciamento técnico do Sistema de Esgotamento Sanitário.

5 CONCLUSÃO

O Sistema de Esgotamento Sanitário têm por si só um caráter positivo, pois coletará e tratará os efluentes sanitários gerados no município de Pombal - PB, mas mesmo assim é necessário avaliar potenciais impactos ambientais.

Os principais resultados obtidos nesse estudo acadêmico de avaliação dos impactos ambientais identificados ou previsíveis de ocorrer durante as fases de planejamento, implantação e operação do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) em sua área de influência, revelaram, em termos quantitativos, predominância de impactos negativos.

Os resultados com a construção da matriz de impacto ambiental permitem concluir que, dos 40 impactos identificados ou previsíveis de ocorrer, 63% são de caráter negativo, enquanto 37% são de caráter positivo.

Do total de impactos, metade dos impactos (50%) deverá ocorrer no meio antrópico, onde concentrará também a maior parte dos impactos positivos (67%), significando melhoria no incremento na qualidade de vida, geração de emprego e renda para a população, melhoria das condições sanitárias, benefícios à saúde pública e adequação legal do poder público. Esse meio também apresenta 40% dos impactos negativos totais.

Os impactos negativos deverão ocorrer com maior quantidade sobre o meio biofísico, onde representam juntos 60% do total de impactos negativos, em função, especialmente, da alteração dos elementos que compõem a paisagem local.

No geral, a fase de implantação apresentou-se como a fase que ocasionará o maior número de impactos identificados ou previsíveis de ocorrer. Os impactos dessa fase representam 73% do total.

Os impactos significativos identificados ou previsíveis de ocorrer no SES resultaram em 67% com caráter positivo e 33% de caráter negativo.

Com base nos resultados, foi proposta uma série de medidas mitigadoras e programas de controle ambiental objetivando maximizar os efeitos dos impactos considerados positivos e minimizar e/ou anular os negativos. Estas medidas incluem a adoção de procedimentos adequados durante o desenvolvimento das ações do empreendimento, o emprego de tecnologia visando ao controle e monitoramento da qualidade ambiental da região, geração de emprego e renda para a população

afetada e atividades educativas no âmbito da temática ambiental, com ênfase nas questões associadas ao tratamento de esgoto sanitário.

Por fim, espera-se que esse estudo acadêmico seja usado como base teórica para futuros estudos nessa área e que, ao mesmo tempo, conduza a realização de trabalhos técnicos relevantes para averiguação da ocorrência ou não dos impactos levantados, por meio de equipe multidisciplinar habilitada, evitando assim, que a implantação do Sistema de Esgotamento Sanitário ocasione danos maiores ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12207**: Projeto de interceptores de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1992.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12209**: Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1992.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Termos de Referência para a Elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Piranhas-Açu. Brasília, 2010.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental** - O desafio do desenvolvimento sustentável. 2 ed. São Paulo. Pearson, Prentice Hall, 2005, 318p.

CAGEPA - Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba. **Projeto de Esgotamento Sanitário da Cidade de Pombal - PB** – Adequação ao Projeto. João Pessoa, 2010.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Estabelecimento das definições, responsabilidades, critérios básicos e diretrizes gerais para o uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental**. Artigo 1º incisos de I a V da resolução 001 de 23/01/1986.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Estabelecimento das definições, responsabilidades, critérios básicos e diretrizes gerais para o uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental**. Artigo 6º inciso IV da

resolução 001 de 23/01/1986.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea** - Diagnóstico do município de Pombal, Estado da Paraíba. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

DAMATO, M.; MACUCO, P. **Proposta Metodológica para Avaliação e Mitigação de Impactos Ambientais Decorrentes da Implantação de Obras de Saneamento Básico**. Cancún, México, 2002. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico26/viii-016.pdf>>. Acesso em: 12 de abril de 2013.

DIAS, M. C. O.; PEREIRA, M. C. B.; DIAS, P. L. F.; VIRGÍNIO, J. F. **Manual de Impactos Ambientais** - Orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999, 297 p.

FOGLIATTI, M. C.; FILIPPO, S.; GOUDARD, B. **Avaliação de Impactos Ambientais** - Aplicação aos sistemas de Transporte. Rio de Janeiro: Interciência, 2004, 249 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades: Censo 2010**. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=251210>, acessado em 25/06/2012.

ISMAEL, F. C. M.; LEITE, J. C. A.; ISMAEL D. A. M.; SILVA, F. M. **Diagnóstico Ambiental e Identificação Preliminar dos Impactos Ambientais na Área de um Lixão no Município de Pombal - PB**. Pombal - PB, 2012, 12p.

ISMAEL, F. C. M.; LEITE, J. C. A. **Diagnóstico da Erosão do Solo na Área do Campus Universitário da UFCG em Pombal - PB**. Pombal - PB, 2012, 18p.

LIMA, F. J. F.; et al. **Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) – Sistema de Esgotamento Sanitário a ser implantado para o Loteamento Praia do Paiva e Localidade de Itapuama**. Cabo de Santo Agostinho - PE, 2010, 40 p. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/RIMA%20SES%20PAIVA;1315;201>

01104.pdf>. Acesso em: 12 de abril de 2013.

MORAES, D. **Bioma Caatinga**. Disponível em: <<http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=962&sid=2>>. Acesso em: 20 de agosto de 2013.

MOURA, C. A. **Avaliação de Impactos Ambientais em Sistema de Esgotamento Sanitário com Disposição Oceânica** - Estudo de Caso: Emissário do Campeche. Florianópolis – SC, 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/103374>>. Acesso em: 19 de junho de 2013.

NUCASE - Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. **Processos de tratamento de esgotos**: guia do profissional em treinamento: nível 1/Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). Brasília: Ministério das Cidades, 2008, 72 p. Disponível em: <<http://nucase.desa.ufmg.br/wp-content/uploads/2013/07/ES-PTE.1.pdf>>. Acesso em: 20 de agosto de 2013.

NUVOLARI, A.; TELLES, D. D'A.; RIBEIRO, J. T.; MIYASHITA, N. J.; RODRIGUES, R. B.; ARAUJO, R. **Esgoto Sanitário** – coleta, transporte e reúso agrícola. São Paulo: Editora Blücher, 2003, 520 p.

PARAIBA. **Resolução Nº 02, de 05 de novembro de 2003**. Paraíba: Diário Oficial do Estado da Paraíba, 2003. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/legislacao/resolucoes/cerh/02_2003_divisao_hidrografica_Estado.pdf>. Acesso em: 22 de agosto de 2013.

PETROBRAS - Petróleo Brasileiro S.A. **Relatório de Impacto Ambiental (RIMA)** – Gasoduto Japeri–REDUC (GASJAP). Rio de Janeiro, 2007, 35 p. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/meio-ambiente-e-sociedade/preservando-meio-ambiente/licenciamento-ambiental/downloads/pdf/rima-japeri-reduc.pdf>>. Acesso em: 20 de maio de 2013.

PHILIPPI JR., A.; BRUNA, G. C.; ROMÉRO, M. A. **Curso de Gestão Ambiental**. Editora Manole, São Paulo - SP, 2010.

PNSB - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008. Rio de Janeiro: IBGE, 2010, 219 p. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf>. Acesso em: 20 de maio de 2013.

RIBEIRO, R. M. **Avaliação do Impacto Ambiental da Implantação do Sistema de Esgotamento Sanitário Integrado dos Municípios de Taubaté e Tremembé**. Taubaté – SP, 2007. Monografia (Graduação em Engenheiro Ambiental e Sanitarista) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Taubaté. Disponível em: <<http://www.trabalhosfeitos.com/ensaios/Avaliação-Do-Impacto-Ambiental-Da-Implantação/690815.html>>. Acesso em: 22 de maio de 2013.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental - Conceitos e Métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, 495 p.

SOARES, A. **A Surpreendente e Bela Fauna da Caatinga**. 31 de agosto de 2012. Disponível em: <http://papjerimum.blogspot.com.br/2012/08/a-surpreendente-e-bela-fauna-da-caatinga_31.html>. Acesso em: 20 de agosto de 2013.

SOUSA, A. S. **Proposta de Plano de Recuperação de Área Degradada: Recuperação da Mata Ciliar do Açude de “Nova Vida”**. Pombal - PB, 2011, 12p.

SPERLING, M. V. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos** – Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, 2005, 452 p.

VAZ, A. P. R.; DUCATTI, M. L.; PASQUALETTO, A. **Avaliação de Impactos Ambientais nas Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários: ETE – Lajes, Aparecida de Goiânia - GO**. Goiás, 2003. Disponível em: <<http://www2.ucg.br/nupenge/pdf/avaliacaodeimpactosambientais.pdf>>. Acesso em: 12 de abril de 2013.

VELOSO, L. **Bioma Caatinga**. 25 de janeiro de 2013. Disponível em: <<http://obiomacaatinga.blogspot.com.br/search?updated-max=2013-01-26T06:45:00-08:00&max-results=9>>. Acesso em: 20 de agosto de 2013.

WWF - World Wildlife Fund. **Caatinga**. Disponível em: <http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/biomas/bioma_caatinga/>. Acesso em: 22 de agosto de 2013.