COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS
DO RIO GRANDE DO NORTE - CAERN



COMPLEMENTAÇÃO DO ESTUDO AMBIENTAL PARA IMPLANTAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DAS BACIAS E, F E K (NATAL) NA ÁREA DA FAZENDA CARNAUBINHA (SÃO GONÇALO DO AMARANTE)

RELATÓRIO FINAL

Dezembro 2007

Acquatool Consultoria S/S Ltda

ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DE RIO GRANDE DO NORTE – CAERN

CONVITE Nº. 07.0012-RPC-S

COMPLEMENTAÇÃO DO ESTUDO AMBIENTAL PARA A IMPLANTAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS PARA AS BACIAS E,F,K (NATAL) NA ÁREA DA FAZENDA CARNAUBINHA SITUADA EM SÃO GONÇALO DO AMARANTE / RN.

RELATÓRIO FINAL

DEZEMBRO 2007

APRESENTAÇÃO

O presente Estudo de Complementação para a Implantação da Estação de Tratamento de Esgotos para as Bacias E, F e K (Natal), na Área da Fazenda Carnaubinha situada em São Gonçalo do Amarante / RN, objetiva contribuir para com a tomada de decisões por parte do empreendedor e do órgão ambiental competente, para dar início ao processo de licença de instalação e início das obras contempladas na implementação da ETE. Esta Estação garantirá o tratamento dos esgotos produzidos nas Bacias E, F e K, que atendem os Bairros Felipe Camarão, Cidade Nova e Bom Pastor da cidade de Natal.

Os estudos de complementação realizados pela ACQUATOOL Consultoria sob Contrato CAERN Nº. 07.0050 objetivam, assim, atender as exigências ambientais e técnicas necessárias à implantação da ETE – Carnaubinha / São Gonçalo do Amarante.

Os estudos de complementação, na versão preliminar, são apresentados em 17 capítulos, sendo que os 4 (quatro) primeiros capítulos compilam informações gerais (Introdução, Identificação do Empreendimento, do Empreendedor e da Empresa responsável pelos estudos de complementação). O capítulo 5 apresenta uma Planta de Localização.

No capítulo 6 constam comentários a cerca da revisão dos dados do projeto realizada pela CAERN, a apresentação de cronograma físico de implantação e as estimativas de custos também fornecidas pela CAERN, uma atualização de dados populacionais, uma clara delimitação das três bacias de esgotamento e uma descrição da ETE.

O capítulo 7 refere-se à planta plani-altimétrica da área da Fazenda Carnaubinha. No capítulo 8 é apresentada uma estimativa do coeficiente de permeabilidade e da taxa de absorção do solo no local.

No capítulo 9 é apresentada uma ampla análise hidrológica dos rios Potengi e Jundiaí através de um Estudo de Cheias, para avaliação das áreas sujeitas à inundação.

Já o capítulo 10 encontra-se dedicado à apresentação da Simulação da Qualidade das Águas e da Avaliação do Impacto do Lançamento dos Esgotos Tratados no Estuário do Potengi.

No capítulo 11 reapresentam-se os impactos ambientais identificados nos estudos anteriores, agora acrescidos de análise dos mesmos com e sem a adoção de medidas mitigadoras.

No capítulo 12 apresentam-se as medidas mitigadoras classificadas quanto a: sua natureza, fase do empreendimento em que a medida deverá ser adotada, fator ambiental atingido, responsabilidade e custo estimado de sua implantação.

O Programa de Monitoramento Sócio-ambiental (subdividido em planos específicos) apresenta-se no capítulo 13 com indicação e justificativa dos parâmetros, métodos e periodicidade. No capítulo 14 apresenta-se um programa de Educação Ambiental, enquanto no capítulo 15 apresenta-se o diagnóstico ambiental.

A equipe técnica é apresentada no capítulo 16 e as referências bibliográficas são listadas no capítulo 17.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO ..... **II**
LISTA DE FIGURAS ..... **VII**
LISTA DE TABELAS ..... **IX**
1. INTRODUÇÃO **1**
2. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO **7**
3. EMPREENDEDOR RESPONSÁVEL **7**
4. EMPRESA RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE COMPLEMENTAÇÃO **7**
5. PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO **7**
6. EMPREENDIMENTO **9**
6.1. Síntese atualizada da população residente na área de influência do empreendimento ... 9
6.2. Comentários acerca da revisão dos dados do projeto: população atual, saturação para as bacias E, F, K, comparativo com os dados do projeto original e possibilidades de ampliação da ETE 19
6.3. Delimitação em planta das três bacias de esgotamento e dos bairros beneficiados 21
6.4. Descrição dos aspectos técnico-operacionais da Estação de Tratamento de Esgotos .. 23
6.4.1. População e Alcance dos Estudos *23*
6.4.2. Horizonte de Planejamento *23*
6.4.3. Ramais Condominiais *23*
6.4.4. Rede Pública *24*
6.4.5. Estações Elevatórias *24*
6.4.6. Estação de Tratamento dos Esgotos *25*
6.4.7. Vazões do Projeto *25*
6.4.8. Sistema de Tratamento de Esgotos *26*
6.5. Cronograma físico de implantação e estimativa de custos 28
7. PLANTA PLANI-ALTIMÉTRICA **31**
8. CARACTERÍSTICA DOS SOLOS **32**
9. ESTUDO HIDROLÓGICO **39**
9.1. Registros das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Potengi 41
9.2. Influência dos Rios Potengi e Jundiaí na Inundação da Área de Estudo 47
9.3. Estudo de Cheias na Bacia do Rio Potengi 47
9.3.1. Metodologia e Procedimentos Hidrológicos *47*
9.3.2. Discretização Espacial da Bacia dos Rios Potengi e Jundiaí *48*
9.3.3. Hietogramas e Desagregação da Chuva de Projeto *51*
9.3.4. Método de Determinação da Precipitação Efetiva *56*
9.3.5. Propagação da Cheia na Bacia *57*
9.3.6. Hidrogramas Calculados *60*
9.4. Modelagem Hidrodinâmica 62
9.4.1. Dados de Entrada da Modelagem Hidrodinâmica *63*
9.4.2. Apresentação dos Resultados *66*

9.5. Vazão Mínima no Provável Ponto de Lançamento dos Efluentes da ETE no Rio Jundiaí 69
10. QUALIDADE DA ÁGUA: SIMULAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS E AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO LANÇAMENTO DOS ESGOTOS TRATADOS NO ESTUÁRIO DO RIO POTENGI. 71
10.1. Considerações Iniciais 71
10.2. Modelo CE-QUAL-W2 73
10.2.1. Modelagem Matemática Hidrodinâmica e da Qualidade da Água 73
10.2.2. Módulo Hidrodinâmico CE-QUAL-W2 75
10.2.3. Módulo de Qualidade da Água CE-QUAL-W2 79
10.3. Fontes de Poluição 87
10.3.1. Efluentes domésticos dos núcleos urbanos 87
10.3.2. Efluentes dos Parques Industriais de Macaíba e Natal/Extremoz 91
10.3.3. Efluentes das Atividades de Carcinicultura 94
10.4. Definição dos Cenários (Aspectos Quantitativos e Qualitativos) 97
10.4.1. Cargas Poluentes no Cenário 01 99
10.4.2. Cargas Poluentes no Cenário 02 105
10.4.3. Cargas Poluentes no Cenário 03 110
10.4.4. Cargas Poluentes no Cenário 04 116
10.5. Campanhas de Monitoramento 123
10.6. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES 125
10.6.1. Apresentação dos Resultados da Simulação do Cenário 01 125
10.6.2. Apresentação dos Resultados da Simulação do Cenário 02 127
10.6.3. Apresentação dos Resultados da Simulação do Cenário 03 129
10.6.4. Apresentação dos Resultados da Simulação do Cenário 04 131
10.6.5. Avaliação dos Resultados 133
11. ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS 137
11.1. Metodologia 137
11.2 Identificação e avaliação dos possíveis impactos sócio-ambientais 143
12. PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS MITIGADORAS 162
12.1. Medidas ambientais tendentes a minimizar os impactos relativos à instalação e funcionamento do canteiro de obras 163
12.2. Medidas de controle da erosão, monitoramento da mata ciliar e recuperação paisagística das áreas sob intervenção 165
12.3. Medidas para a redução de interferência e mitigação dos transtornos ocasionados à comunidade residente nas proximidades da Fazenda Carnaubinha na fase de implantação 168
12.4. Controle de vazamentos na estação, identificação de ligações irregulares, e controle de danos às tubulações implantadas 169
12.5. Controle de riscos à saúde, prevenção de acidentes e segurança do trabalho 171
12.6. Definição de uso e ocupação do estuário do Potengi pelos próximos 20 anos. 172
13. PLANO DE MONITORAMENTO SÓCIO-AMBIENTAL 175
13.1. Introdução 175
13.2. Objetivos Gerais do Plano de Monitoramento 176

13.3. Plano de Comunicação Social e Influência do Projeto sobre a Opinião Pública..... 177
13.4. Plano de Monitoramento dos Efeitos do Projeto sobre o Uso e Ocupação do Solo ... 179
13.5. Plano de Monitoramento da Erosão do Solo e Determinação de Áreas Críticas..... 183
13.6. Plano de Monitoramento da ETE e dos Emissários (fases de implantação e operação) 184
13.7. Plano de Monitoramento da Qualidade das Águas 188
14. PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL 192
15. PROGNÓSTICO AMBIENTAL 198
16. EQUIPE TÉCNICA.....201
17. BIBLIOGRAFIA 202

LISTA DE FIGURAS

Figura 5.1. Mapa de Localização da Estação de Tratamento de Esgotos das Bacias E, F, K..... 8
Figura 6.3-1. Mapa de Delimitação da Fazenda Carnaubinha e das Bacias E, F e K no contexto dos Bairros e Bacias de Natal..... 22
Figura 8.1. Resultados do Ensaio de Permeablidade “in situ” Carga Constante “Le Frank”, na Região de Pitangui, ao norte da Cidade de Natal..... 37
Figura 8.2. Resultados do Ensaio de Permeablidade “in situ” Carga Constante “Le Frank” no município de Macaíba, a oeste da Cidade de Natal..... 38
Figura 8.3. Esquema da Escavação para o Teste (a) e Ábaco para Cálculo da Taxa de Infiltração/Absorção (b). Fonte: NBR – 7229 (ABNT, 1993)..... 35
Figura 9.1. Isoietas médias anuais..... 46
Figura 9.2. Discretização espacial da bacia hidrográfica dos Rios Potengi e Jundiaí em seus trechos não estuarinos..... 50
Figura 9.3. Desagregação das chuvas, para uma recorrência de 100 anos..... 55
Figura 9.4. Hietogramas gerados para intervalos de 5 minutos de precipitação a partir da chuva desagregada com duração de 03 dias..... 56
Figura 9.5. Hidrogramas das cheias centenárias escoadas nos Rios Potengi e Jundiaí..... 61
Figura 9.6. Variação da maré no mês de março de 2007 na Capitania dos Portos do Rio Grande do Norte..... 65
Figura 9.7. Caminho Preferencial da Cheia..... 68
Figura 9.8. Variação da Vazão Escoada no Estuário Potengi nas proximidades do Ponto de Lançamento dos Efluentes da ETE..... 70
Figura 10.1. Vista aérea da Lagoa de Estabilização do DI de Extremoz..... 92
Figura 10.2 Carta Imagem do Estuário do Potengi com Destaque para os Viveiros de Carcinicultura (QuickBird 04/04/2007– resolução de 0,6 m em cores naturais)..... 96
Figura 10.3. Diagrama esquemático das cargas poluentes do estuário do Potengi no Cenário 01..... 104
Figura 10.4. Diagrama esquemático das cargas poluentes do estuário do Potengi no Cenário 02..... 109
Figura 10.5. Diagrama esquemático das cargas poluentes do estuário do Potengi no Cenário 03..... 115
Figura 10.6. Diagrama esquemático das cargas poluentes do estuário do Potengi no Cenário 04..... 122
Figura 10.7. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de OD ao longo do estuário do Potengi – Cenário 01..... 125
Figura 10.8. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de DBO ao longo do estuário do Potengi – Cenário 01..... 125
Figura 10.9. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de Amônia ao longo do estuário do Potengi – Cenário 01..... 125
Figura 10.10. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de Fósforo ao longo do estuário do Potengi – Cenário 01..... 126
Figura 10.11. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de Coliformes Termotolerantes ao longo do estuário do Potengi – Cenário 01..... 126
Figura 10.12. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de OD ao longo do estuário do Potengi – Cenário 02..... 127
Figura 10.13. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de DBO ao longo do estuário do Potengi – Cenário 02..... 127
Figura 10.14. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de Amônia ao longo do estuário do Potengi – Cenário 02..... 127
Figura 10.15. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de Fósforo ao longo do estuário do Potengi – Cenário 02..... 128

Figura 10.16. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de Coliformes Termotolerantes ao longo do estuário do Potengi – Cenário 02 128
Figura 10.17. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de OD ao longo do estuário do Potengi – Cenário 03 129
Figura 10.18. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de DBO ao longo do estuário do Potengi – Cenário 03 129
Figura 10.19. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de Amônia ao longo do estuário do Potengi – Cenário 03..... 129
Figura 10.20. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de Fósforo ao longo do estuário do Potengi – Cenário 03..... 130
Figura 10.21. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de Coliformes Termotolerantes ao longo do estuário do Potengi – Cenário 03 130
Figura 10.22. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de OD ao longo do estuário do Potengi – Cenário 04 131
Figura 10.23. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de DBO ao longo do estuário do Potengi – Cenário 04 131
Figura 10.24. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de Amônia ao longo do estuário do Potengi – Cenário 04..... 131
Figura 10.25. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de Fósforo ao longo do estuário do Potengi – Cenário 04..... 132
Figura 10.26. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de Coliformes Termotolerantes ao longo do estuário do Potengi – Cenário 04 132
Figura 11.1 Matriz de impactos 150

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Situação do esgotamento sanitário no Brasil, no Nordeste, nas cidades de Natal e São Gonçalo do Amarante e nos bairros de Bom Pastor, Cidade Nova e Felipe Camarão (Dados IBGE 2000) 4
Tabela 6.1-1 População e domicílios nos bairros diretamente beneficiados com a implantação do sistema de esgotamento sanitário 9
Tabela 6.1-2 Evolução da população residente nos bairros diretamente beneficiados com a implantação do sistema de esgotamento sanitário e taxa média geométrica de crescimento anual (1991-2005)..... 9
Tabela 6.1-3 Evolução da população dos municípios indiretamente beneficiados com a implantação do sistema de esgotamento sanitário – Dados IBGE 9
Tabela 6.1-4 População residente por espécie de domicílio. Dados IBGE 2000 10
Tabela 6.1-5 Formas de Abastecimento de Água..... 11
Tabela 6.1-6 Formas de esgotamento sanitário 12
Tabela 6.1-7 Consumo e ligações de água e esgoto (m^3) – SEMURB 2005 13
Tabela 6.1-8 Coleta de Lixo – IBGE 2000..... 14
Tabela 6.1-9 População na sede e nos distritos do município de São Gonçalo do Amarante – IBGE 2000 17
Tabela 6.2-1. Avaliação dos dados demográficos das bacias E, F e K..... 21
Tabela 6.2-2. Avaliação das estimativas da população de saturação das bacias E, F e K..... 21
Tabela 6.4-1. Vazões de Dimensionamento 26
Tabela 6.4-2. Características Técnicas das Estações Elevatórias 27
Tabela 6.4-3. Características das Lagoas de Tratamento 28
Tabela 6.5-1 Custo de Construção da Bacia F 29
Tabela 6.5-2. Custos de Construção da Bacia K 29
Tabela 6.5-3. Custos com Obras Diversas 30
Tabela 6.5-4. Resumo dos Custos de Construção do Sistema de Esgoto..... 30
Tabela 6.5-5. Custos Adicionais..... 30
Tabela 6.5-6. Cronograma Físico..... 31
Tabela 6.5-7. Custos Totais 31
Tabela 9.1. Postos pluviométricos representativos da bacia hidrográfica do Rio Potengi 42
Tabela 9.2. Parâmetros estatísticos das séries pluviométricas , a nível mensal e anual, nos 16 postos representativos 43
Tabela 9.3. Resultado dos ajustes de probabilidade às chuvas com duração de 01 dia nos postos representativos ao Estudo de Cheia 52
Tabela 9.4. Resultado dos ajustes de probabilidade às chuvas com duração de 02 dias nos postos representativos ao Estudo de Cheia 53
Tabela 9.5. Resultado dos ajustes de probabilidade às chuvas com duração de 03 dias nos postos representativos ao Estudo de Cheia 54
Tabela 9.6. Relações entre a chuva diária e as chuvas de duração de 24 horas, 1 hora e 6 minutos para diferentes zonas 55
Tabela 9.7 - Características da discretização das bacias hidrográficas dos Rios Potengi e Jundiaí pelo método de Onda Cinemática..... 58
Tabela 10.1. Características de esgotos domésticos brutos 87
Tabela 10.2. Características dos principais níveis de tratamento dos esgotos..... 87
Tabela 10.3. Principais parâmetros dos despejos líquidos em função do ramo de atividade industrial ... 93
Tabela 10.4. Concentrações de DBO das águas residuárias industriais..... 93

Tabela 10.5. Dados de qualidade dos efluentes dos viveiros de carcinicultura (processo de renovação das águas) 95
Tabela 10.6. Estimativa da população atendida e não atendida por sistema de tratamento de esgotos nas bacias de esgotamento sanitário de Natal (Cenário01) 99
Tabela 10.7. Estimativa das cargas poluentes de origem doméstica por bacia de esgotamento sanitário de Natal (Cenário 01) 100
Tabela 10.8. Estimativa das cargas poluentes de origem doméstica nas cidades de Macaíba e São Gonçalo do Amarante (Cenário 01) 101
Tabela 10.9. Estimativa das cargas poluentes de origem industrial – DI de Natal/Extremoz e CIA de Macaíba(Cenário 01) 101
Tabela 10.10. Estimativa das cargas poluentes das atividades de carcinicultura (Cenário 01) 102
Tabela 10.11. Consolidação das cargas poluentes e pontos de lançamento no estuário do Potengi (Cenário 01) 103
Tabela 10.12. Estimativa da população atendida e não atendida por sistema de tratamento de esgotos nas bacias de esgotamento sanitário de Natal (Cenário02) 105
Tabela 10.13. Estimativa das cargas poluentes de origem doméstica por bacia de esgotamento sanitário de Natal (Cenário 02) 106
Tabela 10.14. Estimativa das cargas poluentes de origem doméstica nas cidades de Macaíba e São Gonçalo do Amarante (Cenário 02) 107
Tabela 10.15. Consolidação das cargas poluentes e pontos de lançamento no estuário do Potengi (Cenário 02) 108
Tabela 10.16. Estimativa das cargas poluentes de origem doméstica por bacia de esgotamento sanitário de Natal (Cenário 03) 111
Tabela 10.17. Estimativa das cargas poluentes de origem doméstica nas cidades de Macaíba e São Gonçalo do Amarante (Cenário 03) 112
Tabela 10.18. Estimativa das cargas poluentes de origem industrial – DI de Natal/Extremoz e CIA de Macaíba(Cenário 03) 112
Tabela 10.19. Estimativa das cargas poluentes das atividades de carcinicultura (Cenário 03) 113
Tabela 10.20. Consolidação das cargas poluentes e pontos de lançamento no estuário do Potengi (Cenário 03) 114
Tabela 10.21. Estimativa da população atendida e não atendida por sistema de tratamento de esgotos nas bacias de esgotamento sanitário de Natal (Cenário 04) 117
Tabela 10.22. Estimativa das cargas poluentes de origem doméstica por bacia de esgotamento sanitário de Natal (Cenário 04) 118
Tabela 10.23. Estimativa das cargas poluentes de origem doméstica nas cidades de Macaíba e São Gonçalo do Amarante (Cenário 04) 119
Tabela 10.24. Estimativa das cargas poluentes das atividades de carcinicultura (Cenário 04) 120
Tabela 10.25. Consolidação das cargas poluentes e pontos de lançamento no estuário do Potengi (Cenário 04) 121
Tabela 10.26. Análises de qualidade da água do estuário do Potengi (24/05/06) a jusante e a montante do ponto de lançamento da ETE Fazenda Carnaubinha 123
Tabela 10.27. Análises de qualidade da água do estuário do Potengi (05/09/06) a jusante e a montante do ponto de lançamento da ETE Fazenda Carnaubinha 123
Tabela 11.1. Ações do empreendimento (Eixo Y da Matriz de Impactos) 148
Tabela 11.2. Características – Meio físico, biótico e antrópico 149
Tabela 11.3. Balanço dos impactos positivos 152
Tabela 11.4. Balanço dos impactos negativos 153
Tabela 11.5. Descrição dos possíveis impactos ambientais 154

1. INTRODUÇÃO

O presente estudo de complementação objetiva a resolução de questões técnicas e ambientais para que os órgãos responsáveis possam melhor avaliar a possibilidade de implantar a Estação de Tratamento de Esgotos para o Sistema das Bacias E, F e K (localizadas em Natal) e auxiliar na tomada de decisões relativas à sua concreta implantação.

Para a realização desta complementação foram analisados os seguintes estudos antes realizados, fornecidos pela CAERN; a saber:

- Estudo de Impacto Ambiental para o Projeto de Saneamento e Tratamento de Esgotos das Bacias E, F e K – Natal, realizado pela Pesquise Engenharia e Geologia Ltda. – Dezembro de 1996; Relatório Complementar elaborado pela mesma empresa, referente às Informações sobre qualidade de água, Fevereiro de 1997.
- Relatório Complementar do EIA/RIMA para o Projeto de Saneamento e Tratamento de Esgotos das Bacias E, F, e K – Natal, realizado pela Pesquise Engenharia e Geologia Ltda. – Julho de 1997.
- Relatório de Controle Ambiental para o Sistema de Esgotamento Sanitário das Bacias E, F e K – Natal, realizado pela empresa Plano Ambiental, em agosto de 2003.
- Parecer Técnico, de agosto de 2004, elaborado pela CAERN, onde se atualizam dados da população e do consumo médio per capita de água, estabelecem-se horizontes de planejamento e critérios de dimensionamento, comparam-se alternativas e definem-se custos e cronogramas.

O principal objetivo da avaliação ambiental aqui apresentada é complementar os estudos já realizados e anteriormente citados, para fins de obtenção da Licença Ambiental (LP).

Os estudos de complementação foram contratados pela CAERN e serão submetidos à avaliação do órgão ambiental responsável pela elaboração dos Termos de Referência que estabelecem as diretrizes gerais e instruções específicas para o

desenvolvimento dos estudos aqui apresentados: Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio ambiente do Rio Grande do Norte – IDEMA (Processo Nº. 2006-003063/TEC/LP-0067).

Além das diretrizes estabelecidas pelo IDEMA, levaram-se em consideração as seguintes resoluções CONAMA:

- Resolução CONAMA n.05 de 15.06.1988 – Conselho Nacional de Meio Ambiente – Ficam sujeitas a licenciamento as obras de saneamento para as quais seja possível identificar modificações ambientais significativas. Na elaboração do projeto o empreendedor deverá atender aos critérios e parâmetros estabelecidos previamente pelo órgão ambiental competente.
- Resolução CONAMA n. 01 de 23.01.1986 – Conselho Nacional do Meio Ambiente – Diretrizes gerais para uso e implementação da avaliação de impacto ambiental como um dos instrumentos da Política Ambiental do Meio Ambiente.
- Resolução CONAMA n. 237 de 19.12.1997 – Dispõe sobre procedimentos e critérios de Licenciamento Ambiental.
- Resolução CONAMA n 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes (esta Resolução revogou a Resolução CONAMA n 020/86).
- Resolução CONAMA n. 312/2002 que dispõe sobre licenciamento ambiental dos empreendimentos de carcinicultura na zona costeira e veda a atividade de carcinicultura em manguezal (Art. 2º).

O objetivo do projeto em análise de viabilidade ambiental é promover a melhoria da saúde e do bem estar da população residente nos bairros Felipe Camarão, Cidade Nova e Bom Pastor, da cidade de Natal, inseridos nas Bacias E, F e K, através da implantação do Sistema de Esgotamento Sanitário nestas bacias e da Estação de Tratamento de Esgotos na Fazenda Carnaubinha, localizada no município vizinho, São Gonçalo do Amarante. É propósito deste estudo de complementação avaliar os

impactos negativos e positivos do empreendimento em análise para propor medidas de mitigação para os primeiros e medidas que favoreçam a sinergia entre os últimos.

Com a implantação do Sistema de Esgotamento e da ETE, a situação sanitária das três bacias irá melhorar consideravelmente e a infiltração dos esgotos no aqüífero será drasticamente reduzida, minimizando a possibilidade de contaminação dos recursos hídricos disponíveis para abastecimento humano.

No contexto da cidade de Natal e da região metropolitana, este empreendimento contribuirá para melhorar os baixíssimos índices de esgotamentos sanitários destes três bairros da zona oeste, quando comparados com a média nacional (47,25% das residências brasileiras possuem esgotamento sanitário ligado à rede geral, enquanto que apenas 25,46% das residências de Natal possuem rede geral de esgotamento).

Enquanto que a rede geral de esgotamento sanitário atendia, segundo dados do IBGE (2000), apenas 539 residências no bairro de Felipe Camarão, 50 em Cidade Nova e 1.366 em Bom Pastor, nos mesmos bairros havia, respectivamente, 95% das residências, 98,7% das residências, e 69,07% das residências dependendo de fossa séptica, fossa rudimentar ou outra forma menos adequada de esgotamento sanitário. Ver Tabela 1.1.

Com a ampliação dos Sistemas de Esgotamento e a implementação da Estação de Tratamento de Esgotos em São Gonçalo do Amarante, a região metropolitana passará a ter menor contaminação dos recursos de água potável, melhora substantiva na situação sanitária e menor contaminação do Estuário do Potengi.

O empreendimento irá beneficiar as 17.936 pessoas residentes no bairro de Bom Pastor, as 15.699 pessoas residentes em Cidade Nova, as 45.688 pessoas residentes em Felipe Camarão e a toda a população residente na zona oeste de Natal. A ETE da Fazenda Carnaubinha mitigará também os impactos ambientais provocados pelo lançamento dos esgotos não tratados no Estuário do Potengi.

Tabela 1.1 – Situação do esgotamento sanitário no Brasil, no Nordeste, nas cidades de Natal e São Gonçalo do Amarante e nos bairros de Bom Pastor, Cidade Nova e Felipe Camarão (Dados IBGE 2000)

Domicílios particulares permanentes por situação e tipo do esgotamento sanitário – Ano 2000 - IBGE			
Brasil, Região, Município e Bairro	Tipo de esgotamento sanitário	Variável	
		Domicílios particulares permanentes (Unidade)	Domicílios particulares permanentes (Percentual)
Brasil	Total	44.795.101	100,00
	Rede geral	**21.160.735**	**47,24**
Nordeste	Total	11.401.385	100,00
	Rede geral	**2.862.907**	**25,11**
Natal – RN	Total	177.783	100,00
	Rede geral	**45.261**	**25,46**
	Fossa séptica	82.534	46,42
	Fossa rudimentar	45.146	25,39
	Vala	733	0,41
	Rio, lago ou mar	1.836	1,03
	Outro escoadouro	279	0,16
	Não tinham banheiro	1.994	1,12
São Gonçalo do Amarante - RN	Total	16.588	100,00
	Rede geral	**3.464**	**20,88**
	Fossa séptica	4.298	25,91
	Fossa rudimentar	7.762	46,79
	Vala	43	0,26
	Rio, lago ou mar	131	0,79
	Outro escoadouro	38	0,23
	Não tinham banheiro	852	5,14
Bom Pastor - Natal - RN	Total	4.416	100,00
	Rede geral	**1.366**	**30,93**
	Fossa séptica	1.029	23,30
	Fossa rudimentar	1.533	34,71
	Vala	8	0,18
	Rio, lago ou mar	342	7,74
	Outro escoadouro	69	1,56
	Não tinham banheiro	69	1,56
Cidade Nova - Natal – RN	Total	3.840	100,00
	Rede geral	**50**	**1,30**
	Fossa séptica	372	9,69
	Fossa rudimentar	3.328	86,67
	Vala	3	0,08
	Rio, lago ou mar	1	0,03
	Outro escoadouro	3	0,08
	Não tinham banheiro	83	2,16
Felipe Camarão - Natal – RN	Total	10.782	100,00
	Rede geral	**539**	**5,00**
	Fossa séptica	2.657	24,64
	Fossa rudimentar	7.211	66,88
	Vala	25	0,23
	Rio, lago ou mar	108	1,00
	Outro escoadouro	23	0,21
	Não tinham banheiro	219	2,03

Assim, podemos sintetizar os aspectos globais do projeto, definindo os seguintes objetivos gerais do empreendimento em estudo:

- Proteção dos recursos de água potável e conseqüentemente das águas subterrâneas;
- Melhoramento da situação sanitária das bacias E, F e K;
- Melhoramento da situação do Estuário do rio Potengi que passará a receber apenas esgotos tratados das bacias E, F e K; este procedimento se vê assegurado pelos estudos complementares de análise hidrológica e qualidade das águas apresentados nos capítulos 9 e 10 do presente relatório.

A escolha da Fazenda Carnaubinha no município de São Gonçalo deveu-se a critérios técnicos que levaram em consideração os seguintes aspectos:

1. Dimensões da área, adequada e suficiente para a implantação da infra-estrutura de um Sistema de Esgotamento;
2. Área para a implantação já desapropriada pelo Governo de Estado;
3. Disponibilidade da ETE para receber o esgotamento sanitário da cidade de São Gonçalo do Amarante;
4. Disponibilidade de energia elétrica (AT) no local.

A área de influência ambiental do projeto foi definida em acordo à Resolução CONAMA 001/86 que determina no seu art. 5º que os estudos ambientais deverão "definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influencia do projeto, considerando em todos os casos, a bacia hidrográfica no qual se localiza".

Neste sentido as áreas ficam definidas conforme as seguintes diretrizes:

- Meio Físico: área de influência foi definida em atendimento aos aspectos de caracterização de questões atmosféricas e geológicas;
- Meio Biótico: a área de influência foi definida em atendimento aos aspectos de caracterização dos diversos ecossistemas envolvidos;

- Meio Antrópico: a área de influência foi definida em relação à população beneficiada do projeto que inclui não apenas os bairros de Bom Pastor, Nova Cidade e Felipe Camarão que terão com a implantação da ETE seu Sistema de Esgotamento Sanitário completamente instalado, mas também num futuro próximo, a própria cidade de São Gonçalo, em franco processo de crescimento populacional, que poderá ver-se beneficiada com a utilização da ETE.

Assim, a área de influência direta da ETE ficou definida, a partir deste estudo de complementação, como sendo o Estuário do Rio Potengi, incluindo a área definida para a implantação da ETE (Fazenda Carnaubinha e o emissário sub-fluvial) e as Bacias E, F, K, que correspondem aos três bairros beneficiados pelo novo Sistema de Esgotamento Sanitário (Bom Pastor, Cidade Nova e Felipe Camarão). Já a área de influência indireta corresponde a uma superfície de 1.059 km^2, que compreende a baixa bacia do rio Potengi, incluindo os quatro municípios que utilizam este corpo d'água para diluição dos seus esgotos (Natal, São Gonçalo do Amarante, Macaíba e Extremoz), conforme ilustra planta de localização apresentada no Capítulo 5.

2. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Implantação da Estação de Tratamento de Esgotos para as Bacias E, F, K (Natal) na Área da Fazenda Carnaubinha, situada em São Gonçalo do Amarante / RN. O empreendimento faz parte da implementação do Sistema de Esgotamento Sanitário das referidas bacias.

3. EMPREENDEDOR RESPONSÁVEL

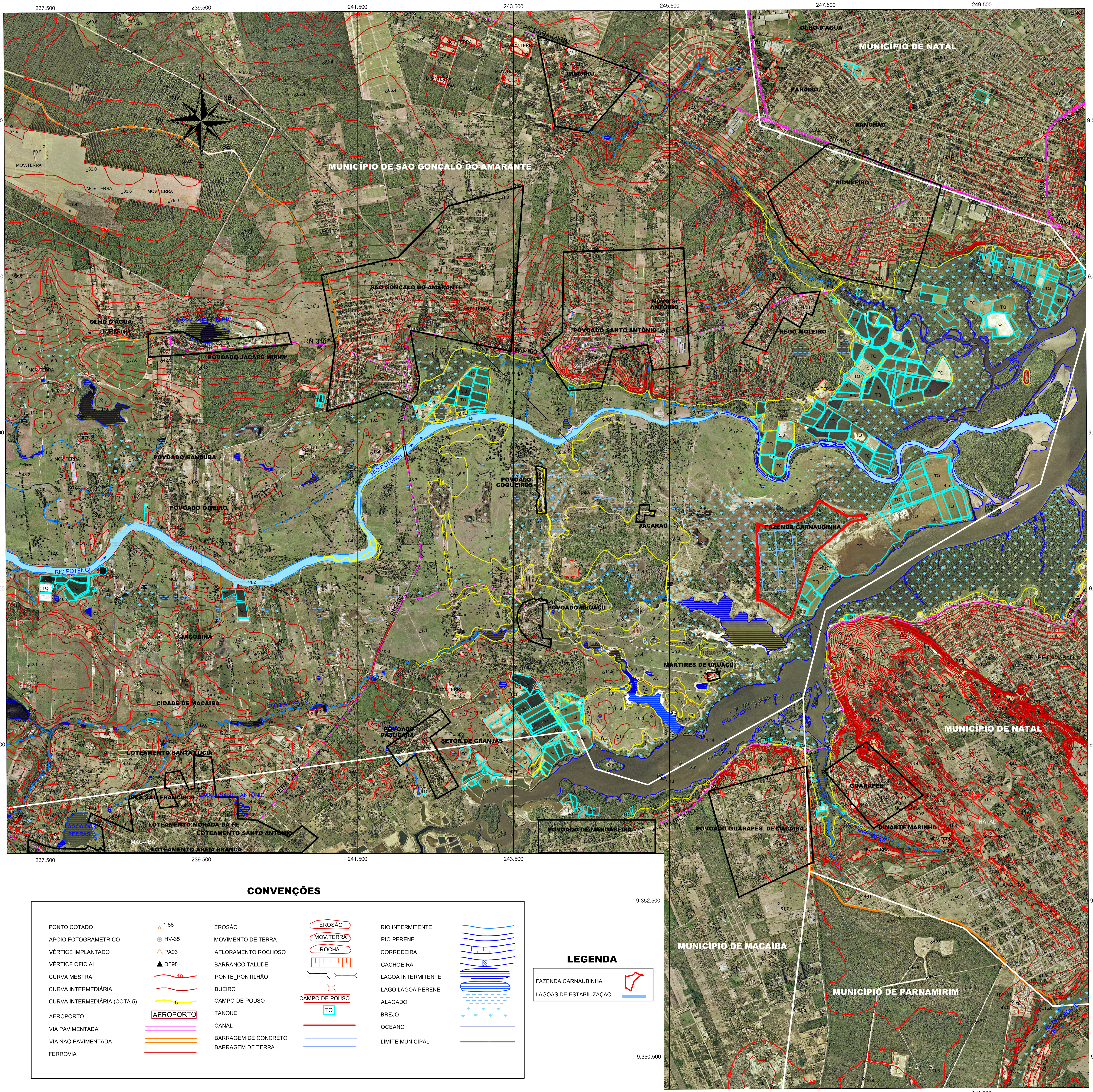
Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte – CAERN, com inscrição no CNPJ Nº 08.334.385/0001-35, com sede na Avenida Senador Salgado filho 1555 – Lagoa Nova – CEP 59000-000 – Natal – RN; fones: 84-3232-4107 e (fax) 84-3232-4106, representada pelo seu Diretor Presidente.

4. EMPRESA RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE COMPLEMENTAÇÃO

ACQUATOOL Consultoria S/S Ltda, com inscrição CNPJ Nº. 02.042.399/0001-07, com sede na Avenida Dom Luis 300 – Sala 708 – Meireles – Fortaleza – CE – CEP 60160-230, representada pelo seu Diretor: Pedro Antônio Molinas e o seu Responsável Técnico: Elano Lamartine Leão Joca, CREA CE13712-D. Fone/Fax 85-3264 9700.

5. PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Realizou-se a confecção da planta da ETE que contém a demarcação da poligonal da área reservada à implantação da Estação de Tratamento de Esgoto da Fazenda Carnaubinha, conforme ilustra a Figura 5.1.



CONVENÇÕES

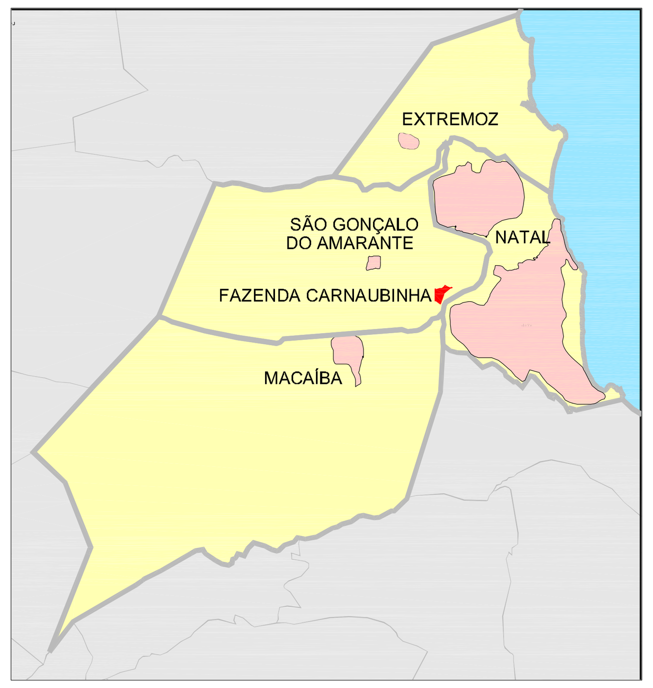
PONTO COTADO	1.88	EROSÃO	EROSÃO	RIO INTERMITENTE	
APOIO FOTOGRAMÉTRICO	HV-35	MOVIMENTO DE TERRA	MOV.TERRA	RIO PERENE	
VÉRTICE IMPLANTADO	PA03	AFLORAMENTO ROCHOSO	ROCHA	CORREDEIRA	
VÉRTICE OFICIAL	DF98	BARRANCO TALUDE		CACHOEIRA	
CURVA MESTRA	10	PONTE_PONTILHÃO		LAGOA INTERMITENTE	
CURVA INTERMEDIÁRIA		BUEIRO		LAGO LAGOA PERENE	
CURVA INTERMEDIÁRIA (COTA 5)	5	CAMPO DE POUSO	CAMPO DE POUSO	ALAGADO	
AEROPORTO	AEROPORTO	TANQUE	TQ	BREJO	
VIA PAVIMENTADA		CANAL		OCEANO	
VIA NÃO PAVIMENTADA		BARRAGEM DE CONCRETO		LIMITE MUNICIPAL	
FERROVIA		BARRAGEM DE TERRA			

LEGENDA

FAZENDA CARNAUBINHA

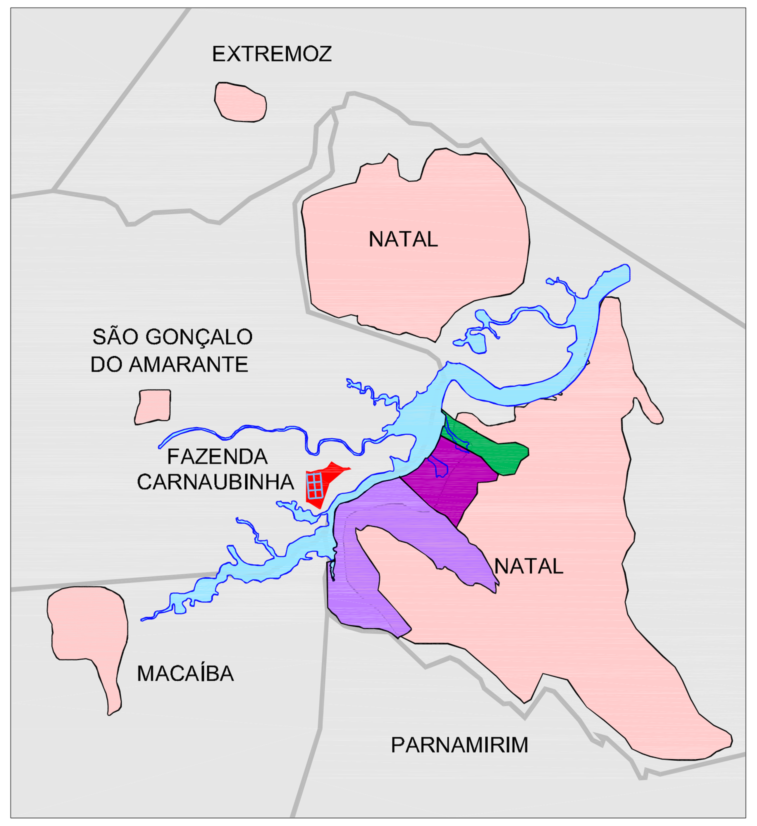
LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA



ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA

ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA



LEGENDA

ÁREA DE INFLUÊNCIAL DIRETA

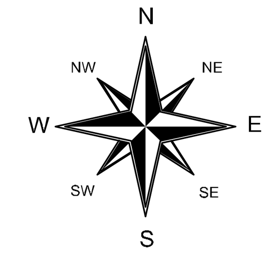
- BACIA E
- BACIA F
- BACIA K
- ESTUÁRIO
- FAZENDA CARNAUBINHA

- ZONA URBANA
- LIMITE MUNICIPAL

COORDENADAS DA FAZENDA CARNAÚBINHA

Vértice	Coordenada (E)	Coordenada (N)
01	246626.9062	9357333.3013
02	246679.1783	9357316.9144
03	246752.6027	9357301.5206
04	247000.3991	9357361.0366
05	247155.7985	9357382.4824
06	247290.9985	9357461.8988
07	247417.7546	9357634.7532
08	247567.6629	9357546.3037
09	247782.0777	9357434.6986
10	247916.2452	9357441.6809
11	247970.9298	9357444.9689
12	248019.0845	9357402.1987
13	247822.0274	9357357.9861
14	247335.2788	9356943.5342
15	247316.4023	9356880.1351
16	247060.6648	9356144.6703
17	247035.2642	9356125.9689
18	246692.1238	9356351.5791
19	246626.9062	9356357.0352

DIREÇÃO DOS VENTOS



VENTOS PREDOMINANTES LESTE/SUDESTE

EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL: 5 METROS

AS CURVAS MESTRAS ESTÃO REPRESENTADAS EM LINHA GROSSA CONTÍNUA E CORRESPONDEM A CADA 5º CURVA DE NÍVEL

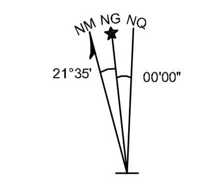
PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVESA DE MERCATOR

DATUM VERTICAL: IMBITUBA/SANTA CATARINA

DATUM HORIZONTAL: SAD-69

ORIGEM DA QUILOMETRAGEM UTM "EQUADOR E MERIDIANO -33° WGR" ACRECIDAS AS CONSTANTES 10.000 KM E 500 KM, RESPECTIVAMENTE.

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA EM 1980 E CONVERGÊNCIA MERIDIANA DO CENTRO DA FOLHA



A DECLINAÇÃO MAGNÉTICA CRESCE 2,2' ANUALMENTE

USAR EXCLUSIVAMENTE OS DADOS NUMÉRICOS

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE - CAERN

COMPLEMENTAÇÃO DO ESTUDO AMBIENTAL PARA IMPLANTAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DOS ESGOTOS DAS BACIAS E, F e K

CONTEÚDO:	MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DOS ESGOTO DAS BACIAS E, F e K
FIGURA: 5.1	ESCALA: 1/25.000
DATA: OUTUBRO/2006	

6. EMPREENDIMENTO

6.1. Síntese Atualizada da População Residente na Área de Influência do Empreendimento

A implantação da ETE das bacias E, F, K beneficiará diretamente os bairros Bom Pastor, Cidade Nova e Felipe Camarão, isto é, uma população estimada em 2005 de 95.198 pessoas, segundo dados SEMURB – Secretaria Municipal de Meio ambiente e Urbanismo (método de tendência de crescimento demográfico indicado pelo IBGE no Censo Demográfico de 2000). Ver tabelas 6.1-1 e 6.1-2 abaixo.

Tabela 6.1-1 População e domicílios nos bairros diretamente beneficiados com a implantação do sistema de esgotamento sanitário

Bairro	Lei de Criação	Área (ha)	Domicílios Particulares Permanentes	População Residente em 2000	Densidade Demográfica 2000 (hab/ha)	Estimativa População 2005	Estimativa da Densidade Demográfica 2005 (hab/ha)
Bom Pastor	4.328/94	319,9	4.416	17.984	56,22	18.110	56,61
Cidade Nova	4.328/94	273,07	3.840	15.778	57,78	15.889	58,19
Felipe Camarão	4.328/94	663,4	10.782	45.907	69,2	51.279	77,3

Tabela 6.1-2 Evolução da população residente nos bairros diretamente beneficiados com a implantação do sistema de esgotamento sanitário e taxa média geométrica de crescimento anual (1991-2005)

Bairro	População 1991	População1 996	População Residente em 2000	Estimativa População 2005	Taxa Média Geométrica de Crescimento 1991-2000 (%)	Taxa Média Geométrica de Crescimento 2000-2005 (%)
Bom Pastor	19.015	17.746	17.984	18.110	-0,6	0,14
Cidade Nova	16.821	15.694	15.778	15.889	-0,7	0,14
Felipe Camarão	37.021	41.398	45.907	51.279	2,4	2,24

Já quando se considera os municípios que despejam os seus esgotos no Rio Potengi, vê-se que a população total estimada para 2005 é da ordem de 947.353 pessoas (Tabela 6.1-3).

Tabela 6.1-3 Evolução da população dos municípios indiretamente beneficiados com a implantação do sistema de esgotamento sanitário – Dados IBGE

Município	População total							
	1991	1996	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Extremoz	14.941	17.814	19.572	20.106	20.546	20.999	21.948	22.473
Macaíba	43.450	46.655	54.883	56.207	57.289	58.405	60.749	62.046
Natal	606.887	656.037	712.317	722.144	734.505	744.794	766.081	778.046
São Gonçalo do Amarante	45.416	56.825	69.435	72.274	74.479	76.820	82.063	84.788
Total	**710.694**	**777.331**	**856.207**	**870.731**	**886.819**	**901.018**	**930.841**	**947.353**

As respectivas taxas de crescimento (1991 – 2000) para os municípios da área de influência são de: 3,0% para Extremoz; 2,6% para Macaíba; 1,8% para Natal; e 4,8% para São Gonçalo do Amarante. Observa-se, porém, que a população urbana de São Gonçalo era em 2000 de 9.799 habitantes, enquanto que a sua população rural era de 59.637 habitantes. A média de moradores por domicílio em 2000 era de 3,99 habitantes/domicílio em Natal, 4,15 habitantes/domicílio em Macaíba, 4,17 habitantes/domicílio em São Gonçalo do Amarante e 4,21 habitantes/domicílio em Extremoz (Dados IBGE 2000).

A população residente por espécie de domicílio nos bairros diretamente beneficiados pelo projeto pode ser observada na tabela 6.1-4. A média de moradores por domicílio era em 2000 de 4,06 habitantes/domicílio em Bom Pastor; 4,9 habitantes/domicílio em Cidade Nova; 4,24 habitantes/domicílio em Felipe Camarão.

Tabela 6.1-4 População residente por espécie de domicílio. Dados IBGE 2000

População residente por espécie de domicílio								
Bairro	Casa	Apartamento	Cômodo	Total	Improvisado	Subtotal domicílio particular	Domicílio coletivo	Total de Domicílios
Bom Pastor	17.681	66	189	17.936	46	17.982	2	17.984
Cidade Nova	15.553	45	101	15.699	79	15.778	-	15.778
Felipe Camarão	45.021	55	612	45.688	215	45.903	4	45.907

Uma análise do tipo de imóvel, segundo censo IBGE 2000, mostra que no bairro Bom Pastor 87,79% dos imóveis são residenciais; em Cidade Nova 89,39% e em Felipe Camarão os imóveis residenciais são 87,11% do total.

No que diz respeito às formas de abastecimento de água pode-se dizer que 76,58% da população de Extremoz possuía em 2000, como principal forma de abastecimento de água, a rede geral; em Macaíba 77,58%, em Natal 97,21% e em São Gonçalo do Amarante 83,40%. Quando discrimina-se por bairro, observa-se que em Bom Pastor 97,98% dos domicílios estão ligados à rede geral de água, em Cidade Nova 92,79% e em Felipe Camarão 94,50% dos domicílios que possuem água encanada (Tabela 6.1-5).

Já a situação do esgotamento sanitário pode ser observada na Tabela 6.1-6. Enquanto que a rede geral de esgotamento sanitário atendia, segundo dados IBGE 2000 – apenas 539 residências no bairro de Felipe Camarão, 50 em Cidade Nova, e 1.366 no Bom Pastor, nos mesmos bairros e respectivamente, 95% das residências, 98,7% das residências, e 69,07% das residências dependiam de fossa séptica, fossa

rudimentar ou outra forma menos adequada de esgotamento sanitário. No município de Extremoz apenas 0,24% dos domicílios estavam ligados à rede de esgoto em 2000; 3,49% dos domicílios estavam ligados à rede de esgoto em Macaíba (sistema em ampliação em 2007); 20,88% em São Gonçalo do Amarante. Outros dados na tabela 6.1-6.

Tabela 6.1-5 Formas de Abastecimento de Água

Domicílios particulares permanentes por situação e abastecimento de água			
Ano = 2000			
Município e Bairro	Forma de abastecimento de água	Variável	
		Domicílios particulares permanentes (Unidade)	Domicílios particulares permanentes (Percentual)
Extremoz - RN	Total	4.577	100,00
	Rede geral	3.505	76,58
	Poço ou nascente	783	17,11
	Outra forma	289	6,31
Macaíba - RN	Total	13.106	100,00
	Rede geral	10.167	77,58
	Poço ou nascente	1.561	11,91
	Outra forma	1.378	10,51
Natal - RN	Total	177.783	100,00
	Rede geral	172.815	97,21
	Poço ou nascente	2.398	1,35
	Outra forma	2.570	1,45
São Gonçalo do Amarante - RN	Total	16.588	100,00
	Rede geral	13.834	83,40
	Poço ou nascente	1.729	10,42
	Outra forma	1.025	6,18
Bom Pastor - Natal - RN	Total	4.416	100,00
	Rede geral	4.327	97,98
	Poço ou nascente	10	0,23
	Outra forma	79	1,79
Cidade Nova - Natal - RN	Total	3.840	100,00
	Rede geral	3.563	92,79
	Poço ou nascente	21	0,55
	Outra forma	256	6,67
Felipe Camarão - Natal - RN	Total	10.782	100,00
	Rede geral	10.189	94,50
	Poço ou nascente	70	0,65
	Outra forma	523	4,85

Tabela 6.1-6 Formas de esgotamento sanitário

Domicílios particulares permanentes e Moradores em Domicílios particulares permanentes por situação e tipo do esgotamento sanitário			
Ano = 2000			
Município e Bairro	Tipo de esgotamento sanitário	Variável	
		Domicílios particulares permanentes (Unidade)	Domicílios particulares permanentes (Percentual)
Extremoz - RN	Total	4.577	100,00
	Rede geral de esgoto	11	0,24
	Fossa séptica	2.443	53,38
	Fossa rudimentar	1.614	35,26
	Vala	12	0,26
	Rio, lago ou mar	1	0,02
	Outro escoadouro	34	0,74
	Não tinham banheiro	462	10,09
Macaíba - RN	Total	13.106	100,00
	Rede geral de esgoto	458	3,49
	Fossa séptica	1.170	8,93
	Fossa rudimentar	10.170	77,60
	Vala	229	1,75
	Rio, lago ou mar	27	0,21
	Outro escoadouro	81	0,62
	Não tinham banheiro	971	7,41
Natal - RN	Total	177.783	100,00
	Rede geral de esgoto	45.261	25,46
	Fossa séptica	82.534	46,42
	Fossa rudimentar	45.146	25,39
	Vala	733	0,41
	Rio, lago ou mar	1.836	1,03
	Outro escoadouro	279	0,16
	Não tinham banheiro	1.994	1,12
São Gonçalo do Amarante - RN	Total	16.588	100,00
	Rede geral de esgoto	3.464	20,88
	Fossa séptica	4.298	25,91
	Fossa rudimentar	7.762	46,79
	Vala	43	0,26
	Rio, lago ou mar	131	0,79
	Outro escoadouro	38	0,23
	Não tinham banheiro	852	5,14
Bom Pastor - Natal - RN	Total	4.416	100,00
	Rede geral de esgoto	1.366	30,93
	Fossa séptica	1.029	23,30
	Fossa rudimentar	1.533	34,71
	Vala	8	0,18
	Rio, lago ou mar	342	7,74
	Outro escoadouro	69	1,56
	Não tinham banheiro	69	1,56
Cidade Nova - Natal - RN	Total	3.840	100,00
	Rede geral de esgoto	50	1,30
	Fossa séptica	372	9,69
	Fossa rudimentar	3.328	86,67
	Vala	3	0,08
	Rio, lago ou mar	1	0,03
	Outro escoadouro	3	0,08
	Não tinham banheiro	83	2,16
Felipe Camarão - Natal - RN	Total	10.782	100,00
	Rede geral de esgoto	539	5,00
	Fossa séptica	2.657	24,64
	Fossa rudimentar	7.211	66,88
	Vala	25	0,23
	Rio, lago ou mar	108	1,00
	Outro escoadouro	23	0,21
	Não tinham banheiro	219	2,03

No que diz respeito às ligações e ao consumo de água e esgoto nos bairros beneficiados pelo projeto, destacam-se dados SEMURB (Tabela 6.1-7).

Tabela 6.1-7 Consumo e ligações de água e esgoto (m^3) – SEMURB 2005

Bairro	RESIDENCIAL				COMERCIAL			
	Água		Esgoto		Água		Esgoto	
	Lig	Vol	Lig	Vol	Lig	Vol	Lig	Vol
Bom Pastor	4.167	66.239	1.203	19.769	132	3043	24	666
Cidade Nova	3870	71738	75	3061	82	1992	1	10
Felipe Camarão	9740	148125	182	2573	104	2658	3	93
Bairro	**INDUSTRIAL**				**PÚBLICO**			
	Água		Esgoto		Água		Esgoto	
	Lig	Vol	Lig	Vol	Lig	Vol	Lig	Vol
Bom Pastor	29	2162	2	916	23	2691	1	27
Cidade Nova	9	445	-	-	12	1158	-	-
Felipe Camarão	21	1201	2	40	24	3308	1	506

O destino do lixo nos bairros e municípios inseridos na área de influência pode ser observado na tabela 6.1-8. Destaca-se que 33,12% do lixo produzido são coletados em Extremoz; em Macaíba 60,54% do lixo são coletados, enquanto que em São Gonçalo do Amarante 71,44% dos resíduos são corretamente coletados. Em Natal 97,61% do lixo é coletado; nos bairros pesquisados a situação é semelhante à do município como um todo. Ver Tabela 6.1-8.

Tabela 6.1-8 Coleta de Lixo – IBGE 2000

Domicílios particulares permanentes e Moradores em Domicílios particulares permanentes por situação e destino do lixo – IBGE 2000			
Município e Bairro	**Destino do lixo**	**Variável**	
		Domicílios particulares permanentes (Unidade)	**Domicílios particulares permanentes (Percentual)**
Extremoz - RN	Total	4.577	100,00
	Coletado	1.516	33,12
	Coletado por serviço de limpeza	1.322	28,88
	Coletado em caçamba	194	4,24
	Queimado (na propriedade)	1.419	31,00
	Enterrado (na propriedade)	611	13,35
	Jogado em terreno baldio	994	21,72
	Jogado em rio, lago ou mar	6	0,13
	Outro destino	31	0,68
Macaíba - RN	Total	13.106	100,00
	Coletado	7.935	60,54
	Coletado por serviço de limpeza	7.609	58,06
	Coletado em caçamba	326	2,49
	Queimado (na propriedade)	3.651	27,86
	Enterrado (na propriedade)	659	5,03
	Jogado em terreno baldio	772	5,89
	Jogado em rio, lago ou mar	31	0,24
	Outro destino	58	0,44
Natal - RN	Total	177.783	100,00
	Coletado	173.537	97,61
	Coletado por serviço de limpeza	165.334	93,00
	Coletado em caçamba	8.203	4,61
	Queimado (na propriedade)	858	0,48
	Enterrado (na propriedade)	462	0,26
	Jogado em terreno baldio	2.236	1,26
	Jogado em rio, lago ou mar	612	0,34
	Outro destino	78	0,04
São Gonçalo do Amarante - RN	Total	16.588	100,00
	Coletado	11.851	71,44
	Coletado por serviço de limpeza	10.938	65,94
	limpeza	913	5,50
	Queimado (na propriedade)	2.491	15,02
	Enterrado (na propriedade)	378	2,28
	Jogado em terreno baldio	1.817	10,95
	Jogado em rio, lago ou mar	29	0,17
	Outro destino	22	0,13

Tabela 6.1-8 Coleta de Lixo – IBGE 2000 (continuação)

Domicílios particulares permanentes e Moradores em Domicílios particulares permanentes por situação e destino do lixo – IBGE 2000			
Município e Bairro	Destino do lixo	Variável	
		Domicílios particulares permanentes (Unidade)	Domicílios particulares permanentes (Percentual)
Bom Pastor - Natal - RN	Total	4.416	100,00
	Coletado	4.250	96,24
	Coletado por serviço de limpeza	4.074	92,26
	Coletado em caçamba	176	3,99
	Queimado (na propriedade)	13	0,29
	Enterrado (na propriedade)	5	0,11
	Jogado em terreno baldio	93	2,11
	Jogado em rio, lago ou mar	51	1,15
	Outro destino	4	0,09
Cidade Nova - Natal - RN	Total	3.840	100,00
	Coletado	3.751	97,68
	Coletado por serviço de limpeza	2.837	73,88
	Coletado em caçamba	914	23,80
	Queimado (na propriedade)	7	0,18
	Enterrado (na propriedade)	-	-
	Jogado em terreno baldio	80	2,08
	Jogado em rio, lago ou mar	1	0,03
	Outro destino	1	0,03
Felipe Camarão - Natal - RN	Total	10.782	100,00
	Coletado	10.325	95,76
	Coletado por serviço de limpeza	9.681	89,79
	Coletado em caçamba	644	5,97
	Queimado (na propriedade)	36	0,33
	Enterrado (na propriedade)	17	0,16
	Jogado em terreno baldio	328	3,04
	Jogado em rio, lago ou mar	73	0,68
	Outro destino	3	0,03

Destaca-se que, quando observado o valor do rendimento nominal mensal médio por bairro, os bairros a serem beneficiados encontram-se entre os bairros com menores rendimentos: o valor do rendimento nominal mensal médio é de 2,23 salários mínimos em Bom Pastor; 2,33 em Cidade Nova e 2,17 em Felipe Camarão. O maior rendimento nominal mensal médio é encontrado no bairro de Petrópolis (22,09 salários mínimos). A média do município é de 6,09 salários mínimos (Dados SEMURB 2005).

O rendimento médio nos outros municípios pesquisados é de 2,75 salários mínimos em Extremoz; 2,09 salários mínimos em Macaíba; e 2,28 salários mínimos em São Gonçalo do Amarante.

Os Índices de Desenvolvimento Humano Municipal são de 0,787 para Natal; 0,695 para Extremoz; 0,669 para Macaíba; e 0,694 para São Gonçalo do Amarante. A taxa de alfabetização de adultos acompanha o índice geral, sendo de 87,84% em Natal; 75,45% em

Extremoz; 69,45% em Macaíba; e 76,41% em São Gonçalo do Amarante (Dados IPEA – Novo Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil – 2000).

Ainda segundo dados SEMURB, com base em dados SEBRAE/RN 2002, existem:

- No bairro Bom Pastor: 30 unidades empresariais, 151 unidades comerciais, 166 unidades de serviços e 04 unidades empresariais relativas a estrutura, perfazendo um total de 351 empresas;
- No bairro Nova Cidade: 15 unidades empresariais, 159 unidades comerciais, 137 unidades de serviços e 21 unidades empresariais relativas a estrutura, perfazendo um total de 332 empresas;
- No bairro Felipe Camarão: 34 unidades empresariais, 392 unidades comerciais, 243 unidades de serviços e 17 unidades empresariais relativas a estrutura, perfazendo um total de 666 empresas.

Nos bairros pesquisados existem serviços de saúde e educação; em Bom Pastor existem 1 escola municipal e 4 estaduais; em Cidade Nova existem 3 escolas municipais, 1 estadual e 4 particulares; e em Felipe Camarão existem 4 escolas municipais, 6 estaduais e 5 particulares. Existem 2 unidades ambulatoriais de saúde em Bom Pastor e 1 unidade ambulatorial em Cidade Nova; enquanto que em Felipe Camarão existem 4 unidades ambulatoriais, 1 unidade hospitalar municipal e 1 unidade hospitalar estadual.

O perfil sócio-econômico da sede do município de São Gonçalo do Amarante e da Localidade de Uruaçu, situada nas proximidades da área de instalação do empreendimento, define um bom funcionamento institucional e de assistência social. Ainda é pouco significativa a melhoria nos serviços públicos, com exceção da eletrificação rural, que atingiu grande número de residências. O grau de participação da comunidade junto às associações ainda não é significativo.

O índice de bens duráveis nas residências localizadas na localidade de Uruaçu é bom.

A sede do município agrega uma população de 17.690 pessoas (IBGE 2000), dos quais 5.135 em situação urbana e 12.555 em situação rural. No distrito de Igreja Nova, reside uma população de 1.821 pessoas, das quais 1.187 em situação rural; já no distrito de Santo Antônio do Potengi residem 49.924 pessoas, das quais 45.895 em situação rural (Ver Tabela 6.1-9).

Tabela 6.1-9 População na sede e nos distritos do município de São Gonçalo do Amarante – IBGE 2000

População residente no município de São Gonçalo do Amarante e seus Distritos			
IBGE 2000			
Município e Distrito	Situação do domicílio	Variável	
		População residente (Pessoas)	População residente (Percentual)
São Gonçalo do Amarante – RN (Município)	Total	69.435	100,00
	Urbana	9.798	14,11
	Rural	59.637	85,89
São Gonçalo do Amarante - São Gonçalo do Amarante - RN	Total	17.690	100,00
	Urbana	5.135	29,03
	Rural	12.555	70,97
Igreja Nova - São Gonçalo do Amarante - RN	Total	1.821	100,00
	Urbana	634	34,82
	Rural	1.187	65,18
Santo Antônio do Potengi - São Gonçalo do Amarante - RN	Total	49.924	100,00
	Urbana	4.029	8,07
	Rural	45.895	91,93

O adensamento da sede tem se processado de forma lenta. A estruturação da malha urbana apresenta especificidades resultantes do processo de formação social da região, fazendo com que o poder público venha direcionando os investimentos para além do perímetro urbano, distritos e povoados.

Consolidam-se as moradias em sítios, principalmente devido à proximidade com a cidade de Natal e a implantação da região Metropolitana (Lei N. 6. 998 de 16/01/1997).

A estruturação urbana da sede não apresenta concentração populacional, de modo que esta vem mantendo o desenho original, no qual tem a Igreja Matriz como núcleo central e em seu entorno desenvolve-se as atividades principais da cidade. Neste espaço urbano situa-se a feira livre, a Escola de Primeiro e Segundo Grau, a Câmara Municipal, Centro de Lazer, Clube, Delegacia, Hospital-Maternidade, Laboratório de Analise Clínica, Ambulatório, Serviço Bancário e de Correios, Sindicatos dos Trabalhadores Rurais, Instituições da Administração Pública Municipal.

A expansão do tecido urbano ocorre pela via denominada de Rua Alexandrino de Alencar, corredor de saída para vários dos povoados do Município. Nesta via situa-se o pequeno comércio local. Outra expansão vem ocorrendo em direção da Rodovia RN 160, com instalação de pequenos núcleos residenciais ao longo da rodovia, fazendo com que os longos vazios (área verdes) comecem a serem rompidos.

O povoado de Uruaçu localiza-se a 4,4 Km a SE do centro de São Gonçalo do Amarante, tendo como via de acesso à comunidade a estrada asfaltada RN 160 por 2,7 km, e desta por uma estrada em boas condições, por 1.7 km. Ao longo do caminho, estão situadas propriedades rurais ocupadas com a criação de gado. A configuração espacial do povoado é do tipo sitio. O povoado surgiu às bordas da intersecção de duas estradas. A tipologia habitacional do povoado é mista com casas de taipa e outras de tijolos.

Segundo dados do EIA - RIMA, a comunidade de Uruaçu possui um total de 276 famílias radicadas, totalizando 1.076 habitantes.

No sistema educacional conta com uma (1) escola estadual, funcionando desde o nível do pré-escolar até a quarta série do Primeiro Grau.

Todos os domicílios são atendidos pela energia elétrica, e a iluminação publica só na parte urbana de Uruaçu. O abastecimento de água realizado por meio da SAAE - Sistema de Autônomo de Água e Esgoto. O sistema de transporte pode ser considerado precário.

A atividade comercial reduz-se a pequenos bares, mercearias e outras formas de comércio. A força de trabalho ocupa-se nas cerâmicas e na agricultura.

Uma atividade que se destaca, na área de influência indireta do empreendimento, é a carcinicultura, que ocupa importantes áreas nas antigas salinas de Igapó. Dentre as instituições de destaque nessas atividades, menciona-se a Cooperativa de Pescadores e Carcinicultores do Potengi (CPCP).

A ocupação da área começou em 1916, quando foi implantada uma salina no local. Na década de 70, foi implantado na área o projeto “Camarão do Povo”, que pretendia gerar renda e emprego para as comunidades vizinhas. Na década de 80, os pescadores ocuparam os viveiros já construídos para criação de peixes. Uma década depois, os carcinicultores retornaram à região, chegando a obter uma produção de 80 toneladas de camarão por mês.

A partir de 1999, a problemática ambiental relacionada à implantação e operação dos viveiros colocou-se em destaque quando o Ministério Público Estadual promoveu uma ação para impedir a atividade na área. Em 2000, a cooperativa conseguiu uma liminar suspendendo a proibição e um acordo com o Ministério Público para proceder ao estudo de impacto ambiental. Posteriormente, em 2003, o Ministério Público Federal entrou na questão e produziu uma ação. Em 2005, a segunda decisão dada pelo TRF da 5ª Região ordenou a

retirada dos antigos taludes e a recuperação do mangue, baseada na resolução CONAMA 312/2002.

A cultura do camarão enquanto atividade econômica tem relevante importância para o desenvolvimento do Estado, seja pelo fator exportação, ajudando a equilibrar a balança comercial, seja pela geração de emprego, renda e oportunidades de outros negócios que se desenvolvem a partir desta atividade. No entanto, é necessário avaliar os impactos desta atividade no Estuário. Junto a esta avaliação deve-se dar destaque à interação entre esta atividade econômica e a implantação da ETE em São Gonçalo do Amarante.

Deverá também ser avaliado o recente impacto ambiental no estuário do rio Potengi (mortandade de peixes em agosto de 2007), que despertou a atenção de diversas entidades, destacando como sendo as maiores atividades poluidoras a carcinicultura, as indústrias e os esgotos domésticos lançados diretamente no rio. Deve-se, porém, advertir que também houve avanços nesta questão; entre as medidas positivas destaca-se a crescente ampliação do Sistema de Esgotamento Sanitário da cidade de Natal, a construção de Estações de Tratamento de Esgoto doméstico e a construção de Estações de Tratamento por parte de indústrias de Macaíba e Natal, que anteriormente despejavam seus efluentes diretamente no rio. Dentro deste contexto se encontraria a Estação de Tratamento de São Gonçalo aqui em análise.

6.2. Comentários acerca da revisão dos dados do projeto: população atual, saturação para as bacias E, F, K, comparativo com os dados do projeto original e possibilidades de ampliação da ETE

O RCA – Relatório de Controle Ambiental (2003) apresenta dados populacionais referentes ao ano de 1992 para as bacias E, F e K, fonte CAERN. O relatório cita ainda as populações de saturação dessas bacias estipuladas pela CAERN, que se configuram nas populações de projeto utilizadas no dimensionamento da ETE.

Com o objetivo de avaliar as populações de projeto, foram realizadas comparações, conforme expresso a seguir:

- A fim de verificar se as populações das bacias E, F, K em 1992 declaradaS pela CAERN eram corretas, projetaram-se seus valores para o ano 2000 (usando a taxa média de crescimento de Natal entre 1991 e 2000 – IBGE, valor de 1,8% a.a). Em seguida, com dados populacionais discriminados por

bairros publicados no censo demográfico do IBGE de 2000, foram recalculadas as populações dessas bacias (E, F, K) considerando que as populações das bacias eram proporcionais às áreas que estas ocupavam dentro dos bairros de Natal, utilizando-se de ferramentas SIG (Sistema de Informações Geográficas). Assim, realizou-se uma comparação entre a população no ano 2000 resultado da projeção dos dados demográficos relatados pela CAERN em 1992 e a população de 2000 recalculada no presente estudo, baseada no método de tabulação proporcional de áreas, conforme apresenta a Tabela 6.2-1. Observa-se desta Tabela que no projeto original houve uma sub-estimativa da população da bacia E, enquanto que para as bacias F, K e para o somatório total o erro relativo foi de cerca de 10%, considerado aceitável para fins práticos.

- Quanto à determinação da População de Saturação, esta foi recalculada no presente estudo utilizando-se o método da Taxa Decrescente de Crescimento. Estas taxas foram determinadas a partir de dados da população de Natal de 1980, 1991 e 2000 segundo IBGE e aplicadas para as projeções das populações das bacias E, F, K. Os valores da população de saturação recalculados no presente estudo foram então comparados com o valor da população de saturação utilizada no projeto original da ETE (estipulada pela CAERN), conforme ilustra a Tabela 6.2-2. Observa-se que houve discrepâncias nos resultados quando se analisam as bacias de forma individual, mas quando se analisa o somatório total, o erro relativo é de apenas 6,6%, aceitável para fins práticos. Como conclusão, a população total de saturação do projeto original e a recalculada no presente estudo demonstraram-se compatíveis, sendo esta população total de saturação a que interessa para o dimensionamento da ETE, objeto do presente estudo. Entretanto, as discrepâncias da população de saturação observadas individualmente para cada bacia (E, F, K) são importantes quando do dimensionamento dos canais da rede de esgotamento sanitário, principalmente nas bacias E e F, pois houve a sub-estimativa nesses casos, enquanto que no caso da bacia K houve super-estimativa, menos grave, uma vez que a estimativa foi conservadora e está a favor da segurança.

Tabela 6.2-1. Avaliação dos dados demográficos das bacias E, F e K

Bacia	População declarada pela CAERN 1992 (hab)	População CAERN/1992 projetada para 2000 (hab)*	População recalculada no presente estudo (hab)**	Erro relativo (ano 2000)
E	6.200	7.151	20.475	65,1%
F	21.465	24.758	27.370	9,5%
K	44.600	51.442	46.957	-9,6%
TOTAL	**72.265**	**83.351**	**94.802**	**12,1%**

** Utilizando-se a taxa média de crescimento de Natal entre 1991-2000, valor de 1,8% a.a*

*** Considerando que as populações das bacias eram proporcionais às áreas que estas ocupavam dentro dos bairros de Natal (uso de SIG)*

Tabela 6.2-2. Avaliação das estimativas da população de saturação das bacias E, F e K

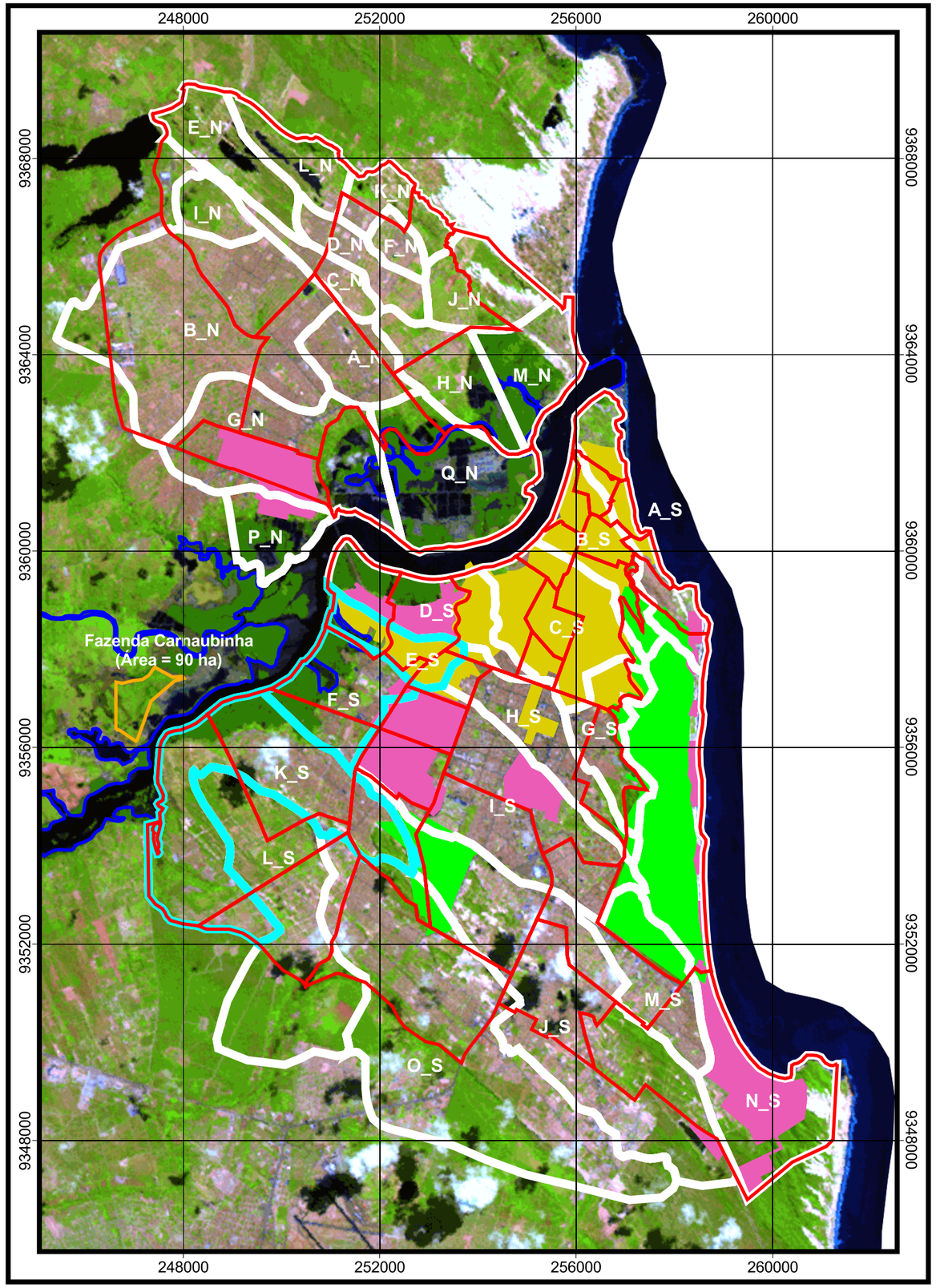
Bacia	População de saturação segundo projeto original (hab)*	População de saturação recalculada (hab)**	Erro relativo (ano 2000)
E	8.575	23.811	64,0%
F	24.875	31.829	21,8%
K	69.525	54.607	-27,3%
TOTAL	**102.975**	**110.247**	**6,6%**

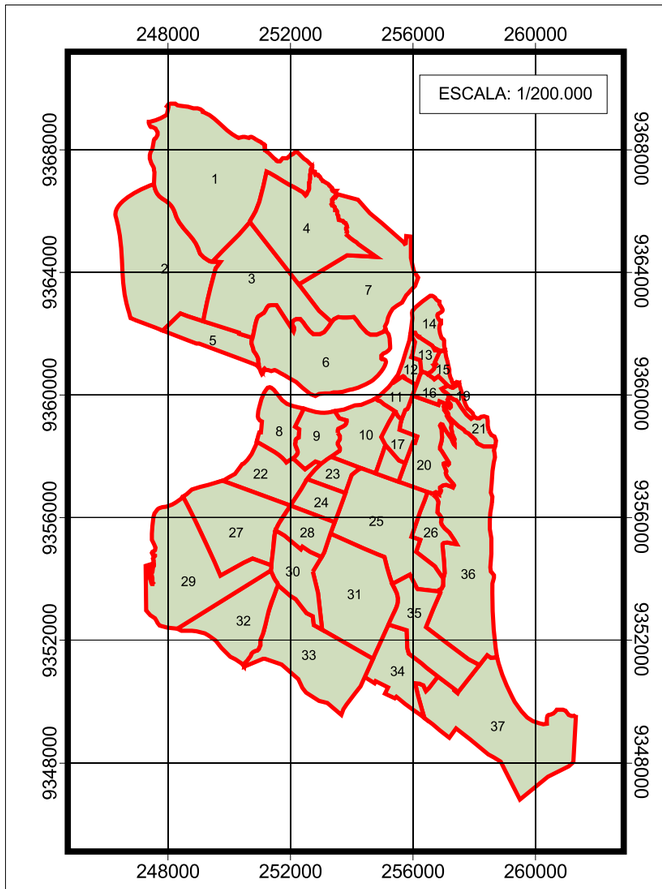
** Estipulada pela CAERN*

*** Usando método da Taxa Decrescente de Crescimento a partir de dados de 1980, 1991 e 2000 da cidade de Natal*

6.3. Delimitação em planta das três bacias de esgotamento e dos bairros beneficiados

A delimitação das Bacias E, F e K, assim como da Fazenda Carnaubinha no contexto dos bairros e das bacias de esgotamento sanitário de Natal encontra-se apresentado na Figura 6.3-1.





LISTAGEM DOS BAIRROS DE NATAL

1	Lagoa Azul
2	N. S. da Apresentação
3	Potengi
4	Pajuçara
5	Igapó
6	Salinas
7	Redinha
8	Nordeste
9	Quintas
10	Alecrim
11	Cidade Alta
12	Ribeira
13	Rocas
14	Santos Reis
15	Praia do Meio
16	Petrópolis
17	Barro Vermelho
18	Lagoa Azul
19	Areia Preta
20	Tirol
21	Mãe Luiza
22	Bom Pastor
23	Dix Sept Rosado
24	N. S. Nazaré
25	Lagoa Nova
26	Nova Descoberta
27	Felipe Camarão
28	Cidade da Esperança
29	Guarapes
30	Cidade Nova
31	Candelária
32	Planalto
33	Pitimbu
34	Neópolis
35	Capim Macio
36	Parque das Dunas

N

Projeção Universal
Transversa de Mercator - UTM
Datum: SAD/69 - Zona: 25M

1 0 1 2 3 4

Quilômetros

Escala:1/100.000

LEGENDA

- Bacias do sistema de esgotamento sanitário de Natal (cor branca)
- Bairros de Natal
- Área atendida por rede coletora e sistema de tratamento
- Área atendida por rede coletora
- Área de preservação

AID - Área de Influência Direta

- Fazenda Carnaubinha (Área de 90 ha)
- Estuário do Potengi
- Bacias E, F e K - Sul

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE - CAERN

COMPLEMENTAÇÃO DO ESTUDO AMBIENTAL PARA IMPLANTAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DOS ESGOTOS DAS BACIAS E, F, K

CONTEÚDO:

Figura 6.3-1. Mapa de Delimitação da Fazenda Carnaubinha e das Bacias E, F, K no contexto dos Bairros e Bacias de Natal

DATA:

OUTUBRO/2007

6.4. Descrição dos aspectos técnico-operacionais da Estação de Tratamento de Esgotos

As informações contidas neste capítulo constam no Relatório de Controle Ambiental, elaborado pela empresa PLANOAMBIENTAL em Agosto de 2003, e no Parecer Técnico da CAERN de Agosto de 2004.

6.4.1. População e Alcance dos Estudos

As populações de projeto consideradas na estimativa das vazões de contribuição foram comentadas no item 6.2.

6.4.2. Horizonte de Planejamento

A concepção de um sistema de esgoto deve levar em conta que o horizonte de planejamento pode ser diferente para as diferentes unidades, de acordo com suas possibilidades de expansão. Por essa razão, foram feitas as seguintes considerações para o dimensionamento das unidades:

- Sistema de coleta: atende as bacias E, F e K, e foi dimensionada para a saturação destas bacias;
- Emissários de transporte: Saturação de todas as bacias, ou seja, bacias E, F, K e I;
- Estações elevatórias: As estações elevatórias foram dimensionadas para a situação de saturação das bacias, modelando-se as instalações dos equipamentos hidráulicos e eletromecânico, das grandes elevatórias, para o horizonte de 10 anos e de saturarão;
- Estações de tratamento: Foi considerada a situação de saturação das bacias E, F e K na primeira etapa, e na segunda etapa o atendimento da Bacia I.

6.4.3. Ramais Condominiais

Os parâmetros e as características seguintes foram estabelecidos:

- Diâmetros mínimos dos ramais: 100 mm
- Declividade mínima: 0,006 m/m
- Profundidade mínima de assentamento: 0,4 m

6.4.4. Rede Pública

O recebimento dos esgotos dos ramais condominiais será feito pela rede coletora básica. Os parâmetros e as características seguintes foram estabelecidos para o dimensionamento da rede publica:

- Vazão de dimensionamento (vazão horária máxima). ($Q_{s.h} = Q_{s.h} + Q_i$)
- Diâmetro mínimo: 150 mm
- Profundidade mínima de assentamento: 1,0 m
- Distância máxima entre dois poços de visita: 100 m
- Declividade mínima: $0,0055*Q_{MAX}\,(l/s)^{-0,47}$
- Declividade máxima: $4,5*Q_{MAX}\,(l/s)^{-0,67}$
- Declividade mínima D = 150 mm: 0,0045 m/m
- Lâmina líquida para a vazão máxima saturada: >= 0,75 * D
- Tensão trativa: >= 1,0 Pa

As tubulações deverão ser em manilha de grês cerâmico ou em tubos de PVC rígido com junta elástica. A partir do diâmetro de 500 mm, tubos de concreto armado serão utilizados.

6.4.5. Estações Elevatórias

Podem-se distinguir no projeto as grandes estações elevatórias, responsáveis pelo recalque dos esgotos de uma ou mais bacias inteiras, e as pequenas estações elevatórias nas sub-bacias.

As estações elevatórias serão projetadas com grade de barras e caixa de areia. Esse tipo de construção é necessário para proteção das bombas da areia existentes em toda zona do projeto.

Os parâmetros e as características seguintes foram adotados para o pré-dimensionamento das estações elevatórias:

- Vazão de bombeamento: $Q_{\,l\ bomba} = 2*\ Q_{med}.h$
- Numero de unidades (uma de reserva): >= 2

- Caixa de areia: v = 0,3 m/s
- Taxa de escoamento superficial: 700 a 1.600 m³/m²/dia

6.4.6. Estação de Tratamento dos Esgotos

O dimensionamento de todas as unidades da estação de tratamento depende em substância dos parâmetros seguintes:

Lagoas facultativas e aeradas:

- DBO_5: 40 g/hab./dia
- Carga superficial: 371 kg/hab./dia
- Profundidade d'água: 1,5 m
- Profundidade total: 2,0 m
- Declive dos taludes: 1/2

Lagoas de maturação:

- Tempo de detenção: 5 dias
- Profundidades: dito lagoas facultativas
- Declividade dos taludes: 1/2

Em princípio, a construção das lagoas pode-se realizar com diques ou por escavação no terreno. A impermeabilização do solo e dos taludes deve ser assegurada, eventualmente (dependendo do caso) por uma camada de argila de 20 cm. Para evitar erosões causadas por chuvas, a parte superior dos taludes receberá uma proteção em concreto.

6.4.7. Vazões do Projeto

As vazões de dimensionamento calculam-se da maneira seguinte:

- $Q_{max} = 1,5 * 1,2 * 0,8 * q\ a.d * P / 86.400 + 0,5 * L + Q_{part}$
- $Q_{med} = 1,0 * 0,8 * q\ a.d * P / 86.400+0,5*L$
- $Q_{min} = 0,5 * 0,8 * q\ a.d. P / 86.400 + 0,5 * L$

Em que:

- Q_{max} = Vazão máxima horária em (L/s);
- Q_{med} = Vazão média em (L/s);
- Q_{min} = vazão mínima em (L/s);
- Q_{part} = Vazões de indústrias, comércios etc.
- q a.d = Consumo d'água em (L/hab./dia)
- p = População em (hab.);
- L = Comprimento rede em (km);

Os valores de dimensionamento do projeto são resumidos na Tabela 6.4-1.

Tabela 6.4-1. Vazões de Dimensionamento

Bacia	Vazão Máxima (L/s)		Vazão Média (L/s)		Vazão Média (m³/dia)	
	Atual	Saturada	Atual	Saturada	Atual	Saturada
E	133,5	166,0	78,3	103,0	6.770	8.330
F	87,5	101,0	45,4	52,4	3.980	4.510
K	187,0	259,2	89,7	139,8	8.040	12.030
I	292,1	673,0	179,2	390,8	15.480	33.770

Fonte: Parecer Técnico da CAERN, agosto de 2004.

As duas vazões médias não concordam exatamente por causa das águas de infiltração que são mais elevadas na estação de tratamento do que nas estações elevatórias intermediárias. Os valores indicados em (l/s) serão assim adotados para o dimensionamento das estações elevatórias e os valores em (m^3/d) para o tratamento dos esgotos.

6.4.8. Sistema de Tratamento de Esgotos

O RCA e o Parecer Técnico elaborado pela CAERN apontaram como alternativa para o esgotamento das bacias E, F e K a construção de um sistema que realizaria o tratamento dos esgotos por meio de uma lagoa facultativa e duas de maturação, na 1ª Etapa do projeto, e a ampliação para duas lagoas facultativas e quatro de maturação na 2ª Etapa, que prevê o tratamento dos efluentes da bacia I. Este sistema estaria localizado na margem esquerda do rio Jundiaí, nas proximidades de sua confluência com o rio Potengi.

Os estudos citados prevêem também a implantação de duas estações elevatórias, que com suas respectivas linhas de recalque, terão a função de vencer os desníveis geométricos oriundos da topografia do terreno.

A estação elevatória EE3 será responsável pelo recalque das contribuições referentes às bacias E e F até o "Stand Pipe", localizado em um sítio elevado. O recalque se fará através de um emissário de 1.010 m de extensão e 500 mm de diâmetro. Os efluentes acumulados no "Stand Pipe" seguem por um trecho gravitário de 3.750 m de comprimento e 600 mm de diâmetro até a caixa de transição, localizada na margem direita do rio Jundiaí.

A bacia K possui sua própria estação elevatória EE-4, que recalcará os esgotos desta bacia diretamente para a caixa de transição, através de um emissário de 2.435 m de extensão e 500 mm de diâmetro. A Tabela 6.4-2 resume as características técnicas de cada estação elevatória.

Tabela 6.4-2. Características Técnicas das Estações Elevatórias

EE	Etapa 1 (Bacias E, F e K)				Etapa 2 (Bacias E, F, K e I)			
	Vazã Max. B.1 (l/s)	Altura Man. (m)	Bombas (Nº)	Energia (KWh/d)	Vazã Max. B.2 (l/s)	Altura Man. (m)	Bombas Adicionais (Nº)	Energia (KWh/d)
EE-3	220,90	29,80	2+1	1.200	267,00	29,80	-	1.500
EE-4	187,00	42,80	3+1	1.500	259,20	42,80	-	2.100

Fonte: Parecer Técnico da CAERN, agosto de 2004.

A partir da caixa de transição, os efluentes seguem para outra caixa localizada na margem esquerda do Jundiaí e depois são transportados para as lagoas de tratamento.

Na 1ª Etapa do projeto, os esgotos são tratados através de uma série de lagoas, sendo uma facultativa e duas de maturação. A 2ª Etapa do projeto prevê uma ampliação da ETE, de forma que uma derivação partirá da caixa de transição localizada na margem esquerda do Jundiaí, despejando os esgotos em outra série de lagoas, constituída de mais uma lagoa facultativa e mais duas de maturação. Após o tratamento nas lagoas, os efluentes serão despejados no estuário do Potengi. As características das lagoas empregadas no tratamento são especificadas na Tabela 6.4-3.

Tabela 6.4-3. Características das Lagoas de Tratamento

Estação de Tratamento	Etapa 1 (Bacias E, F e K)			Etapa 2 (Bacias E, F, K e I)		
	Lagoa (nº)	Superfície (ha)	Volume (m³)	Lagoa (nº)	Superfície (ha)	Volume (m³)
Lagoa Facultativa	1	7,1	106.500	1	2,7	40.500
Lagoa de Maturação	2	4,2	63.000	2	1,3	19.500

Fonte: Parecer Técnico da CAERN, agosto de 2004.

6.5. Cronograma físico de implantação e estimativa de custos

Este capítulo apresenta estimativas dos custos envolvidos na construção do empreendimento com base no Parecer Técnico de Agosto de 2004 elaborado pela CAERN.

Considerando um grau de atendimento de 100%, os custos com ligações foram estimados em R$ 4.729.530,00, referentes à instalação de 20.100 ligações a R$ 235,30 cada uma, considerando o valor do real em julho de 2007.

As Tabelas 6.5-1, 6.5-2 e 6.5-3 apresentam os custos de construção das bacias F e K, bem como os gastos com obras diversas. Os custos incluem as taxas de Bonificação de Despesas Indiretas, tendo sido aplicada um valor de 30% para estas.

Os valores mostrados nas tabelas mencionadas foram baseados nos custos, expressos em dólar, apresentados pela CAERN em seu Parecer Técnico de Agosto de 2004. Estes custos foram convertidos para real e corrigidos pelo INCC (Índice Nacional da Construção Civil) utilizando os índices referentes aos meses de Agosto/2004 e Junho/2007.

Os custos de construção das diferentes unidades do sistema de esgoto estão resumidos na Tabela 6.5-4.

A Tabela 6.5-5 apresenta uma estimativa dos custos adicionais, contemplando gastos envolvidos na elaboração do projeto executivo, na execução dos ramais condominiais, na supervisão da obra e nas despesas relacionadas à consultoria.

O cronograma físico apresenta as atividades e os tempos de execução em anos, sendo mostrado na Tabela 6.5-6.

O total de custos para a execução do empreendimento é apresentado na tabela 6.5-7.

Tabela 6.5-1 Custo de Construção da Bacia F

Custo de Construção em R$ (06/2007)				
Bacia "F"	**Obras Civis**	**Material**	**Equipamento**	**Total**
Sub-Bacia 01				
Interligações	29.863	50.849	0	80.712
Ramais Condominiais	107.780	66.061	0	173.841
Rede	122.435	88.658	0	211.093
Estação Elevatória EE 01	149.155	31.275	60.146	240.576
Emissário	12.131	25.779	0	37.911
Sub-total	**421.365**	**262.623**	**60.146**	**744.133**
Sub-Bacia 02				
Interligações	63.556	108.222	0	171.778
Rarnais Condominiais	229.390	140.594	0	369.983
Rede	274.052	175.214	0	449.265
Estação Elevatória EE 02	153.163	32.115	61.760	247.038
Emissário	5.756	14.799	0	20.555
Sub-total	**725.917**	**470.943**	**61.760**	**1.258.620**
Sub-Bacia 03				
Interligações	280.351	477.354	0	757.706
Ramais Condominiais	1.011.828	620.153	0	1.631.981
Rede	1.189.015	792.677	0	1.981.691
Estação Elevatória EE 03	424.062	344.551	114.850	883.464
Emissário	372.814	1.061.085	0	1.433.899
Sub-total	**3.278.070**	**3.295.820**	**114.850**	**6.688.740**
Diversos	138.219	0	0	138.219
Total da Bacia "F"	**4.563.570,18**	**4.029.385,98**	**236.756,73**	**8.829.712,89**

Tabela 6.5-2. Custos de Construção da Bacia K

Custo de Construção em R$ (06/2007)				
Bacia "K"	**Obras Civis**	**Material**	**Equipamento**	**Total**
Sub-Bacia 01				
Interligações	70.731	115.401	0	186.132
Ramais Condominiais	168.379	232.521	0	400.900
Rede	345.634	141.173	0	486.807
Estação Elevatória EE 01	147.096	49.032	61.934	258.062
Emissário	19.002	92.782	0	111.784
Sub-total	**750.842**	**630.908**	**61.934**	**1.443.684**
Sub-Bacia 02				
Interligações	212.281	346.351	0	558.631
Ramais Condominiais	661.763	541.443	0	1.203.206
Rede	1.081.166	379.870	0	1.461.036
Estação Elevatória EE 02	174.533	67.126	93.980	335.639
Emissário	28.820	233.173	0	261.993
Sub-total	**2.158.563**	**1.567.962**	**93.980**	**3.820.505**
Sub-Bacia 03				
Interligações	226.407	369.404	0	595.811
Ramais Condominiais	718.640	564.644	0	1.283.285
Rede	685.642	872.632	0	1.558.274
Estação Elevatória EE 03	159.611	69.830	103.085	332.525
Emissário	39.185	240.695	0	279.880
Sub-total	**1.829.484**	**2.117.206**	**103.085**	**4.049.775**
Sub-Bacia 04				
Interligações	905.543	1.477.464	0	2.383.007
Ramais Condominiais	2.874.274	2.258.357	0	5.132.631
Rede	3.677.163	2.555.318	0	6.232.481
Estação Elevatória EE 04	343.972	335.972	119.991	799.935
Emissário	426.900	1.819.949	0	2.246.848
Sub-total	**8.227.853**	**8.447.059**	**119.991**	**16.794.903**
Diversos	41.180	0	0	41.180
Total da Bacia "K"	**13.007.921,21**	**12.763.134,90**	**378.990,33**	**26.150.046,44**

Tabela 6.5-3. Custos com Obras Diversas

Custo de Construção em R$ (06/2007)				
Obras Diversas	**Obras Civis**	**Material**	**Equipamento**	**Total**
EE - Bacia E	467.584	378.049	149.231	994.864
Emissário	117.678	334.925	-	452.603
Sub-total	**585.261**	**712.974**	**149.231**	**1.447.467**
Stand-Pipe - SP	31.550	51.475	-	83.025
Sub-total	**31.550**	**51.475**	**-**	**83.025**
Emissário de Gravidade SP-Rio	877.910	2.780.048	-	3.657.958
Sub-total	**877.910**	**2.780.048**	**-**	**3.657.958**
Estação de Tratamento	12.811.573	817.761	-	13.629.334
Sub-total	**12.811.573**	**817.761**	**-**	**13.629.334**
Travessia	342.582	1.084.840	-	1.427.422
Sub-total	**342.582**	**1.084.840**	**-**	**1.427.422**
TOTAL	**14.648.877**	**5.447.099**	**149.231**	**20.245.207**

Tabela 6.5-4. Resumo dos Custos de Construção do Sistema de Esgoto

Custo de Construção em R$ (06/2007)				
Sistema Projetado	**Obras Civis**	**Material**	**Equipamento**	**Total**
Bacia "F"	4.563.570	4.029.386	236.757	8.829.713
Bacia "K"	13.007.921	12.763.135	378.990	26.150.046
Obras diversas	14.648.877	5.447.099	149.231	20.245.207
TOTAL	**32.220.368**	**22.239.620**	**764.978**	**55.224.966**

Tabela 6.5-5. Custos Adicionais

Custo de Construção em R$ (06/2007)				
Discriminação	**Unidade**	**Quantidade**	**Custos Unitários**	**Total**
Projeto Executivo				
Estudos, Edital, Licitação e Julgamento	-	1	1.680.159	1.680.159
Sub-Total 1				**1.680.159**
Ramal Condominial				
Engenheiro	mês	76	7.964	605.296
Assistente Social	mês	68	6.516	443.111
Aux. Engenharia	mês	214	4.344	929.664
Estagiário	mês	319	400	127.600
Desenhista	mês	11	4.344	47.786
Motorista	mês	90	2.715	244.363
Veículos	mês	90	2.534	228.072
Diversos	diversas			0
Sub-Total 2				**2.625.892**
Supervisão Obras				
Engenheiro	mês	21	7.964	167.253
Aux. Engenharia	mês	84	4.344	364.915
Estagiário	mês	210	362	76.024
Motorista	mês	21	2.715	57.018
Veículo	mês	21	2.534	53.217
Sub-Total 3				**718.426**
Consultoria				6.528.620
TOTAL				**11.553.097**

Tabela 6.5-6. Cronograma Físico

Discriminação	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4
Projeto Executivo	80%	20%		
Estações Elevatórias				
Obras Civis		50%	50%	
Material Hidráulico		50%	50%	
Equipamento		50%	50%	
Estação de Tratamento				
Obras Civis		50%	50%	
Material Hidráulico		50%	50%	
Emissário				
Obras Civis		50%	50%	
Material Hidráulico	30%	70%		
Rede Coletora				
Obras Civis		37%		63%
Material Hidráulico	30%	70%		
Ramal Condoninial				
Projeto	35%	65%		
Obras Civis		37%		63%
Material Hidráulico	30%	70%		
Supervisão das Obras		43%		57%
Consultoria	27%	36%		36%

Tabela 6.5-7. Custos Totais

Discriminação	Custos em R$*
Custo de Construção	55.224.966
Acompanhamento	11.626.309
Imprevistos	5.544.855
TOTAL	**72.396.130**

* Referentes ao Valor do Real em julho de 2007

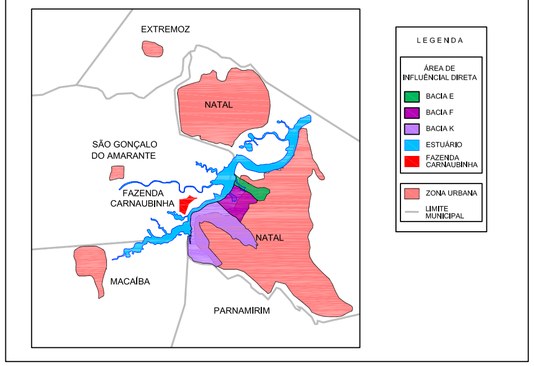
7. PLANTA PLANI-ALTIMÉTRICA

O local das obras de implantação da ETE das bacias E, F e K, a Fazenda Carnaubinha, foi objeto de levantamentos topográficos de forma a conferir as cotas reais da área de implantação da ETE. O estudo confirmou as estimativas anteriores que apontavam para uma área com cotas inferiores a 5 m, sujeitas a freqüentes inundações. A Figura 7.1 apresenta a Planta Plani-altimétrica da área em estudo.

Conjuntamente com o levantamento topográfico foram feitas medições de profundidade do lençol freático, que correspondem ao comportamento do mesmo nos meses de estiagem. Na época do levantamento (mês de dezembro) esses níveis se encontravam em consonância com os níveis médios observados no rio Jundiaí, a escassos metros da superfície. Observou-se que a camada superior de solo é composta por material silto-argiloso praticamente impermeável e insensível às variações diárias de níveis do rio pelo efeito da maré.



LOCALIZAÇÃO DAS BACIAS E, F, K NO CONTEXTO DO MUNICÍPIO DE NATAL

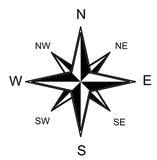


LEGENDA

- **Fazenda Carnaubinha**
- **Área das Lagoas de Estabilização**
- **TQ - Tanque/viveiro de carcinicultura**
- **Curva de Nível Mestra**
- **Curva de Nível Intermadiária**

COORDENADAS
DA FAZENDA CARNAÚBINHA

Vértice	Coordenada (E)	Coordenada (N)
01	246626.9062	9357333.3013
02	246679.1783	9357316.9144
03	246752.6027	9357301.5206
04	247000.3991	9357361.0366
05	247155.7985	9357382.4824
06	247290.9985	9357461.8988
07	247417.7546	9357634.7532
08	247567.6629	9357546.3037
09	247782.0777	9357434.6986
10	247916.2452	9357441.6809
11	247970.9298	9357444.9689
12	248019.0845	9357402.1987
13	247822.0274	9357357.9861
14	247335.2788	9356943.5342
15	247316.4023	9356880.1351
16	247060.6648	9356144.6703
17	247035.2642	9356125.9689
18	246692.1238	9356351.5791
19	246626.9062	9356357.0352



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVESA DE MERCATOR

DATUM VERTICAL: IMBITUBA/SANTA CATARINA

DATUM HORIZONTAL: SAD-69

ORIGEM DA QUILOMETRAGEM UTM "EQUADOR E MERIDIANO -33° WGR"

ACRECIDAS AS CONSTANTES 10.000 KM E 500 KM, RESPECTIVAMENTE.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte - CAERN

COMPLEMENTAÇÃO DO ESTUDO AMBIENTAL PARA IMPLANTAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DOS ESGOTOS DAS BACIAS E, F, K

CONTEÚDO:

Planta Plani-altimétrica da Área em Estudo

PRANCHA:	ESCALA:	DATA:
7.1	1/5.000	Dezembro/2007

8. CARACTERÍSTICA DOS SOLOS

8.1. Taxa de Absorção do Solo

O ensaio de “taxa de absorção do solo” para o local de implantação da ETE das bacias E, F, K de Natal (Fazenda Carnaubinha) foi realizado por meio de experimento “in situ” em 12/12/07.

Primeiramente fez-se o reconhecimento do local, tendo sido observada uma vegetação típica de áreas ribeirinhas, com exuberância de carnaúbas, xiquexiques e gramíneas (Figura 8.1). O solo local apresenta característica aluvionares, composto predominante de partículas de granulometria fina (argila), fortemente impermeáveis.



Figura 8.1. Características da paisagem e vegetação do local em que foi realizado o ensaio de “taxa de absorção do solo” na Fazenda Carnaubinha

A NBR – 7229/93 prescreve dois métodos para determinação da taxa de absorção do solo. Um deles é baseado nas experiências de Ryon e deve ser feito no terreno, sempre no próprio local de interesse e na profundidade prevista.

Para possibilitar a execução do teste, executa-se previamente uma escavação no solo com 30 cm de lado e 40 cm de altura (conforme Figura 8.2a). O fundo da escavação deve ser preenchido com 10 cm de pedra britada nº 1, restando então 30 cm de altura livre. Enche-se essa escavação com água até a altura de 15 cm e anota-se o tempo gasto para que a água infiltre e desça para o nível de 14 cm de altura.

Caso esse tempo seja menor do que três minutos, deve-se repetir o teste 5 vezes, sempre anotando o tempo gasto para que a água infiltre 1 cm no solo, adotando-se o menor valor de taxa obtida nos cinco testes. A taxa de infiltração no solo

pode ser estimada por um ábaco apresentado na Figura 8.2b. Deve-se entrar no ábaco com o valor do tempo consumido para que a água infiltre 1 cm no solo, obtendo-se diretamente a taxa correspondente.

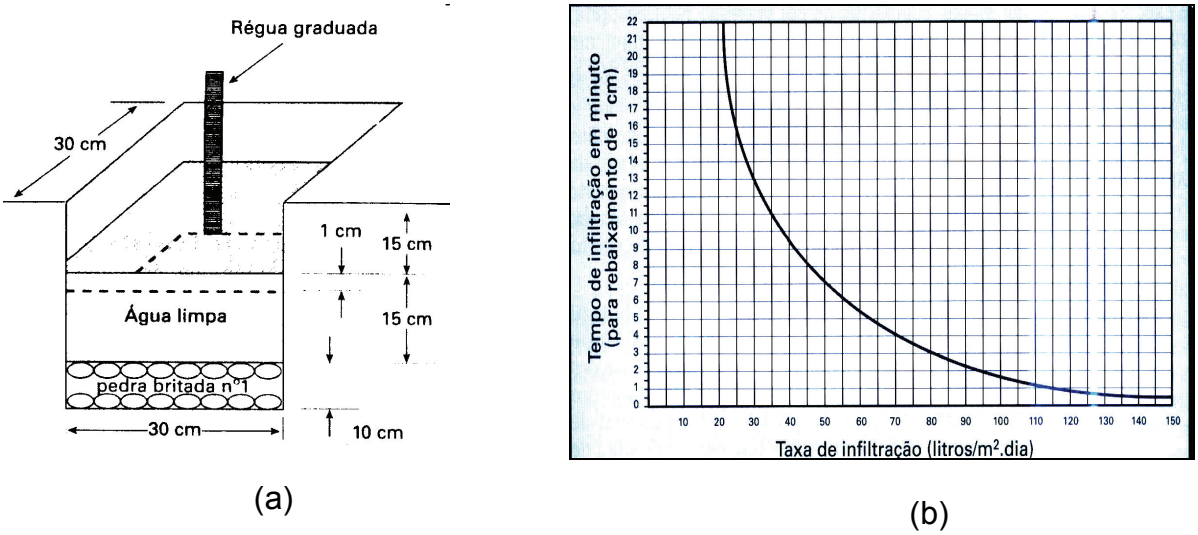


Figura 8.2. Esquema da Escavação para o Teste (a) e Ábaco para Cálculo da Taxa de Infiltração/Absorção (b). Fonte: NBR – 7229 (ABNT, 1993)

A preparação e a execução do ensaio seguiram os procedimentos normatizados descritos anteriormente, sendo ilustradas a seguir na Figura 8.3.



Figura 8.3. Etapas de preparação e de execução do ensaio de taxa de absorção do solo

Foi realizada uma primeira medição (início as 09:00 horas) tendo-se registrado um total de 5 minutos para o rebaixamento do nível da água em 1 cm, o que correspondeu, na situação inicial, a uma taxa de infiltração de 65 L/m²/dia. Em seguida, a escavação foi preenchida novamente com água até atingir o nível de 15 cm da régua e repetido o experimento. Verificou-se que mesmo após 5 horas não mais se atingiu o

rebaixamento de 1 cm, o que indica que a taxa de infiltração é inferior a 20 L/m²/dia em condições próximas à saturação, e que esta ocorre rapidamente.

8.2. Coeficiente de Permeabilidade

O coeficiente de permeabilidade é a grandeza que mede a facilidade com que um fluído escoa através de um meio poroso. Seu valor depende da viscosidade do fluído, do índice de vazios, do grau de saturação, do tamanho e da forma das partículas, etc.

Sua determinação baseia-se na lei de Darcy para escoamento laminar, segundo a qual a velocidade de percolação é diretamente proporcional ao gradiente hidráulico, e pode ser feita em laboratório por permeâmetros (carga constante ou carga variável).

O conhecimento do coeficiente de permeabilidade é importante em problemas de drenagem, percolação, rebaixamento de nível d'água, recalques, etc.

Foram identificados dados do coeficiente de permeabilidade medidos através de ensaio "Le Frank" para amostras de solo da região de Pitangui, ao norte da cidade de Natal, e em Macaíba, a oeste da capital potiguar, que podem ser tomados como base para estimativa de valores médios regionais. Os resultados dos ensaios encontram-se apresentados nas Figuras 8.4 e 8.5.

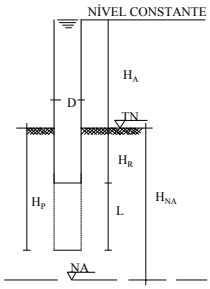
Observa-se que os valores do coeficiente de permeabilidade variaram desde $7{,}5 \times 10^{-4}$ cm/s a $2{,}1 \times 10^{-2}$ cm/s em Pitangui, enquanto em Macaíba foi observado um coeficiente de $3{,}2 \times 10^{-3}$ cm/s, sendo a média dos onze ensaios de $5{,}6 \times 10^{-3}$ cm/s. Entretanto, vale ressaltar que o material encontrado no local da ETE Fazenda Carnaubinha era argiloso, e que a ordem de grandeza do coeficiente de permeabilidade de solos dessa natureza varia de 10^{-6} a 10^{-9} cm/s.

ENSAIO DE PERMEABILIDADE "IN SITU" CARGA CONSTANTE (LE FRANC)

REF-143.234/06

CLIENTE: ACQUATOOL
OBRA: PROJETO PITANGUI RN
LOCAL: PITANGUI/RN

ESTACA:
FURO: SP-01a SP-09
DATA: 14/8/2007



K - COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE		(cm/s)
Q - DESCARGA D'ÁGUA		(cm^3/s)
D - DIÂMETRO DO FURO	7,62	(cm)
L - COMPRIMENTO ENSAIADO		(cm)
H_A - ALTURA DO NÍVEL CONSTANTE		(cm)
H_R - PROFUNDIDADE REVESTIDA		(cm)
H_P - PROFUNDIDADE DO FURO		(cm)
H_{NA} - PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA	500	(cm)
H_C - CARGA PIEZOMÉTRICA		(cm)

ENSAIO Nº	PROFUND. (cm)	Q (cm^3/s)	L (cm)	H_A (cm)	H_P (cm)	H_R (cm)	H_C (cm)	K (cm/seg)
1	100	32,71	50	50	100	50	125	2,1E-03
2	100	78,63	50	50	100	50	125	5,2E-03
3	100	88,07	50	50	100	50	125	5,8E-03
4	100	316,11	50	50	100	50	125	2,1E-02
5	100	70,46	50	50	100	50	125	4,6E-03
6	100	25,16	50	50	100	50	125	1,7E-03
7	100	11,47	50	50	100	50	125	7,5E-04
8	100	106,15	50	50	100	50	125	7,0E-03
9	100	69,98	50	50	100	50	125	4,6E-03

PERMEABILIDADE MÉDIA (K) 5,82E-03

$$K = \frac{Q}{2\,\pi .\, L.Hc} . \text{Ln}\,\frac{2\,L}{D}$$

$$H_C = H_A + H_R + \frac{L}{2} \quad \text{(ACIMA DO NA)}$$

$$H_C = H_A + H_{NA} \quad \text{(ABAIXO DO NA)}$$

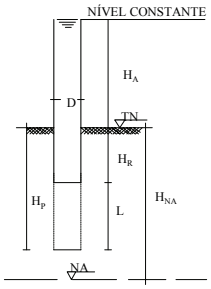
Figura 8.4. Resultados do Ensaio de Permeablidade “in situ” Carga Constante “Le Frank”, na Região de Pitangui, ao norte da Cidade de Natal

ENSAIO DE PERMEABILIDADE "IN SITU" CARGA CONSTANTE (LE FRANC)

REF-143.234/06

CLIENTE: KL SERVIÇOS E ENGENHARIA S/S LTDA
OBRA: BARRAGEM TABATINGA
LOCAL: MACAÍBA/RN

ESTACA: 29 (40m Jusante)
FURO: SM-11
DATA: 12/1/2007



K - COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE		(cm/s)
Q - DESCARGA D'ÁGUA		(cm^3/s)
D - DIÂMETRO DO FURO	7,62	(cm)
L - COMPRIMENTO ENSAIADO		(cm)
H_A - ALTURA DO NÍVEL CONSTANTE		(cm)
H_R - PROFUNDIDADE REVESTIDA		(cm)
H_P - PROFUNDIDADE DO FURO		(cm)
H_{NA} - PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA	75	(cm)
H_C - CARGA PIEZOMÉTRICA		(cm)

ENSAIO Nº	PROFUND. (cm)	Q (cm^3/s)	L (cm)	H_A (cm)	H_P (cm)	H_R (cm)	H_C (cm)	K (cm/seg)
1	100	48,75	50	50	50	50	125	3,2E-03

PERMEABILIDADE MÉDIA (K) **3,20E-03**

$$K = \frac{Q}{2\pi . L.Hc} . Ln \frac{2L}{D}$$

$$H_C = H_A + H_R + \frac{L}{2} \quad \text{(ACIMA DO NA)}$$

$$H_C = H_A + H_{NA} \quad \text{(ABAIXO DO NA)}$$

Figura 8.5. Resultados do Ensaio de Permeablidade "in situ" Carga Constante "Le Frank" no município de Macaíba, a oeste da Cidade de Natal

9. ESTUDO HIDROLÓGICO

A bacia hidrográfica do Rio Potengi apresenta uma área de pouco mais de 4.550 km², distribuída espacialmente por, pelo menos, 20 municípios do Estado do Rio Grande do Norte, destacando-se dentre eles, Natal, Ceará-Mirim, São Gonçalo do Amarante, Macaíba, Extremoz e São Paulo do Potengi, dadas as suas relevâncias sócio-econômicas para o Estado.

Sua nascente encontra-se no município de São Tomé, nas Serras da Velha Ana, São Francisco, do Buriti, dentre outras elevações do terreno, que delimitam parte do divisor topográfico de águas entre a bacia do Rio Potengi e as bacias dos Rios Trairí e Piranhas – Açu.

O Rio Potengi tem como principal afluente da margem direita o Rio Jundiaí, o qual apresenta suas cabaceiras na Serra da Tapuia, nas proximidades do município de Sítio Novo. A bacia do Rio Jundiaí drena uma área de 741 km² até a confluência com o Rio Potengi, percorrendo uma extensão de mais de 80 km, sendo que o trecho final é de características estuarinas.

O substrato presente na bacia hidrográfica do Rio Potengi é, predominantemente, de formação cristalina, constituído por rochas ígneas e metamórficas da formação Borborema. Somente a parte baixa da bacia hidrográfica do Rio Potengi, a partir dos municípios de Ceará-Mirim, Macaíba e São Gonçalo do Amarante, apresenta substrato de origem sedimentar, com afloramento do grupo Barreiras e de depósitos aluvionares e colúvio-eluviais.

O regime das precipitações é marcado pela atuação de dois sistemas meteorológicos predominantes na formação das chuvas, quais sejam: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e Perturbações de Ondas de Leste (ZIL).

A Zona de Convergência Intertropical é formada pela confluência dos ventos alísios do Hemisfério Norte (alísios de nordeste) e os do Hemisfério Sul (alísios de sudeste). A confluência resulta em movimentos ascendentes de ar com alto teor de vapor d'água. Ao subir na atmosfera, o vapor d'água se resfria e condensa, dando origem ao aparecimento de nuvens numa faixa que é conhecida como tendo a mais alta taxa de precipitação do Globo

Terrestre. A ZCIT é responsável pelas chuvas precipitadas nos meses de fevereiro, março e abril.

As Perturbações de Ondas de Leste são, em geral, de pequenas amplitudes, observadas nos ventos alísios e atuam num período que vai de maio a agosto. O deslocamento dessas ondas, associadas a conglomerados convectivos, ocorre de leste para oeste a partir do Oceano Atlântico até atingirem o litoral oriental da região nordeste. Apesar da sua pequena amplitude, as ondas de leste podem produzir chuvas intensas e inundações e, em alguns casos, penetram até 300 km continente adentro. As perturbações de ondas de leste são muito freqüentes em alguns anos e a intensidade e freqüência dessas perturbações dependem da temperatura da superfície do mar, do cisalhamento meridional do vento, e da circulação troposférica no Atlântico tropical.

No restante dos meses, atuam fenômenos meteorológicos cujas forças de atuações não são suficientes para garantir a formação de um sistema chuvoso prolongado, havendo tão somente, a formação de precipitações isoladas. Assim, a associação de um substrato de origem cristalina, juntamente com a atuação concentrada de fenômenos meteorológicos responsáveis pela ocorrência das chuvas em um período não superior a seis meses, faz com que o Rio Potengi apresente em seu médio – alto curso, bem como nos afluentes que neste deságuam, características de intermitência.

Nesses rios, os escoamentos superficiais são observados apenas no período das chuvas (devido ao escoamento superficial direto das chuvas e do escoamento hipodérmico decorrente do acumulo de águas nas camadas superiores do solo), cessando pouco tempo depois de terminada a quadra chuvosa.

Por outro lado, a presença de um substrato de origem sedimentar no baixo curso do Rio Potengi garante que seu leito e os de seus afluentes sejam perenizados, já que os aqüíferos abastecem o escoamento superficial nessa porção da bacia hidrográfica do Rio Potengi, ou pela surgência pontual de águas subterrâneas, ou pela descarga difusa proveniente do escoamento de base. Há ainda a influência da maré na parte estuarina do Rio Potengi, uma vez que seus efeitos são observados até a cidade de Macaíba, distante cerca de 20 km da foz do rio.

9.1. Registros das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Potengi

A determinação da altura pluviométrica precipitada na bacia hidrográfica do Rio Potengi pode ser obtida através dos registros observados ao longo de mais de 40 anos em, pelo menos, 16 postos pluviométricos instalados e bem distribuídos espacialmente por toda a referida bacia hidrográfica e em seus arredores.

Assim, tanto a representatividade espacial, como temporal da pluviometria na área de estudo é facilmente caracterizada, bastando para tanto, aplicar um tratamento estatístico às alturas pluviométricas registradas nos postos de observação, determinando a distribuição média das chuvas ao longo dos meses e anos em cada um dos postos considerados, bem como confeccionando um mapa com as isoietas médias anuais da região.

O principal acervo de informações sobre as precipitações no Nordeste é proveniente da rede pluviométrica implantada, inicialmente, na segunda década do século 20 pelo IFOCS (Instituto de Fiscalização de Obras Contra a Seca), posteriormente DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas) e acentuadamente adensada a partir dos anos 60, com as estações implantadas pela SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste).

Essa rede de postos pluviométricos passou, nos anos 90, por sucessivas crises; muitos postos foram desativados e grande número de observadores da rede entrou em litígio com a SUDENE. Houve ainda, a perda de um volume bem significativo de informações entre os anos de 1992 e 1994, sendo este um período crítico na análise hidrológica face à falta, bem marcante, de informações a respeito das chuvas.

Todavia, com a atuação das entidades estaduais de monitoramento hidroclimatológico, consegue-se com esforço e em algumas regiões cujo acesso às informações é facilitado (por exemplo, em virtude de a região estar próxima a grande centro – capital), preencher essa lacuna sem dados e estender os estudos hidrológicos até períodos mais recentes (final dos anos 90 e/ou início da presente década).

A Tabela 9.1 lista os 16 postos pluviométricos representativos da bacia hidrográfica do Rio Potengi, juntamente com informações relativas às suas localizações, nomes, códigos e período de dados.

Tabela 9.1. Postos pluviométricos representativos da bacia hidrográfica do Rio Potengi

Posto	Nome	Estado	Latitude Sul	Longitude WGr.	Período de Dados
3817598	Caiçara do rio do Vento	RN	5°46'	36°01'	1962 a 2004
3817745	Recanto	RN	5°52'	36°16'	1916 a 2004
3817988	São Tomé	RN	5°58'	36°04'	1934 a 2004
3818282	Taipu	RN	5°37'	35°36'	1915 a 2004
3818352	Sítio Cravos	RN	5°40'	35°45'	1962 a 2004
3818778	São Pedro	RN	5°52'	35°37'	1962 a 2004
3818847	São Paulo do Potengi	RN	5°54'	35°46'	1933 a 2004
3818914	Barcelona	RN	5°57'	35°55'	1962 a 2004
3818989	Bom Jesus	RN	5°58'	35°34'	1962 a 2004
3819216	Ceará Mirim	RN	5°37'	35°25'	1930 a 2004
3819657	Natal	RN	5°48'	35°13'	1926 a 2004
3819731	Macaiba	RN	5°51'	35°21'	1915 a 2004
3827131	Cerro Corá	RN	6°02'	36°21'	1933 a 2004
3827399	Açude Inharé	RN	6°10'	36°01'	1962 a 2004
3828261	Serra Caiada	RN	6°05'	35°42'	1922 a 2004
3828443	Açude Trairí	RN	6°13'	35°47'	1962 a 2004

Como se pode observar acima, a representatividade temporal é bem satisfatória, com todos os postos pluviométricos apresentando registros entre a década de 60 e a atual (mais de 40 anos de observações), seis postos apresentam registros desde a década de 20 – 30 e três postos apresentam registros desde a década de 10.

A seguir, na Tabela 9.2, é mostrada a estatística média mensal e anual para os 16 postos pluviométricos representativos da bacia hidrográfica do Rio Potengi. Observa-se que as médias mensais na região variam entre ínfimos 0,7 mm até mais de 270 mm.

As maiores médias pluviométricas precipitadas são observadas entre os meses de fevereiro a julho, onde no trimestre fevereiro, março e abril as chuvas são ocasionadas pela atuação da ZCIT, enquanto que no trimestre maio, junho e julho as chuvas são ocasionadas pela atuação da ZIL.

Nos 06 meses relatados há concentração de 80% – 90% das precipitações pluviais observadas ao longo do ano. Em nível anual, a média pluviométrica precipitada varia, aproximadamente, entre 450 mm e 1.550 mm, mostrando que, além da alta variabilidade temporal ao longo do ano (observada em face das médias mensais registradas), há uma alta variabilidade espacial das chuvas na região.

Tabela 9.2. Parâmetros estatísticos das séries pluviométricas , a nível mensal e anual, nos 16 postos representativos

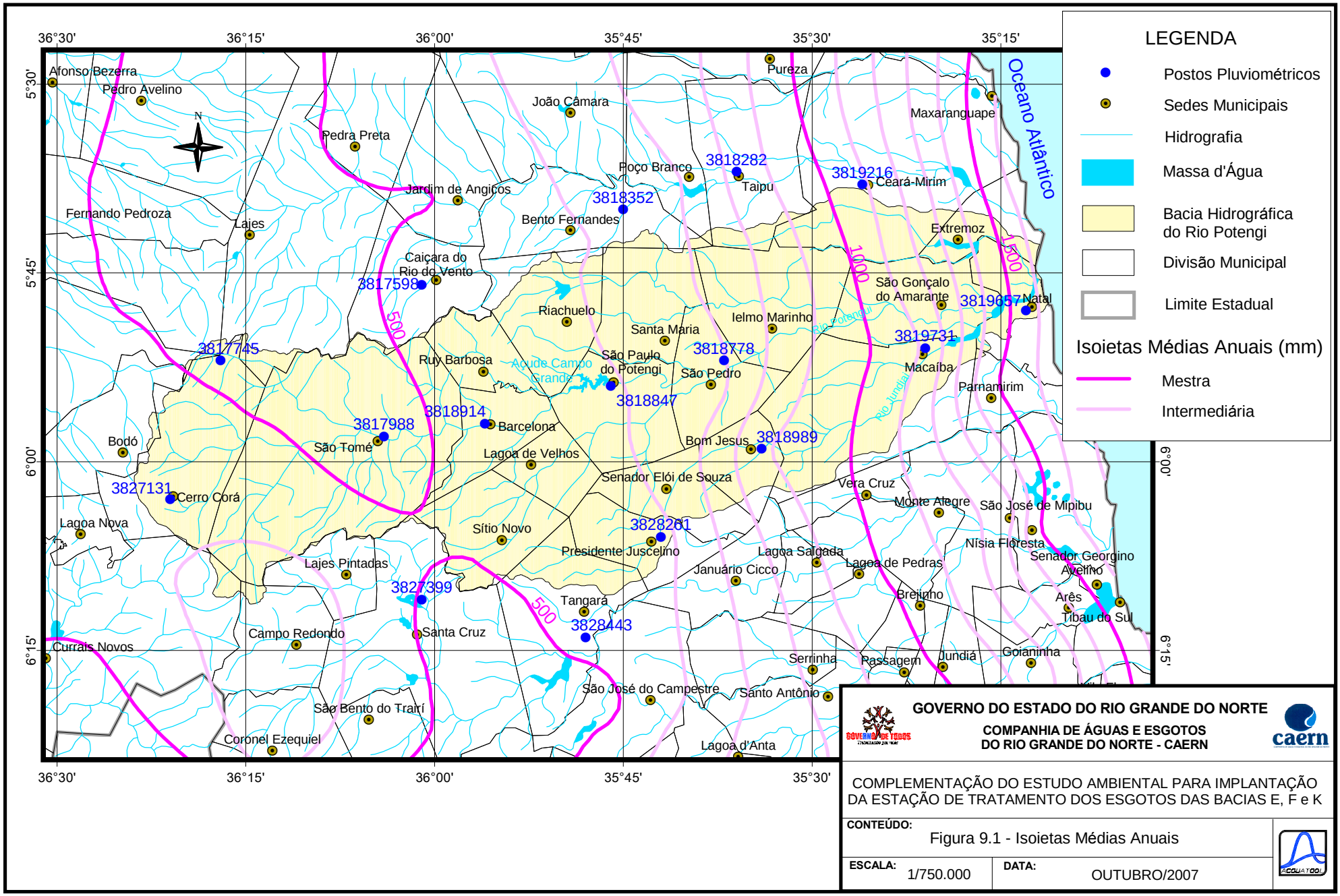
3817598 - Caiçara do Rio do Vento (valores em mm)													
Parâmetros	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
Média	49,8	71,8	121,8	119,0	60,8	37,8	38,1	25,0	9,9	2,0	2,2	12,1	573,6
DesvPad	75,4	66,1	84,1	85,6	37,6	31,0	32,3	57,7	21,3	6,1	4,9	21,4	233,9
CV	1,5	0,9	0,7	0,7	0,6	0,8	0,8	2,3	2,2	3,1	2,2	1,8	0,4
Percentual	9%	13%	22%	22%	11%	7%	7%	5%	2%	0%	0%	2%	-
3817745 - Recanto (valores em mm)													
Parâmetros	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
Média	34,3	50,7	91,9	99,1	52,7	31,0	23,6	9,8	3,3	1,3	2,9	9,2	452,8
DesvPad	53,6	55,9	74,0	87,4	59,4	24,6	32,4	15,6	6,9	5,4	5,6	18,0	226,6
CV	1,6	1,1	0,8	0,9	1,1	0,8	1,4	1,6	2,1	4,2	1,9	2,0	0,5
Percentual	8%	12%	22%	24%	13%	8%	6%	2%	1%	0%	1%	2%	-
3817988 - São Tomé valores em (mm)													
Parâmetros	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
Média	27,0	46,8	105,3	94,5	64,0	46,6	36,2	14,0	2,1	1,5	2,4	6,9	444,6
DesvPad	42,1	54,1	70,4	75,7	50,2	35,2	40,0	30,3	5,2	5,9	6,4	15,4	187,6
CV	1,6	1,2	0,7	0,8	0,8	0,8	1,1	2,2	2,5	3,9	2,7	2,2	0,4
Percentual	6%	10%	24%	21%	14%	10%	8%	3%	0%	0%	1%	2%	-
3818282 - Taipu valores em (mm)													
Parâmetros	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
Média	40,0	64,0	137,0	158,6	107,1	128,7	89,4	41,2	19,0	7,0	7,6	16,6	776,9
DesvPad	51,7	59,3	102,7	149,2	75,3	86,5	72,9	38,2	28,8	12,4	15,4	49,7	349,3
CV	1,3	0,9	0,7	0,9	0,7	0,7	0,8	0,9	1,5	1,8	2,0	3,0	0,4
Percentual	5%	8%	17%	19%	13%	16%	11%	5%	2%	1%	1%	2%	-
3818352 - Sítio Cravos valores em (mm)													
Parâmetros	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
Média	40,1	61,5	118,4	122,1	93,5	98,5	93,4	40,7	22,8	6,1	6,3	13,6	716,9
DesvPad	50,3	54,5	83,6	94,5	67,6	71,6	63,9	30,5	26,4	6,6	8,8	23,6	283,0
CV	1,3	0,9	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	1,2	1,1	1,4	1,7	0,4
Percentual	6%	9%	17%	17%	13%	14%	13%	6%	3%	1%	1%	2%	-
3818778 - São Pedro valores em (mm)													
Parâmetros	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
Média	30,1	61,1	99,6	123,4	92,8	89,6	87,3	34,4	10,8	4,0	5,4	9,9	649,8
DesvPad	31,8	51,4	75,5	88,8	61,6	66,0	59,7	25,0	15,0	8,3	12,2	16,8	264,5
CV	1,1	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,4	2,1	2,3	1,7	0,4
Percentual	5%	9%	15%	19%	14%	14%	13%	5%	2%	1%	1%	2%	-
3818847 - São Paulo do Potengi valores em (mm)													
Parâmetros	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
Média	34,9	51,2	105,9	106,1	78,2	79,1	63,1	28,1	13,2	4,4	5,1	13,7	586,3
DesvPad	52,2	50,3	78,6	70,1	48,4	55,7	45,6	24,7	20,3	8,8	8,5	27,9	225,9
CV	1,5	1,0	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,9	1,5	2,0	1,7	2,0	0,4
Percentual	6%	9%	18%	18%	13%	14%	11%	5%	2%	1%	1%	2%	-
3818914 - Barcelona valores em (mm)													
Parâmetros	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
Média	48,4	72,4	109,5	110,8	71,6	62,7	52,8	20,3	12,9	1,9	3,5	11,4	585,7
DesvPad	75,8	68,1	75,8	80,5	47,6	44,6	36,6	19,4	20,9	4,1	5,4	19,5	223,1
CV	1,6	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,0	1,6	2,2	1,5	1,7	0,4
Percentual	8%	13%	19%	19%	12%	11%	9%	4%	2%	0%	1%	2%	-

Tabela 9.2 (continuação). Parâmetros estatísticos das séries pluviométricas, a nível mensal e anual, nos 16 postos representativos

3818989 - Bom Jesus valores em (mm)													
Parâmetros	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
Média	47,2	79,7	139,7	154,6	103,7	119,5	116,5	46,2	31,9	6,7	10,6	20,9	858,2
DesvPad	64,3	72,0	94,9	105,3	63,2	80,2	75,5	37,9	40,9	11,6	19,7	24,5	362,7
CV	1,4	0,9	0,7	0,7	0,6	0,7	0,6	0,8	1,3	1,7	1,9	1,2	0,4
Percentual	5%	9%	16%	18%	12%	14%	13%	5%	4%	1%	1%	2%	-
3819216 - Ceará Mirim valores em (mm)													
Parâmetros	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
Média	52,5	93,4	146,2	181,7	150,8	164,5	134,8	68,7	33,7	13,7	11,6	21,2	1072,7
DesvPad	59,5	78,1	86,4	103,4	86,5	98,5	82,4	53,1	32,8	19,1	13,6	23,3	349,5
CV	1,1	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	1,0	1,4	1,2	1,1	0,3
Percentual	5%	9%	14%	17%	14%	15%	13%	6%	3%	1%	1%	2%	-
3819657 - Natal valores em (mm)													
Parâmetros	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
Média	59,9	99,9	203,5	240,3	222,0	274,1	232,9	114,9	48,3	18,2	17,1	25,0	1554,8
DesvPad	76,4	83,4	119,3	131,1	114,2	152,7	136,5	78,2	44,5	22,5	20,9	25,1	424,0
CV	1,3	0,8	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,9	1,2	1,2	1,0	0,3
Percentual	4%	6%	13%	15%	14%	18%	15%	7%	3%	1%	1%	2%	-
3819731 - Macaiba valores em (mm)													
Parâmetros	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
Média	54,0	85,4	150,0	171,0	156,4	164,2	131,7	66,5	29,6	14,2	16,0	26,1	1065,4
DesvPad	60,0	71,3	94,3	94,4	91,4	97,4	85,8	45,9	28,9	16,0	13,6	22,5	335,2
CV	1,1	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	1,0	1,1	0,9	0,9	0,3
Percentual	5%	8%	14%	16%	15%	15%	12%	6%	3%	1%	2%	2%	-
3827131 - Cerro Corá valores em (mm)													
Parâmetros	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
Média	53,1	81,4	135,6	142,3	74,1	52,1	29,0	9,1	4,0	1,6	3,5	7,2	595,5
DesvPad	74,2	108,4	92,0	108,3	60,1	46,2	39,8	16,5	9,6	7,6	10,3	15,3	256,7
CV	1,4	1,3	0,7	0,8	0,8	0,9	1,4	1,8	2,4	4,8	2,9	2,1	0,4
Percentual	9%	14%	23%	24%	12%	9%	5%	2%	1%	0%	1%	1%	-
3827399 - Açude Inharé valores em (mm)													
Parâmetros	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
Média	33,1	46,0	94,6	122,9	57,7	47,4	51,1	19,5	8,6	0,7	2,9	12,7	503,7
DesvPad	57,0	59,1	71,6	90,5	46,4	33,0	33,9	21,9	12,5	2,4	5,2	26,2	214,4
CV	1,7	1,3	0,8	0,7	0,8	0,7	0,7	1,1	1,5	3,4	1,8	2,1	0,4
Percentual	7%	9%	19%	25%	12%	10%	10%	4%	2%	0%	1%	3%	-
3828261 - Serra Caiada valores em (mm)													
Parâmetros	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
Média	31,0	50,3	86,1	112,8	81,4	77,4	59,4	27,3	9,3	3,4	4,5	21,3	564,9
DesvPad	50,6	47,0	62,8	84,6	60,8	50,1	42,5	29,0	13,6	9,1	11,3	77,6	232,0
CV	1,6	0,9	0,7	0,8	0,7	0,6	0,7	1,1	1,5	2,7	2,5	3,6	0,4
Percentual	5%	9%	15%	20%	14%	14%	11%	5%	2%	1%	1%	4%	-
3828443 - Açude Trairí valores em (mm)													
Parâmetros	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
Média	37,5	54,9	102,7	106,0	58,0	46,6	52,5	20,6	12,0	3,1	5,6	15,5	517,7
DesvPad	50,6	47,5	71,9	75,3	38,7	29,9	37,1	20,1	17,4	6,6	9,0	25,6	191,3
CV	1,3	0,9	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	1,0	1,5	2,1	1,6	1,7	0,4
Percentual	7%	11%	20%	21%	11%	9%	10%	4%	2%	1%	1%	3%	-

A Figura 9.1 mostra um mapa com a localização dos 16 postos pluviométricos considerados e a distribuição das isoietas médias anuais na bacia hidrográfica do Rio Potengi. Nessa figura, pode-se confirmar a alta variabilidade espacial das chuvas, onde as cabeceiras da bacia hidrográfica do Rio Potengi apresentam índice pluviométrico médio anual inferior aos 500 mm, aumentando substancialmente na direção Oeste – Leste, chegando a atingir médias anuais de mais de 1.500 mm na região da costa.

O comportamento das isoietas médias anuais é bem típico do observado no litoral leste nordestino, no qual as curvas são paralelas à linha da costa e decrescem rapidamente ao adentrar-se no continente. Essa diminuição dos valores médios precipitados de chuva é bem razoável, na medida em que o principal fenômeno meteorológico atuante na região leste do litoral nordestino (Perturbação de Ondas de Leste, que age de leste para oeste) perde força.



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE - CAERN

COMPLEMENTAÇÃO DO ESTUDO AMBIENTAL PARA IMPLANTAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DOS ESGOTOS DAS BACIAS E, F e K

CONTEÚDO: Figura 9.1 - Isoietas Médias Anuais

ESCALA: 1/750.000

DATA: OUTUBRO/2007

9.2. Influência dos Rios Potengi e Jundiaí na Inundação da Área de Estudo

Para avaliar a influência dos Rios Potengi e Jundiaí numa possível inundação da área da ETE a ser construída na Fazenda Carnaubinha, faz-se necessário a realização de um estudo da cheia escoada nestes rios e determinação das cotas atingidas no terreno pela onda propagada ao longo da bacia de drenagem, associada a uma recorrência considerável.

Para tanto, é necessário conhecer os hidrogramas que escoam nos Rios Potengi e Jundiaí até os seus deságües no estuário e, na medida em que a frente d'água avança, determinar-se qual a elevação da linha d'água destes rios e o conseqüente efeito provocado na área da Fazenda Carnaubinha.

9.3. Estudo de Cheias na Bacia do Rio Potengi

Neste item é apresentado um estudo de cheias da bacia hidrográfica do Rio Potengi e do seu afluente Jundiaí, ambos nos trechos não estuarinos, a fim de gerar os hidrogramas afluentes para o trecho estuarino, informações que se constituem em condições de contorno da modelagem hidráulica da cheia no estuário. Para tanto, será realizada a avaliação de extremos das precipitações, cálculo da precipitação efetiva, transformação dos eventos de chuva em escoamento superficial, propagação do escoamento e análise dos hidrogramas em pontos de interesse para uma recorrência de 100 anos.

9.3.1. Metodologia e Procedimentos Hidrológicos

A deficiência de dados fluviométricos na região Nordeste normalmente não permite que se disponha de séries de vazões observadas em pontos de interesse, capazes de possibilitar o emprego de métodos estatísticos que envolvam o ajuste de distribuição de probabilidades em estudos de cheias. Como alternativa, pode-se aplicar métodos de regionalização de vazões ou de transformação chuva-deflúvio. Os métodos de transformação chuva-deflúvio têm sido empregados em diversos estudos de cheias do nordeste, apresentando resultados coerentes.

O estudo de cheias realizado no âmbito deste estudo constituiu-se na geração de vazão nos trechos não estuarinos dos Rios Potengi e Jundiaí, a partir da

precipitação incidente nas respectivas bacias de contribuição. De forma sintética pode-se descrever a seqüência de passos adotada como a seguir:

- Discretização espacial da área de estudo em sub-bacias com tamanhos compatíveis com a metodologia empregada;
- Ajuste de distribuição de probabilidade à série anual de precipitação máxima diária para obtenção das precipitações extremas;
- Definição dos hietogramas de projeto através da desagregação de chuvas diárias seguindo a metodologia de Taborga Torrico (1974);
- Determinação da precipitação efetiva através da separação da parcela de chuva que infiltra e evapora da parcela que escoa superficialmente, utilizando a metodologia conhecida como "Método da Curva Número" (USACE, 2000);
- Determinação do escoamento superficial na bacia hidrográfica contribuinte utilizando a metodologia da Onda Cinemática (USACE, 2000);
- Propagação do escoamento em canais utilizando metodologia do modelo Onda Cinemática e em reservatórios pelo Método de Puls (USACE, 2000);
- Obtenção dos hidrogramas em seções de interesse associados a eventos de diferentes períodos de retorno, de acordo com os objetivos do estudo de cheias.

9.3.2. Discretização Espacial da Bacia dos Rios Potengi e Jundiaí

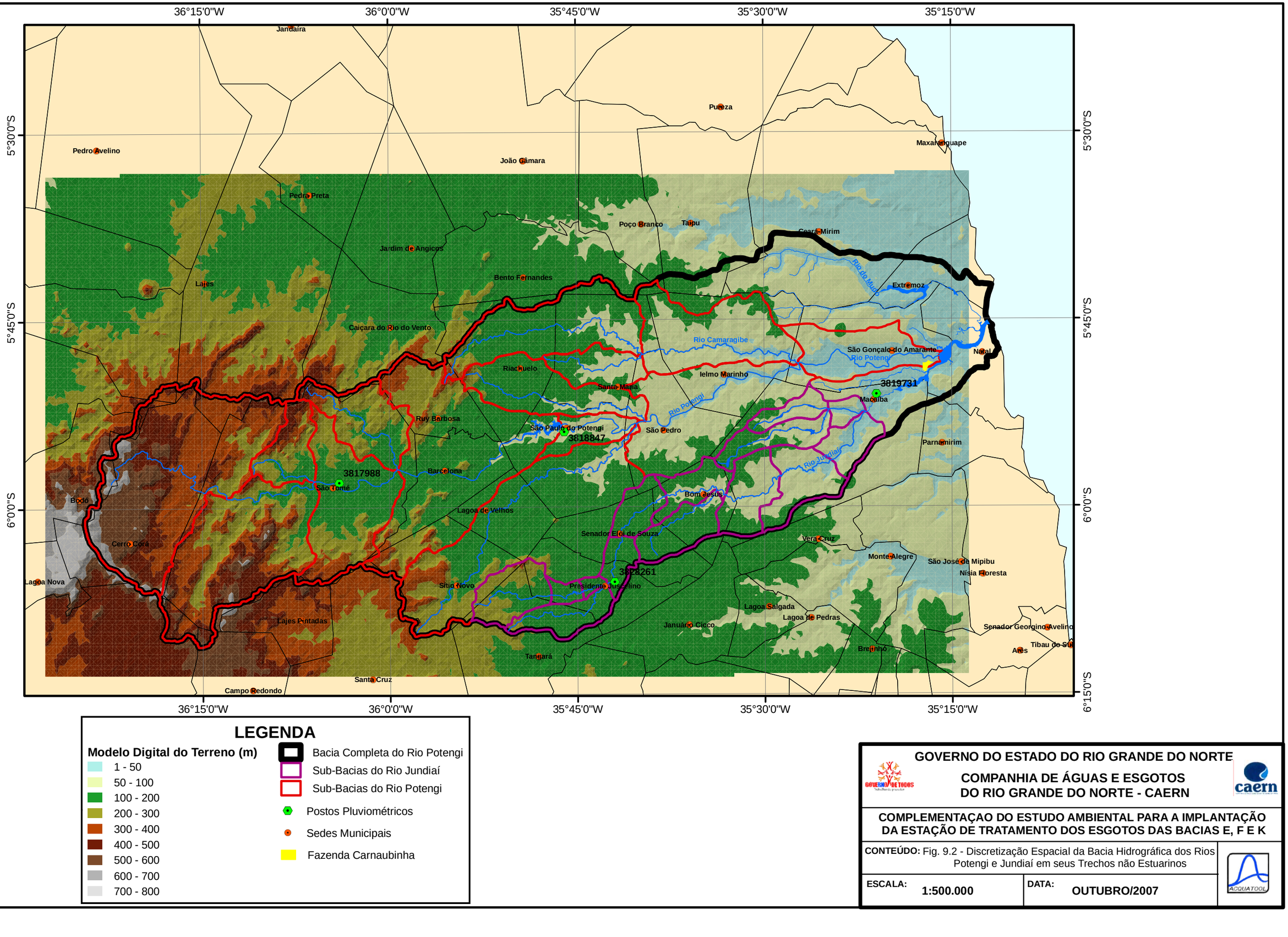
As bacias hidrográficas dos rios Potengi e Jundiaí (trechos não estuarinos) apresentam áreas, respectivas, de 3.300 km² e 700 km², aproximadamente. Estas duas bacias foram discretizadas em 28 sub-bacias. A Figura 9.2 ilustra a divisão das bacias hidrográficas dos Rios Potengi e Jundiaí em sub-bacias.

Foi considerada ainda na simulação a presença do reservatório Campo Grande, localizado no município de São Paulo do Potengi e que barra o Rio Potengi, portanto, com influência sobre a atenuação da cheia que escoa na bacia do referido rio.

Nesta figura é mostrado ainda um Modelo Digital do Terreno elaborado com base em dados altimétricos da Embrapa Monitoramento por Satélite, a qual desenvolveu, recentemente, uma base de dados numéricos do relevo e da topografia do Brasil a partir de trabalhos de correção e padronização, eliminação de falhas, sombras e distorções das

informações originais de altimetria obtidas pelos sensores a bordo do ônibus espacial americano Endeavour, durante a missão conhecida como SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), uma parceria das agências espaciais dos Estados Unidos (NASA e NIMA), Alemanha (DLR) e Itália (ASI).

A partir de uma malha com informações das cotas de diversos pontos na área em estudo, gerou-se um modelo digital de elevação do terreno (Método TIN – Rede Triangular Irregular), por meio do SIG ArcGIS9/ArcMap, facilitando assim, a obtenção de informações físicas da referida bacia, necessárias para a modelagem hidrológica.



LEGENDA

Modelo Digital do Terreno (m)

- 1 - 50
- 50 - 100
- 100 - 200
- 200 - 300
- 300 - 400
- 400 - 500
- 500 - 600
- 600 - 700
- 700 - 800

- Bacia Completa do Rio Potengi
- Sub-Bacias do Rio Jundiaí
- Sub-Bacias do Rio Potengi
- Postos Pluviométricos
- Sedes Municipais
- Fazenda Carnaubinha

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE - CAERN

COMPLEMENTAÇAO DO ESTUDO AMBIENTAL PARA A IMPLANTAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DOS ESGOTOS DAS BACIAS E, F E K

CONTEÚDO: Fig. 9.2 - Discretização Espacial da Bacia Hidrográfica dos Rios Potengi e Jundiaí em seus Trechos não Estuarinos

ESCALA: 1:500.000

DATA: OUTUBRO/2007

9.3.3. Hietogramas e Desagregação da Chuva de Projeto

O hietograma de projeto pode ser determinado a partir de eventos extremos de precipitação, correspondentes a um determinado tempo de recorrência, baseado no ajuste de uma distribuição de freqüência adequada aos valores extremos observados.

Para o estudo de chuvas extremas nas bacias hidrográficas dos Rios Potengi e Jundiaí foram escolhidos quatro postos pluviométricos: o posto São Tomé (3817988) para representar a pluviometria no Alto Potengi; o posto São Paulo do Potengi (3818847) para representar a pluviometria no Médio Potengi; o posto Macaíba (3819731) para representar a pluviometria no Baixo Potengi e Médio-baixo Jundiaí; e o posto Serra Caiada (3828261) para representar a pluviometria no Alto Jundiaí.

A escolha destes postos levou em conta a distribuição espacial das precipitações nas bacias dos rios Potengi e Jundiaí, bem como a boa disponibilidade de dados contidos nas séries históricas observadas em cada um dos quatro postos.

Selecionou-se das séries de pluviometria dos postos mencionados os maiores valores diários de cada ano, ajustando-se em seguida distribuições de probabilidades tipo Normal truncada, Log-Normal de 2 parâmetros, Log-Normal de 3 parâmetros, Extremo tipo I, Log-Extremo tipo 1, Pearson tipo III e Log-Pearson tipo III, submetendo esses ajuste ao teste de aderência Qui-Quadrado.

Considerou-se ainda na determinação dos eventos extremos de chuva nas bacias relatadas o tempo concentração destas, uma vez que o estudo de cheias deve considerar uma precipitação com duração maior ou igual ao tempo que leva para que toda a área drenada esteja contribuindo para o escoamento.

Assim, o tempo de concentração foi calculado pelo método de Kirpich, adotado pela “California Division Highways” e “Bureau of Reclamation”, sendo estimado em 40 horas para a bacia do Rio Jundiaí e em 62 horas para a bacia do Rio Potengi.

Assim, a duração dos eventos pluviométricos foi considerada de 02 dias para a bacia do Rio Jundiaí e de 03 dias para a bacia do Rio Potengi.

As Tabelas 9.3; 9.4 e 9.5 mostram, respectivamente, o resultado dos ajustes das distribuições de probabilidade dos quatro postos pluviométricos considerados, para

chuvas com durações de 01 dia, 02 dias e 03 dias. Adotaram-se os valores ajustados de acordo com a distribuição Pearson tipo III.

Tabela 9.3. Resultado dos ajustes de probabilidade às chuvas com duração de 01 dia nos postos representativos ao Estudo de Cheia

3817988 - São Tomé							
RETURN	TRUNCATED	2-PARAMETER	3-PARAMETER	TYPE I	TYPE I LOG-	**PEARSON**	LOG PEARSON
PERIOD	NORMAL	LOGNORMAL	LOGNORMAL	EXTREMAL	EXTREMAL	**TYPE III**	TYPE III
(YRS)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	**(mm)**	(mm)
2	53,9	49,7	50,2	50,4	46,7	**49,8**	49,2
2,33	58,1	53,5	54,1	54,8	50,5	**53,8**	52,9
5	73,5	70,4	71,0	73,6	70,5	**71,2**	70,1
10	83,9	84,7	84,9	89,0	92,6	**85,4**	85,3
20	92,8	99,1	98,5	103,7	120,3	**99,1**	101,1
50	103,0	118,9	116,7	122,7	168,7	**117,0**	123,8
100	110,1	134,8	131,0	137,0	217,3	**130,8**	142,7
500	125,1	176,0	167,0	151,2	279,8	**163,8**	194,4
1.000	131,2	196,0	184,1	170,0	390,4	**178,7**	221,0
10.000	150,4	275,8	249,7	184,2	502,2	**232,5**	335,5
CHI-SQUARE VALUE	2,063	2,063	3,313	0,813	1,125	**0,813**	2,063
95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =9,492							
3818847 - São Paulo do Potengi							
RETURN	TRUNCATED	2-PARAMETER	3-PARAMETER	TYPE I	TYPE I LOG-	**PEARSON**	LOG PEARSON
PERIOD	NORMAL	LOGNORMAL	LOGNORMAL	EXTREMAL	EXTREMAL	**TYPE III**	TYPE III
(YRS)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	**(mm)**	(mm)
2	60,6	56,3	55,5	56,8	52,9	**54,6**	57,8
2,33	65,0	60,4	59,4	61,3	56,9	**58,6**	62,0
5	81,5	78,8	77,3	80,9	78,0	**77,3**	79,2
10	92,5	94,2	92,8	96,9	101,0	**93,7**	92,1
20	101,9	109,5	108,6	112,2	129,3	**110,0**	103,8
50	112,5	130,1	130,5	132,0	178,1	**131,9**	118,2
100	119,8	146,3	148,2	146,9	226,4	**148,9**	128,4
500	135,1	187,2	194,1	161,7	287,5	**190,3**	150,9
1.000	141,2	206,5	216,3	181,2	394,1	**209,2**	160,1
10.000	160,1	280,0	304,1	196,0	500,1	**277,0**	189,5
CHI-SQUARE VALUE	6,174	2,783	3,304	5,130	5,391	**4,087**	3,826
95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =11,073							
3819731 - Macaíba							
RETURN	TRUNCATED	2-PARAMETER	3-PARAMETER	TYPE I	TYPE I LOG-	**PEARSON**	LOG PEARSON
PERIOD	NORMAL	LOGNORMAL	LOGNORMAL	EXTREMAL	EXTREMAL	**TYPE III**	TYPE III
(YRS)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	**(mm)**	(mm)
2	77,1	73,5	71,6	73,0	70,1	**70,5**	71,1
2,33	81,9	77,6	75,7	77,8	74,1	**74,8**	75,0
5	99,5	95,1	94,8	98,7	94,2	**94,9**	93,6
10	111,3	108,9	111,5	115,7	114,6	**112,4**	110,7
20	121,3	122,1	128,4	132,0	138,2	**130,0**	128,9
50	132,7	139,2	152,0	153,2	176,2	**153,6**	155,8
100	140,4	152,2	171,1	169,0	211,4	**172,0**	178,9
500	156,6	183,4	220,5	184,8	253,5	**216,7**	244,5
1.000	163,1	197,5	244,5	205,6	322,0	**237,0**	279,4
10.000	182,9	248,2	338,8	221,3	385,8	**309,8**	437,3
CHI-SQUARE VALUE	9,640	2,920	4,040	7,120	8,520	**3,480**	4,040
95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =12,596							
3828261 - Serra Caiada							
RETURN	TRUNCATED	2-PARAMETER	3-PARAMETER	TYPE I	TYPE I LOG-	**PEARSON**	LOG PEARSON
PERIOD	NORMAL	LOGNORMAL	LOGNORMAL	EXTREMAL	EXTREMAL	**TYPE III**	TYPE III
(YRS)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	**(mm)**	(mm)
2	55,8	53,2	54,5	53,1	50,6	**54,5**	53,2
2,33	59,0	56,3	57,7	56,3	53,6	**57,6**	56,3
5	70,7	69,5	70,1	70,3	69,0	**70,2**	69,5
10	78,6	80,1	79,2	81,7	84,7	**79,3**	80,1
20	85,2	90,3	87,4	92,6	103,1	**87,4**	90,3
50	92,8	103,6	97,3	106,7	133,0	**97,3**	103,6
100	98,0	113,8	104,5	117,3	161,0	**104,3**	113,7
500	108,9	138,4	120,5	127,9	194,7	**120,0**	138,3
1.000	113,2	149,7	127,4	141,8	250,2	**126,6**	149,6
10.000	126,7	190,6	150,2	152,3	302,4	**148,3**	190,5
CHI-SQUARE VALUE	4,609	3,826	3,826	3,826	2,522	**3,826**	3,826
95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =11,073							

Tabela 9.4. Resultado dos ajustes de probabilidade às chuvas com duração de 02 dias nos postos representativos ao Estudo de Cheia

3817988 - São Tomé							
RETURN	TRUNCATED	2-PARAMETER	3-PARAMETER	TYPE I	TYPE I LOG-	**PEARSON**	LOG PEARSON
PERIOD	NORMAL	LOGNORMAL	LOGNORMAL	EXTREMAL	EXTREMAL	**TYPE III**	TYPE III
(YRS)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	**(mm)**	(mm)
2	64,3	58,5	59,6	59,8	54,6	**59,2**	58,1
2,33	69,6	63,3	64,7	65,4	59,4	**64,3**	63,0
5	89,5	85,4	86,4	89,7	85,6	**86,7**	85,2
10	102,9	104,5	104,2	109,4	115,3	**104,9**	104,9
20	114,3	124,1	121,5	128,4	153,3	**122,3**	125,4
50	127,5	151,4	144,7	152,9	221,9	**145,1**	154,6
100	136,6	173,6	162,8	171,3	292,7	**162,5**	178,8
500	156,0	232,4	208,2	189,7	385,6	**204,2**	244,6
1.000	163,8	261,4	229,6	213,8	554,9	**223,0**	278,1
10.000	188,6	379,6	311,4	232,1	730,6	**290,6**	419,7
CHI-SQUARE VALUE	4,563	2,063	2,063	2,063	1,750	**2,063**	0,188
95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =9,492							
3818847 - São Paulo do Potengi							
RETURN	TRUNCATED	2-PARAMETER	3-PARAMETER	TYPE I	TYPE I LOG-	**PEARSON**	LOG PEARSON
PERIOD	NORMAL	LOGNORMAL	LOGNORMAL	EXTREMAL	EXTREMAL	**TYPE III**	TYPE III
(YRS)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	**(mm)**	(mm)
2	73,1	68,7	69,6	69,1	64,9	**69,3**	70,9
2,33	77,7	73,4	74,0	73,8	69,4	**73,9**	75,6
5	95,0	93,6	92,9	94,4	92,8	**93,1**	94,0
10	106,7	110,2	107,8	111,2	117,5	**108,2**	107,3
20	116,5	126,5	121,9	127,4	147,4	**122,3**	118,9
50	127,7	148,2	140,1	148,2	197,7	**140,3**	132,4
100	135,4	165,1	153,9	163,9	246,3	**153,6**	141,7
500	151,5	207,0	186,8	179,4	306,7	**184,4**	161,2
1.000	157,9	226,4	201,6	200,0	409,4	**197,8**	168,8
10.000	177,7	299,3	254,7	215,5	509,4	**244,1**	191,4
CHI-SQUARE VALUE	7,739	2,522	2,522	5,130	2,522	**2,261**	1,739
95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =11,073							
3819731 - Macaíba							
RETURN	TRUNCATED	2-PARAMETER	3-PARAMETER	TYPE I	TYPE I LOG-	**PEARSON**	LOG PEARSON
PERIOD	NORMAL	LOGNORMAL	LOGNORMAL	EXTREMAL	EXTREMAL	**TYPE III**	TYPE III
(YRS)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	**(mm)**	(mm)
2	100,2	95,5	95,0	95,0	90,9	**94,5**	93,3
2,33	106,1	100,9	100,6	101,1	96,2	**100,2**	98,7
5	128,4	124,0	124,9	127,4	122,9	**125,2**	123,0
10	143,3	142,5	144,6	148,8	150,1	**145,3**	144,3
20	155,8	160,1	163,5	169,4	181,7	**164,4**	166,3
50	170,2	183,0	188,4	196,0	232,8	**188,9**	197,5
100	179,9	200,5	207,5	215,9	280,3	**207,3**	223,2
500	200,4	242,5	254,1	235,8	337,3	**250,4**	292,6
1.000	208,5	261,4	275,5	262,0	430,5	**269,4**	327,7
10.000	233,5	330,1	353,6	281,9	517,6	**335,2**	475,0
CHI-SQUARE VALUE	13,560	6,840	7,120	7,960	1,240	**6,560**	6,280
95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =12,596							
3828261 - Serra Caiada							
RETURN	TRUNCATED	2-PARAMETER	3-PARAMETER	TYPE I	TYPE I LOG-	**PEARSON**	LOG PEARSON
PERIOD	NORMAL	LOGNORMAL	LOGNORMAL	EXTREMAL	EXTREMAL	**TYPE III**	TYPE III
(YRS)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	**(mm)**	(mm)
2	71,3	68,3	68,6	68,0	65,3	**68,4**	68,4
2,33	75,0	72,0	72,3	71,8	68,9	**72,2**	72,1
5	89,2	87,6	87,7	88,7	87,0	**87,8**	87,7
10	98,7	100,0	99,7	102,4	105,3	**100,0**	99,9
20	106,7	111,7	110,9	115,6	126,4	**111,2**	111,6
50	115,9	126,9	125,2	132,7	160,1	**125,3**	126,6
100	122,2	138,5	136,0	145,5	191,1	**135,7**	137,9
500	135,3	166,1	161,4	158,2	228,0	**159,7**	165,0
1.000	140,6	178,6	172,8	175,0	287,8	**170,1**	177,2
10.000	156,8	223,6	212,9	187,7	343,2	**205,6**	220,8
CHI-SQUARE VALUE	0,696	0,957	0,435	1,739	5,130	**0,957**	0,957
95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =11,073							

Tabela 9.5. Resultado dos ajustes de probabilidade às chuvas com duração de 03 dias nos postos representativos ao Estudo de Cheia

3817988 - São Tomé							
RETURN	TRUNCATED	2-PARAMETER	3-PARAMETER	TYPE I	TYPE I LOG-	**PEARSON**	LOG PEARSON
PERIOD	NORMAL	LOGNORMAL	LOGNORMAL	EXTREMAL	EXTREMAL	**TYPE III**	TYPE III
(YRS)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	**(mm)**	(mm)
2	70,9	64,2	66,7	66,0	59,9	**66,4**	64,2
2,33	76,8	69,7	72,3	72,1	65,3	**72,1**	69,8
5	98,6	94,8	96,1	98,8	95,1	**96,4**	94,9
10	113,4	116,8	114,9	120,5	129,2	**115,4**	116,8
20	125,9	139,4	132,7	141,3	173,4	**133,2**	139,2
50	140,4	171,1	155,9	168,3	253,7	**156,0**	170,7
100	150,4	197,1	173,7	188,5	337,5	**173,2**	196,4
500	171,7	266,1	216,7	208,7	448,4	**213,5**	264,5
1.000	180,3	300,4	236,4	235,2	652,3	**231,4**	298,3
10.000	207,5	441,2	309,2	255,3	866,0	**294,4**	436,2
CHI-SQUARE VALUE	0,813	3,313	0,813	1,125	9,250	**0,813**	3,313
95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =9,492							
3818847 - São Paulo do Potengi							
RETURN	TRUNCATED	2-PARAMETER	3-PARAMETER	TYPE I	TYPE I LOG-	**PEARSON**	LOG PEARSON
PERIOD	NORMAL	LOGNORMAL	LOGNORMAL	EXTREMAL	EXTREMAL	**TYPE III**	TYPE III
(YRS)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	**(mm)**	(mm)
2	82,5	77,5	80,0	78,0	73,1	**79,9**	80,1
2,33	87,8	82,8	85,2	83,4	78,3	**85,1**	85,4
5	107,3	106,2	106,1	106,6	105,3	**106,2**	106,7
10	120,4	125,6	121,6	125,5	134,0	**121,8**	122,0
20	131,4	144,5	135,6	143,7	169,0	**135,8**	135,3
50	144,1	169,9	153,0	167,2	228,1	**153,0**	150,8
100	152,7	189,8	165,7	184,8	285,7	**165,4**	161,5
500	170,8	239,1	194,4	202,3	357,4	**193,2**	183,6
1.000	178,0	262,1	206,8	225,5	480,2	**205,0**	192,2
10.000	200,4	348,6	248,8	242,9	600,4	**244,2**	217,5
CHI-SQUARE VALUE	5,652	2,000	4,870	2,000	2,000	**4,870**	2,522
95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =11,073							
3819731 - Macaíba							
RETURN	TRUNCATED	2-PARAMETER	3-PARAMETER	TYPE I	TYPE I LOG-	**PEARSON**	LOG PEARSON
PERIOD	NORMAL	LOGNORMAL	LOGNORMAL	EXTREMAL	EXTREMAL	**TYPE III**	TYPE III
(YRS)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	**(mm)**	(mm)
2	115,6	110,7	112,0	110,1	105,6	**111,9**	110,8
2,33	121,8	116,8	118,1	116,5	111,5	**118,0**	116,9
5	145,0	142,5	143,2	144,0	141,3	**143,3**	142,5
10	160,6	162,9	162,1	166,4	171,2	**162,4**	162,8
20	173,7	182,3	179,4	187,9	205,9	**179,7**	182,0
50	188,7	207,4	201,1	215,7	261,5	**201,1**	206,7
100	198,9	226,4	217,0	236,5	312,8	**216,6**	225,4
500	220,3	271,9	253,7	257,3	373,8	**251,7**	269,9
1.000	228,7	292,4	269,6	284,7	473,0	**266,7**	289,9
10.000	254,9	366,2	324,3	305,4	565,1	**316,8**	361,2
CHI-SQUARE VALUE	9,080	2,920	6,560	3,760	1,520	**6,280**	2,920
95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =12,596							
3828261 - Serra Caiada							
RETURN	TRUNCATED	2-PARAMETER	3-PARAMETER	TYPE I	TYPE I LOG-	**PEARSON**	LOG PEARSON
PERIOD	NORMAL	LOGNORMAL	LOGNORMAL	EXTREMAL	EXTREMAL	**TYPE III**	TYPE III
(YRS)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	**(mm)**	(mm)
2	80,7	76,7	75,7	76,4	73,0	**75,0**	74,6
2,33	85,7	81,2	80,3	81,5	77,4	**79,7**	78,9
5	104,3	100,2	100,6	103,7	99,5	**100,9**	99,0
10	116,9	115,5	117,7	121,8	122,0	**118,5**	117,2
20	127,4	130,1	134,5	139,1	148,5	**135,6**	136,3
50	139,5	149,1	157,2	161,6	191,4	**158,1**	164,1
100	147,8	163,7	175,1	178,4	231,5	**175,2**	187,6
500	165,1	199,1	220,0	195,1	279,8	**216,2**	253,2
1.000	171,9	215,2	241,1	217,3	359,2	**234,5**	287,6
10.000	193,3	273,9	321,4	234,0	434,0	**299,4**	439,2
CHI-SQUARE VALUE	9,043	2,783	2,783	9,565	3,565	**4,348**	4,870
95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =11,073							

Já na aplicação de métodos de transformação chuva - deflúvio em estudos de cheias é exigido como dado de entrada o comportamento pluviométrico ao longo da duração do evento chuvoso, incluindo sua desagregação em intervalos de tempo inferiores ao diário.

A partir do ajuste dos dados pluviométricos à distribuição de probabilidade Pearson tipo III para uma recorrência de 100 anos, conforme mostrados anteriormente, foi utilizada a metodologia das Isozonas desenvolvida por Taborga Torrico (1974) para desagregação em intervalos de tempo menores que o diário, conforme apresenta a Tabela 9.6. Este método define coeficientes a serem aplicados para desagregação de chuva diária em todo o Brasil.

Tabela 9.6. Relações entre a chuva diária e as chuvas de duração de 24 horas, 1 hora e 6 minutos para diferentes zonas

Zona	24h/1dia	1h/24h			6min/24h
		Tr 100 anos	Tr 1.000 anos	Tr 10. 000 anos	Tr 100 anos ou >
A	1,1	34,7%	33,6%	32,5%	6,3%
B	1,1	36,6%	35,4%	34,3%	7,5%
C	1,1	38,4%	37,2%	36,0%	8,8%
D	1,1	40,3%	39,0%	37,8%	10,0%
E	1,1	42,2%	40,9%	39,6%	11,2%
F	1,1	44,1%	42,7%	41,3%	12,4%
G	1,1	45,9%	44,5%	43,1%	13,7%
H	1,1	47,8%	46,3%	44,8%	14,9%

Os postos pluviométricos São Tomé (3817988), São Paulo do Potengi (3818847) e Serra Caiada (3828261) localizam-se na Zona C, enquanto que o posto pluviométrico Macaíba (3819731) fica sobre a Zona B.

A Figura 9.3 mostra os gráficos de desagregação das chuvas, para uma recorrência de 100 anos, nos quatro postos representativos ao Estudo de Cheia. Já a Figura 9.4 apresenta os hietogramas gerados para intervalos de 5 minutos de precipitação a partir da chuva desagregada com duração de 03 dias.

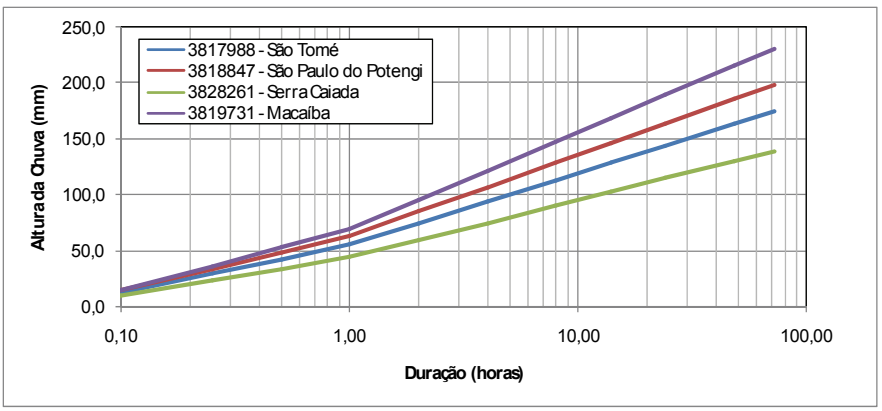


Figura 9.3. Desagregação das chuvas, para uma recorrência de 100 anos

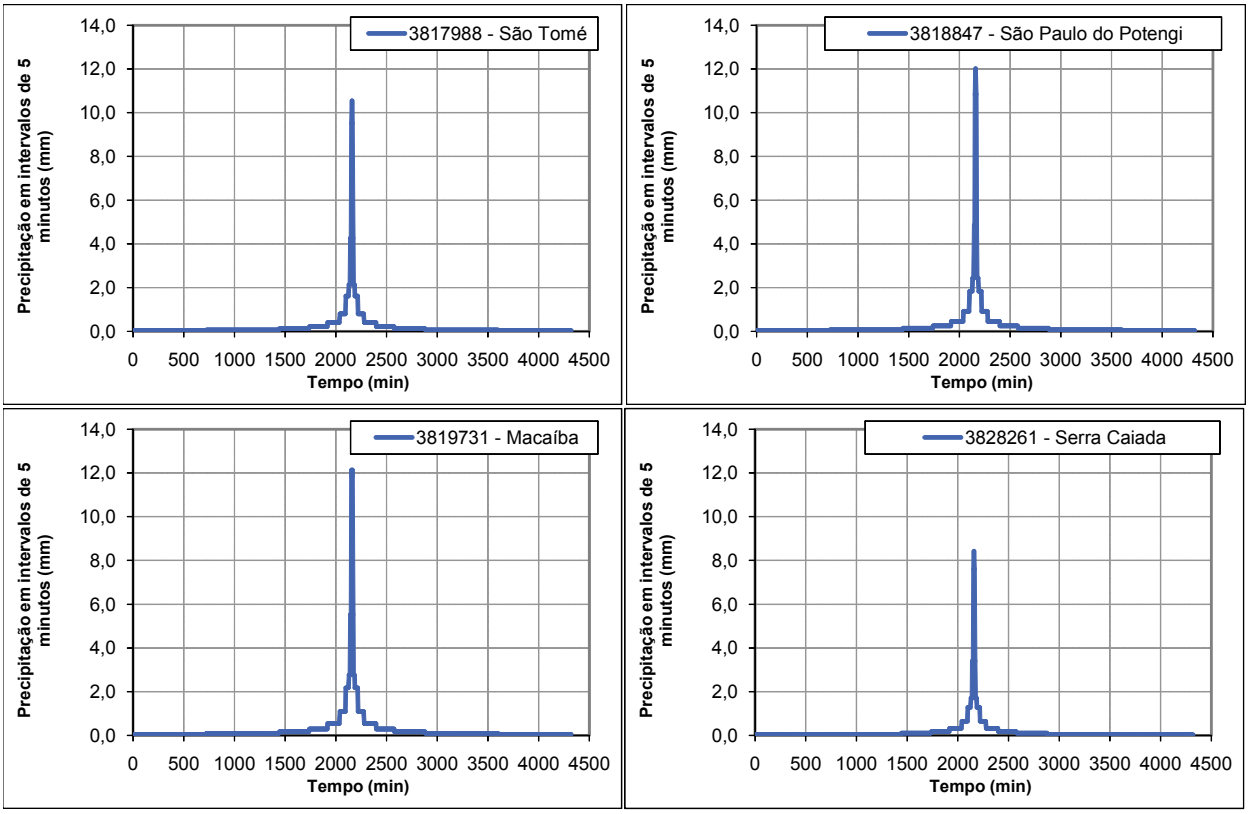


Figura 9.4. Hietogramas gerados para intervalos de 5 minutos de precipitação a partir da chuva desagregada com duração de 03 dias

9.3.4. Método de Determinação da Precipitação Efetiva

A precipitação efetiva é a parcela do total precipitado que gera escoamento superficial. Para obter o hietograma correspondente à precipitação efetiva é necessário retirar os volumes evaporados, retidos nas depressões e infiltrados.

Utilizou-se a metodologia conhecida como Método da Curva Número, desenvolvido pelo *Soil Conservation Service* – SCS, que se baseia na expressão apresentada a seguir:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$ Em que:

- P_e = precipitação efetiva (mm);
- P = precipitação total (mm);
- I_a = perdas iniciais;
- S = retenção máxima potencial.

Os autores da metodologia verificaram a partir de experimentos em pequenas bacias que:

$$I_a = 0{,}2 \times S$$

Para determinar a retenção máxima potencial S, os autores relacionaram esse parâmetro da bacia com um fator CN pela seguinte expressão:

$$S = \frac{25400 - 254CN}{CN}$$

Valores do fator CN variam de 100 para superfícies totalmente impermeáveis até aproximadamente 30 para solos permeáveis com altas taxas de infiltração.

Para uma bacia hidrográfica o fator CN pode ser estimado a partir de informações do uso e ocupação da terra, tipo de solos e umidade antecedente da bacia, usando tabelas publicadas pelo SCS. Um valor de CN de 60 foi utilizado como dado de entrada para cômputo da precipitação efetiva pelo modelo HEC-HMS. A escolha do parâmetro se deu com base nas características da bacia, onde predomina o substrato cristalino, coberto predominantemente por solos pouco profundos, bem como ocupação de atividades agrícolas (pastagens e culturas cíclicas). Ressalta-se ainda a presença do açude Campo Grande e de outros pequenos açudes, que contribuem para retenção de parte do escoamento.

9.3.5. Propagação da Cheia na Bacia

O longo debate em torno da utilização de modelos chuva - deflúvio concentrados ou distribuídos pode ser entendida muito mais como uma tentativa de contornar a comum escassez de dados fluviométricos do que a simples busca por modelos mais simples.

A utilização da rotina de Onda Cinemática do HEC-HMS permite modelar a propagação de onda de cheia e aparece como alternativa bastante apropriada nesse contexto, pois incorpora uma característica concentrada, qual seja a pluviometria, distribuindo seus efeitos pelas várias células de simulação definidas por subdivisões da bacia em estudo.

Para essa metodologia faz-se necessário a subdivisão das bacias hidrográficas dos Rios Potengi e Jundiaí em 28 sub-bacias procurando representar da melhor forma

a dinâmica de escoamento pela superfície da bacia e seu desenvolvimento nos canais naturais de drenagem (vide Figura 9.2 mostrada anteriormente).

Os dados necessários à modelagem da propagação da cheia pelo método de Onda Cinemática (áreas, comprimentos de talvegues, “overlands”, e declividades) são apresentados na Tabela 9.7, para cada uma das sub-bacias em que foram divididas as bacias hidrográficas dos Rios Potengi e Jundiaí em seus trechos não estuarinos.

Tabela 9.7 - Características da discretização das bacias hidrográficas dos Rios Potengi e Jundiaí pelo método de Onda Cinemática

Rio Potengi													
Subbacia	Áreas			Porcentagem		Overland Length			Desnível		i (declividade)		
	Vertente Esquerda	Vertente Direita	Total			Talvegue	Esq.	Dir.	Cota Montante	Cota Jusante	Rio Principal	Vertente Esquerda	Vertente Direita
	(km^2)	(km^2)	(km^2)	esq.	dir.	(km)	(km)	(km)	(m)	(m)	(m/m)	(m/m)	(m/m)
P01	86,4	39,5	125,8	69%	31%	26,8	3,2	1,5	25	6	0,0007	0,0173	0,0125
P02	92,8	191,5	284,3	33%	67%	32,3	2,9	5,9	52	25	0,0008	0,0184	0,0199
P03	159,6	51,8	211,4	75%	25%	30,4	5,3	1,7	67	25	0,0014	0,0198	0,0201
P04	133,9	88,8	222,8	60%	40%	45,1	3,0	2,0	369	67	0,0067	0,0192	0,0222
P05	25,4	42,1	67,5	38%	62%	18,8	1,3	2,2	133	67	0,0035	0,0139	0,0136
P06	16,8	35,7	52,5	32%	68%	16,6	1,0	2,1	82	52	0,0018	0,0270	0,0218
P07	101,3	47,5	148,8	68%	32%	35,2	2,9	1,4	356	52	0,0087	0,0199	0,0249
P08	160,4	313,8	474,2	34%	66%	61,9	2,6	5,1	295	52	0,0039	0,0363	0,0225
P09	239,6	209,5	449,1	53%	47%	31,3	7,7	6,7	132	82	0,0016	0,0399	0,0398
P10	69,7	51,9	121,5	57%	43%	25,3	2,7	2,0	508	132	0,0148	0,0671	0,0604
P11	71,9	144,9	216,8	33%	67%	15,5	4,6	9,3	174	132	0,0027	0,0319	0,0410
P12	61,4	15,0	76,4	80%	20%	13,2	4,7	1,1	387	174	0,0162	0,0747	0,0443
P13	20,1	325,0	345,1	6%	94%	16,9	1,2	19,3	211	174	0,0022	0,0654	0,0795
P14	264,9	230,5	495,4	53%	47%	30,6	8,7	7,5	611	211	0,0130	0,0613	0,0599
Rio Jundiai													
Subbacia	Áreas			Porcentagem		Overland Length			Desnível		i (declividade)		
	Vertente Esquerda	Vertente Direita	Total			Talvegue	Esq.	Dir.	Cota Montante	Cota Jusante	Rio Principal	Vertente Esquerda	Vertente Direita
	(km^2)	(km^2)	(km^2)	esq.	dir.	(km)	(km)	(km)	(m)	(m)	(m/m)	(m/m)	(m/m)
J01	15,5	30,0	45,5	34%	66%	9,8	1,6	3,1	30	25	0,0005	0,0107	0,0072
J02	5,9	8,9	14,8	40%	60%	5,9	1,0	1,5	35	25	0,0017	0,0200	0,0166
J03	28,0	65,1	93,1	30%	70%	11,9	2,3	5,5	40	30	0,0008	0,0107	0,0064
J04	39,1	41,5	80,6	49%	51%	12,4	3,2	3,3	70	40	0,0024	0,0111	0,0135
J05	21,6	47,4	69,0	31%	69%	17,1	1,3	2,8	135	75	0,0035	0,0230	0,0141
J06	35,8	18,4	54,3	66%	34%	12,3	2,9	1,5	90	70	0,0016	0,0100	0,0127
J07	27,7	15,8	43,5	64%	36%	10,7	2,6	1,5	105	90	0,0014	0,0143	0,0216
J08	12,1	21,9	34,1	36%	64%	8,7	1,4	2,5	125	105	0,0023	0,0143	0,0103
J09	19,2	40,4	59,6	32%	68%	20,5	0,9	2,0	280	125	0,0075	0,0171	0,0107
J10	5,9	2,2	8,1	73%	27%	4,2	1,4	0,5	135	125	0,0024	0,0143	0,0190
J11	9,5	5,8	15,3	62%	38%	5,8	1,6	1,0	155	135	0,0035	0,0183	0,0248
J12	45,2	33,4	78,5	57%	43%	14,0	3,2	2,4	250	155	0,0068	0,0109	0,0189
J13	30,7	31,5	62,2	49%	51%	23,0	1,3	1,4	120	35	0,0037	0,0263	0,0219
J14	19,8	15,0	34,7	57%	43%	13,1	1,5	1,1	90	35	0,0042	0,0232	0,0262

A metodologia da Onda Cinemática considera a bacia como um plano de escoamento com afluência ao rio principal. O hidrograma na bacia é calculado através da solução das equações que simulam fluxo não permanente em canais a céu aberto.

A bacia é dividida em planos que direcionam o escoamento superficial à rede de drenagem. Nas vertentes, a vazão é calculada com base nas equações de

Conservação da Quantidade de Movimento e de Continuidade, considerando-se fluxo unidimensional.

As vazões nos rios principais constituem-se na soma das vazões geradas nas bacias de montante e na própria bacia, sendo a propagação realizada também pela solução das equações de Conservação da Quantidade de Movimento e de Continuidade.

O software HEC-HMS apresenta uma solução desse modelo baseada numa aproximação por diferenças finitas, cujos dados de entrada necessários são a declividade e o comprimento dos canais e vertentes, além do coeficiente de Manning (adotado 0,040) para os canais e coeficiente de rugosidade (adotado 0,40) para as vertentes.

Nas sub-bacias onde o exutório foi delimitado a partir da presença da barragem que represa as águas do reservatório Campo Grande, o modelo HEC-HMS computa o amortecimento das vazões utilizando o método de Puls, que consiste numa expressão derivada da equação da continuidade concentrada e na relação entre armazenamento e vazão, conforme ilustrado a seguir:

$$\frac{S_{t+1} - S_t}{\Delta t} = \frac{(I_t + I_{t+1})}{2} - \frac{(Q_t + Q_{t+1})}{2}$$ em que:

- S_t e S_{t+1} = armazenamentos nos tempos t e t+1;
- I_t e I_{t+1} = vazões afluentes ao reservatório nos tempos referidos;
- Q_t e Q_{t+1} = vazões efluentes do reservatório nos tempos referidos;
- Δt = intervalo de tempo.

Destaca-se que a geração e propagação de escoamentos neste estudo de cheias foram realizadas para intervalos iguais aos da desagregação da chuva diária, ou seja, a cada 5 minutos. Dessa maneira foi possível obter hidrogramas bastante precisos, representando de forma correta os ramos ascendentes e descendentes e, em especial, os picos dos hidrogramas calculados.

9.3.6. Hidrogramas Calculados

Após a aplicação metodológica descrita anteriormente, obtiveram-se dois hidrogramas, com recorrência de 100 anos, escoados nos Rios Potengi e Jundiaí até o deságüe destes no estuário do Potengi.

Não obstante, foi considerado um terceiro hidrograma escoado no Rio Jundiaí, calculado a partir da possibilidade da implantação das Obras de Controle de Enchentes e Drenagem na Cidade de Macaíba/RN (SERHID, 2004). A metodologia adotada para tanto foi a mesma aqui empregada. A Figura 9.5 mostra os hidrogramas calculados no presente estudo.

Observa-se que uma cheia com recorrência centenária gera um hidrograma no Rio Potengi com pico de quase 1.745 m³/s, levando aproximadamente 48 horas para atingir este pico desde o início da tormenta.

Já no Rio Jundiaí, uma cheia centenária gera um hidrograma com vazão de pico de 435 m³/s, levando aproximadamente 25 horas para atingir este pico desde o início da tormenta.

Por ocasião da construção das obras de controle de enchentes e drenagem na cidade de Macaíba, o pico da cheia centenária escoado no Rio Jundiaí é reduzido para 8,2 m³/s, aumentando o tempo de pico para 62 horas, aproximadamente.

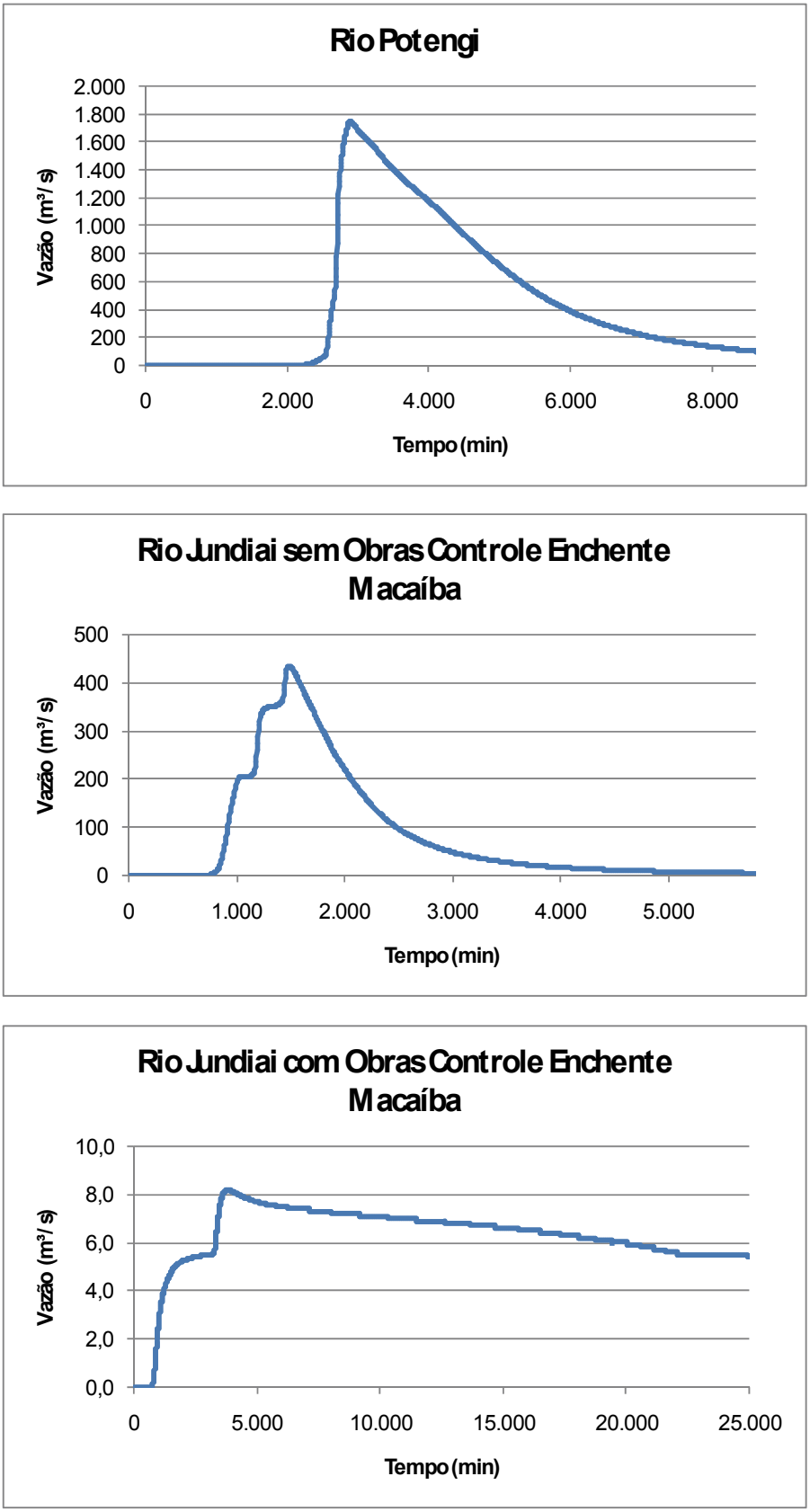


Figura 9.5. Hidrogramas das cheias centenárias escoadas nos Rios Potengi e Jundiaí

9.4. Modelagem Hidrodinâmica

Utilizou-se o modelo HEC-RAS (USACE, 2001) para simulação hidráulica da cheia dos Rios Potengi e Jundiaí e Estuário Potengi, a fim de avaliar o efeito na área da Fazenda Carnaubinha.

O HEC-RAS é um pacote integrado de programas de análise hidráulica, desenvolvido pelo Hydrologic Engineering Center da USACE, capaz de realizar cálculos hidráulicos de redes de canais naturais e/ou artificiais envolvendo escoamento em regime permanente ou não-permanente, que podem incluir vários dispositivos hidráulicos como pontes, bueiros, barramentos, etc.

A adoção do referido modelo se deu principalmente devido à sua capacidade de simular redes hidrográficas de configuração complexa típicas de estuário, permitir a entrada de séries temporais de vazões e de nível das marés como condição de contorno nas simulações hidráulicas para regime não-permanente, dentre outras vantagens, podendo-se citar o fato do modelo constituir-se de domínio público, ser amplamente difundido no meio da engenharia e já ter sido exaustivamente testado com sucesso por pesquisadores e projetista de todo o mundo.

A simulação hidráulica em regime não-permanente é modelada pelo HEC-RAS a partir de expressões matemáticas (equações parciais diferenciais) que representam os princípios da conservação da massa (continuidade) e do momento (quantidade de movimento), ilustradas a seguir:

- $\frac{\partial A_T}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0$ (eq. da continuidade)
- $\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + gA\left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f\right) = 0$ (eq. do momento)

Em que:

- x,t : variáveis de espaço e tempo; [L] e [T]
- A_T: área total do fluxo; [L^2]
- Q: fluxo ou vazão volumétrica; [L^3/T]
- q_l: vazão de contribuição lateral por unidade de comprimento; [L^2/T]

- V: velocidade do fluxo; [L/T]
- g: aceleração da gravidade; [L/T^2]
- $\partial z/\partial x$: declividade da linha da água; [L/L]
- S_f: declividade da linha de energia. [L/L]

As equações acima sofrem ainda adaptações para incluir efeitos mais complexos como o escoamento diferenciado que ocorre nas planícies de inundação nas margens do canal principal, o momento causado pela contribuição lateral de tributários e as perturbações causadas por estruturas como pontes, bueiros, barramentos, etc., que se encontram detalhadamente documentados nas referências técnicas do modelo (USACE, 2000).

Conforme Tucci (1986), esquemas numéricos similares aos utilizados pelo HEC-RAS são extremamente robustos, permitindo simular situações complexas e de rápidas variações das afluências.

9.4.1. Dados de Entrada da Modelagem Hidrodinâmica

Conforme comentado anteriormente, o modelo HEC-RAS permite simular configurações complexas da rede hidrográfica, bastante comuns em ambientes estuarinos.

Assim, para a avaliação do efeito de cheias centenárias escoadas nos Rios Potengi e Jundiaí na área da Fazenda Carnaubinha (local de construção da ETE), foram realizadas simulações hidrodinâmicas envolvendo o estuário do Potengi, uma vez que esta fazenda encontra-se as margens do referido estuário.

O levantamento dos perfis ou seções transversais para os corpos d'água simulados foram obtidos através do estudo realizado pelo IDEMA em 2003, denominado "Estudos para Implantação do ZEE dos Estuários do Rio Grande do Norte e seus Entornos", o qual realizou um levantamento topobatimétrico em 07 estuários do litoral potiguar, dentre eles o estuário do Rio Potengi.

Foi ainda considerada uma base cartográfica em escala 1:25.000, desenvolvida no contexto do trabalho intitulado: "Pólo Costa das Dunas" (IDEMA, 2006).

A transformação dos dados de profundidade batimétrica em cota topográfica referenciadas ao DATUM usual em levantamentos topográficos terrestres (Datum Vertical – IBGE, isto é, conforme descrito pelo IBGE, o nível médio do mar no Porto de Imbituba / SC entre 1949 e 1957) foi realizada utilizando-se da leitura da tábua das marés (www.mar.mil.br) para o horário em que foi registrada a medição, referente à Capitania dos Portos do Rio Grande do Norte – CPRN – Estação Maregráfica localizada no Trapiche, corrigida pelo nível de redução, conforme expresso a seguir:

$$C_{FUNDO} = L_{MARÉ} + NR - (h_{MED} + h_{ECO})$$

Em que:

- ✓ C_{FUNDO}: Cota topográfica do fundo do mar (m);
- ✓ $L_{MARÉ}$: Nível da maré referente à tábua da CPRN no horário da medição, obtida por interpolação senoidal(m) entre a preamar e baixa-mar;
- ✓ NR: Nível de Redução da tábua das marés (- 0,788 m em relação ao Datum Vertical – IBGE – Imbituba / SC);
- ✓ h_{MED}: Profundidade medida pelo ecobatimetro (m);
- ✓ h_{ECO}: Profundidade que o ecobatimetro encontrava-se mergulhado (0,10 m);

O nível de redução – NR foi obtido mediante levantamento da cota topográfica da referência, chegando-se ao valor de -0,788 m.

Quanto às cheias escoadas nos Rios Potengi e Jundiaí, estas são condições de contorno de montante na modelagem hidrodinâmica, sendo adotados os hidrogramas gerados a partir do estudo de cheias descrito anteriormente.

Já a variação da maré no estuário do Rio Potengi é condição de contorno de jusante. Para tanto, adotou-se os valores da maré observada na Capitania dos Portos do Rio Grande do Norte – CPRN – Estação Maregráfica localizada no Trapiche, selecionando-se um período durante o ano de 2007 em que fosse observada a maior preamar de sizígia (no caso, março de 2007), convertendo-se os níveis da maré em cotas topográficas segundo o nível de redução relatado anteriormente.

A Figura 9.6 mostra o gráfico de variação da maré durante o mês de março de 2007 na Capitania dos Portos do Rio Grande do Norte.

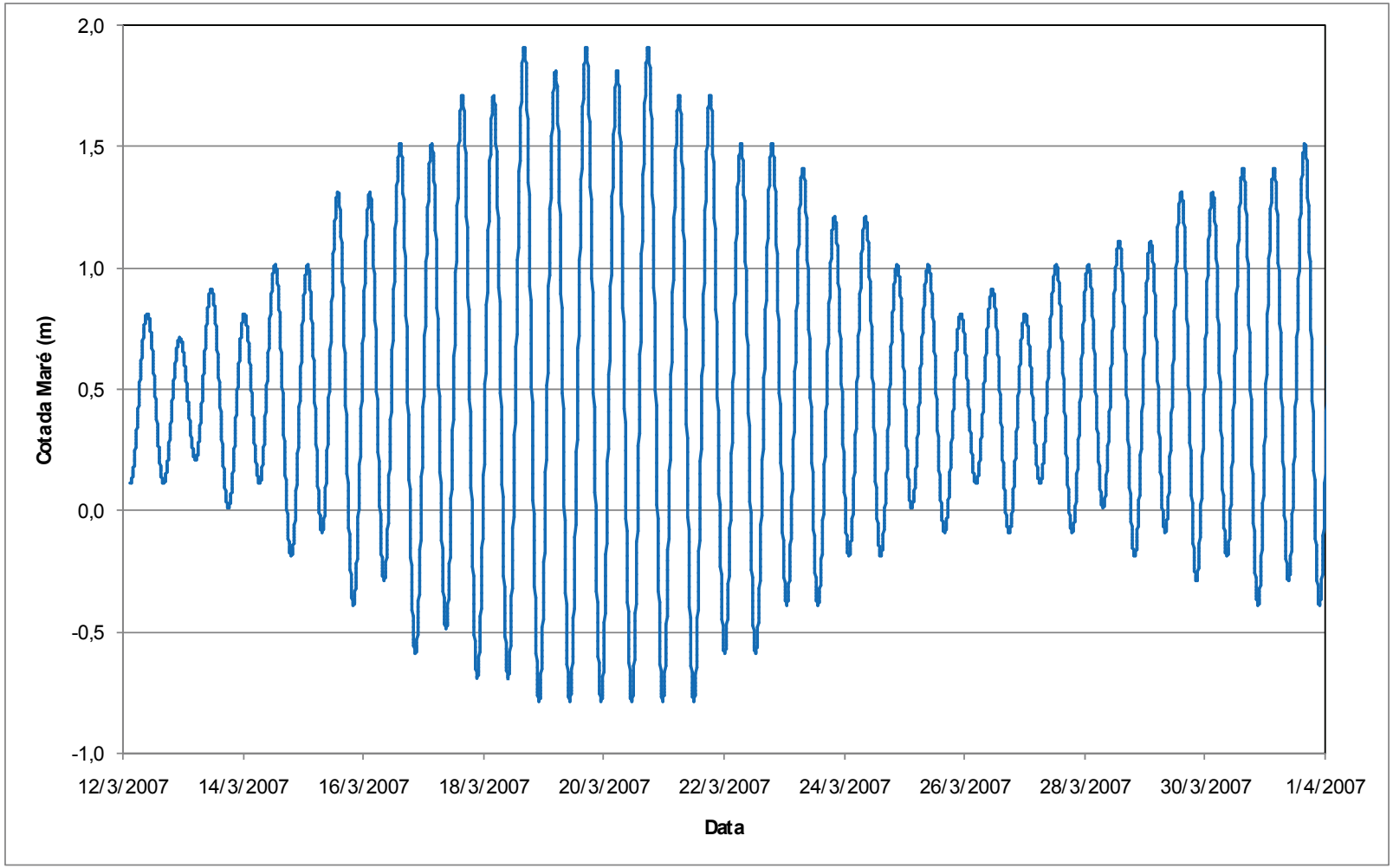


Figura 9.6. Variação da maré no mês de março de 2007 na Capitania dos Portos do Rio Grande do Norte

9.4.2. Apresentação dos Resultados

A simulação hidrodinâmica do escoamento de uma cheia com recorrência centenária nos Rios Potengi e Jundiaí levou em conta a coincidência de tal evento com uma preamar de sizígia, condição esta na qual as águas atingem os mais elevados níveis.

No Caso do Rio Jundiaí, a máxima elevação d'água atinge cotas topográficas inferiores aos 2,3 m, não inundando, portanto, a fazenda Carnaubinha que se encontra em cotas pouco superiores aos 3,0 m (Vide Figura 9.7). Vale destacar que a construção das obras de contenção de cheias na Cidade de Macaíba pouco reduz o nível d'água no trecho do estuário próximo a área da fazenda Carnaubinha e não apresenta influência alguma nas cotas de inundação decorrentes da cheia do Rio Potengi.

Assim, a problemática de inundações na área da fazenda Carnaubinha, local de construção da ETE das bacias E, F e K de Natal, decorre principalmente dos escoamentos oriundos do Rio Potengi.

Neste caso, uma cheia centenária elevaria o nível das águas no Rio Potengi, nas proximidades do seu encontro com o estuário, até cotas que variam entre 4,0 m e 5,0 m.

Estes níveis mais elevados da água no Rio Potengi são justificados na medida em que além da cheia centenária escoada neste corpo hídrico ser maior que a escoada no Rio Jundiaí, o Rio Potengi apresenta uma calha de escoamento bem mais estreita que a do Rio Jundiaí. Como conseqüência, a onda de cheia que escoa pelo Rio Potengi passa a ocupar as áreas de várzea próximas ao seu curso, nas quais se encontra a fazenda Carnaubinha.

Como confirmação desta afirmação pode-se verificar claramente na Figura 9.7 que os povoados e localidades que ficam situados na margem direita do Rio Potengi entre a rodovia RN-160 e o estuário, podendo-se citar Uruaçu, Jacumã e Coqueiros, todos se encontram em cotas topográficas acima dos 5,0 m, indicando ser este o patamar do terreno necessário para evitar inundações das terras situados nas áreas de várzea do Rio Potengi.

Ainda, através da imagem mostrada na mencionada figura, nota-se claramente os caminhos preferenciais do escoamento de cheias nas áreas de várzea do Rio

Potengi. Estes caminhos preferenciais dirigem-se à área da fazenda Carnaubinha, escoando por dentro desta área, a qual é tida como região de brejo.

Assim, o presente estudo de avaliação do impacto da cheia escoada nos Rios Potengi e Jundiaí na área da fazenda Carnaubinha mostra que a ocupação desta área para construção da ETE das bacias E, F e K de Natal necessita de um alteamento da área da fazenda até a cota 5,0 m, altitude esta segura para evitar que as lagoas de estabilização a serem construídas sofram com a inundação decorrente das cheias do Rio Potengi.

Destaca-se que o alteamento da área da fazenda Carnaubinha para construção da ETE das bacias E, F e K de Natal não implica na obstrução do escoamento regional das cheias, uma vez que a área de várzea do Rio Potengi, tomada naturalmente para escoar as cheias, é ampla. O projeto executivo contemplará um estudo detalhado de drenagem da área.

237.500 239.500 241.500 243.500 245.500 247.500 249.500

9.362.500 9.360.500 9.358.500 9.356.500 9.354.500 9.352.500 9.350.500

MUNICÍPIO DE SÃO GONÇALO DO AMARANTE

MUNICÍPIO DE NATAL

MUNICÍPIO DE MACAÍBA

MUNICÍPIO DE PARNAMIRIM

SÃO GONÇALO DO AMARANTE

POVOADO JACARÉ MIRIM

POVOADO SANTO ANTÔNIO

NOVO SANTO ANTÔNIO

OLHO D'ÁGUA

GUAJIRU

PARAÍSO

RANCHÃO

RIDULEIRO

RÊGO MOLEIRO

POVOADO GANDUBA

POVOADO OITEIRO

POVOADO COQUEIROS

JACARAÚ

FAZENDA CARNAUBINHA

JACOBINA

POVOADO URUAÇU

MARTIRES DE URUAÇU

CIDADE DE MACAÍBA

POVOADO PATUCARA

SETOR DE GRANJAS

LOTEAMENTO SANTA LÚCIA

VILA SÃO FRANCISCO

LOTEAMENTO MORADA DA FÉ

LOTEAMENTO SANTO ANTONIO

LOTEAMENTO AREIA BRANCA

POVOADO DE MANGABEIRA

POVOADO GUARAPES DE MACAÍBA

GUARAPES

DINARTE MARINHO

NATAL

PLANALTO

FELIPE CAMARÃO

RIO POTENGI

RIO JUNDIAÍ

RIVIERA CRUZ

PARNAMIRIM

BR-226

RN-160

RN-160

RN-160

CONVENÇÕES

PONTO COTADO	1.88	PONTE_PONTILHÃO	
APOIO FOTOGRAMÉTRICO	HV-35	BUEIRO	
VÉRTICE IMPLANTADO	PA03	CAMPO DE POUSO	CAMPO DE POUSO
VÉRTICE OFICIAL	DF98	TANQUE	TQ
CURVA MESTRA	10	CANAL	
CURVA INTERMEDIÁRIA		BARRAGEM DE CONCRETO	
CURVA INTERMEDIÁRIA (COTA 5)	5	BARRAGEM DE TERRA	
CAMINHO PREFERENCIAL DA CHEIA		RIO INTERMITENTE	
AEROPORTO	AEROPORTO	RIO PERENE	
VIA PAVIMENTADA		CORREDEIRA	
VIA NÃO PAVIMENTADA		CACHOEIRA	
FERROVIA		LAGOA INTERMITENTE	
EROSÃO	EROSÃO	LAGO LAGOA PERENE	
MOVIMENTO DE TERRA	MOV.TERRA	ALAGADO	
AFLORAMENTO ROCHOSO	ROCHA	BREJO	
BARRANCO TALUDE		OCEANO	
		LIMITE MUNICIPAL	

LEGENDA

FAZENDA CARNAUBINHA

LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL: 5 METROS

AS CURVAS MESTRAS ESTÃO REPRESENTADAS EM LINHA GROSSA CONTÍNUA E CORRESPONDEM A CADA 5º CURVA DE NÍVEL

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVESA DE MERCATOR

DATUM VERTICAL: IMBITUBA/SANTA CATARINA

DATUM HORIZONTAL: SAD-69

ORIGEM DA QUILOMETRAGEM UTM "EQUADOR E MERIDIANO -33° WGR"

ACRECIDAS AS CONSTANTES 10.000 KM E 500 KM, RESPECTIVAMENTE.

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA EM 1980 E CONVERGÊNCIA MERIDIANA DO CENTRO DA FOLHA

NM NG NQ

21°35' 00'00"

A DECLINAÇÃO MAGNÉTICA CRESCE 2,2' ANUALMENTE

USAR EXCLUSIVAMENTE OS DADOS NUMÉRICOS

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

GOVERNO DE TODOS Trabalhando pra valer

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE - CAERN

caern

COMPLEMENTAÇÃO DO ESTUDO AMBIENTAL PARA IMPLANTAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DOS ESGOTOS DAS BACIAS E, F e K

CONTEÚDO: CAMINHO PREFERENCIAL DA CHEIA

FIGURA: 9.7 | ESCALA: 1/25.000 | DATA: OUTUBRO/2006

ACQUATOOL

9.5. Vazão Mínima no Provável Ponto de Lançamento dos Efluentes da ETE no Rio Jundiaí

O lançamento dos efluentes da ETE das bacias E, F e K de Natal ocorrerá num corpo hídrico com características estuarinas, logo, a mínima vazão escoada neste manancial é condicionada pela variação das marés ao longo do estuário do Potengi, associada a um período de estiagem (considerando desprezíveis as vazões oriunda de montante dos rios Potengi e Jundiaí).

A maré varia de acordo com as fases da Lua, sendo que durante a quadratura (Lua minguante e Lua crescente) as preamares e baixa-mares apresentam as menores amplitudes, ou seja, ocorrem as menores marés altas e a maiores marés baixas.

Já durante as marés de sizígia, as quais ocorrem nas fases de Lua cheia e Lua nova, as preamares atingem as maiores altitudes, enquanto que as baixa-mares atingem o menor nível d'água.

Assim, a determinação da menor vazão escoada no estuário no provável ponto de lançamento dos efluentes da ETE a ser construída na fazenda Carnaubinha é um valor decorrente da atuação de maré de quadratura, uma vez que esta é a situação onde o estuário Potengi apresenta as menores oscilações dos níveis d'água e, conseqüentemente, as menores variações dos volumes que entram e saem do estuário ao longo do tempo.

A Figura 9.8 mostra a variação das vazões ao longo da mudança das marés no estuário Potengi, às margens do local de lançamento dos efluentes da ETE das bacias E, F e K de Natal. Estes valores são resultantes da simulação hidrodinâmica aqui desenvolvida.

Verifica-se nesta figura que, nas proximidades do ponto de lançamento da ETE, as menores vazões de extremo escoadas no estuário estão em torno dos 100 m³/s, em ambos os sentidos do escoamento.

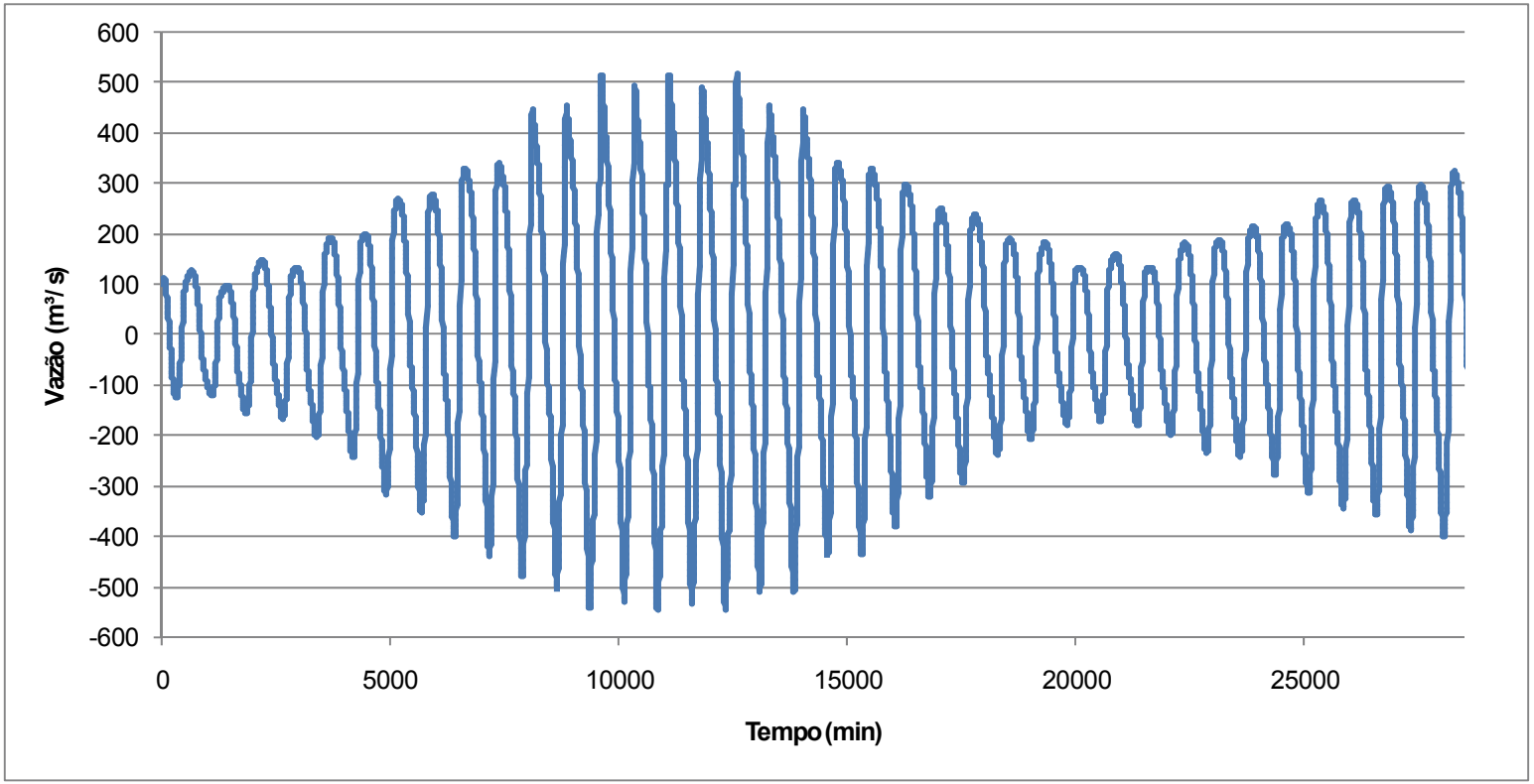


Figura 9.8. Variação da Vazão Escoada no Estuário Potengi nas proximidades do Ponto de Lançamento dos Efluentes da ETE

10. QUALIDADE DA ÁGUA: SIMULAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS E AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO LANÇAMENTO DOS ESGOTOS TRATADOS NO ESTUÁRIO DO RIO POTENGI.

10.1. Considerações Iniciais

O estuário do Potengi, formado pelos rios Jundiaí e Potengi, se localiza, quase inteiramente, na cidade de Natal, capital do Estado do Rio Grande do Norte, englobando ainda as cidades de Macaíba e São Gonçalo do Amarante.

Os sistemas de esgotamento sanitário dessas cidades são deficitários, o que tem resultado no lançamento dos despejos da população, sem o devido tratamento, diretamente no Estuário. Além dos efluentes domésticos, existe ainda a poluição de origem industrial, com destaque para o Centro Industrial Avançado de Macaíba e o Distrito Industrial de Extremoz, que também despejam suas águas residuárias no Estuário. Outras fontes de poluição são as atividades de carcinicultura, as salinas, o uso associado à navegação, dentre outros.

Esse quadro retrata a forte pressão antrópica que sofre o estuário do Potengi, onde uma quantidade considerável de efluentes “in natura” é lançada diretamente nesse corpo d’água, gerando uma situação de instabilidade ambiental. Deste modo, é indispensável realizar uma avaliação da capacidade de suporte do estuário, para que se tenha uma base confiável de informações para definição de planos e ações estratégicas que resultem na gestão sustentável desse ecossistema.

Assim foi realizada uma modelagem matemática como instrumento para avaliar a capacidade de autodepuração do estuário do Potengi, assim como quantificar os impactos na qualidade das águas causados pelo lançamento de esgotos no seu interior. O principal objetivo da modelagem é constituir-se em uma ferramenta analítica para prognosticar respostas do sistema receptor a diferentes cenários de despejos de efluentes.

Nesse sentido, procurou-se identificar as prováveis trajetórias das plumas de contaminantes, os pontos críticos de autodepuração do estuário e as magnitudes dos níveis de poluição associadas aos diferentes graus de tratamentos dos despejos.

Ressalta-se que a interpretação dos resultados das simulações deve ser realizada dentro de uma visão sistêmica, considerando as adequações e as limitações do modelo, como também as interferências de outros fatores ambientais secundários não modelados, procurando-se identificar tendências e respostas do sistema quando submetidos a imposição de diferentes cargas ou condicionantes. Essa análise tem valor prático bem mais realista do que os valores puramente numéricos das simulações em si, devido à grande quantidade de incertezas e complexidades embutidas na modelagem.

O modelo matemático utilizado foi o CE-QUAL-W2. Este trata-se de um modelo determinístico, baseado nas equações físicas da continuidade da massa, conservação da quantidade de movimento e dinâmica das substâncias dissolvidas ou em suspensão na água, cuja classificação se enquadra no que se denominam Modelos Bidimensionais, Hidrodinâmicos e de Qualidade de Água.

Este modelo é capaz de simular as variações das marés do estuário e os perfis verticais e longitudinais dos constituintes de qualidade da água. As simulações de qualidade da água incluíram os principais parâmetros associados às fontes poluentes mais impactantes no estuário (esgotos domésticos e indústrias), quais sejam: Oxigênio Dissolvido – OD, Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, Nitrogênio (Amônia e Nitrato-Nitrito), Fósforo, Coliformes Termotolerantes e Clorofila-a, além de outras variáveis como Temperatura, Tempo de Residência da Águas, Traçadores e Salinidade.

Vale ressaltar que foram utilizados os padrões de referência da Resolução Nº 357 de 17/03/2005 do CONAMA como base de comparação para os resultados obtidos pelas simulações, a fim de verificar se os níveis de poluição do estuário eram compatíveis com os usos planejados para esse corpo d'água.

A Resolução Nº 357 de 17/03/2005 do CONAMA dispõe sobre a classificação dos corpos de água e dá diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

10.2. Modelo CE-QUAL-W2

10.2.1. Modelagem Matemática Hidrodinâmica e da Qualidade da Água

Um modelo matemático compõe-se basicamente da formulação de um problema que se pretende estudar, da tradução dos seus principais processos e fenômenos em um conjunto ou sistema de equações e das técnicas de resolução dessas equações.

As grandes vantagens do modelo matemático consistem em seu alcance, onde uma grande variedade de problemas pode ser tratada; sua versatilidade, que permite a verificação de vários cenários para um mesmo sistema; e em sua velocidade com o uso do computador. Além disso, o fator custo na modelagem matemática é menos restritivo. Por outro lado, a modelagem matemática apresenta o inconveniente da necessária discretização de processos que na realidade são contínuos. Ademais, a representação de fenômenos físicos através de equações matemáticas, por vezes, pode constituir um entrave sério por sua complexidade (Nóbrega, 1998), particularmente no que refere aos processos onde não é possível fazer suposições de “reversibilidade”; isto é, fenômenos ou variáveis que, após terem atingido um determinado valor, não apresentam condições de recuperação, mesmo que as situações anteriores ocorram novamente. Como exemplo, pode-se dizer que a simulação de fenômenos ou variáveis que se relacionem com a biota aquática não apresentou reversibilidade se atingidas condições anaeróbicas, fato este que não foi registrado em nenhuma situação aqui estudada.

No que concerne aos modelos matemáticos voltados para o trato hidrodinâmico e de qualidade da água, existe uma grande quantidade de modelos desenvolvidos e disponíveis à comunidade técnica e acadêmica, cada um com sua particularidade. Estes modelos podem ser classificados de diversas maneiras, mas merece destaque a classificação quanto a sua dimensão espacial (uni, bi, e tridimensionais).

Os modelos unidimensionais são os mais simples para representar a hidrodinâmica do escoamento e do transporte dos parâmetros de qualidade da água, sobremaneira em rios e canais. Eles retratam os processos de maneira mais simplificada e de forma rápida, entretanto são incapazes de descrever processos mais complexos, tais como, a sinuosidade de um canal, a circulação dentro de corpos d’água largos ou estratificados.

Já um modelo bidimensional torna-se indispensável se o problema envolve complicados padrões de circulação, como o caso de lagos rasos, estuários e reservatórios, onde duas dimensões quaisquer prevalecem sobre a terceira. Na modelagem bidimensional horizontal as características de escoamentos são assumidas uniformes na dimensão vertical e, portanto, a estratificação não é representada, sendo aplicável geralmente em estuários rasos ou lagos onde as forças de atrito superficial associadas aos ventos são relevantes. A modelagem bidimensional vertical requer a suposição de mistura lateralmente uniforme da seção transversal, com aplicações mais indicadas para reservatórios e estuários que exibem significantes variações verticais e longitudinais de densidade da água e dos parâmetros de qualidade. Esses modelos requerem mais informações de campo e tempo de processamento, se comparados aos modelos unidimensionais.

Os modelos tridimensionais são mais complexos e avançados, exigindo um maior custo computacional com relação aos modelos anteriormente citados. Estes modelos podem ser usados quando existe forte estratificação no corpo d'água e gradientes laterais não desprezíveis ou quando se deseja um maior detalhamento da configuração hidrodinâmica. Problemas como intrusão salina em córregos e rios, dispersão de poluentes e transporte de sedimentos são retratados com mais fidelidade neste tipo de modelo. Com o avanço tecnológico os custos computacionais foram bruscamente reduzidos, tornando, de certa forma, viável o emprego dos modelos tridimensionais. Uma revisão das principais características dos modelos uni, bi e tridimensionais, além de uma listagem de autores que desenvolveram tais modelos, encontra-se apresentada em Bowie et al. (1985).

Para seleção de um modelo matemático que represente adequadamente o problema que se deseja estudar devem-se conhecer previamente suas possibilidades e limitações e, principalmente, os objetivos do estudo, pois nas simulações, podem estar embutidos erros inerentes à própria modelagem, além de que as técnicas numéricas proporcionam uma solução aproximada, mas não exata do fenômeno em estudo, tornando a interpretação dos resultados uma tarefa fundamental na compreensão dos mesmos.

Assim, um modelo bem selecionado se constitui em uma poderosa ferramenta para a avaliação da qualidade da água, permitindo realizar inferências sobre a resposta

do sistema quando submetido a diferentes cenários de fontes de poluição, antecipando conseqüências negativas futuras, ou para alocar cargas de rejeitos no corpo receptor de forma que os impactos ambientais adversos sejam evitados ou toleráveis.

Assim, diante da vasta gama de modelos matemáticos disponíveis, adotou-se o modelo bidimensional CE-QUAL-W2 (Cole & Wells, 2003), com características bidimensionais e capaz de simular os gradientes verticais e longitudinais da densidade da água e de diversos parâmetros de qualidade, incluindo os que estão associados aos principais usos da água do estuário do Potengi, além das oscilações das marés, o que permite obter uma caracterização realística dos fenômenos hidrodinâmicos estuarinos de maior relevância.

O CE-QUAL-W2 é um modelo bidimensional extremamente robusto e preciso quando se trata de avaliar as variações de densidade decorrentes de condições térmicas ou de salinidade. O modelo assume homogeneidade lateral, apresentando melhores resultados em corpos d'água relativamente longos e profundos, que possuem gradientes de concentração verticais e longitudinais, sendo aplicável a rios, reservatórios e estuários.

O estuário do rio Potengi se destaca pelas dimensões longitudinais e verticais, fato comprovado pela extensa faixa de influência das marés, que penetra até as proximidades da cidade de Macaíba (totalizando mais de 20 km de extensão), e pela profundidade do canal (chegando a mais 15 m em alguns pontos), permitindo a existência de um porto de calado apreciável no seu interior.

O modelo é capaz de simular aspectos hidrodinâmicos e de qualidade de água, incluindo a combinação de vários constituintes, utilizando níveis de água ou vazões variáveis ao longo do tempo como condições de contorno, trechos de rios múltiplos, comprimentos e larguras de células variáveis, ajuste automático do passo de tempo, múltiplas estruturas hidráulicas, cálculo de retirada seletiva, etc.

10.2.2. Módulo Hidrodinâmico CE-QUAL-W2

O módulo hidrodinâmico do modelo CE-QUAL-W2 simula a elevação da linha d'água, as velocidades longitudinais e verticais e a temperatura e densidade da água. A temperatura da água é incluída na hidrodinâmica devido ao seu efeito direto na densidade. O cálculo da elevação da superfície é resolvido através de um esquema

numérico implícito, eliminando as restrições gravitacionais e permitindo intervalos de tempo maiores na simulação. O módulo se destaca ainda por permitir múltiplas vazões afluentes e efluentes, tanto pontuais quanto distribuídas.

O CE-QUAL-W2 inclui um algoritmo de tempo de cálculo variável, garantindo que os requerimentos de estabilidade numérica hidrodinâmica impostos pelo esquema de solução não sejam violados.

A possibilidade de definição de níveis de água como condições de contorno, permite que o modelo seja aplicado a estuários. É possível simular corpos d'água de geometria complexa, devido à possibilidade de divisão dos mesmos em vários trechos. Outro fator importante é a possibilidade de ajuste do comprimento dos segmentos e altura das camadas, proporcionando uma maior resolução onde necessário. Ao longo da simulação, o modelo ajusta a localização da camada de superfície e segmento de jusante de acordo com o nível d'água calculado.

As equações dominantes no módulo hidrodinâmico são obtidas através de um balanço de massa e de momento linear do fluido em um volume de controle definido. As equações resultantes são as da continuidade e da conservação da quantidade de movimento. Desconsiderando-se o efeito de Coriolis e as tensões de cisalhamento devido à viscosidade do fluido, tomando-se um eixo de coordenadas onde o sentido longitudinal acompanha a declividade do fundo do corpo d'água e assumindo médias laterais de velocidade e pressão, obtidas por meio de integração nessa dimensão, se obtêm as seguintes equações simplificadas:

- Continuidade:

$$\frac{\partial UB}{\partial x} + \frac{\partial WB}{\partial z} = qB$$

U - velocidade longitudinal (média lateral), $m\ s^{-1}$

B - largura do corpo d'água, m

W - velocidade vertical (média lateral), $m\ s^{-1}$

x - coordenadas cartesianas longitudinais

z - coordenadas cartesianas verticais

q – vazão de entrada lateral por unidade de volume da célula, s^{-1}

- Momento horizontal:

$$\frac{\partial UB}{\partial t}+\frac{\partial UUB}{\partial x}+\frac{\partial WUB}{\partial z}=g.B.sen\alpha - \frac{B}{\rho}\frac{\partial P}{\partial x}+\frac{1}{\rho}\frac{\partial B\tau_{x\,x}}{\partial x}+\frac{1}{\rho}\frac{\partial B\tau_{x\,z}}{\partial z}$$

t - tempo, *s*

g - aceleração da gravidade, $m\ s^{-2}$

α - ângulo formado pelo fundo do canal com a horizontal (declividade)

ρ - densidade, $Kg\ m^{-3}$

P - pressão, $N\ m^{-2}$

τ_{xx} - tensão de cisalhamento devido à turbulência, agindo na direção x na face x do volume de controle, $Kg\ m^{-1}\ s^{-2}$

τ_{xz} - tensão de cisalhamento devido à turbulência agindo na direção x na face z do volume de controle, $Kg\ m^{-1}\ s^{-2}$

- Momento vertical:

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial z}=g\,.\cos\alpha$$

Dispõe-se, portanto, de três equações e três incógnitas: U, W e P, caracterizando um sistema determinado, onde as soluções podem ser obtidas por meio de métodos numéricos.

O termo de pressão pode ser simplificado: $P = P_a + g\cos\alpha\int_{\eta}^{z}\rho dz$, onde P_a é a pressão atmosférica na superfície da água. Assim, combinando as equações de momento longitudinal e vertical, remove-se P das incógnitas, mas η é incluída como desconhecida.

A equação de continuidade pode ser simplificada para a equação da superfície livre da água, integrando do fundo do canal até a superfície.

Como a densidade precisa ser conhecida para a solução das equações de momento, acrescenta-se no sistema a equação de estado, que relaciona a densidade com a temperatura, sólidos dissolvidos totais e sólidos em suspensão:

$$\rho = f(T_W, \Phi_{SDT}, \Phi_{SS})$$

Portanto, as equações adotadas no modelo para solução hidrodinâmica são:

- Momento horizontal:

$$\frac{\partial UB}{\partial t}+\frac{\partial UUB}{\partial x}+\frac{\partial WUB}{\partial z}=g.B.sen\alpha+g.B.\cos\alpha\frac{\partial \eta}{\partial x}-\frac{g.B.\cos\alpha}{\rho}\int_{\eta}^{z}\frac{\partial \rho}{\partial x}dz+$$
$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial B\tau_{xx}}{\partial x}+\frac{1}{\rho}\frac{\partial B\tau_{xz}}{\partial z}+qBU_x$$

- Momento vertical: $g.\cos\alpha-\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial z}=0$

- Equação da superfície livre da água: $B_\eta\frac{\partial \eta}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial x}\int_{\eta}^{h}UBdz-\int_{\eta}^{h}qBdz$

A troca de calor na superfície, fator determinante na temperatura da água, é calculada por meio da expressão a seguir:

$$H_n = H_s + H_a + H_e + H_c - (H_{sr} + H_{ar} + H_{br})$$

H_n - a taxa líquida de troca de calor na superfície de água, Wm^{-2}

H_s - incidência da radiação solar de onda curta, Wm^{-2}

H_a - incidência da radiação solar de onda longa, Wm^{-2}

H_{sr} - radiação solar de onda curta refletida, Wm^{-2}

H_{ar} - radiação solar de onda longa refletida, Wm^{-2}

H_{br} - radiação que retorna da superfície da água, Wm^{-2}

H_e - perda de calor por evaporação, Wm^{-2}

H_c - condução de calor, Wm^{-2}

10.2.3. Módulo de Qualidade da Água CE-QUAL-W2

O módulo de qualidade de água do modelo CE-QUAL-W2 permite qualquer combinação de constituintes a serem simulados. Os efeitos da salinidade ou sólidos dissolvidos totais na densidade da água somente são incluídos na hidrodinâmica se eles forem simulados no módulo de qualidade de água.

O modelo inclui as seguintes variáveis de qualidade:

- traçador conservativo;
- tempo de residência da água;
- constituinte arbitrário definido por um taxa de decaimento, uma taxa de sedimentação e um fator de correção por temperatura;
- sólidos dissolvidos totais;
- substâncias em suspensão;
- ciclo do nitrogênio (amônia e nitrato – nitrito);
- fósforo representado por ortofosfatos ou fósforo reativo solúvel;
- detritos;
- grupos de algas;
- carbono inorgânico total;
- alcalinidade;
- ferro total;
- oxigênio dissolvido;
- sedimentos orgânicos;
- DBO do carbono;
- gases dissolvidos.

O modelo CE-QUAL-W2 calcula ainda outros constituintes derivados como pH, CO_2, HCO_3, CO_3.

O cálculo de transporte dos constituintes baseia-se na equação clássica de advecção-dispersão, apresentada a seguir:

$$\frac{\partial B\Phi}{\partial t}+\frac{\partial UB\Phi}{\partial x}+\frac{\partial WB\Phi}{\partial z}-\frac{\partial\left(BD_x\frac{\partial\Phi}{\partial x}\right)}{\partial x}-\frac{\partial\left(BD_z\frac{\partial\Phi}{\partial z}\right)}{\partial z}=q_\Phi B+S_\Phi B$$

Φ - concentração média lateral do constituinte, $g\ m^{-3}$

D_x - coeficiente de dispersão longitudinal do constituinte, $m^2\ s^{-1}$

D_z - coeficiente de dispersão vertical do constituinte, $m^2\ s^1$

q_Φ - massa lateral por unidade de volume, $g\ m^{-3}\ s^{-1}$

S_Φ - cinética entrada/saída para a concentração do constituinte, $g\ m^{-3}\ s^{-1}$

As equações utilizadas na dinâmica das variáveis de qualidade simuladas no âmbito deste trabalho estão descritas a seguir:

- **SDT ou Salinidade**:

Ambos SDT ou Salinidade podem ser simulados como um constituinte conservativo, que afetam a densidade da água e a força iônica, impactando os movimentos na água, pH e a distribuição de espécies carbonatadas.

$$S_{TDS\ ou\ Salinidade}=0$$

- **Traçador conservativo**:

Como um material conservativo, esse constituinte não tem fonte ou retirada interna e a taxa de decaimento é definida como zero. Diferente do SDT ou Salinidade, esse constituinte não impacta na hidrodinâmica.

$$S_{Traçador}=0$$

- **Tempo de Residência ou Idade da Água**:

Adotando-se o valor de -1 dia^{-1} para o decaimento de ordem zero e zerando todas as demais cinéticas do constituinte resulta uma variável de estado cujo crescimento é de 1 dia^{-1}, o que é uma representação exata do tempo de residência da água.

$$S_{tempo\ de\ residência} = -1$$

- **Oxigênio Dissolvido – OD**:

$$S_{OD} = \sum \mathrm{K_{ag}}\,\delta_{\mathrm{om}}\,\Phi_{\mathrm{a}} - \sum \mathrm{K_{ar}}\,\delta_{\mathrm{om}}\,\Phi_{\mathrm{a}} - \mathrm{K_{NH4}}\,\delta_{\mathrm{NH4}}\,\gamma_{\mathrm{NH4}}\,\Phi_{\mathrm{NH4}}$$

$$- \mathrm{K}_{pomr}\,\delta_{\mathrm{om}}\,\gamma_{\mathrm{om}}\,\Phi_{pomr} - \mathrm{K}_{poml}\,\delta_{\mathrm{om}}\,\gamma_{\mathrm{om}}\,\Phi_{poml} - \mathrm{K_s}\,\delta_{\mathrm{om}}\,\gamma_{\mathrm{om}}\,\Phi_{\mathrm{s}} - SOD\,\gamma_{\mathrm{om}}\,A_s / V_{cel}$$

$$- \mathrm{K_{ldom}}\,\gamma_{\mathrm{om}}\,\delta_{\mathrm{om}}\,\Phi_{\mathrm{ldom}} - \mathrm{K_r}\,\delta_{\mathrm{om}}\,\gamma_{\mathrm{om}}\,\Phi_{\mathrm{rdom}} + \mathrm{A_{kt}}\,K_L\,(\Phi'_{\mathrm{O}D} - \Phi_{\mathrm{O}D})$$

Em que:

A_s - área de sedimentação, m^2

A_{kt} - área da superfície da água, m^2

V_{cel} - volume da célula, m^3

δ_{om} – coef. estequeométrico do oxigênio para matéria orgânica

δ_{NH4} - coeficiente estequeométrico do oxigênio para nitrificação

γ_{NH4} - taxa de multiplicação da temperatura para nitrificação

γ_{om} - taxa da temperatura para decaimento da matéria orgânica

K_{ag} - taxa de crescimento das algas, s^{-1}

K_{rs} - taxa de respiração das algas no escuro, s^{-1}

K_{NH4} - taxa de decaimento da amônia (nitrificação), s^{-1}

K_{pomr} - taxa de decaimento da matéria orgânica particulada refratária, s^{-1}

K_{poml} - taxa de decaim. da matéria orgânica particulada degradável, s^{-1}

K_{ldom} - taxa de decaimento da matéria orgânica dissolvida degradável, s^{-1}

K_{rdom} - taxa de decaimento da matéria orgânica dissolvida refratária, s^{-1}

K_s - taxa de decaimento do sedimento, s^{-1}

SOD - demanda de oxigênio pelo sedimento, $g\ m^{-2}\ s^{-1}$

K_L - taxa de troca interfacial para o oxigênio, $m\ s^{-1}$

Φ_a - concentração de algas, $g\ m^{-3}$

Φ_{ldom} - concentração da matéria orgânica dissolvida degradável, $g\ m^{-3}$

Φ_{rdom} - concentração da matéria orgânica dissolvida refratária, $g\ m^{-3}$

Φ_{poml} - concentração da matéria orgânica particulada degradável, $g\ m^{-3}$

Φ_{pomr} - concentração da matéria orgânica particulada refratária, $g\ m^{-3}$

Φ_{NH4} - concentração de amônia-nitrogênio, $g\ m^{-3}$

Φ_{OD} - concentração do oxigênio dissolvido, $g\ m^{-3}$

Φ_s - concentração de sedimento orgânico, $g\ m^{-3}$

Φ'_{OD} - coeficiente de saturação do oxigênio dissolvido, $g\ m^{-3}$

- **Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO**:

$$S_{BOD} = - K_{BOD}\ \theta^{(T-20)}\ \Phi_{BOD}$$

Em que:

K_{BOD} - taxa de decaimento da DBO, s^{-1}

θ - fator de correção da temperatura para DBO

T - temperatura da água, $°C$

Φ_{DBO} - concentração de DBO, $g\ m^{-3}$

- **Coliformes Termotolerantes – CT**:

$$S_{col} = - K_{col} \ \theta^{(T-20)} \ \Phi_{col}$$

Em que:

K_{col} - taxa de decaimento dos coliformes, s^{-1}

θ - fator de correção da temperatura para coliformes

T - temperatura da água, °C

Φ_{col} - concentração de coliformes, $g\ m^{-3}$

- **Amônia (Nitrogênio)**:

$$S_{NH4} = \sum K_{ar}\,\delta_N\,\Phi_s - \sum K_{ag}\,\delta_N\,\Phi_a\,\frac{\Phi_{NH4}}{\Phi_{NH4} + \Phi_{NO3}} + K_{ldom}\,\delta_N\,\gamma_{om}\,\Phi_{ldom}$$

$$+ K_{rdom}\,\delta_N\,\gamma_{om}\,\Phi_{rdom} + K_{poml}\,\delta_N\,\gamma_{om}\,\Phi_{poml} + K_{pomr}\,\delta_N\,\gamma_{om}\,\Phi_{pomr} + K_s\,\delta_N\,\gamma_{om}\,\Phi_s$$

$$+ S_{ODNH4}\,\gamma_{om}\,A_s / V_{cel} + K_{NO3}\,\gamma_{NO3}\,\Phi_{NO3} - K_{NH4}\,\gamma_{NH4}\,\Phi_{NH4}$$

Em que:

A_s - área de sedimentação, m^2

V_{cel} – volume de célula, m^3

Δz - espessura da célula, m

δ_N - coeficiente estequeométrico para nitrogênio

γ_{om} - taxa de multiplicação da temp. para o decaimento da matéria orgânica

γ_{NH4} - taxa de multiplicação da temperatura para nitrificação

γ_{NO3} - taxa de multiplicação da temperatura para desnitrificação

K_{ar} - taxa de respiração das algas no escuro, s^{-1}

K_{ag} - taxa de crescimento das algas, s^{-1}

K_{ldom} - taxa de decaimento da matéria orgânica dissolvida degradável, s^{-1}

K_{rdom} - taxa de decaimento da matéria orgânica dissolvida refratária, s^{-1}

K_{poml} - taxa de decaim. da matéria orgânica particulada degradável, s^{-1}

K_{pomr} - taxa de decaimento da matéria orgânica particulada refratária, s^{-1}

K_s - taxa de decaimento do sedimento, s^{-1}

SOD_{NH4} - taxa de geração de amônia pelo sedimento, $g\ m^{-2}\ s^{-1}$

K_{NO3} - taxa de decaimento do nitrato-nitrogênio, s^{-1}

K_{NH4} - taxa de decaimento da amônia-nitrogênio, s^{-1}

Φ_{ss} - concentração de sólidos suspensos inorgânicos, $g\ m^{-3}$

Φ_{ldom} - concentração da matéria orgânica dissolvida degradável, $g\ m^{-3}$

Φ_{rdom} - concentração da matéria orgânica dissolvida refratária, $g\ m^{-3}$

Φ_a - concentração de algas, $g\ m^{-3}$

Φ_{poml} - concentração da matéria orgânica particulada degradável, $g\ m^{-3}$

Φ_{pomr} - concentração da matéria orgânica particulada refratária, $g\ m^{-3}$

Φ_{NH4} - concentração de amônia-nitrogênio, $g\ m^{-3}$

Φ_{NO3} - concentração de nitrato-nitrogênio, $g\ m^{-3}$

Φ_s - concentração de sedimento orgânico, $g\ m^{-3}$

- **Nitrato (Nitrogênio)**:

$$S_{NO3} = K_{NH4}\gamma_{NH4}\Phi_{NH4} - K_{NO3}\gamma_{NO3}\Phi_{NO3}$$

$$- \sum K_{ag}\delta_N\Phi_a\left(1 - \frac{\Phi_{NH4}}{\Phi_{NH4} + \Phi_{NO3}}\right)$$

Em que:

γ_{NH4} - taxa de multiplicação da temperatura para nitrificação

γ_{NO3} - taxa de multiplicação da temperatura para desnitrificação

δ_N - coeficiente estequiométrico para nitrogênio

K_{NH4} - taxa de nitrificação, s^{-1}

K_{NO3} - taxa de desnitrificação, s^{-1}

K_{ag} - taxa de crescimento das algas, s^{-1}

Φ_a - concentração de algas, $g\ m^{-3}$

Φ_{NH4} - concentração de amônia-nitrogênio, $g\ m^{-3}$

Φ_{NO3} - concentração de nitrato-nitrogênio, $g\ m^{-3}$

- **Fósforo**:

$$S_P = \sum (K_{ar} - K_{ag})\,\delta_P \Phi_a + K_{ldom}\,\delta_P \gamma_{om} \Phi_{ldom} + K_{poml}\,\delta_P \gamma_{om} \Phi_{poml}$$

$$+ K_{pomr}\,\delta_P \gamma_{om} \Phi_{pomr} + K_{rdom}\,\delta_P \gamma_{om} \Phi_{rdom} + K_s \delta_P \gamma_{om} \Phi_s + SOD\ \gamma_{om}\ A_S / V_{cel}$$

$$- \frac{P_P (\sum \omega_{ss} \Phi_{ss} + \omega_{pom} \Phi_{poml} + \omega_{pom} \Phi_{pomr} + \omega_{FE} \Phi_{FE})}{\Delta z}\ \Phi_P$$

Em que:

Δz - espessura da célula, m

A_s - área de sedimentação, m^2

V_{cel} – volume da célula, m^3

P_P - coeficiente de adsorção, $m^3\ g^{-1}$

δ_P - coeficiente estequiométrico para o fósforo

γ_{om} - taxa de multiplicação da temp. para o decaimento da matéria orgânica

ω_i - velocidade de sedimentação, $m\ s^{-1}$

K_{ar} - taxa de respiração das algas no escuro, s^{-1}

K_{ag} - taxa de crescimento das algas, s^{-1}

K_{ldom} - taxa de decaimento da matéria orgânica dissolvida, s^{-1}

K_{poml} - taxa de decaim. da matéria orgânica particulada degradável, s^{-1}

K_{pomr} - taxa de decaimento da matéria orgânica particulada refratária, s^{-1}

K_s - taxa de decaimento do sedimento, s^{-1}

SOD - taxa de descarga anaeróbia do sedimento, $g\ m^{-2}\ s^{-1}$

K_{rdom} - taxa de decaimento da matéria orgânica dissolvida refratária, s^{-1}

Φ_{rdom} - concentração da matéria orgânica dissolvida refratária, $g\ m^{-3}$

Φ_a - concentração de algas, $g\ m^{-3}$

Φ_{ldom} - concentração da matéria orgânica dissolvida degradável, $g\ m^{-3}$

Φ_{poml} - concentração da matéria orgânica particulada degradável, $g\ m^{-3}$

Φ_{pomr} - concentração da matéria orgânica particulada refratária, $g\ m^{-3}$

Φ_s - concentração de sedimento orgânico, $g\ m^{-3}$

Φ_{ss} - concentração de sólidos suspensos inorgânicos, $g\ m^{-3}$

Φ_P - concentração de fósforo, $g\ m^{-3}$

Φ_{FE} - concentração total de ferro, $g\ m^{-3}$

- **Clorofila-a (Algas)**:

$$S_{ALGA} = K_{ag}\Phi_a - K_{ar}\Phi_a - K_{ae}\Phi_a - K_{am}\Phi_a - \frac{\omega a}{\Delta z}\Phi_a$$

Em que:

Δz - espessura da célula, m

K_{ag} - taxa de crescimento das algas, s^{-1}

K_{ar} - taxa de respiração das algas no escuro, s^{-1}

K_{ae} - taxa de excreção das algas, s^{-1}

K_{am} - taxa de mortalidade das algas, s^{-1}

ω_a - taxa de sedimentação de algas, $m\ s^{-1}$

Φ_P - concentração de algas, $g\ m^{-3}$

10.3. Fontes de Poluição

10.3.1. Efluentes domésticos dos núcleos urbanos

A determinação da carga poluente contribuinte de esgotos domésticos das cidades de Natal, São Gonçalo do Amarante e Macaíba para o estuário do Potengi foi realizada a partir das concentrações típicas de águas residuárias urbanas e valores médios de vazão de contribuição per capita.

Von Sperling (1996) apresenta valores típicos das concentrações de efluentes domésticos brutos e de eficiências dos sistemas de tratamento para diferentes poluentes, ilustrados a seguir nas Tabelas 10.1 e 10.2.

Tabela 10.1. Características de esgotos domésticos brutos

Parâmetro	Concentração	Unidade
DBO_5	200-500	mg/L
Nitrogênio Total	35-70	mg/L
Nitrogênio Orgânico	15-30	mg/L
Amônia	20-40	mg/L
Nitrito	0	mg/L
Nitrato	0-2	mg/L
Fósforo	5-25	mg/L
Fósforo Orgânico	2-8	mg/L
Fósforo Inorgânico	4-17	mg/L
Coliformes Termotolerantes	10^5-10^8	NMP/100mL
Sólidos Dissolvidos Totais	500-900	mg/L
Cloretos	20-50	mg/L

Fonte: Von Sperling, M. (1996), Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.

Tabela 10.2. Características dos principais níveis de tratamento dos esgotos

Item	Nível do tratamento		
	Preliminar	Primário	Secundário
Poluentes removidos	- Sólidos grosseiros	- Sólidos sedimentáveis - DBO em suspensão	- Sólidos não sedimentávies - DBO em suspensão fina - DBO solúvel - Nutrientes (parcialmente) - Patogênicos
Eficiência da remoção	-	-SS: 60-70% -DBO: 30-40% - Coliformes: 30-40%	- DBO: 60 a 99% -Coliformes: 60 a 99% - Nutrientes: 10 a 50%
Mecanismos de tratamento predominante	Físico	Físico	Biológico

Fonte: Von Sperling, M. (1996), Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.

A vazão de contribuição dos efluentes domésticos da população urbana dos municípios de Natal, São Gonçalo do Amarante e Macaíba foi obtida aplicando-se a seguinte fórmula:

$$Q_{esgoto} = \frac{Pop_{urbana} \times CPC \times R}{86{,}4}$$

Em que:

- Q_{esgoto} – vazão de contribuição dos esgotos domésticos, m^3/s;
- Pop_{urbana} – população urbana do município, habitantes;
- CPC – consumo médio per capita de água, L/hab/dia;
- R – coeficiente de retorno esgoto/água;
- Obs: valores adotados constantes: CPC = 200 L/hab/dia e R=0,8.

Assim, para cada bacia de esgotamento sanitário de Natal foi determinada a população residente atual a partir do método de tabulação proporcional de áreas e, utilizando-se a fórmula supracitada, obteve-se também a vazão de esgotos para cada bacia. A população futura foi calculada considerando-se um crescimento geométrico constante a uma taxa de 1,74% ao ano (taxa adotada pelo IBGE para estimar a população da cidade de Natal entre 2000 e 2006). Deve-se frisar que a manutenção de uma taxa constante de crescimento anual é de certa forma conservadora, uma vez que as taxas de crescimento tendem a cair e se estabilizar à medida que a densidade demográfica se aproxima de um patamar de saturação, mas preferiu-se trabalhar a favor da segurança (com folga) na determinação das cargas poluentes uma vez que o processo de modelagem da qualidade das águas inclui diversas incertezas inerentes à complexidade dos fenômenos existentes na natureza.

Utilizando-se de valores típicos de concentração de águas residuárias domésticas (DBO = 337,5 mg/L, Amônia = 30 mg/L; Fósforo = 15 mg/L e Coliformes termotolerantes = $5x10^6$ NMP/100mL), conjuntamente com as vazões calculadas dos esgotos, foi possível obter a carga poluente por bacia para os efluentes tratados e não-tratados da cidade de Natal (quantificação apresentada posteriormente no sub-capítulo

10.4 para diferentes cenários de evolução da infra-estrutura de saneamento básico da Região Metropolitana de Natal).

Procedeu-se ainda na identificação da destinação final ou exutório dos efluentes gerados em cada uma das bacias de esgotamento sanitário da cidade de Natal, o que permitiu gerar um diagrama unifilar das cargas poluentes dos esgotos domésticos, apresentado mais adiante, e incluindo também cargas de origem industrial e de carcinicultura para diferentes cenários (sub-capítulo 10.4).

Para as cidades de São Gonçalo do Amarante e Macaíba, foi realizado um procedimento de cálculo similar ao de Natal, entretanto mais simples devido ao fato de não ter sido necessário fragmentar a população por bairros e o ponto de lançamento no rio Potengi ter se dado de forma concentrada em um único local.

Em relação ao ponto de lançamento dos efluentes domésticos, o Parecer Técnico da CAERN (2004) aponta que as bacias B, C, D, E, F, K da região sul de Natal despejam no estuário do Potengi, a bacia O da região sul de Natal despeja no rio Pitimbú, as bacias A e N da região sul despejam no Oceano Atlântico e as bacias G, H, I, J, L, M da região sul são endorréicas.

Com base nas informações supracitadas e utilizando-se de dados cartográficos, para fins de modelagem da qualidade da água do estuário do Potengi, foram considerados os seguintes pontos de despejo:

- Gamboa Manimbu (margem esquerda do estuário): recebe os efluentes das bacias A, B, C, D, E, F, H, I, J, K, L e M da região norte de Natal.
- Gamboa Jaguaribe (margem esquerda do estuário): recebe os efluentes das bacias Q da região norte de Natal;
- Riacho do Baldo (margem direita do estuário): em um primeiro momento (situação atual) recebe os efluentes das bacias A, B, C, E, G, H e I (parcialmente) da região sul de Natal. Em curto/médio prazo, os efluentes da bacia E passam a ser tratados na ETE da Fazenda Carnaubinha, não mais sendo despejados no Baldo.
- Drenos Quintas-Nordeste (margem direita do estuário): ponto de lançamento dos efluentes da bacia D da região sul de Natal;

- Riacho Golandim (margem esquerda do estuário): recebe os efluentes da bacia G e do distrito industrial de Natal/Extremoz da região norte de Natal;
- Rio Potengi (margem esquerda do estuário): recebe os efluentes da cidade de São Gonçalo do Amarante;
- Drenos Bom Pastor (margem direita do estuário): na situação atual recebe os efluentes das bacias F e K da região sul de Natal. Em curto/médio prazo, com a implantação da ETE Fazenda Carnaubinha, deixa de receber esses despejos domésticos.
- Riacho Guarabê (margem direita do estuário): embora tenha sido identificado o lançamento ocasional de dejetos de fossas recolhidos por empresas imunizadoras neste riacho, essa fonte de poluição não foi incluída na modelagem devido à carência de maiores informações que resultassem na quantificação realista dessas cargas poluentes;
- Riacho da Prata (margem esquerda do estuário): Na situação atual não recebe contribuição de efluentes domésticos, mas a curto/médio prazo passa a receber, em um primeiro momento, os despejos da das bacias E, F e K (ETE Fazenda Carnaubinha), e em seguida também os despejos da bacia I (parcialmente), com a ampliação do sistema.
- Rio Jundiaí (condição de contorno de montante): recebe os efluentes da sede de Macaíba, assim como os despejos das indústrias dessa cidade (CIA de Macaíba);

Ressalta-se que a bacia O da região norte de Natal lança a montante da lagoa de Extremoz, portanto sua carga poluente não foi incluída na modelagem. Já uma parte da bacia I (áreas que ficam, por exemplo, no bairro Capim Macio,) e as bacias J, L, M, N e O da região sul de Natal são endorréicas ou despejam no rio Pitimbú e Oceano Atlântico, por conseguinte também não foram inclusas na modelagem.

Deve-se frisar ainda que no sub-item 10.4 deste capítulo serão apresentados os diagramas esquemáticos das cargas poluentes para diferentes cenários, facilitando a compreensão dos pontos de despejo das cargas poluentes.

10.3.2. Efluentes dos Parques Industriais de Macaíba e Natal/Extremoz

Ao longo do estuário do Potengi destacam-se basicamente dois parques industriais, cujos efluentes, ricos em matéria orgânica, são despejados no seu interior, quais sejam: Centro Industrial Avançado de Macaíba e Distrito Industrial de Extremoz.

"*O Centro Industrial Avançado – CIA ocupa uma área de aproximadamente 17 hectares, em Macaíba, e é composto de 32 lotes ocupados com 29 empresas, sendo oito indústrias em operação, oito em implantação, sete em processo de instalação e seis com reserva de áreas*" (http://www.assecom.rn.gov.br/, dezembro de 2004).

Uma das empresas de destaque no CIA é COTEMINAS, que atua no setor têxtil, produzindo camisetas e roupa de cama cuja unidade mantém um sistema independente de tratamento de efluentes industriais. No final do ano de 2004, o Governo do Estado fez uma doação de quatro terrenos para as empresas Caliman Nordeste, Izzotin Indústria e Comércio, Toli e Maxx Frutos do Mar, que atuam nos seguimentos de fruticultura, construção civil, confecções e carcinicultura, cujas áreas de implantação previstas eram respectivamente de 57.000 m^2, 33.000 m^2, 19.300 m^2 e 47.000 m^2. A Caliman fornece frutas para o mercado europeu e americano, através do beneficiamento de mamão papaia para exportação. A Izzotin é fabricante de tintas, massas corrida, texturas e seladores. A Toli é fabricante de confecções femininas. A Maxx Frutos do Mar trabalha com o beneficiamento de camarão inteiro congelado, padrão exportação (http://www.assecom.rn.gov.br/, dezembro de 2004).

Em novembro de 2003 foi assinada a ordem de serviço para a construção do sistema de tratamento de esgotos gerados pelo CIA de Macaíba. O projeto concebido inclui a construção de quatro lagoas de estabilização capazes de captar e tratar até 9 mil metros cúbicos de esgoto por dia (http://www.rn.gov.br/, novembro de 2003).

O Distrito Industrial de Natal/Extremoz está situado numa área que abrange os municípios de Extremoz, Natal e São Gonçalo do Amarante, na margem da BR 101, próximo da capital e a menos de 30 km do porto e do aeroporto. É o mais antigo do Rio Grande do Norte. Empresas como Antarctica, Guararapes, Vicunha e Parmalat estão instaladas neste distrito, atuando nos ramos de bebidas, confecções e lacticínios.

Dentre as obras previstas para a conclusão da estação de tratamento de esgotos do DI de Extremoz, estão inclusos, além das lagoas de estabilização e

aeradores; a instalação de um emissário com 4.620 m de extensão, com diâmetro de 400 mm em tubo de PVC, de forma que os esgotos do DI de Natal/Extremoz sejam lançados no rio Golandim, afluente do Potengi (http://www.assecom.rn.gov.br/, março de 2004).

Segundo dados da CAERN (http://www.caern.com.br/, 2006), o antigo sistema de tratamento do DI de Natal/Extremoz era composto de 01 lagoa anaeróbia, seguida de 01 facultativa e 02 de maturação em série. Já o sistema reformulado, consta de 2 lagoas aeradas em série, seguidas de 1 lagoa de polimento, sendo que a essa unidade será incorporado um sistema de aeração forçada com 30 aeradores mecânicos. Já em relação à capacidade do sistema de tratamento de esgotos, está previsto o atendimento de mais de 10 indústrias, sendo tratados 10.500 m^3/dia. A Figura 10.1 ilustra, por meio de uma fotografia aérea, o sistema de tratamento do DI de Extremoz.



Fonte: http://www.caern.com.br/, 2006

Figura 10.1. Vista aérea da Lagoa de Estabilização do DI de Extremoz

Von Sperling (1996) apresenta os poluentes típicos e suas faixas de concentração para diferentes ramos industriais, conforme ilustram as Tabelas 10.3 e 10.4. Observa-se que nos segmentos industriais existentes no CIA de Macaíba e no DI de Extremoz a matéria orgânica é o principal poluidor. Não há especificações a respeito da poluição associada ao nitrogênio, ao fósforo e aos coliformes termotolerantes, embora se saiba que a contaminação relativa a esse último seja desprezível.

Tabela 10.3. Principais parâmetros dos despejos líquidos em função do ramo de atividade industrial

Ramo	Atividade	DBO ou DQO	SS	Óleos Graxas	Fenóis	pH	CN^-	Metais
Produtos Alimentares	Conservas carne/peixe	X	X			X		
	Lacticínios	X	X	X		X		
	Conserva de frutas e vegetais	X	X			X		
Bebidas	Cervejaria	X	X	X		X		
Têxtil	Algodão	X				X		
	Lã	X		X		X		
	Sintéticos	X				X		
	Tingimento			X	X	X	X	
Produtos Químicos	Tintas e corantes							X

Fonte: Von Sperling, M. (1996), Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.

Tabela 10.4. Concentrações de DBO das águas residuárias industriais

Gênero	Tipo	Concentração de DBO (mg/L)
Alimentícia	Conservas frutas/legumes	600-7.500
	Lactínio sem queijaria	300-2.500
	Lactínio com queijaria	500-4.000
Bebidas	Cervejaria	3.500
Têxtil	Algodão	200-1.500
	Lã	500-600
	Rayon	500-1.200
	Nylon	350
	Polyester	1500-3.000
	Lavanderia de lã	2.000-5.000
	Tinturaria	2.000-5.000
	Alvejamento de tecidos	250-300
Indústria Química	Tinta	10

Fonte: Von Sperling, M. (1996), Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.

Considerando que as concentrações de DBO dos efluentes do DI de Natal/Extremoz não-tratados seja de 1.000 mg/L (setor de bebidas, lacticínios e têxtil) e a vazão de 10.500 m^3/dia, estima-se uma carga poluente resultante dos efluentes "*in natura*" de 10.500 kg/dia de DBO. Admitindo que a concentração para os despejos não tratados do CIA de Macaíba seja de 500 mg/L (setor têxtil), cuja vazão é de 9.000 m^3/dia, a carga poluente "in-natura" estimada apresenta valor de 4.500 kg/dia de DBO. Os pontos de lançamentos desses efluentes são o rio Golandim para o DI Natal/Extremoz e o rio Jundiaí na cidade de Macaíba para o CIA.

Deve-se frisar que a contribuição per capita típica em relação a esgotos domésticos é de cerca de 50 g/hab/dia de DBO. Assim pode-se determinar o Equivalente Populacional relativo à poluição orgânica de origem industrial, que é uma representação do tamanho da população que seria necessária para gerar tal poluição. Assim, para o CIA de Macaíba o Equivalente Populacional dos esgotos industriais

brutos (não tratados) seria de 90.000 habitantes e para o DI de Extremoz esse valor seria de 210.000 habitantes.

10.3.3. Efluentes das Atividades de Carcinicultura

As fazendas de carcinicultura consomem água freqüentemente para repor as perdas por infiltração e por evaporação nos viveiros. Além disso, as fazendas criadoras de camarão renovam a água dos viveiros periodicamente para manter padrões de qualidade adequados ao cultivo, liberando efluentes com uma freqüência praticamente diária.

Além dos efluentes associados à renovação das águas dos viveiros gerados pela carcinicultura, outra fonte de poluição provocada por essa atividade ocorre durante a despesca. A despesca do camarão é o processo final da produção, onde são esvaziados os viveiros e colhidos os camarões para comercialização. Por causa do grande volume despejado no rio, e das elevadas concentrações de alguns poluentes presentes no efluente, a despesca é um evento de impacto significativo na qualidade da água do corpo hídrico receptor.

Deve-se frisar que, durante a despesca, para evitar o escurecimento da carapaça do camarão, grande parte dos produtores utiliza o metabissulfito. Esse produto pode causar impactos negativos no ecossistema aquático se liberado diretamente nos cursos d'água (prática altamente condenável), pois reage com o oxigênio, provoca rebaixamento do pH e causa intoxicação de animais.

Na modelagem da qualidade das águas do estuário do Potengi, serão consideradas somente as cargas poluentes de carcinicultura provenientes da renovação das águas dos viveiros. Ressalta-se que a despesca do camarão se constitui em um evento de freqüência ocasional (um ciclo de produção leva em torno de 90 dias comumente) e que para esta ser incluída na modelagem necessitaria da definição de cenários específicos para esse tipo de carga poluente, com variação do período, da localização e da quantidade dos viveiros que estariam realizando-a, o que não faz parte do escopo do presente estudo.

Assim, para quantificar as cargas poluentes de carcinicultura relativas à renovação das águas dos viveiros, serão utilizadas as informações da publicação de Araújo (2005), que apresenta dados de monitoramento (realizado pela EMBRAPA) em

fazendas de carcinicultura na região do Baixo Jaguaribe, Estado do Ceará, cujos resultados encontram-se apresentados na Tabela 10.5.

Tabela 10.5. Dados de qualidade dos efluentes dos viveiros de carcinicultura (processo de renovação das águas)


Vazão média dos despejos (m^3/dia/ha):		127,2
Parâmetros	**Concentração Mediana (mg/L)**	**Carga Poluente (kg/dia/ha)**
OD	6,40	-
DBO	15,40	1,958
Amônia Total	0,46	0,058
Nitrato	0,30	0,038
Fósforo Total	0,34	0,043
Ortofosfato Solúvel	0,04	0,005
Sólidos Dissolvidos Totais	252,60	32,12
Coliformes Termotolerantes*	23,00	-

**concentração em NMP/100mL / carga poluente desprezível*

Fonte: Araújo (2005)

Foi realizado especialmente por ocasião do presente estudo, um levantamento da quantidade, da localização e das áreas dos viveiros de carcinicultura presentes no estuário do Potengi, utilizando-se de imagem do satélite QuickBird (fusionada 0,6 m em cores naturais) datada de 04/04/2007. Uma carta imagem ilustrando o produto adquirido encontra-se apresentada a seguir na Figura 10.2.

Observa-se que foram contabilizados no total 377 viveiros de camarão, representando uma área total de 730 ha. Do total de viveiros, 333 encontravam-se ativados (área de 630 ha) e os 44 restantes desativados (área de 100 ha). Em relação ao ponto de lançamento das fazendas ativas, estima-se que 15 viveiros (área de 22 ha) despejam na Gamboa Manimbu, 142 viveiros (área de 261 ha) na Gamboa Jaguaribe, 113 viveiros no riacho Golandim (área de 160 ha), 51 viveiros no rio Potengi (área de 125 ha) e 12 viveiros no Riacho da Prata (área de 62 ha).



NATAL
SÃO GONÇALO DO AMARANTE
MACAÍBA
OCEANO ATLÂNTICO
RIO POTENGI
RIO JAGUARIBE
RIO JUNDIAÍ
RIO GUARAPES
REDINHA
SALINAS
SANTOS REIS
ROCAS
RIBEIRA
PRAIA DO MEIO
PETRÓPOLIS
CIDADE ALTA
AREIA PRETA
MÃE LUÍZA
ALECRIM
BARRO VERMELHO
TIROL
LAGOA SECA
LAGOA NOVA
DIX-SEPT ROSADO
N. SRA. DE NAZARÉ
CIDADE DA ESPERANÇA
FELIPE CAMARÃO
BOM PASTOR
NORDESTE
QUINTAS
ELIPORTO
IGAPÓ
POTENGI
OLHO-D'ÁGUA
PARAÍSO
RANCHÃO
RIDULEIRO
NOVO Sto ANTÔNIO
RÊGO MOLEIRO
JACARAU
GUARAPES
POVOADO GUARAPES DE MACAÍBA
DINARTE MARINHO
FORTE DOS REIS MAGOS
PRAIA DA REDINHA
PRAIA DO MEIO
PRAIA DOS ARTISTAS
PRAIA DE AREIA PRETA
PRAIA DE MÃE LUÍZA
PRAIA DO PINTO
BR-101
BR-406
BR-226
RN-160
RN-302
RN-301
P/EXTREMOZ
P/MACAÍBA
P/ NATAL (CENTRO)
LEGENDA
VIVEIROS DE CARCINICULTURA ATIVOS
VIVEIROS DE CARCINICULTURA INATIVOS
FAZENDA CARNAUBINHA
LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO
CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS
PONTO COTADO 1.88
APOIO FOTOGRAMÉTRICO HV-35
VÉRTICE IMPLANTADO PA03
VÉRTICE OFICIAL DF98
CURVA MESTRA 10
CURVA INTERMEDIÁRIA
CAMINHO PREFERENCIAL DA CHEIA
AEROPORTO
VIA PAVIMENTADA
VIA NÃO PAVIMENTADA
FERROVIA
EROSÃO
MOVIMENTO DE TERRA
AFLORAMENTO ROCHOSO
BARRANCO TALUDE
PONTE_PONTILHÃO
BUEIRO
CAMPO DE POUSO
TANQUE
CANAL
BARRAGEM DE CONCRETO
BARRAGEM DE TERRA
RIO INTERMITENTE
RIO PERENE
CORREDEIRA
CACHOEIRA
LAGOA INTERMITENTE
LAGO LAGOA PERENE
ALAGADO
BREJO
OCEANO
LIMITE MUNICIPAL
GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE - CAERN
caern
COMPLEMENTAÇÃO DO ESTUDO AMBIENTAL PARA IMPLANTAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DOS ESGOTOS DAS BACIAS E, F e K
CONTEÚDO: CARTA IMAGEM DO ESTUÁRIO DO POTENGI COM DESTAQUE PARA OS VIVEIROS DE CARCINICULTURA (QUICKBIRD 01/04/2007 - RESOLUÇÃO DE 0,6 m EM CORES NATURAIS
FIGURA: 10.2
ESCALA: 1/20.000
DATA: OUTUBRO/2006
ACQUATOOL

10.4. Definição dos Cenários (Aspectos Quantitativos e Qualitativos)

Para modelagem da qualidade das águas do Estuário do Rio Potengi foram definidos 04 cenários de lançamento de cargas poluentes, conforme descrito a seguir:

- **Cenário 01**: cargas poluentes de origem doméstica compatíveis com os níveis de esgotamento sanitário no ano de 2007 das cidades de Natal, São Gonçalo do Amarante e Macaíba (sistemas de tratamentos de esgoto parcialmente implantados na bacia D e I, região sul, e bacia G, região norte), cargas poluentes estimadas para as atividades de carcinicultura na situação atual, os despejos industriais do DI de Extremoz/Natal sendo tratados e do CIA de Macaíba ocorrendo sem tratamento. **Objetivo**: avaliar impactos na qualidade das águas no estuário do Potengi causados pelas principais atividades antrópicas geradoras de poluição na RMN na situação atual (2007);
- **Cenário 02**: cargas poluentes de origem doméstica das cidades de Natal, São Gonçalo do Amarante e Macaíba no ano de 2010, considerando que houve somente a implantação da ETE Fazenda Carnaubinha (bacias E, F e K, região sul); sendo que as cargas poluentes estimadas para as atividades de carcinicultura e os despejos industriais se mantêm os mesmos do Cenário 01. **Objetivo**: avaliar os benefícios gerados pela implantação única do sistema de esgotamento sanitário das bacias E, F e K na qualidade das águas do estuário do Potengi em uma situação de curto prazo (2010);
- **Cenário 03**: cargas poluentes de origem doméstica das cidades de Natal, São Gonçalo do Amarante e Macaíba no ano de 2010, considerando que houve a implantação da ETE Fazenda Carnaubinha (bacias E, F e K, região sul) e da ETE do Baldo (bacias A, B, C, G, H, região sul), além de que Macaíba passa a apresentar um sistema de tratamento que atende 20% da população, as cargas poluentes estimadas para as atividades de carcinicultura são reduzidas em 50% e ambos os distritos industriais passam a contar com sistema de tratamento de esgotos. **Objetivo**: avaliar, dentro de uma visão mais otimista, os benefícios gerados na qualidade das águas do estuário do Potengi (em uma situação de curto prazo – 2010) oriundos da

implantação na RMN de um programa abrangente de investimentos em saneamento básico;

- **Cenário 04**: cargas poluentes de origem doméstica das cidades de Natal, São Gonçalo do Amarante e Macaíba no ano de 2015, considerando que houve a implantação da ETE Fazenda Carnaubinha (bacias E, F e K com integração da bacia I ao sistema, região sul), da ETE do Baldo (bacias A, B, C, G, H e I, região sul), da ETE da Redinha (bacias H, J e M, região norte), além de que Macaíba e S. G. do Amarante passam a apresentar um sistema de tratamento que atende 80% da população; as cargas poluentes estimadas para as atividades de carcinicultura são reduzidas em 75% e ambos os distritos industriais passam a contar com sistema de tratamento de esgotos. **Objetivo**: avaliar, dentro de uma visão mais otimista, os benefícios gerados na qualidade das águas do estuário do Potengi (em uma situação de médio prazo – 2015) oriundos da implantação na RMN de um programa abrangente de investimentos em saneamento básico;

Deve-se frisar que, quanto aos aspectos hidrodinâmicos, foram mantidas as mesmas condições de contorno para os 04 cenários, quais sejam:

- **Condições de contorno de montante**: Vazões afluentes dos rios Jundiaí e Potengi associadas a um período de estiagem (constantes);
- **Condições de contorno de jusante**: dados de elevação do nível da água tomando-se como base a tábua de marés referente à Capitania dos Portos do Rio Grande do Norte – CPRN – Estação Maregráfica localizada no Trapiche, corrigida pelo nível de redução;

Deve-se frisar que se tomou um período de simulação suficientemente longo (02 meses) para abranger marés de preamar e baixa-mar e de sizígia e quadratura, além de um aquecimento inicial do modelo.

As taxas, parâmetros e constantes que regem o comportamento hidrodinâmico e a cinética das reações dos constituintes das águas do estuário do Potengi para o modelo CE-QUAL-W2 foram obtidos a partir do trabalho “Estudo Preliminar de Avaliação da Capacidade Suporte do Estuário do Rio Potengi” (CAERN, 2006), onde foram realizadas as calibrações do modelo.

O detalhamento de cada cenário é apresentado nos sub-itens a seguir.

10.4.1. Cargas Poluentes no Cenário 01

O Cenário 01, conforme descrito anteriormente, tem por objetivo avaliar impactos na qualidade das águas no estuário do Potengi causados pelas principais atividades antrópicas geradoras de poluição na RMN na situação atual (2007).

As Tabelas 10.6 a 10.11 apresentam a memória de cálculo das cargas poluentes no estuário do Potengi para o Cenário 01. Já o diagrama esquemático das cargas poluentes é ilustrado na Figura 10.3.

Tabela 10.6. Estimativa da população atendida e não atendida por sistema de tratamento de esgotos nas bacias de esgotamento sanitário de Natal (Cenário01)

Percentual de esgoto tratado	Bacias	População IBGE2000	População IBGE2007	População IBGE2007 c/tratamento	População IBGE2007 s/tratamento
0%	A_N	19.485	21.983	0	21.983
0%	B_N	79.862	90.099	0	90.099
0%	C_N	8.376	9.449	0	9.449
0%	D_N	11.643	13.136	0	13.136
0%	E_N	13.424	15.145	0	15.145
0%	F_N	5.342	6.027	0	6.027
30%	G_N	47.739	53.859	16.158	37.701
0%	H_N	9.220	10.402	0	10.402
0%	I_N	6.144	6.931	0	6.931
0%	J_N	10.685	12.055	0	12.055
0%	K_N	10.389	11.721	0	11.721
0%	L_N	9.392	10.595	0	10.595
0%	M_N	4.701	5.303	0	5.303
0%	Q_N	8.341	9.410	0	9.410
0%	A_S	32.211	36.340	0	36.340
0%	B_S	20.776	23.439	0	23.439
0%	C_S	42.913	48.413	0	48.413
30%	D_S	43.479	49.053	14.716	34.337
0%	E_S	20.476	23.100	0	23.100
0%	F_S	27.371	30.879	0	30.879
0%	G_S	13.319	15.026	0	15.026
0%	H_S	26.809	30.246	0	30.246
25%	I_S	73.214	82.599	20.650	61.949
0%	J_S	48.433	54.641	0	54.641
0%	K_S	46.957	52.976	0	52.976
0%	L_S	17.601	19.858	0	19.858
0%	M_S	10.255	11.570	0	11.570
100%	N_S	13.753	15.516	15.516	0
0%	O_S	30.005	33.851	0	33.851
Total		**712.317**	**803.624**	**67.040**	**736.584**

Notas

1. taxa de crescimento geométrico adotada: 1,74% a.a., conforme projeções do IBGE para a cidade de Natal no período 2000-2006

2. população das bacias obtida por meio do método de proporção de áreas, utilizando ferramentas SIG

3. bacia I - região sul despeja parcialmente no Potengi. Bacias J, L, M, N e O - região sul são endorréicas ou despejam em outro corpo receptor. As demais bacias despejam esgotos no Potengi.

Tabela 10.7. Estimativa das cargas poluentes de origem doméstica por bacia de esgotamento sanitário de Natal (Cenário 01)

Percentual de esgoto tratado	Bacias	Vazão do esgoto(L/s)	Matéria orgânica (DBO)				Coliformes Termotolerantes			
			Carga remanescente do tratamento (kg/dia)	Carga "in-natura"não tratada (kg/dia)	Carga total (kg/dia)	Concentração do esgoto (mg/L)	Carga remanescente (NMP/dia)	Carga "in-natura"não tratada (NMP/dia)	Carga total (kg/dia)	Concentração do esgoto (mg/L)
0%	A_N	40,71	0,00	1187,09	1187,09	337,5	0,00E+00	1,76E+14	1,76E+14	5,00E+06
0%	B_N	166,85	0,00	4865,34	4865,34	337,5	0,00E+00	7,21E+14	7,21E+14	5,00E+06
0%	C_N	17,50	0,00	510,25	510,25	337,5	0,00E+00	7,56E+13	7,56E+13	5,00E+06
0%	D_N	24,33	0,00	709,34	709,34	337,5	0,00E+00	1,05E+14	1,05E+14	5,00E+06
0%	E_N	28,05	0,00	817,82	817,82	337,5	0,00E+00	1,21E+14	1,21E+14	5,00E+06
0%	F_N	11,16	0,00	325,46	325,46	337,5	0,00E+00	4,82E+13	4,82E+13	5,00E+06
30%	G_N	99,74	87,25	2035,86	2123,11	246,4	1,29E+11	3,02E+14	3,02E+14	3,50E+06
0%	H_N	19,26	0,00	561,71	561,71	337,5	0,00E+00	8,32E+13	8,32E+13	5,00E+06
0%	I_N	12,84	0,00	374,29	374,29	337,5	0,00E+00	5,55E+13	5,55E+13	5,00E+06
0%	J_N	22,32	0,00	650,95	650,95	337,5	0,00E+00	9,64E+13	9,64E+13	5,00E+06
0%	K_N	21,70	0,00	632,92	632,92	337,5	0,00E+00	9,38E+13	9,38E+13	5,00E+06
0%	L_N	19,62	0,00	572,15	572,15	337,5	0,00E+00	8,48E+13	8,48E+13	5,00E+06
0%	M_N	9,82	0,00	286,39	286,39	337,5	0,00E+00	4,24E+13	4,24E+13	5,00E+06
0%	Q_N	17,43	0,00	508,13	508,13	337,5	0,00E+00	7,53E+13	7,53E+13	5,00E+06
0%	A_S	67,30	0,00	1962,38	1962,38	337,5	0,00E+00	2,91E+14	2,91E+14	5,00E+06
0%	B_S	43,41	0,00	1265,73	1265,73	337,5	0,00E+00	1,88E+14	1,88E+14	5,00E+06
0%	C_S	89,65	0,00	2614,31	2614,31	337,5	0,00E+00	3,87E+14	3,87E+14	5,00E+06
30%	D_S	90,84	79,47	1854,19	1933,66	246,4	1,18E+11	2,75E+14	2,75E+14	3,50E+06
0%	E_S	42,78	0,00	1247,41	1247,41	337,5	0,00E+00	1,85E+14	1,85E+14	5,00E+06
0%	F_S	57,18	0,00	1667,48	1667,48	337,5	0,00E+00	2,47E+14	2,47E+14	5,00E+06
0%	G_S	27,83	0,00	811,40	811,40	337,5	0,00E+00	1,20E+14	1,20E+14	5,00E+06
0%	H_S	56,01	0,00	1633,28	1633,28	337,5	0,00E+00	2,42E+14	2,42E+14	5,00E+06
25%	I_S	152,96	111,51	3345,26	3456,77	261,6	1,65E+11	4,96E+14	4,96E+14	3,75E+06
0%	J_S	101,19	0,00	2950,61	2950,61	337,5	0,00E+00	4,37E+14	4,37E+14	5,00E+06
0%	K_S	98,10	0,00	2860,73	2860,73	337,5	0,00E+00	4,24E+14	4,24E+14	5,00E+06
0%	L_S	36,77	0,00	1072,31	1072,31	337,5	0,00E+00	1,59E+14	1,59E+14	5,00E+06
0%	M_S	21,43	0,00	624,77	624,77	337,5	0,00E+00	9,26E+13	9,26E+13	5,00E+06
100%	N_S	28,73	83,79	0,00	83,79	33,8	1,24E+11	0,00E+00	1,24E+11	5,00E+03
0%	O_S	62,69	0,00	1827,97	1827,97	337,5	0,00E+00	2,71E+14	2,71E+14	5,00E+06
Total		**1488**	**362**	**39776**	**40138**	-	**5,36E+11**	**5,89E+15**	**5,89E+15**	-

Percentual de esgoto tratado	Bacias	Vazão do esgoto(L/s)	Nitogênio Amoniacal				Fósforo total			
			Carga remanescente do tratamento (kg/dia)	Carga "in-natura"não tratada (kg/dia)	Carga total (kg/dia)	Concentração do esgoto (mg/L)	Carga remanescente do tratamento (kg/dia)	Carga "in-natura"não tratada (kg/dia)	Carga total (kg/dia)	Concentração do esgoto (mg/L)
0%	A_N	40,71	0,00	105,52	105,52	30,0	0,00	52,76	52,76	15,0
0%	B_N	166,85	0,00	432,47	432,47	30,0	0,00	216,24	216,24	15,0
0%	C_N	17,50	0,00	45,36	45,36	30,0	0,00	22,68	22,68	15,0
0%	D_N	24,33	0,00	63,05	63,05	30,0	0,00	31,53	31,53	15,0
0%	E_N	28,05	0,00	72,70	72,70	30,0	0,00	36,35	36,35	15,0
0%	F_N	11,16	0,00	28,93	28,93	30,0	0,00	14,46	14,46	15,0
30%	G_N	99,74	38,78	180,97	219,74	25,5	19,39	90,48	109,87	12,8
0%	H_N	19,26	0,00	49,93	49,93	30,0	0,00	24,96	24,96	15,0
0%	I_N	12,84	0,00	33,27	33,27	30,0	0,00	16,64	16,64	15,0
0%	J_N	22,32	0,00	57,86	57,86	30,0	0,00	28,93	28,93	15,0
0%	K_N	21,70	0,00	56,26	56,26	30,0	0,00	28,13	28,13	15,0
0%	L_N	19,62	0,00	50,86	50,86	30,0	0,00	25,43	25,43	15,0
0%	M_N	9,82	0,00	25,46	25,46	30,0	0,00	12,73	12,73	15,0
0%	Q_N	17,43	0,00	45,17	45,17	30,0	0,00	22,58	22,58	15,0
0%	A_S	67,30	0,00	174,43	174,43	30,0	0,00	87,22	87,22	15,0
0%	B_S	43,41	0,00	112,51	112,51	30,0	0,00	56,25	56,25	15,0
0%	C_S	89,65	0,00	232,38	232,38	30,0	0,00	116,19	116,19	15,0
30%	D_S	90,84	35,32	164,82	200,14	25,5	17,66	82,41	100,07	12,8
0%	E_S	42,78	0,00	110,88	110,88	30,0	0,00	55,44	55,44	15,0
0%	F_S	57,18	0,00	148,22	148,22	30,0	0,00	74,11	74,11	15,0
0%	G_S	27,83	0,00	72,12	72,12	30,0	0,00	36,06	36,06	15,0
0%	H_S	56,01	0,00	145,18	145,18	30,0	0,00	72,59	72,59	15,0
25%	I_S	152,96	49,56	297,36	346,92	26,3	24,78	148,68	173,46	13,1
0%	J_S	101,19	0,00	262,28	262,28	30,0	0,00	131,14	131,14	15,0
0%	K_S	98,10	0,00	254,29	254,29	30,0	0,00	127,14	127,14	15,0
0%	L_S	36,77	0,00	95,32	95,32	30,0	0,00	47,66	47,66	15,0
0%	M_S	21,43	0,00	55,54	55,54	30,0	0,00	27,77	27,77	15,0
100%	N_S	28,73	37,24	0,00	37,24	15,0	18,62	0,00	18,62	7,5
0%	O_S	62,69	0,00	162,49	162,49	30,0	0,00	81,24	81,24	15,0
Total		**1488**	**161**	**3536**	**3696**	-	**80**	**1768**	**1848**	-

Notas

1. eficiência dos sistemas de tratamento: 90% para DBO, 50% para amônia e fósforo e 99,9% para coliformes termotolerantes

2. vazão de esgoto obtida a partir de um consumo de 200 L/hab/dia, sendo a taxa de retorno de 0,8

3. contribuição doméstica de poluentes: DBO=0,054kg/hab/dia / Amônia=0,0048kg/hab/dia / Fósforo=0,0024kg/hab/dia / Coli. Termotolerantes=8,00x10^{9} NMP/hab/dia

4. bacia I - região sul despeja parcialmente no Potengi. Bacias J, L, M, N e O - região sul são endorréicas ou despejam em outro corpo receptor. As demais bacias despejam esgotos no Potengi.

Tabela 10.8. Estimativa das cargas poluentes de origem doméstica nas cidades de Macaíba e São Gonçalo do Amarante (Cenário 01)

Cidades		Macaíba	S. G. do Amarante
Cobertura da rede de esgotos		0%	0%
População total ano de 2007		42.658	11.210
Vazão de esgoto (L/s)		79,0	20,8
DBO	Carga remanescente do tratamento (kg/dia)	0,0	0,0
	Carga "in-natura"não tratada (kg/dia)	2304	605
	Carga total (kg/dia)	2304	605
	Concentração do esgoto (mg/L)	337,5	337,5
Col. Term.	Carga remanescente do tratamento (NMP/dia)	0,0	0,0
	Carga "in-natura"não tratada (NMP/dia)	3,41E+14	8,97E+13
	Carga total (NMP/dia)	3,41E+14	8,97E+13
	Concentração do esgoto (NMP/100mL)	5,00E+06	5,00E+06
Amônia	Carga remanescente do tratamento (kg/dia)	0,0	0,0
	Carga "in-natura"não tratada (kg/dia)	205	54
	Carga total (kg/dia)	205	54
	Concentração do esgoto (mg/L)	30,0	30,0
Fósforo	Carga remanescente do tratamento (kg/dia)	0,0	0,0
	Carga "in-natura"não tratada (kg/dia)	102	27
	Carga total (kg/dia)	102	27
	Concentração do esgoto (mg/L)	15,0	15,0

Notas

1. eficiência dos sistemas de tratamento: 90% para DBO, 50% para amônia e fósforo e 99,9% para coliformes termotolerantes

2. vazão de esgoto obtida a partir de um consumo de 200 L/hab/dia, sendo a taxa de retorno de 0,8

3. contribuição doméstica de poluentes: DBO=0,054kg/hab/dia / Amônia=0,0048kg/hab/dia / Fósforo=0,0024kg/hab/dia / Coli. Termotolerantes=8,00x10^{9} NMP/hab/dia

Tabela 10.9. Estimativa das cargas poluentes de origem industrial – DI de Natal/Extremoz e CIA de Macaíba(Cenário 01)

Indústria	DI Natal/Extremoz	CIA Macaíba
Cobertura do Sistema de Tratamento	100%	0%
Concentração do esgoto "in-natura" (mg/L)	1.000	500
Vazão do efluentes "in-natura" (L/s)	0,0	104,2
Carga do esgoto "in-natura" (kg/dia)	0	4.500
Concentração do esgoto tratado (mg/L)	100,0	50,0
Vazão do efluentes tratados (L/s)	121,5	0,0
Carga do esgoto tratado (kg/dia)	1.050	0
Carga total (kg/dia)	**1.050**	**4.500**
Equivalente Populacional (habitantes)	**19.444**	**83.333**

Notas

1. eficiência dos sistemas de tratamento: 90% para DBO

Tabela 10.10. Estimativa das cargas poluentes das atividades de carcinicultura (Cenário 01)

Corpo receptor	Dados	DBO	Amônia	Nitrato	Fósforo	SDT
Gamboa Manimbu	Quant. viveiros	**15**	**15**	**15**	**15**	**15**
	Área (ha)	**22**	**22**	**22**	**22**	**22**
	Vazão (L/s)	**32**	**32**	**32**	**32**	**32**
	Carga (kg/dia)	42,7	1,3	0,8	0,9	700,7
	Conc. (mg/L)	15,40	0,46	0,30	0,34	252,60
	Eq. Populacional	791	266	-	393	-
Gamboa Jaguaribe	Quant. viveiros	**142**	**142**	**142**	**142**	**142**
	Área (ha)	**261**	**261**	**261**	**261**	**261**
	Vazão (L/s)	**384**	**384**	**384**	**384**	**384**
	Carga (kg/dia)	511,3	15,3	10,0	11,3	8.386,1
	Conc. (mg/L)	15,40	0,46	0,30	0,34	252,60
	Eq. Populacional	9.468	3.182	-	4.703	-
Riacho Golandim	Quant. viveiros	**113**	**113**	**113**	**113**	**113**
	Área (ha)	**160**	**160**	**160**	**160**	**160**
	Vazão (L/s)	**236**	**236**	**236**	**236**	**236**
	Carga (kg/dia)	314,0	9,4	6,1	6,9	5.149,9
	Conc. (mg/L)	15,40	0,46	0,30	0,34	252,60
	Eq. Populacional	5.814	1.954	-	2.888	-
Rio Potengi	Quant. viveiros	**51**	**51**	**51**	**51**	**51**
	Área (ha)	**125**	**125**	**125**	**125**	**125**
	Vazão (L/s)	**184**	**184**	**184**	**184**	**184**
	Carga (kg/dia)	245,2	7,3	4,8	5,4	4.022,0
	Conc. (mg/L)	15,40	0,46	0,30	0,34	252,60
	Eq. Populacional	4.541	1.526	-	2.256	-
Riacho Prata	Quant. viveiros	**12**	**12**	**12**	**12**	**12**
	Área (ha)	**62**	**62**	**62**	**62**	**62**
	Vazão (L/s)	**91**	**91**	**91**	**91**	**91**
	Carga (kg/dia)	121,3	3,6	2,4	2,7	1.989,6
	Conc. (mg/L)	15,40	0,46	0,30	0,34	252,60
	Eq. Populacional	2.246	755	-	1.116	-
TOTAL	Quant. viveiros	**333**	**333**	**333**	**333**	**333**
	Área (ha)	**630**	**630**	**630**	**630**	**630**
	Vazão (L/s)	**928**	**928**	**928**	**928**	**928**
	Carga (kg/dia)	1.234,4	36,9	24,0	27,3	20.248,2
	Conc. (mg/L)	15,40	0,46	0,30	0,34	252,60
	Eq. Populacional	22.860	7.682	-	11.356	-

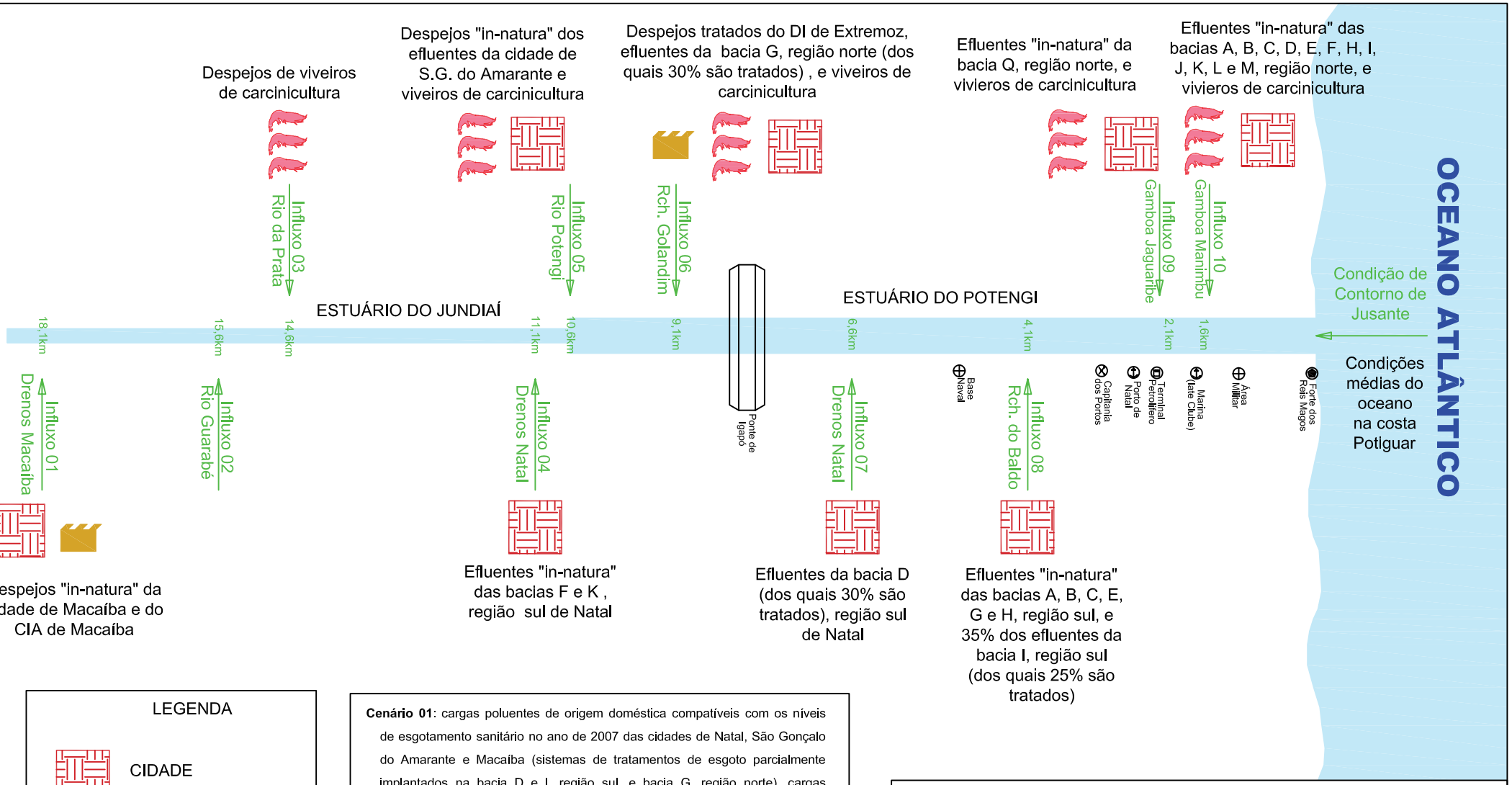
Notas

1. taxa de despejo dos efluentes da carcinicultura: 127,2 m³/dia/ha

Tabela 10.11. Consolidação das cargas poluentes e pontos de lançamento no estuário do Potengi (Cenário 01)

Gamboa Manimbu - Rio Doce (Influxo 10)					
	Vazão (L/s)	CargaDBO (kg/dia)	CargaNH4 (kg/dia)	CargaFOSF (kg/dia)	CargaCT (NMP/dia)
A_N	40,7	1187	106	53	1,76E+14
B_N	166,8	4865	432	216	7,21E+14
C_N	17,5	510	45	23	7,56E+13
D_N	24,3	709	63	32	1,05E+14
E_N	28,0	818	73	36	1,21E+14
F_N	11,2	325	29	14	4,82E+13
H_N	19,3	562	50	25	8,32E+13
I_N	12,8	374	33	17	5,55E+13
J_N	22,3	651	58	29	9,64E+13
K_N	21,7	633	56	28	9,38E+13
L_N	19,6	572	51	25	8,48E+13
M_N	9,8	286	25	13	4,24E+13
Carciniculura	32,1	43	1,3	0,9	0,00E+00
Total	**426,3**	**11536**	**1023**	**512**	**1,70E+15**
Concentração (mg/L)	-	**313,2**	**27,8**	**13,9**	**4,62E+06**
Gamboa Jaguaribe (Influxo 09)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
Q_N	17,4	508	45	23	7,53E+13
Carciniculura	384,2	511	15,3	11,3	0,00E+00
Total	**401,7**	**1019**	**60**	**34**	**7,53E+13**
Concentração (mg/L)	-	**29,4**	**1,7**	**1,0**	**2,17E+05**
Riacho do Baldo (Influxo 08)					
	Vazão (L/s)	**Carga$_{DBO}$ (kg/dia)**	**Carga$_{NH4}$ (kg/dia)**	**Carga$_{FOSF}$ (kg/dia)**	**Carga$_{CT}$ (NMP/dia)**
A_S	67,3	1962	174	87	2,91E+14
B_S	43,4	1266	113	56	1,88E+14
C_S	89,7	2614	232	116	3,87E+14
E_S	42,8	1247	111	55	1,85E+14
G_S	27,8	811	72	36	1,20E+14
H_S	56,0	1633	145	73	2,42E+14
I_S (35%)	53,5	1210	121	61	1,74E+14
Total	**380,5**	**10744**	**969**	**484**	**1,59E+15**
Concentração (mg/L)	-	**326,8**	**29,5**	**14,7**	**4,82E+06**
Drenos Quintas-Nordeste (Influxo 07)					
	Vazão (L/s)	**Carga$_{DBO}$ (kg/dia)**	**Carga$_{NH4}$ (kg/dia)**	**Carga$_{FOSF}$ (kg/dia)**	**Carga$_{CT}$ (NMP/dia)**
D_S	90,8	1934	200	100	2,75E+14
Total	**90,8**	**1934**	**200**	**100**	**2,75E+14**
Concentração (mg/L)	-	**246,4**	**25,5**	**12,8**	**3,50E+06**
Riacho Golandim (Influxo 06)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
G_N	99,7	2123	220	110	3,02E+14
N_N (DI-Extremoz/Natal)	121,5	1050	0	0	0
Carciniculura	236,0	314	9,4	6,9	0
Total	**457,2**	**3487**	**229**	**117**	**3,02E+14**
Concentração (mg/L)	-	**88,3**	**5,8**	**3,0**	**7,64E+05**
Rio Potengi (Influxo 05)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
Cidade de S. G. do Amarante	20,8	605	54	27	8,97E+13
Carciniculura	184,3	245	7,3	5,4	0,00E+00
Total	**205,0**	**851**	**61**	**32**	**8,97E+13**
Concentração (mg/L)	-	**48,0**	**3,5**	**1,8**	**5,06E+05**
Drenos Bom Pastor (Influxo 04)					
	Vazão (L/s)	**Carga$_{DBO}$ (kg/dia)**	**Carga$_{NH4}$ (kg/dia)**	**Carga$_{FOSF}$ (kg/dia)**	**Carga$_{CT}$ (NMP/dia)**
F_S	57,2	1667	148	74	2,47E+14
K_S	98,1	2861	254	127	4,24E+14
Total	**155,3**	**4528**	**403**	**201**	**6,71E+14**
Concentração (mg/L)	-	**337,5**	**30,0**	**15,0**	**5,00E+06**
Rio da Prata (Influxo 03)					
	Vazão (L/s)	CargaDBO (kg/dia)	CargaNH4 (kg/dia)	CargaFOSF (kg/dia)	CargaCT (NMP/dia)
Carciniculura	91,2	121	3,6	2,7	0,00E+00
Total	**91,2**	**121**	**4**	**3**	0,00E+00
Concentração (mg/L)	-	**15,4**	**0,5**	**0,3**	**0,00E+00**
Rio Guarabé (Influxo 02)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
Total	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Concentração (mg/L)	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Rio Jundiaí (Influxo 01)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
Indústrias Macaíba (CIA)	104,2	4500	0	0	0
Cidade de Macaíba	79,0	2304	205	102	3,41E+14
Total	**183,2**	**6804**	**205**	**102**	**3,41E+14**
Concentração (mg/L)	-	**429,9**	**12,9**	**6,5**	**2,16E+06**

Nota: bacias destacadas em azul são as que apresentam sistema de tratamento dos esgotos (parcial ou total)



LEGENDA

- CIDADE
- INDÚSTRIA
- CARCINICULTURA

Cenário 01: cargas poluentes de origem doméstica compatíveis com os níveis de esgotamento sanitário no ano de 2007 das cidades de Natal, São Gonçalo do Amarante e Macaíba (sistemas de tratamentos de esgoto parcialmente implantados na bacia D e I, região sul, e bacia G, região norte), cargas poluentes estimadas para as atividades de carcinicultura na situação atual, os despejos industriais do DI de Extremoz/Natal sendo tratados e do CIA de Macaíba ocorrendo sem tratamento. **Objetivo**: avaliar impactos na qualidade das águas no estuário do Potengi causados pelas principais atividades antrópicas geradoras de poluição na RMN na situação atual (2007);

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE - CAERN

COMPLEMENTAÇÃO DO ESTUDO AMBIENTAL PARA IMPLANTAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DOS ESGOTOS DAS BACIAS E, F, K

CONTEÚDO: Figura 10.3. Diagrama esquemático das cargas poluentes do estuário do Potengi no Cenário 01

DATA: OUTUBRO/2007

10.4.2. Cargas Poluentes no Cenário 02

O Cenário 02 tem por objetivo avaliar os benefícios gerados pela implantação única do sistema de esgotamento sanitário das bacias E, F e K na qualidade das águas do estuário do Potengi em uma situação de curto prazo (2010). Deve-se frisar que as demais cargas poluentes foram mantidas as mesmas do Cenário 01.

As Tabelas 10.12 a 10.15 apresentam a memória de cálculo das cargas poluentes no estuário do Potengi para o Cenário 02 (para as cargas industriais e da carcinicultura, ver Tabelas 10.9 e 10.10, pois são as mesmas do Cenário 01). Já o diagrama esquemático das cargas poluentes é ilustrado na Figura 10.4.

Tabela 10.12. Estimativa da população atendida e não atendida por sistema de tratamento de esgotos nas bacias de esgotamento sanitário de Natal (Cenário02)

Percentual de esgoto tratado	Bacias	População IBGE2000	População IBGE2010	População IBGE2010 c/tratamento	População IBGE2010 s/tratamento
0%	A_N	19.485	23.149	0	23.149
0%	B_N	79.862	94.878	0	94.878
0%	C_N	8.376	9.950	0	9.950
0%	D_N	11.643	13.833	0	13.833
0%	E_N	13.424	15.948	0	15.948
0%	F_N	5.342	6.347	0	6.347
30%	G_N	47.739	56.716	17.015	39.701
0%	H_N	9.220	10.954	0	10.954
0%	I_N	6.144	7.299	0	7.299
0%	J_N	10.685	12.694	0	12.694
0%	K_N	10.389	12.342	0	12.342
0%	L_N	9.392	11.158	0	11.158
0%	M_N	4.701	5.585	0	5.585
0%	Q_N	8.341	9.909	0	9.909
0%	A_S	32.211	38.268	0	38.268
0%	B_S	20.776	24.683	0	24.683
0%	C_S	42.913	50.981	0	50.981
30%	D_S	43.479	51.655	15.496	36.158
100%	E_S	20.476	24.326	24.326	0
100%	F_S	27.371	32.517	32.517	0
0%	G_S	13.319	15.823	0	15.823
0%	H_S	26.809	31.850	0	31.850
25%	I_S	73.214	86.981	21.745	65.236
0%	J_S	48.433	57.540	0	57.540
100%	K_S	46.957	55.787	55.787	0
0%	L_S	17.601	20.911	0	20.911
0%	M_S	10.255	12.184	0	12.184
100%	N_S	13.753	16.340	16.340	0
0%	O_S	30.005	35.647	0	35.647
Total		**712.317**	**846.254**	**183.226**	**663.029**

Notas

1. taxa de crescimento geométrico adotada: 1,74% a.a., conforme projeções do IBGE para a cidade de Natal no período 2000-2006

2. população das bacias obtida por meio do método de proporção de áreas, utilizando ferramentas SIG

3. bacia I - região sul despeja parcialmente no Potengi. Bacias J, L, M, N e O - região sul são endorréicas ou despejam em outro corpo receptor. As demais bacias despejam esgotos no Potengi.

Tabela 10.13. Estimativa das cargas poluentes de origem doméstica por bacia de esgotamento sanitário de Natal (Cenário 02)

Percentual de esgoto tratado	Bacias	Vazão do esgoto(L/s)	Matéria orgânica (DBO)				Coliformes Termotolerantes			
			Carga remanescente do tratamento (kg/dia)	Carga "in-natura"não tratada (kg/dia)	Carga total (kg/dia)	Concentração do esgoto (mg/L)	Carga remanescente (NMP/dia)	Carga "in-natura"não tratada (NMP/dia)	Carga total (kg/dia)	Concentração do esgoto (mg/L)
0%	A_N	42,87	0,00	1250,07	1250,07	337,5	0,00E+00	1,85E+14	1,85E+14	5,00E+06
0%	B_N	175,70	0,00	5123,43	5123,43	337,5	0,00E+00	7,59E+14	7,59E+14	5,00E+06
0%	C_N	18,43	0,00	537,32	537,32	337,5	0,00E+00	7,96E+13	7,96E+13	5,00E+06
0%	D_N	25,62	0,00	746,97	746,97	337,5	0,00E+00	1,11E+14	1,11E+14	5,00E+06
0%	E_N	29,53	0,00	861,21	861,21	337,5	0,00E+00	1,28E+14	1,28E+14	5,00E+06
0%	F_N	11,75	0,00	342,72	342,72	337,5	0,00E+00	5,08E+13	5,08E+13	5,00E+06
30%	G_N	105,03	91,88	2143,86	2235,74	246,4	1,36E+11	3,18E+14	3,18E+14	3,50E+06
0%	H_N	20,28	0,00	591,51	591,51	337,5	0,00E+00	8,76E+13	8,76E+13	5,00E+06
0%	I_N	13,52	0,00	394,14	394,14	337,5	0,00E+00	5,84E+13	5,84E+13	5,00E+06
0%	J_N	23,51	0,00	685,48	685,48	337,5	0,00E+00	1,02E+14	1,02E+14	5,00E+06
0%	K_N	22,86	0,00	666,49	666,49	337,5	0,00E+00	9,87E+13	9,87E+13	5,00E+06
0%	L_N	20,66	0,00	602,51	602,51	337,5	0,00E+00	8,93E+13	8,93E+13	5,00E+06
0%	M_N	10,34	0,00	301,58	301,58	337,5	0,00E+00	4,47E+13	4,47E+13	5,00E+06
0%	Q_N	18,35	0,00	535,08	535,08	337,5	0,00E+00	7,93E+13	7,93E+13	5,00E+06
0%	A_S	70,87	0,00	2066,48	2066,48	337,5	0,00E+00	3,06E+14	3,06E+14	5,00E+06
0%	B_S	45,71	0,00	1332,88	1332,88	337,5	0,00E+00	1,97E+14	1,97E+14	5,00E+06
0%	C_S	94,41	0,00	2753,00	2753,00	337,5	0,00E+00	4,08E+14	4,08E+14	5,00E+06
30%	D_S	95,66	83,68	1952,56	2036,24	246,4	1,24E+11	2,89E+14	2,89E+14	3,50E+06
100%	E_S	45,05	131,36	0,00	131,36	33,8	1,95E+11	0,00E+00	1,95E+11	5,00E+03
100%	F_S	60,22	175,59	0,00	175,59	33,8	2,60E+11	0,00E+00	2,60E+11	5,00E+03
0%	G_S	29,30	0,00	854,45	854,45	337,5	0,00E+00	1,27E+14	1,27E+14	5,00E+06
0%	H_S	58,98	0,00	1719,92	1719,92	337,5	0,00E+00	2,55E+14	2,55E+14	5,00E+06
25%	I_S	161,08	117,42	3522,72	3640,14	261,6	1,74E+11	5,22E+14	5,22E+14	3,75E+06
0%	J_S	106,55	0,00	3107,13	3107,13	337,5	0,00E+00	4,60E+14	4,60E+14	5,00E+06
100%	K_S	103,31	301,25	0,00	301,25	33,8	4,46E+11	0,00E+00	4,46E+11	5,00E+03
0%	L_S	38,72	0,00	1129,20	1129,20	337,5	0,00E+00	1,67E+14	1,67E+14	5,00E+06
0%	M_S	22,56	0,00	657,92	657,92	337,5	0,00E+00	9,75E+13	9,75E+13	5,00E+06
100%	N_S	30,26	88,23	0,00	88,23	33,8	1,31E+11	0,00E+00	1,31E+11	5,00E+03
0%	O_S	66,01	0,00	1924,94	1924,94	337,5	0,00E+00	2,85E+14	2,85E+14	5,00E+06
Total		**1567**	**989**	**35804**	**36793**	-	**1,47E+12**	**5,30E+15**	**5,31E+15**	-

Percentual de esgoto tratado	Bacias	Vazão do esgoto(L/s)	Nitogênio Amoniacal				Fósforo total			
			Carga remanescente do tratamento (kg/dia)	Carga "in-natura"não tratada (kg/dia)	Carga total (kg/dia)	Concentração do esgoto (mg/L)	Carga remanescente do tratamento (kg/dia)	Carga "in-natura"não tratada (kg/dia)	Carga total (kg/dia)	Concentração do esgoto (mg/L)
0%	A_N	42,87	0,00	111,12	111,12	30,0	0,00	55,56	55,56	15,0
0%	B_N	175,70	0,00	455,42	455,42	30,0	0,00	227,71	227,71	15,0
0%	C_N	18,43	0,00	47,76	47,76	30,0	0,00	23,88	23,88	15,0
0%	D_N	25,62	0,00	66,40	66,40	30,0	0,00	33,20	33,20	15,0
0%	E_N	29,53	0,00	76,55	76,55	30,0	0,00	38,28	38,28	15,0
0%	F_N	11,75	0,00	30,46	30,46	30,0	0,00	15,23	15,23	15,0
30%	G_N	105,03	40,84	190,57	231,40	25,5	20,42	95,28	115,70	12,8
0%	H_N	20,28	0,00	52,58	52,58	30,0	0,00	26,29	26,29	15,0
0%	I_N	13,52	0,00	35,04	35,04	30,0	0,00	17,52	17,52	15,0
0%	J_N	23,51	0,00	60,93	60,93	30,0	0,00	30,47	30,47	15,0
0%	K_N	22,86	0,00	59,24	59,24	30,0	0,00	29,62	29,62	15,0
0%	L_N	20,66	0,00	53,56	53,56	30,0	0,00	26,78	26,78	15,0
0%	M_N	10,34	0,00	26,81	26,81	30,0	0,00	13,40	13,40	15,0
0%	Q_N	18,35	0,00	47,56	47,56	30,0	0,00	23,78	23,78	15,0
0%	A_S	70,87	0,00	183,69	183,69	30,0	0,00	91,84	91,84	15,0
0%	B_S	45,71	0,00	118,48	118,48	30,0	0,00	59,24	59,24	15,0
0%	C_S	94,41	0,00	244,71	244,71	30,0	0,00	122,36	122,36	15,0
30%	D_S	95,66	37,19	173,56	210,75	25,5	18,60	86,78	105,38	12,8
100%	E_S	45,05	58,38	0,00	58,38	15,0	29,19	0,00	29,19	7,5
100%	F_S	60,22	78,04	0,00	78,04	15,0	39,02	0,00	39,02	7,5
0%	G_S	29,30	0,00	75,95	75,95	30,0	0,00	37,98	37,98	15,0
0%	H_S	58,98	0,00	152,88	152,88	30,0	0,00	76,44	76,44	15,0
25%	I_S	161,08	52,19	313,13	365,32	26,3	26,09	156,57	182,66	13,1
0%	J_S	106,55	0,00	276,19	276,19	30,0	0,00	138,09	138,09	15,0
100%	K_S	103,31	133,89	0,00	133,89	15,0	66,94	0,00	66,94	7,5
0%	L_S	38,72	0,00	100,37	100,37	30,0	0,00	50,19	50,19	15,0
0%	M_S	22,56	0,00	58,48	58,48	30,0	0,00	29,24	29,24	15,0
100%	N_S	30,26	39,21	0,00	39,21	15,0	19,61	0,00	19,61	7,5
0%	O_S	66,01	0,00	171,11	171,11	30,0	0,00	85,55	85,55	15,0
Total		**1567**	**440**	**3183**	**3622**	-	**220**	**1591**	**1811**	-

Notas

1. eficiência dos sistemas de tratamento: 90% para DBO, 50% para amônia e fósforo e 99,9% para coliformes termotolerantes

2. vazão de esgoto obtida a partir de um consumo de 200 L/hab/dia, sendo a taxa de retorno de 0,8

3. contribuição doméstica de poluentes: DBO=0,054kg/hab/dia / Amônia=0,0048kg/hab/dia / Fósforo=0,0024kg/hab/dia / Coli. Termotolerantes=8,00x10^9 NMP/hab/dia

4. bacia I - região sul despeja parcialmente no Potengi. Bacias J, L, M, N e O - região sul são endorréicas ou despejam em outro corpo receptor. As demais bacias despejam esgotos no Potengi.

Tabela 10.14. Estimativa das cargas poluentes de origem doméstica nas cidades de Macaíba e São Gonçalo do Amarante (Cenário 02)

Cidades		Macaíba	S. G. do Amarante
Cobertura da rede de esgotos		0%	0%
População total ano de 2010		45.853	11.875
Vazão de esgoto (L/s)		84,9	22,0
DBO	Carga remanescente do tratamento (kg/dia)	0,0	0,0
	Carga "in-natura"não tratada (kg/dia)	2476	641
	Carga total (kg/dia)	2476	641
	Concentração do esgoto (mg/L)	337,5	337,5
Col. Term.	Carga remanescente do tratamento (NMP/dia)	0,0	0,0
	Carga "in-natura"não tratada (NMP/dia)	3,67E+14	9,50E+13
	Carga total (NMP/dia)	3,67E+14	9,50E+13
	Concentração do esgoto (NMP/100mL)	5,00E+06	5,00E+06
Amônia	Carga remanescente do tratamento (kg/dia)	0,0	0,0
	Carga "in-natura"não tratada (kg/dia)	220	57
	Carga total (kg/dia)	220	57
	Concentração do esgoto (mg/L)	30,0	30,0
Fósforo	Carga remanescente do tratamento (kg/dia)	0,0	0,0
	Carga "in-natura"não tratada (kg/dia)	110	29
	Carga total (kg/dia)	110	29
	Concentração do esgoto (mg/L)	15,0	15,0

Notas

1. eficiência dos sistemas de tratamento: 90% para DBO, 50% para amônia e fósforo e 99,9% para coliformes termotolerantes

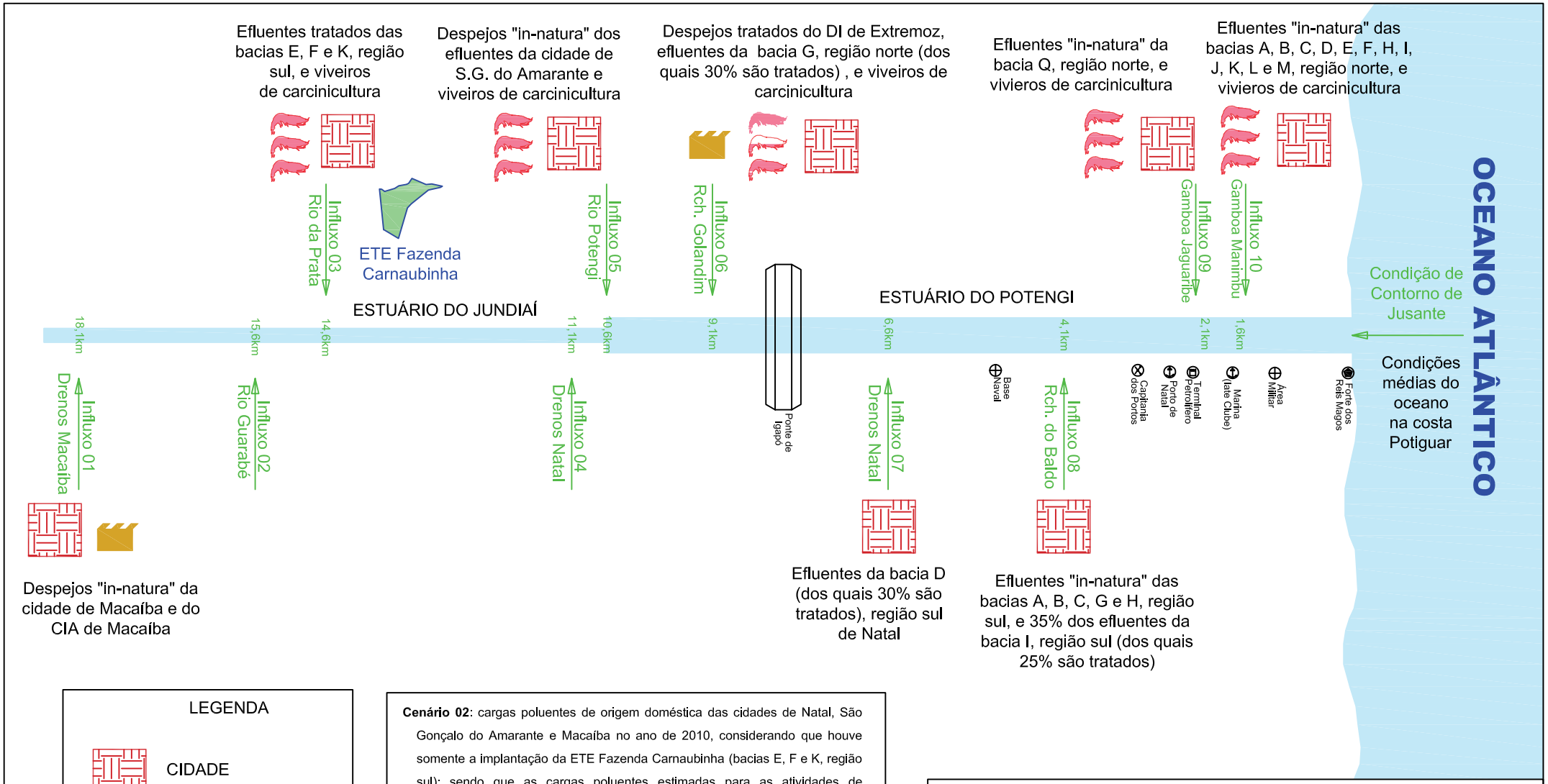
2. vazão de esgoto obtida a partir de um consumo de 200 L/hab/dia, sendo a taxa de retorno de 0,8

3. contribuição doméstica de poluentes: DBO=0,054kg/hab/dia / Amônia=0,0048kg/hab/dia / Fósforo=0,0024kg/hab/dia / Coli. Termotolerantes=8,00x10^{9} NMP/hab/dia

Tabela 10.15. Consolidação das cargas poluentes e pontos de lançamento no estuário do Potengi (Cenário 02)

Gamboa Manimbu - Rio Doce (Influxo 10)					
	Vazão (L/s)	CargaDBO (kg/dia)	CargaNH4 (kg/dia)	CargaFOSF (kg/dia)	CargaCT (NMP/dia)
A_N	42,9	1250	111	56	1,85E+14
B_N	175,7	5123	455	228	7,59E+14
C_N	18,4	537	48	24	7,96E+13
D_N	25,6	747	66	33	1,11E+14
E_N	29,5	861	77	38	1,28E+14
F_N	11,8	343	30	15	5,08E+13
H_N	20,3	592	53	26	8,76E+13
I_N	13,5	394	35	18	5,84E+13
J_N	23,5	685	61	30	1,02E+14
K_N	22,9	666	59	30	9,87E+13
L_N	20,7	603	54	27	8,93E+13
M_N	10,3	302	27	13	4,47E+13
Carciniculura	32,1	43	1,3	0,9	0,00E+00
Total	**447,2**	**12146**	**1077**	**539**	**1,79E+15**
Concentração (mg/L)	-	**314,4**	**27,9**	**13,9**	**4,64E+06**
Gamboa Jaguaribe (Influxo 09)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
Q_N	18,3	535	48	24	7,93E+13
Carciniculura	384,2	511	15	11	0,00E+00
Total	**402,6**	**1046**	**63**	**35**	**7,93E+13**
Concentração (mg/L)	-	**30,1**	**1,8**	**1,0**	**2,28E+05**
Riacho do Baldo (Influxo 08)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
A_S	70,9	2066	184	92	3,06E+14
B_S	45,7	1333	118	59	1,97E+14
C_S	94,4	2753	245	122	4,08E+14
G_S	29,3	854	76	38	1,27E+14
H_S	59,0	1720	153	76	2,55E+14
I_S (35%)	56,4	1274	128	64	1,83E+14
Total	**355,6**	**10001**	**904**	**452**	**1,48E+15**
Concentração (mg/L)	-	**325,5**	**29,4**	**14,7**	**4,80E+06**
Drenos Quintas-Nordeste (Influxo 07)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
D_S	95,7	2036	211	105	2,89E+14
Total	**95,7**	**2036**	**211**	**105**	**2,89E+14**
Concentração (mg/L)	-	**246,4**	**25,5**	**12,8**	**3,50E+06**
Riacho Golandim (Influxo 06)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
G_N	105,0	2236	231	116	3,18E+14
N_N (DI-Extremoz/Natal)	121,5	1050	0	0	0
Carciniculura	236,0	314	9,4	6,9	0
Total	**462,5**	**3600**	**241**	**123**	**3,18E+14**
Concentração (mg/L)	-	**90,1**	**6,0**	**3,1**	**7,95E+05**
Rio Potengi (Influxo 05)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
Cidade de S. G. do Amarante	22,0	641	57	29	9,50E+13
Carciniculura	184,3	245	7,3	5,4	0,00E+00
Total	**206,3**	**886**	**64**	**34**	**9,50E+13**
Concentração (mg/L)	-	**49,7**	**3,6**	**1,9**	**5,33E+05**
Drenos Bom Pastor (Influxo 04)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
Total	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Concentração (mg/L)	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Rio da Prata (Influxo 03)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
E_S	45,0	131	58	29	1,95E+11
F_S	60,2	176	78	39	2,60E+11
K_S	103,3	301	134	67	4,46E+11
Carciniculura	91,2	121	3,6	2,7	0,00E+00
Total	**299,7**	**729**	**274**	**138**	**9,01E+11**
Concentração (mg/L)	-	**28,2**	**10,6**	**5,3**	**3,48E+03**
Rio Guarabé (Influxo 02)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
Total	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Concentração (mg/L)	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Rio Jundiaí (Influxo 01)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
Indústrias Macaíba (CIA)	104,2	4500	0	0	0
Cidade de Macaíba	84,9	2476	220	110	3,67E+14
Total	**189,1**	**6976**	**220**	**110**	**3,67E+14**
Concentração (mg/L)	-	**427,0**	**13,5**	**6,7**	**2,25E+06**

Nota: bacias destacadas em azul são as que apresentam sistema de tratamento dos esgotos (parcial ou total)



LEGENDA

- CIDADE
- INDÚSTRIA
- CARCINICULTURA

Cenário 02: cargas poluentes de origem doméstica das cidades de Natal, São Gonçalo do Amarante e Macaíba no ano de 2010, considerando que houve somente a implantação da ETE Fazenda Carnaubinha (bacias E, F e K, região sul); sendo que as cargas poluentes estimadas para as atividades de carcinicultura e os despejos industriais se mantêm os mesmos do Cenário 01.
Objetivo: avaliar os benefícios gerados pela implantação única do sistema de esgotamento sanitário das bacias E, F e K na qualidade das águas do estuário do Potengi em uma situação de curto prazo (2010);

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE - CAERN

COMPLEMENTAÇÃO DO ESTUDO AMBIENTAL PARA IMPLANTAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DOS ESGOTOS DAS BACIAS E, F, K

CONTEÚDO: Figura 10.4. Diagrama esquemático das cargas poluentes do estuário do Potengi no Cenário 02

DATA: OUTUBRO/2007

10.4.3. Cargas Poluentes no Cenário 03

O Cenário 03 tem por objetivo avaliar, dentro de uma visão mais otimista, os benefícios gerados na qualidade das águas do estuário do Potengi (em uma situação de curto prazo – 2010) oriundos da implantação na RMN de um programa abrangente de investimentos em saneamento básico, contemplando estações de tratamento de esgotos para as bacias E, F e K, região sul, (ETE Fazenda Carnaubinha) e A, B, C, G, H e I, região sul (ETE Baldo). Deve-se frisar que foi considerado redução das cargas da carcinicultura em 50%, Macaíba passa a tratar 20% dos esgotos e ambos os distritos industriais apresentando sistema de tratamento de efluentes.

As Tabelas 10.16 a 10.20 apresentam a memória de cálculo das cargas poluentes no estuário do Potengi para o Cenário 03 (para a estimativa da população por bacia em 2010, ver Tabela 10.12, pois é a mesma do Cenário 02). Já o diagrama esquemático das cargas poluentes é ilustrado na Figura 10.5.

Tabela 10.16. Estimativa das cargas poluentes de origem doméstica por bacia de esgotamento sanitário de Natal (Cenário 03)

Percentual de esgoto tratado	Bacias	Vazão do esgoto(L/s)	Matéria orgânica (DBO)				Coliformes Termotolerantes			
			Carga remanescente do tratamento (kg/dia)	Carga "in-natura"não tratada (kg/dia)	Carga total (kg/dia)	Concentração do esgoto (mg/L)	Carga remanescente (NMP/dia)	Carga "in-natura"não tratada (NMP/dia)	Carga total (kg/dia)	Concentração do esgoto (mg/L)
0%	A_N	42,87	0,00	1250,07	1250,07	337,5	0,00E+00	1,85E+14	1,85E+14	5,00E+06
0%	B_N	175,70	0,00	5123,43	5123,43	337,5	0,00E+00	7,59E+14	7,59E+14	5,00E+06
0%	C_N	18,43	0,00	537,32	537,32	337,5	0,00E+00	7,96E+13	7,96E+13	5,00E+06
0%	D_N	25,62	0,00	746,97	746,97	337,5	0,00E+00	1,11E+14	1,11E+14	5,00E+06
0%	E_N	29,53	0,00	861,21	861,21	337,5	0,00E+00	1,28E+14	1,28E+14	5,00E+06
0%	F_N	11,75	0,00	342,72	342,72	337,5	0,00E+00	5,08E+13	5,08E+13	5,00E+06
30%	G_N	105,03	91,88	2143,86	2235,74	246,4	1,36E+11	3,18E+14	3,18E+14	3,50E+06
0%	H_N	20,28	0,00	591,51	591,51	337,5	0,00E+00	8,76E+13	8,76E+13	5,00E+06
0%	I_N	13,52	0,00	394,14	394,14	337,5	0,00E+00	5,84E+13	5,84E+13	5,00E+06
0%	J_N	23,51	0,00	685,48	685,48	337,5	0,00E+00	1,02E+14	1,02E+14	5,00E+06
0%	K_N	22,86	0,00	666,49	666,49	337,5	0,00E+00	9,87E+13	9,87E+13	5,00E+06
0%	L_N	20,66	0,00	602,51	602,51	337,5	0,00E+00	8,93E+13	8,93E+13	5,00E+06
0%	M_N	10,34	0,00	301,58	301,58	337,5	0,00E+00	4,47E+13	4,47E+13	5,00E+06
0%	Q_N	18,35	0,00	535,08	535,08	337,5	0,00E+00	7,93E+13	7,93E+13	5,00E+06
100%	A_S	70,87	206,65	0,00	206,65	33,8	3,06E+11	0,00E+00	3,06E+11	5,00E+03
100%	B_S	45,71	133,29	0,00	133,29	33,8	1,97E+11	0,00E+00	1,97E+11	5,00E+03
100%	C_S	94,41	275,30	0,00	275,30	33,8	4,08E+11	0,00E+00	4,08E+11	5,00E+03
30%	D_S	95,66	83,68	1952,56	2036,24	246,4	1,24E+11	2,89E+14	2,89E+14	3,50E+06
100%	E_S	45,05	131,36	0,00	131,36	33,8	1,95E+11	0,00E+00	1,95E+11	5,00E+03
100%	F_S	60,22	175,59	0,00	175,59	33,8	2,60E+11	0,00E+00	2,60E+11	5,00E+03
100%	G_S	29,30	85,44	0,00	85,44	33,8	1,27E+11	0,00E+00	1,27E+11	5,00E+03
100%	H_S	58,98	171,99	0,00	171,99	33,8	2,55E+11	0,00E+00	2,55E+11	5,00E+03
25%	I_S	161,08	117,42	3522,72	3640,14	261,6	1,74E+11	5,22E+14	5,22E+14	3,75E+06
0%	J_S	106,55	0,00	3107,13	3107,13	337,5	0,00E+00	4,60E+14	4,60E+14	5,00E+06
100%	K_S	103,31	301,25	0,00	301,25	33,8	4,46E+11	0,00E+00	4,46E+11	5,00E+03
0%	L_S	38,72	0,00	1129,20	1129,20	337,5	0,00E+00	1,67E+14	1,67E+14	5,00E+06
0%	M_S	22,56	0,00	657,92	657,92	337,5	0,00E+00	9,75E+13	9,75E+13	5,00E+06
100%	N_S	30,26	88,23	0,00	88,23	33,8	1,31E+11	0,00E+00	1,31E+11	5,00E+03
0%	O_S	66,01	0,00	1924,94	1924,94	337,5	0,00E+00	2,85E+14	2,85E+14	5,00E+06
Total		**1567**	**1862**	**27077**	**28939**	-	**2,76E+12**	**4,01E+15**	**4,01E+15**	-

Percentual de esgoto tratado	Bacias	Vazão do esgoto(L/s)	Nitogênio Amoniacal				Fósforo total			
			Carga remanescente do tratamento (kg/dia)	Carga "in-natura"não tratada (kg/dia)	Carga total (kg/dia)	Concentração do esgoto (mg/L)	Carga remanescente do tratamento (kg/dia)	Carga "in-natura"não tratada (kg/dia)	Carga total (kg/dia)	Concentração do esgoto (mg/L)
0%	A_N	42,87	0,00	111,12	111,12	30,0	0,00	55,56	55,56	15,0
0%	B_N	175,70	0,00	455,42	455,42	30,0	0,00	227,71	227,71	15,0
0%	C_N	18,43	0,00	47,76	47,76	30,0	0,00	23,88	23,88	15,0
0%	D_N	25,62	0,00	66,40	66,40	30,0	0,00	33,20	33,20	15,0
0%	E_N	29,53	0,00	76,55	76,55	30,0	0,00	38,28	38,28	15,0
0%	F_N	11,75	0,00	30,46	30,46	30,0	0,00	15,23	15,23	15,0
30%	G_N	105,03	40,84	190,57	231,40	25,5	20,42	95,28	115,70	12,8
0%	H_N	20,28	0,00	52,58	52,58	30,0	0,00	26,29	26,29	15,0
0%	I_N	13,52	0,00	35,04	35,04	30,0	0,00	17,52	17,52	15,0
0%	J_N	23,51	0,00	60,93	60,93	30,0	0,00	30,47	30,47	15,0
0%	K_N	22,86	0,00	59,24	59,24	30,0	0,00	29,62	29,62	15,0
0%	L_N	20,66	0,00	53,56	53,56	30,0	0,00	26,78	26,78	15,0
0%	M_N	10,34	0,00	26,81	26,81	30,0	0,00	13,40	13,40	15,0
0%	Q_N	18,35	0,00	47,56	47,56	30,0	0,00	23,78	23,78	15,0
100%	A_S	70,87	91,84	0,00	91,84	15,0	45,92	0,00	45,92	7,5
100%	B_S	45,71	59,24	0,00	59,24	15,0	29,62	0,00	29,62	7,5
100%	C_S	94,41	122,36	0,00	122,36	15,0	61,18	0,00	61,18	7,5
30%	D_S	95,66	37,19	173,56	210,75	25,5	18,60	86,78	105,38	12,8
100%	E_S	45,05	58,38	0,00	58,38	15,0	29,19	0,00	29,19	7,5
100%	F_S	60,22	78,04	0,00	78,04	15,0	39,02	0,00	39,02	7,5
100%	G_S	29,30	37,98	0,00	37,98	15,0	18,99	0,00	18,99	7,5
100%	H_S	58,98	76,44	0,00	76,44	15,0	38,22	0,00	38,22	7,5
25%	I_S	161,08	52,19	313,13	365,32	26,3	26,09	156,57	182,66	13,1
0%	J_S	106,55	0,00	276,19	276,19	30,0	0,00	138,09	138,09	15,0
100%	K_S	103,31	133,89	0,00	133,89	15,0	66,94	0,00	66,94	7,5
0%	L_S	38,72	0,00	100,37	100,37	30,0	0,00	50,19	50,19	15,0
0%	M_S	22,56	0,00	58,48	58,48	30,0	0,00	29,24	29,24	15,0
100%	N_S	30,26	39,21	0,00	39,21	15,0	19,61	0,00	19,61	7,5
0%	O_S	66,01	0,00	171,11	171,11	30,0	0,00	85,55	85,55	15,0
Total		**1567**	**828**	**2407**	**3234**	-	**414**	**1203**	**1617**	-

Notas

1. eficiência dos sistemas de tratamento: 90% para DBO, 50% para amônia e fósforo e 99,9% para coliformes termotolerantes

2. vazão de esgoto obtida a partir de um consumo de 200 L/hab/dia, sendo a taxa de retorno de 0,8

3. contribuição doméstica de poluentes: DBO=0,054kg/hab/dia / Amônia=0,0048kg/hab/dia / Fósforo=0,0024kg/hab/dia / Coli. Termotolerantes=8,00x10^9 NMP/hab/dia

4. bacia I - região sul despeja parcialmente no Potengi. Bacias J, L, M, N e O - região sul são endorréicas ou despejam em outro corpo receptor. As demais bacias despejam esgotos no Potengi.

Tabela 10.17. Estimativa das cargas poluentes de origem doméstica nas cidades de Macaíba e São Gonçalo do Amarante (Cenário 03)

Cidades		Macaíba	S. G. do Amarante
Cobertura da rede de esgotos		20%	0%
População total ano de 2010		45.853	11.875
Vazão de esgoto (L/s)		84,9	22,0
DBO	Carga remanescente do tratamento (kg/dia)	50	0
	Carga "in-natura"não tratada (kg/dia)	1981	641
	Carga total (kg/dia)	2030	641
	Concentração do esgoto (mg/L)	276,8	337,5
Col. Term.	Carga remanescente do tratamento (NMP/dia)	7,34E+10	0,0
	Carga "in-natura"não tratada (NMP/dia)	2,93E+14	9,50E+13
	Carga total (NMP/dia)	2,94E+14	9,50E+13
	Concentração do esgoto (NMP/100mL)	4,00E+06	5,00E+06
Amônia	Carga remanescente do tratamento (kg/dia)	22	0
	Carga "in-natura"não tratada (kg/dia)	176	57
	Carga total (kg/dia)	198	57
	Concentração do esgoto (mg/L)	27,0	30,0
Fósforo	Carga remanescente do tratamento (kg/dia)	11	0
	Carga "in-natura"não tratada (kg/dia)	88	29
	Carga total (kg/dia)	99	29
	Concentração do esgoto (mg/L)	13,5	15,0

Notas

1. eficiência dos sistemas de tratamento: 90% para DBO, 50% para amônia e fósforo e 99,9% para coliformes termotolerantes

2. vazão de esgoto obtida a partir de um consumo de 200 L/hab/dia, sendo a taxa de retorno de 0,8

3. contribuição doméstica de poluentes: DBO=0,054kg/hab/dia / Amônia=0,0048kg/hab/dia / Fósforo=0,0024kg/hab/dia / Coli. Termotolerantes=8,00x10^{9} NMP/hab/dia

Tabela 10.18. Estimativa das cargas poluentes de origem industrial – DI de Natal/Extremoz e CIA de Macaíba(Cenário 03)

Indústria	DI Natal/Extremoz	CIA Macaíba
Cobertura do Sistema de Tratamento	100%	100%
Concentração do esgoto "in-natura" (mg/L)	1.000	500
Vazão do efluentes "in-natura" (L/s)	0,0	0,0
Carga do esgoto "in-natura" (kg/dia)	0	0
Concentração do esgoto tratado (mg/L)	100,0	50,0
Vazão do efluentes tratados (L/s)	121,5	104,2
Carga do esgoto tratado (kg/dia)	1.050	450
Carga total (kg/dia)	**1.050**	**450**
Equivalente Populacional (habitantes)	**19.444**	**8.333**

Notas

1. eficiência dos sistemas de tratamento: 90% para DBO

Tabela 10.19. Estimativa das cargas poluentes das atividades de carcinicultura (Cenário 03)

Corpo receptor	Dados	DBO	Amônia	Nitrato	Fósforo	SDT
Gamboa Manimbu	Quant. viveiros	**8**	**8**	**8**	**8**	**8**
	Área (ha)	**11**	**11**	**11**	**11**	**11**
	Vazão (L/s)	**16**	**16**	**16**	**16**	**16**
	Carga (kg/dia)	21,4	0,6	0,4	0,5	350,3
	Conc. (mg/L)	15,40	0,46	0,30	0,34	252,60
	Eq. Populacional	396	133	-	196	-
Gamboa Jaguaribe	Quant. viveiros	**71**	**71**	**71**	**71**	**71**
	Área (ha)	**130**	**130**	**130**	**130**	**130**
	Vazão (L/s)	**192**	**192**	**192**	**192**	**192**
	Carga (kg/dia)	255,6	7,6	5,0	5,6	4.193,0
	Conc. (mg/L)	15,40	0,46	0,30	0,34	252,60
	Eq. Populacional	4.734	1.591	-	2.352	-
Riacho Golandim	Quant. viveiros	**57**	**57**	**57**	**57**	**57**
	Área (ha)	**80**	**80**	**80**	**80**	**80**
	Vazão (L/s)	**118**	**118**	**118**	**118**	**118**
	Carga (kg/dia)	157,0	4,7	3,1	3,5	2.574,9
	Conc. (mg/L)	15,40	0,46	0,30	0,34	252,60
	Eq. Populacional	2.907	977	-	1.444	-
Rio Potengi	Quant. viveiros	**26**	**26**	**26**	**26**	**26**
	Área (ha)	**63**	**63**	**63**	**63**	**63**
	Vazão (L/s)	**92**	**92**	**92**	**92**	**92**
	Carga (kg/dia)	122,6	3,7	2,4	2,7	2.011,0
	Conc. (mg/L)	15,40	0,46	0,30	0,34	252,60
	Eq. Populacional	2.270	763	-	1.128	-
Riacho Prata	Quant. viveiros	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**
	Área (ha)	**31**	**31**	**31**	**31**	**31**
	Vazão (L/s)	**46**	**46**	**46**	**46**	**46**
	Carga (kg/dia)	60,6	1,8	1,2	1,3	994,8
	Conc. (mg/L)	15,40	0,46	0,30	0,34	252,60
	Eq. Populacional	1.123	377	-	558	-
TOTAL	Quant. viveiros	**167**	**167**	**167**	**167**	**167**
	Área (ha)	**315**	**315**	**315**	**315**	**315**
	Vazão (L/s)	**464**	**464**	**464**	**464**	**464**
	Carga (kg/dia)	617,2	18,4	12,0	13,6	10.124,1
	Conc. (mg/L)	15,40	0,46	0,30	0,34	252,60
	Eq. Populacional	11.430	3.841	-	5.678	-

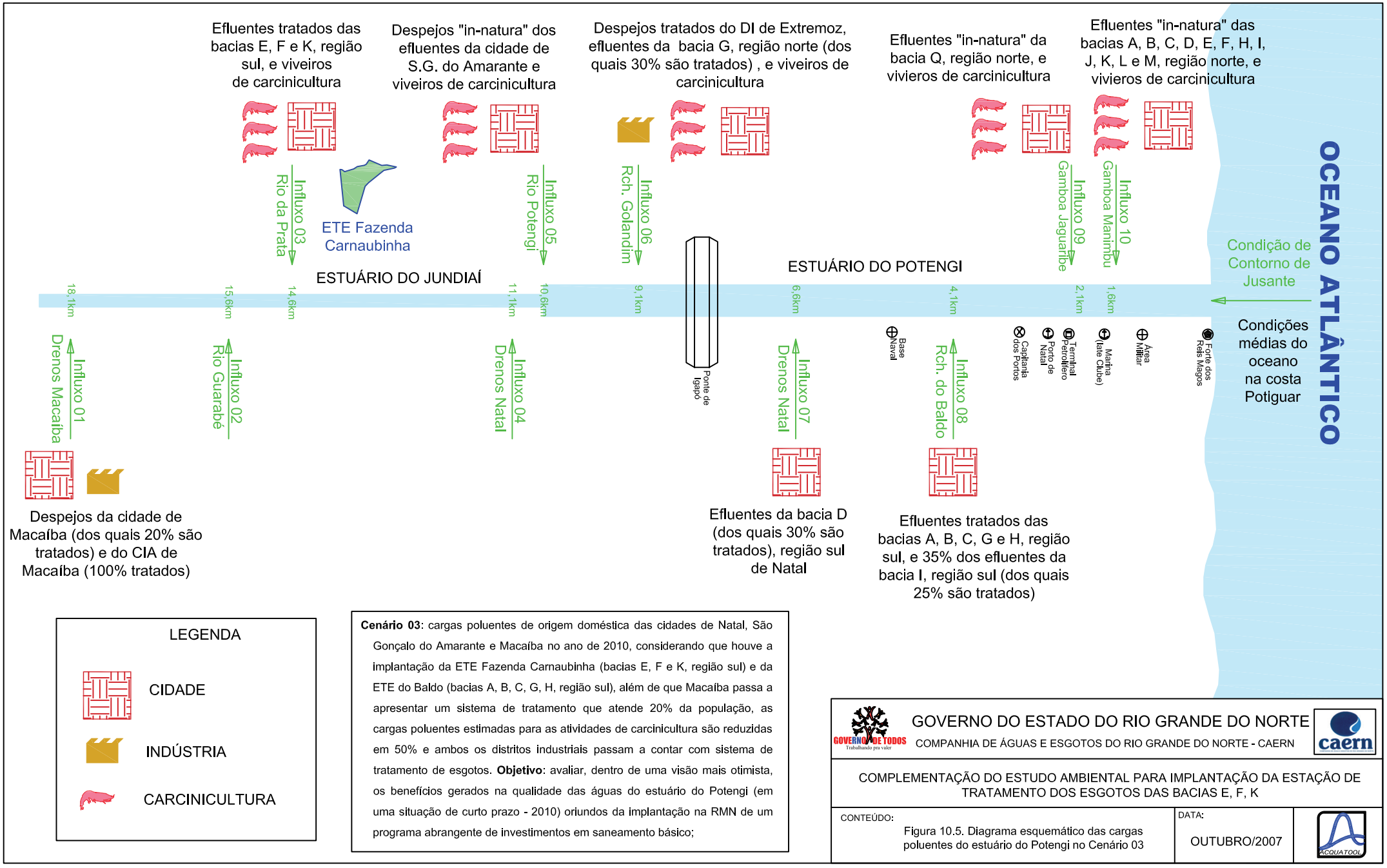
Notas

1. taxa de despejo dos efluentes da carcinicultura: 127,2 m³/dia/ha

Tabela 10.20. Consolidação das cargas poluentes e pontos de lançamento no estuário do Potengi (Cenário 03)

Gamboa Manimbu - Rio Doce (Influxo 10)					
	Vazão (L/s)	CargaDBO (kg/dia)	CargaNH4 (kg/dia)	CargaFOSF (kg/dia)	CargaCT (NMP/dia)
A_N	42,9	1250	111	56	1,85E+14
B_N	175,7	5123	455	228	7,59E+14
C_N	18,4	537	48	24	7,96E+13
D_N	25,6	747	66	33	1,11E+14
E_N	29,5	861	77	38	1,28E+14
F_N	11,8	343	30	15	5,08E+13
H_N	20,3	592	53	26	8,76E+13
I_N	13,5	394	35	18	5,84E+13
J_N	23,5	685	61	30	1,02E+14
K_N	22,9	666	59	30	9,87E+13
L_N	20,7	603	54	27	8,93E+13
M_N	10,3	302	27	13	4,47E+13
Carciniculura	16,1	21	0,6	0,5	0,00E+00
Total	**431,1**	**12125**	**1076**	**538**	**1,79E+15**
Concentração (mg/L)	-	**325,5**	**28,9**	**14,5**	**4,81E+06**
Gamboa Jaguaribe (Influxo 09)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
Q_N	18,3	535	48	24	7,93E+13
Carciniculura	192,1	256	8	6	0,00E+00
Total	**210,5**	**791**	**55**	**29**	**7,93E+13**
Concentração (mg/L)	-	**43,5**	**3,0**	**1,6**	**4,36E+05**
Riacho do Baldo (Influxo 08)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
A_S	70,9	207	92	46	3,06E+11
B_S	45,7	133	59	30	1,97E+11
C_S	94,4	275	122	61	4,08E+11
G_S	29,3	85	38	19	1,27E+11
H_S	59,0	172	76	38	2,55E+11
I_S (35%)	56,4	1274	128	64	1,83E+14
Total	**355,6**	**2147**	**516**	**258**	**1,84E+14**
Concentração (mg/L)	-	**69,9**	**16,8**	**8,4**	**5,99E+05**
Drenos Quintas-Nordeste (Influxo 07)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
D_S	95,7	2036	211	105	2,89E+14
Total	**95,7**	**2036**	**211**	**105**	**2,89E+14**
Concentração (mg/L)	-	**246,4**	**25,5**	**12,8**	**3,50E+06**
Riacho Golandim (Influxo 06)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
G_N	105,0	2236	231	116	3,18E+14
N_N (DI-Extremoz/Natal)	121,5	1050	0	0	0
Carciniculura	118,0	157	4,7	3,5	0
Total	**344,5**	**3443**	**236**	**119**	**3,18E+14**
Concentração (mg/L)	-	**115,7**	**7,9**	**4,0**	**1,07E+06**
Rio Potengi (Influxo 05)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
Cidade de S. G. do Amarante	22,0	641	57	29	9,50E+13
Carciniculura	92,1	123	3,7	2,7	0,00E+00
Total	**114,1**	**764**	**61**	**31**	**9,50E+13**
Concentração (mg/L)	-	**77,5**	**6,2**	**3,2**	**9,63E+05**
Drenos Bom Pastor (Influxo 04)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
Total	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Concentração (mg/L)	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Rio da Prata (Influxo 03)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
E_S	45,0	131	58	29	1,95E+11
F_S	60,2	176	78	39	2,60E+11
K_S	103,3	301	134	67	4,46E+11
Carciniculura	45,6	61	1,8	1,3	0,00E+00
Total	**254,2**	**669**	**272**	**136**	**9,01E+11**
Concentração (mg/L)	-	**30,5**	**12,4**	**6,2**	**4,10E+03**
Rio Guarabé (Influxo 02)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
Total	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Concentração (mg/L)	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Rio Jundiaí (Influxo 01)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
Indústrias Macaíba (CIA)	104,2	450	0	0	0
Cidade de Macaíba	84,9	2030	198	99	2,94E+14
Total	**189,1**	**2480**	**198**	**99**	**2,94E+14**
Concentração (mg/L)	-	**151,8**	**12,1**	**6,1**	**1,80E+06**

Nota: bacias destacadas em azul são as que apresentam sistema de tratamento dos esgotos (parcial ou total)



LEGENDA

CIDADE

INDÚSTRIA

CARCINICULTURA

Cenário 03: cargas poluentes de origem doméstica das cidades de Natal, São Gonçalo do Amarante e Macaíba no ano de 2010, considerando que houve a implantação da ETE Fazenda Carnaubinha (bacias E, F e K, região sul) e da ETE do Baldo (bacias A, B, C, G, H, região sul), além de que Macaíba passa a apresentar um sistema de tratamento que atende 20% da população, as cargas poluentes estimadas para as atividades de carcinicultura são reduzidas em 50% e ambos os distritos industriais passam a contar com sistema de tratamento de esgotos. **Objetivo**: avaliar, dentro de uma visão mais otimista, os benefícios gerados na qualidade das águas do estuário do Potengi (em uma situação de curto prazo - 2010) oriundos da implantação na RMN de um programa abrangente de investimentos em saneamento básico;

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE - CAERN

COMPLEMENTAÇÃO DO ESTUDO AMBIENTAL PARA IMPLANTAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DOS ESGOTOS DAS BACIAS E, F, K

CONTEÚDO: Figura 10.5. Diagrama esquemático das cargas poluentes do estuário do Potengi no Cenário 03

DATA: OUTUBRO/2007

10.4.4. Cargas Poluentes no Cenário 04

O Cenário 04 tem por objetivo avaliar, dentro de uma visão mais otimista, os benefícios gerados na qualidade das águas do estuário do Potengi (em uma situação de médio prazo – 2015) oriundos da implantação na RMN de um programa abrangente de investimentos em saneamento básico, contemplando estações de tratamento de esgotos para as bacias E, F, K e I, região sul, (ETE Fazenda Carnaubinha na segunda fase da implantação), A, B, C, G, H e I, região sul (ETE Baldo) e H, J e M, região norte (ETE da Redinha). Deve-se frisar que foi considerada redução das cargas da carcinicultura em 75%, Macaíba e São Gonçalo do Amarante passam a tratar 80% dos esgotos domésticos e ambos os distritos industriais apresentando sistema de tratamento de efluentes.

As Tabelas 10.21 a 10.25 apresentam a memória de cálculo das cargas poluentes no estuário do Potengi para o Cenário 04 (para a carga dos distritos industriais, ver Tabela 10.18, pois é a mesma do Cenário 03). Já o diagrama esquemático das cargas poluentes é ilustrado na Figura 10.6.

Tabela 10.21. Estimativa da população atendida e não atendida por sistema de tratamento de esgotos nas bacias de esgotamento sanitário de Natal (Cenário 04)

Percentual de esgoto tratado	Bacias	População IBGE2000	População IBGE2015	População IBGE2015 c/tratamento	População IBGE2015 s/tratamento
0%	A_N	19.485	25.232	0	25.232
0%	B_N	79.862	103.414	0	103.414
0%	C_N	8.376	10.846	0	10.846
0%	D_N	11.643	15.077	0	15.077
0%	E_N	13.424	17.383	0	17.383
0%	F_N	5.342	6.918	0	6.918
100%	G_N	47.739	61.818	61.818	0
100%	H_N	9.220	11.939	11.939	0
0%	I_N	6.144	7.956	0	7.956
100%	J_N	10.685	13.836	13.836	0
0%	K_N	10.389	13.453	0	13.453
0%	L_N	9.392	12.161	0	12.161
100%	M_N	4.701	6.087	6.087	0
0%	Q_N	8.341	10.800	0	10.800
100%	A_S	32.211	41.711	41.711	0
100%	B_S	20.776	26.904	26.904	0
100%	C_S	42.913	55.568	55.568	0
100%	D_S	43.479	56.302	56.302	0
100%	E_S	20.476	26.514	26.514	0
100%	F_S	27.371	35.443	35.443	0
100%	G_S	13.319	17.247	17.247	0
100%	H_S	26.809	34.716	34.716	0
100%	I_S	73.214	94.806	94.806	0
100%	J_S	48.433	62.716	62.716	0
100%	K_S	46.957	60.806	60.806	0
100%	L_S	17.601	22.792	22.792	0
100%	M_S	10.255	13.280	13.280	0
100%	N_S	13.753	17.810	17.810	0
100%	O_S	30.005	38.854	38.854	0
Total		**712.317**	**922.391**	**699.150**	**223.240**

Notas

1. taxa de crescimento geométrico adotada: 1,74% a.a., conforme projeções do IBGE para a cidade de Natal no período 2000-2006

2. população das bacias obtida por meio do método de proporção de áreas, utilizando ferramentas SIG

3. bacia I - região sul despeja parcialmente no Potengi. Bacias J, L, M, N e O - região sul são endorréicas ou despejam em outro corpo receptor. As demais bacias despejam esgotos no Potengi.

Tabela 10.22. Estimativa das cargas poluentes de origem doméstica por bacia de esgotamento sanitário de Natal (Cenário 04)

Percentual de esgoto tratado	Bacias	Vazão do esgoto(L/s)	Matéria orgânica (DBO)				Coliformes Termotolerantes			
			Carga remanescente do tratamento (kg/dia)	Carga "in-natura"não tratada (kg/dia)	Carga total (kg/dia)	Concentração do esgoto (mg/L)	Carga remanescente (NMP/dia)	Carga "in-natura"não tratada (NMP/dia)	Carga total (kg/dia)	Concentração do esgoto (mg/L)
0%	A_N	46,73	0,00	1362,53	1362,53	337,5	0,00E+00	2,02E+14	2,02E+14	5,00E+06
0%	B_N	191,51	0,00	5584,38	5584,38	337,5	0,00E+00	8,27E+14	8,27E+14	5,00E+06
0%	C_N	20,08	0,00	585,66	585,66	337,5	0,00E+00	8,68E+13	8,68E+13	5,00E+06
0%	D_N	27,92	0,00	814,17	814,17	337,5	0,00E+00	1,21E+14	1,21E+14	5,00E+06
0%	E_N	32,19	0,00	938,69	938,69	337,5	0,00E+00	1,39E+14	1,39E+14	5,00E+06
0%	F_N	12,81	0,00	373,56	373,56	337,5	0,00E+00	5,53E+13	5,53E+13	5,00E+06
100%	G_N	114,48	333,82	0,00	333,82	33,8	4,95E+11	0,00E+00	4,95E+11	5,00E+03
100%	H_N	22,11	64,47	0,00	64,47	33,8	9,55E+10	0,00E+00	9,55E+10	5,00E+03
0%	I_N	14,73	0,00	429,60	429,60	337,5	0,00E+00	6,36E+13	6,36E+13	5,00E+06
100%	J_N	25,62	74,72	0,00	74,72	33,8	1,11E+11	0,00E+00	1,11E+11	5,00E+03
0%	K_N	24,91	0,00	726,45	726,45	337,5	0,00E+00	1,08E+14	1,08E+14	5,00E+06
0%	L_N	22,52	0,00	656,71	656,71	337,5	0,00E+00	9,73E+13	9,73E+13	5,00E+06
100%	M_N	11,27	32,87	0,00	32,87	33,8	4,87E+10	0,00E+00	4,87E+10	5,00E+03
0%	Q_N	20,00	0,00	583,22	583,22	337,5	0,00E+00	8,64E+13	8,64E+13	5,00E+06
100%	A_S	77,24	225,24	0,00	225,24	33,8	3,34E+11	0,00E+00	3,34E+11	5,00E+03
100%	B_S	49,82	145,28	0,00	145,28	33,8	2,15E+11	0,00E+00	2,15E+11	5,00E+03
100%	C_S	102,90	300,07	0,00	300,07	33,8	4,45E+11	0,00E+00	4,45E+11	5,00E+03
100%	D_S	104,26	304,03	0,00	304,03	33,8	4,50E+11	0,00E+00	4,50E+11	5,00E+03
100%	E_S	49,10	143,18	0,00	143,18	33,8	2,12E+11	0,00E+00	2,12E+11	5,00E+03
100%	F_S	65,63	191,39	0,00	191,39	33,8	2,84E+11	0,00E+00	2,84E+11	5,00E+03
100%	G_S	31,94	93,13	0,00	93,13	33,8	1,38E+11	0,00E+00	1,38E+11	5,00E+03
100%	H_S	64,29	187,47	0,00	187,47	33,8	2,78E+11	0,00E+00	2,78E+11	5,00E+03
100%	I_S	175,57	511,95	0,00	511,95	33,8	7,58E+11	0,00E+00	7,58E+11	5,00E+03
100%	J_S	116,14	338,67	0,00	338,67	33,8	5,02E+11	0,00E+00	5,02E+11	5,00E+03
100%	K_S	112,60	328,35	0,00	328,35	33,8	4,86E+11	0,00E+00	4,86E+11	5,00E+03
100%	L_S	42,21	123,08	0,00	123,08	33,8	1,82E+11	0,00E+00	1,82E+11	5,00E+03
100%	M_S	24,59	71,71	0,00	71,71	33,8	1,06E+11	0,00E+00	1,06E+11	5,00E+03
100%	N_S	32,98	96,17	0,00	96,17	33,8	1,42E+11	0,00E+00	1,42E+11	5,00E+03
100%	O_S	71,95	209,81	0,00	209,81	33,8	3,11E+11	0,00E+00	3,11E+11	5,00E+03
Total		**1708**	**3775**	**12055**	**15830**	-	**5,59E+12**	**1,79E+15**	**1,79E+15**	-

Percentual de esgoto tratado	Bacias	Vazão do esgoto(L/s)	Nitogênio Amoniacal				Fósforo total			
			Carga remanescente do tratamento (kg/dia)	Carga "in-natura"não tratada (kg/dia)	Carga total (kg/dia)	Concentração do esgoto (mg/L)	Carga remanescente do tratamento (kg/dia)	Carga "in-natura"não tratada (kg/dia)	Carga total (kg/dia)	Concentração do esgoto (mg/L)
0%	A_N	46,73	0,00	121,11	121,11	30,0	0,00	60,56	60,56	15,0
0%	B_N	191,51	0,00	496,39	496,39	30,0	0,00	248,19	248,19	15,0
0%	C_N	20,08	0,00	52,06	52,06	30,0	0,00	26,03	26,03	15,0
0%	D_N	27,92	0,00	72,37	72,37	30,0	0,00	36,19	36,19	15,0
0%	E_N	32,19	0,00	83,44	83,44	30,0	0,00	41,72	41,72	15,0
0%	F_N	12,81	0,00	33,21	33,21	30,0	0,00	16,60	16,60	15,0
100%	G_N	114,48	148,36	0,00	148,36	15,0	74,18	0,00	74,18	7,5
100%	H_N	22,11	28,65	0,00	28,65	15,0	14,33	0,00	14,33	7,5
0%	I_N	14,73	0,00	38,19	38,19	30,0	0,00	19,09	19,09	15,0
100%	J_N	25,62	33,21	0,00	33,21	15,0	16,60	0,00	16,60	7,5
0%	K_N	24,91	0,00	64,57	64,57	30,0	0,00	32,29	32,29	15,0
0%	L_N	22,52	0,00	58,37	58,37	30,0	0,00	29,19	29,19	15,0
100%	M_N	11,27	14,61	0,00	14,61	15,0	7,30	0,00	7,30	7,5
0%	Q_N	20,00	0,00	51,84	51,84	30,0	0,00	25,92	25,92	15,0
100%	A_S	77,24	100,11	0,00	100,11	15,0	50,05	0,00	50,05	7,5
100%	B_S	49,82	64,57	0,00	64,57	15,0	32,28	0,00	32,28	7,5
100%	C_S	102,90	133,36	0,00	133,36	15,0	66,68	0,00	66,68	7,5
100%	D_S	104,26	135,13	0,00	135,13	15,0	67,56	0,00	67,56	7,5
100%	E_S	49,10	63,63	0,00	63,63	15,0	31,82	0,00	31,82	7,5
100%	F_S	65,63	85,06	0,00	85,06	15,0	42,53	0,00	42,53	7,5
100%	G_S	31,94	41,39	0,00	41,39	15,0	20,70	0,00	20,70	7,5
100%	H_S	64,29	83,32	0,00	83,32	15,0	41,66	0,00	41,66	7,5
100%	I_S	175,57	227,53	0,00	227,53	15,0	113,77	0,00	113,77	7,5
100%	J_S	116,14	150,52	0,00	150,52	15,0	75,26	0,00	75,26	7,5
100%	K_S	112,60	145,93	0,00	145,93	15,0	72,97	0,00	72,97	7,5
100%	L_S	42,21	54,70	0,00	54,70	15,0	27,35	0,00	27,35	7,5
100%	M_S	24,59	31,87	0,00	31,87	15,0	15,94	0,00	15,94	7,5
100%	N_S	32,98	42,74	0,00	42,74	15,0	21,37	0,00	21,37	7,5
100%	O_S	71,95	93,25	0,00	93,25	15,0	46,63	0,00	46,63	7,5
Total		**1708**	**1678**	**1072**	**2750**	-	**839**	**536**	**1375**	-

Notas

1. eficiência dos sistemas de tratamento: 90% para DBO, 50% para amônia e fósforo e 99,9% para coliformes termotolerantes

2. vazão de esgoto obtida a partir de um consumo de 200 L/hab/dia, sendo a taxa de retorno de 0,8

3. contribuição doméstica de poluentes: DBO=0,054kg/hab/dia / Amônia=0,0048kg/hab/dia / Fósforo=0,0024kg/hab/dia / Coli. Termotolerantes=8,00x10^9 NMP/hab/dia

4. bacia I - região sul despeja parcialmente no Potengi. Bacias J, L, M, N e O - região sul são endorréicas ou despejam em outro corpo receptor. As demais bacias despejam esgotos no Potengi.

Tabela 10.23. Estimativa das cargas poluentes de origem doméstica nas cidades de Macaíba e São Gonçalo do Amarante (Cenário 04)

Cidades		Macaíba	S. G. do Amarante
Cobertura da rede de esgotos		80%	80%
População total ano de 2015		51.719	13.074
Vazão de esgoto (L/s)		95,8	24,2
DBO	Carga remanescente do tratamento (kg/dia)	223	56
	Carga "in-natura"não tratada (kg/dia)	559	141
	Carga total (kg/dia)	782	198
	Concentração do esgoto (mg/L)	94,5	94,5
Col. Term.	Carga remanescente do tratamento (NMP/dia)	3,31E+11	8,37E+10
	Carga "in-natura"não tratada (NMP/dia)	8,28E+13	2,09E+13
	Carga total (NMP/dia)	8,31E+13	2,10E+13
	Concentração do esgoto (NMP/100mL)	1,00E+06	1,00E+06
Amônia	Carga remanescente do tratamento (kg/dia)	99	25
	Carga "in-natura"não tratada (kg/dia)	50	13
	Carga total (kg/dia)	149	38
	Concentração do esgoto (mg/L)	18,0	18,0
Fósforo	Carga remanescente do tratamento (kg/dia)	50	13
	Carga "in-natura"não tratada (kg/dia)	25	6
	Carga total (kg/dia)	74	19
	Concentração do esgoto (mg/L)	9,0	9,0

Notas

1. eficiência dos sistemas de tratamento: 90% para DBO, 50% para amônia e fósforo e 99,9% para coliformes termotolerantes

2. vazão de esgoto obtida a partir de um consumo de 200 L/hab/dia, sendo a taxa de retorno de 0,8

3. contribuição doméstica de poluentes: DBO=0,054kg/hab/dia / Amônia=0,0048kg/hab/dia / Fósforo=0,0024kg/hab/dia / Coli. Termotolerantes=8,00x10^{9} NMP/hab/dia

Tabela 10.24. Estimativa das cargas poluentes das atividades de carcinicultura (Cenário 04)

Corpo receptor	Dados	DBO	Amônia	Nitrato	Fósforo	SDT
Gamboa Manimbu	Quant. viveiros	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**
	Área (ha)	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**
	Vazão (L/s)	**8**	**8**	**8**	**8**	**8**
	Carga (kg/dia)	10,7	0,3	0,2	0,2	175,2
	Conc. (mg/L)	15,40	0,46	0,30	0,34	252,60
	Eq. Populacional	198	66	-	98	-
Gamboa Jaguaribe	Quant. viveiros	**36**	**36**	**36**	**36**	**36**
	Área (ha)	**65**	**65**	**65**	**65**	**65**
	Vazão (L/s)	**96**	**96**	**96**	**96**	**96**
	Carga (kg/dia)	127,8	3,8	2,5	2,8	2.096,5
	Conc. (mg/L)	15,40	0,46	0,30	0,34	252,60
	Eq. Populacional	2.367	795	-	1.176	-
Riacho Golandim	Quant. viveiros	**28**	**28**	**28**	**28**	**28**
	Área (ha)	**40**	**40**	**40**	**40**	**40**
	Vazão (L/s)	**59**	**59**	**59**	**59**	**59**
	Carga (kg/dia)	78,5	2,3	1,5	1,7	1.287,5
	Conc. (mg/L)	15,40	0,46	0,30	0,34	252,60
	Eq. Populacional	1.454	488	-	722	-
Rio Potengi	Quant. viveiros	**13**	**13**	**13**	**13**	**13**
	Área (ha)	**31**	**31**	**31**	**31**	**31**
	Vazão (L/s)	**46**	**46**	**46**	**46**	**46**
	Carga (kg/dia)	61,3	1,8	1,2	1,4	1.005,5
	Conc. (mg/L)	15,40	0,46	0,30	0,34	252,60
	Eq. Populacional	1.135	381	-	564	-
Riacho Prata	Quant. viveiros	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**
	Área (ha)	**15**	**15**	**15**	**15**	**15**
	Vazão (L/s)	**23**	**23**	**23**	**23**	**23**
	Carga (kg/dia)	30,3	0,9	0,6	0,7	497,4
	Conc. (mg/L)	15,40	0,46	0,30	0,34	252,60
	Eq. Populacional	562	189	-	279	-
TOTAL	Quant. viveiros	**83**	**83**	**83**	**83**	**83**
	Área (ha)	**158**	**158**	**158**	**158**	**158**
	Vazão (L/s)	**232**	**232**	**232**	**232**	**232**
	Carga (kg/dia)	308,6	9,2	6,0	6,8	5.062,0
	Conc. (mg/L)	15,40	0,46	0,30	0,34	252,60
	Eq. Populacional	5.715	1.920	-	2.839	-

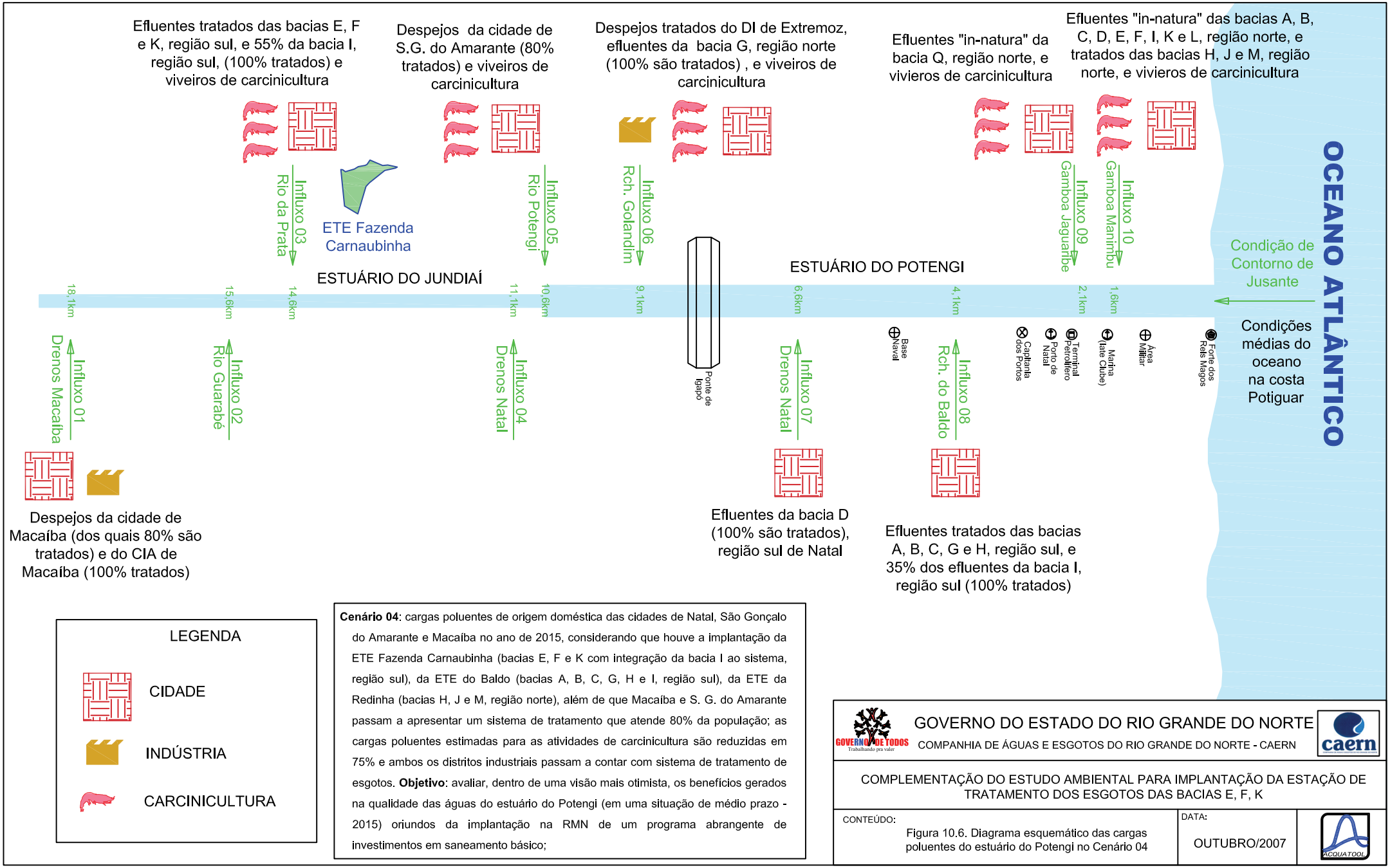
Notas

1. taxa de despejo dos efluentes da carcinicultura: 127,2 m³/dia/ha

Tabela 10.25. Consolidação das cargas poluentes e pontos de lançamento no estuário do Potengi (Cenário 04)

Gamboa Manimbu - Rio Doce (Influxo 10)					
	Vazão (L/s)	CargaDBO (kg/dia)	CargaNH4 (kg/dia)	CargaFOSF (kg/dia)	CargaCT (NMP/dia)
A_N	46,7	1363	121	61	2,02E+14
B_N	191,5	5584	496	248	8,27E+14
C_N	20,1	586	52	26	8,68E+13
D_N	27,9	814	72	36	1,21E+14
E_N	32,2	939	83	42	1,39E+14
F_N	12,8	374	33	17	5,53E+13
H_N	22,1	64	29	14	9,55E+10
I_N	14,7	430	38	19	6,36E+13
J_N	25,6	75	33	17	1,11E+11
K_N	24,9	726	65	32	1,08E+14
L_N	22,5	657	58	29	9,73E+13
M_N	11,3	33	15	7	4,87E+10
Carciniculura	8,0	11	0,3	0,2	0,00E+00
Total	**460,4**	**11654**	**1097**	**548**	**1,70E+15**
Concentração (mg/L)	-	**293,0**	**27,6**	**13,8**	**4,27E+06**
Gamboa Jaguaribe (Influxo 09)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
Q_N	20,0	583	52	26	8,64E+13
Carciniculura	96,1	128	4	3	0,00E+00
Total	**116,1**	**711**	**56**	**29**	**8,64E+13**
Concentração (mg/L)	-	**70,9**	**5,6**	**2,9**	**8,62E+05**
Riacho do Baldo (Influxo 08)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
A_S	77,2	225	100	50	3,34E+11
B_S	49,8	145	65	32	2,15E+11
C_S	102,9	300	133	67	4,45E+11
G_S	31,9	93	41	21	1,38E+11
H_S	64,3	187	83	42	2,78E+11
I_S (35%)	61,4	179	80	40	2,65E+11
Total	**387,6**	**1130**	**502**	**251**	**1,67E+12**
Concentração (mg/L)	-	**33,8**	**15,0**	**7,5**	**5,00E+03**
Drenos Quintas-Nordeste (Influxo 07)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
D_S	104,3	304	135	68	4,50E+11
Total	**104,3**	**304**	**135**	**68**	**4,50E+11**
Concentração (mg/L)	-	**33,8**	**15,0**	**7,5**	**5,00E+03**
Riacho Golandim (Influxo 06)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
G_N	114,5	334	148	74	4,95E+11
N_N (DI-Extremoz/Natal)	121,5	1050	0	0	0
Carciniculura	59,0	78	2,3	1,7	0
Total	**295,0**	**1462**	**151**	**76**	**4,95E+11**
Concentração (mg/L)	-	**57,4**	**5,9**	**3,0**	**1,94E+03**
Rio Potengi (Influxo 05)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
Cidade de S. G. do Amarante	24,2	198	38	19	2,10E+13
Carciniculura	46,1	61	1,8	1,4	0,00E+00
Total	**70,3**	**259**	**39**	**20**	**2,10E+13**
Concentração (mg/L)	-	**42,6**	**6,5**	**3,3**	**3,46E+05**
Drenos Bom Pastor (Influxo 04)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
Total	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Concentração (mg/L)	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Rio da Prata (Influxo 03)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
E_S	49,1	143	64	32	2,12E+11
F_S	65,6	191	85	43	2,84E+11
K_S	112,6	328	146	73	4,86E+11
I_S (55%)	96,6	282	125	63	4,17E+11
Carciniculura	22,8	30	0,9	0,7	0,00E+00
Total	**346,7**	**975**	**421**	**211**	**1,40E+12**
Concentração (mg/L)	-	**32,5**	**14,0**	**7,0**	**4,67E+03**
Rio Guarabé (Influxo 02)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
Total	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Concentração (mg/L)	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Rio Jundiaí (Influxo 01)					
	Vazão (L/s)	**CargaDBO (kg/dia)**	**CargaNH4 (kg/dia)**	**CargaFOSF (kg/dia)**	**CargaCT (NMP/dia)**
Indústrias Macaíba (CIA)	104,2	450	0	0	0
Cidade de Macaíba	95,8	782	149	74	8,31E+13
Total	**199,9**	**1232**	**149**	**74**	**8,31E+13**
Concentração (mg/L)	-	**41,1**	**5,0**	**2,5**	**2,77E+05**

Nota: bacias destacadas em azul são as que apresentam sistema de tratamento dos esgotos (parcial ou total)



LEGENDA

CIDADE

INDÚSTRIA

CARCINICULTURA

Cenário 04: cargas poluentes de origem doméstica das cidades de Natal, São Gonçalo do Amarante e Macaíba no ano de 2015, considerando que houve a implantação da ETE Fazenda Carnaubinha (bacias E, F e K com integração da bacia I ao sistema, região sul), da ETE do Baldo (bacias A, B, C, G, H e I, região sul), da ETE da Redinha (bacias H, J e M, região norte), além de que Macaíba e S. G. do Amarante passam a apresentar um sistema de tratamento que atende 80% da população; as cargas poluentes estimadas para as atividades de carcinicultura são reduzidas em 75% e ambos os distritos industriais passam a contar com sistema de tratamento de esgotos. **Objetivo**: avaliar, dentro de uma visão mais otimista, os benefícios gerados na qualidade das águas do estuário do Potengi (em uma situação de médio prazo - 2015) oriundos da implantação na RMN de um programa abrangente de investimentos em saneamento básico;

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE - CAERN

COMPLEMENTAÇÃO DO ESTUDO AMBIENTAL PARA IMPLANTAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DOS ESGOTOS DAS BACIAS E, F, K

CONTEÚDO: Figura 10.6. Diagrama esquemático das cargas poluentes do estuário do Potengi no Cenário 04

DATA: OUTUBRO/2007

10.5. Campanhas de Monitoramento

Foram realizadas duas campanhas de monitoramento da qualidade da água recentemente em pontos a jusante e a montante do local de Lançamento da ETE Fazenda Carnaubinha, conforme ilustram as Tabelas 10.26 e 10.27.

Tabela 10.26. Análises de qualidade da água do estuário do Potengi (24/05/06) a jusante e a montante do ponto de lançamento da ETE Fazenda Carnaubinha

Ponto	Curva da Morte (249.242 E / 9.357.149 N)		Fossas Jusante (247.502 E / 9.356.181 N)		Fossas Montante (245.983 E / 9.354.529 N)	
Hora da Coleta	24/5/06 10:58	24/5/06 16:57	24/5/06 11:10	24/5/06 16:48	24/5/06 11:35	24/5/06 16:39
OD (mg/L)	3,7	3,5	4,4	4,5	4,9	5,4
DBO (mg/L)	1,286	0,831	1,586	0,877	1,930	3,045
pH	7,7	7,7	7,8	7,7	7,9	7,8
T (ºC)	27,40	27,60	27,20	27,70	27,50	27,90
C. Totais (NMP/100 mL)	3,9E+04	>4,8E+04	2,5E+04	>4,8E+04	6,1E+03	>4,8E+04
C. Termotol. (NMP/100 mL)	1,9E+03	1,7E+03	1,2E+03	4,8E+02	2,6E+02	6,5E+02

Obs: Horário da maré alta: 14:21 de 24/05/06 / Horário da maré baixa: 7:56 e 20:19 de 24/05/06

Tabela 10.27. Análises de qualidade da água do estuário do Potengi (05/09/06) a jusante e a montante do ponto de lançamento da ETE Fazenda Carnaubinha

ORIGEM: MARÉ BAIXA				
PARÂMETROS	TÉCNICA	Curva da Morte	Fossas Jusante	Fossas Montante
DBO, mg/L	Winkler-Azida	6,48	6,36	3,78
DQO, mg/L	Refluxo fechado	53,50	55,25	43,79
OD, mg/L O_2	Winkler-Azida	2,10	2,30	2,90
Fósforo Total, mg P/L	Colorimetria	0,15	0,14	0,11
Nitrogênio Total, mg N/L	Titulometria	0,154	0,126	0,112
pH	Potenciometria	7,2	7,3	7,4
Temperatura, °C	Potenciometria	28,0	28,0	29,0
Cloreto, mg/L Cl^-	Titulometria	19.694	19.494	19.494
Condutividade Elétrica, mS/cm	Potenciometria	39,3	40,3	38,7
Sólidos Totais, mg/L	Gravimetria	32.780	35.000	29.820
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Tubos múltiplos	11.000	920	63
Colif.ormes Termotolerantes (NMP/100 mL)	Tubos múltiplos	2.300	240	46
ORIGEM: MARÉ ALTA				
PARÂMETROS	TÉCNICA	Curva da Morte	Fossas Jusante	Fossas Montante
DBO, mg/L	Winkler-Azida	4,30	4,50	5,24
DQO, mg/L	Refluxo fechado	46,68	42,57	63,86
OD, mg/L O_2	Winkler-Azida	3,40	3,00	3,10
Fósforo Total, mg P/L	Colorimetria	0,03	0,10	0,13
Nitrogênio Total, mg N/L	Titulometria	0,098	0,07	0,084
pH	Potenciometria	7,5	7,3	7,3
Temperatura, °C	Potenciometria	28,0	29,0	29,0
Cloreto, mg/L Cl^-	Titulometria	21.493	19.893	19.294
Condutividade Elétrica, mS/cm	Potenciometria	43,9	41,2	41,1
Sólidos Totais, mg/L	Gravimetria	39.600	34.050	40.880
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Tubos múltiplos	5.400	430	350
Colif.ormes Termotolerantes (NMP/100 mL)	Tubos múltiplos	3.500	79	210

Verifica-se que os teores de condutividade elétrica, sólidos totais e cloreto são típicos de águas salinas (salinidade igual ou superior a 30‰), indicando que a penetração das águas marinhas no estuário atinge as imediações do ponto de lançamento da Fazenda Carnaubinha.

A resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, estabelece como padrão para as águas salinas de classe 1 concentrações de OD não inferiores a 6 mg/L. Verifica-se que não houve atendimento dos padrões estabelecidos para todas as amostras coletadas (100% de freqüência).

Segundo a Resolução CONAMA Nº357 de 17/03/05, para águas salinas da classe 1, foi estabelecido que para os usos menos exigentes, que não envolvem cultivo de moluscos bivalves ou certos tipos de irrigação, "não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com freqüência bimestral". Para o uso de recreação de contato primário devem ser observados os requisitos de Resolução CONAMA Nº274, de 2000. Tomando o valor de 1.000 NMP/100mL como referência, observa-se que houve superação deste valor em 5 das 12 amostras coletadas (percentual de 42%).

A resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, estabelece como padrão para as águas salinas de classe 1, concentrações de fósforo inferiores a 0,062 mg/L, o que de fato só ocorreu em 1 das 6 amostras coletadas em que houve análise desse parâmetro, portanto, verificou-se que 83% das amostras não atenderam aos padrões estabelecidos.

Deve-se frisar que os valores de DBO e nitrogênio total não podem ser diretamente comparados com padrões da resolução CONAMA Nº 357, pois esta especifica limites máximos de matéria orgânica em termos de carbono orgânico total e de nitrogênio em termos de amônia, nitrato e nitrito. Entretanto, pode-se afirmar que os níveis desses contaminantes na água não se mostraram elevados, assunto que será tratado com maior detalhe, posteriormente, durante as análises das simulações.

10.6. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

10.6.1. Apresentação dos Resultados da Simulação do Cenário 01

Apresentam-se a seguir, nas Figuras 10.7 a 10.11, gráficos das concentrações máximas, médias e mínimas dos parâmetros simulados na camada superficial das seções distribuídas ao longo do estuário do Potengi para o Cenário 01.

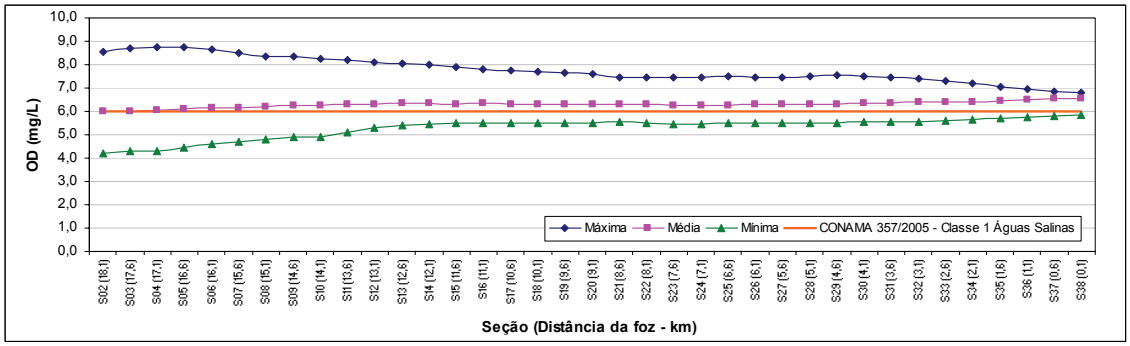


Figura 10.7. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de OD ao longo do estuário do Potengi – Cenário 01

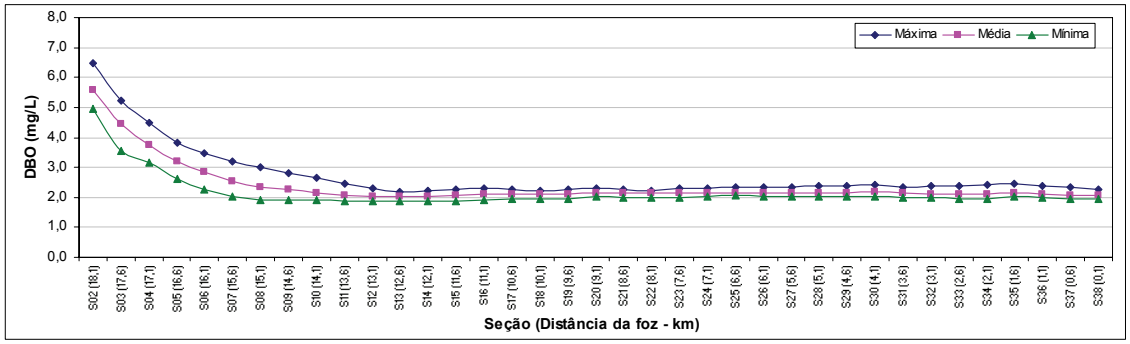


Figura 10.8. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de DBO ao longo do estuário do Potengi – Cenário 01

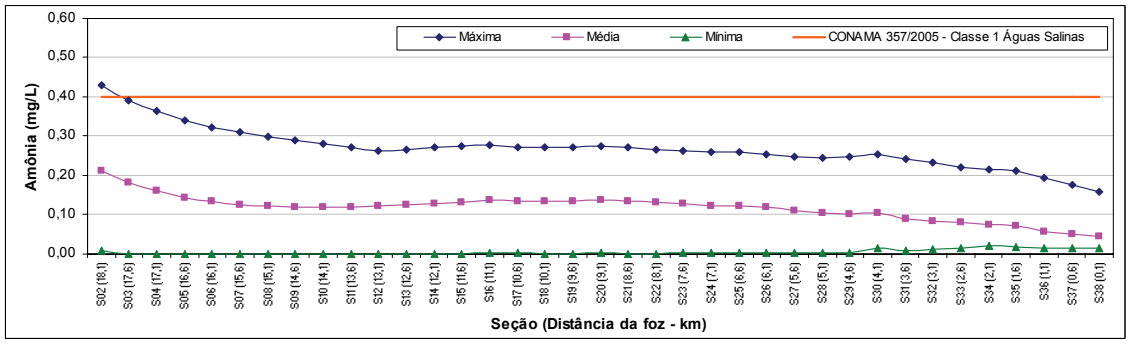


Figura 10.9. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de Amônia ao longo do estuário do Potengi – Cenário 01

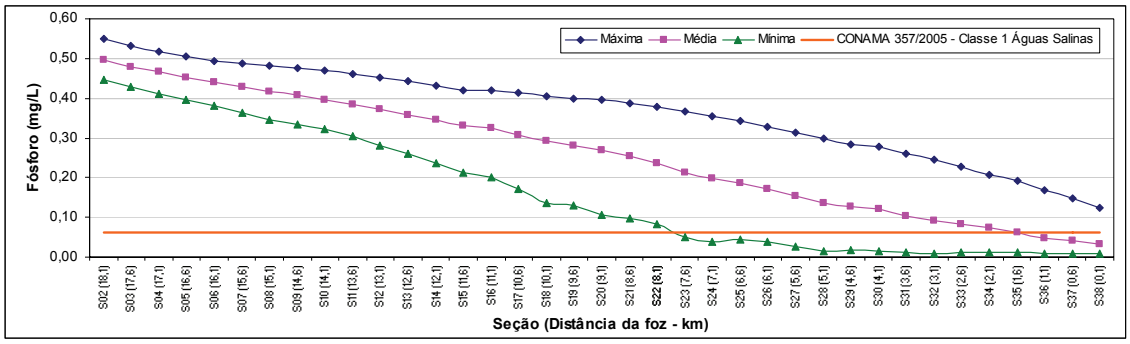


Figura 10.10. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de Fósforo ao longo do estuário do Potengi – Cenário 01

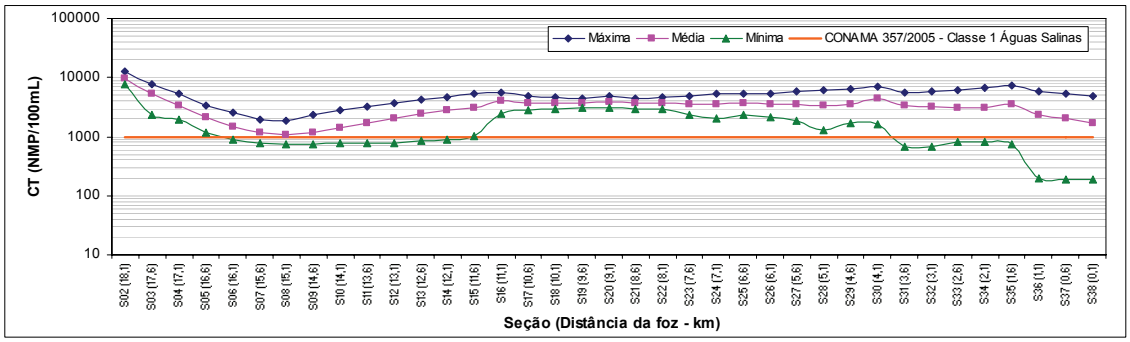


Figura 10.11. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de Coliformes Termotolerantes ao longo do estuário do Potengi – Cenário 01

10.6.2. Apresentação dos Resultados da Simulação do Cenário 02

Apresentam-se a seguir, nas Figuras 10.12 a 10.16, gráficos das concentrações máximas, médias e mínimas dos parâmetros simulados na camada superficial das seções distribuídas ao longo do estuário do Potengi para o Cenário 02.

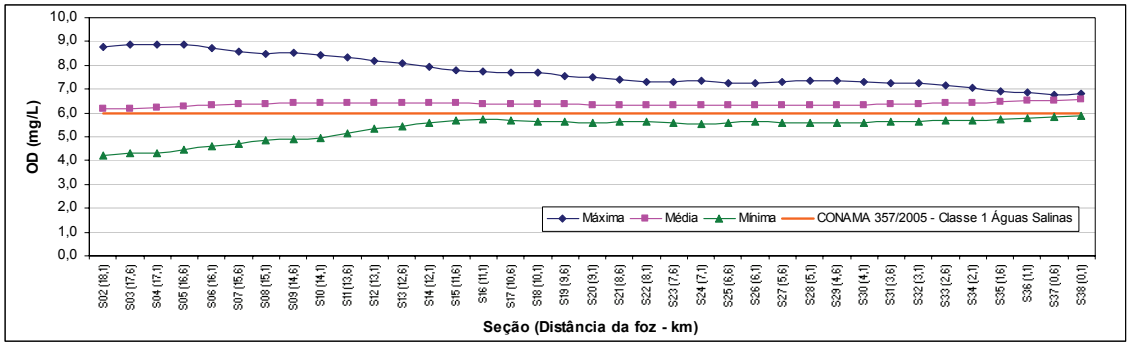


Figura 10.12. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de OD ao longo do estuário do Potengi – Cenário 02

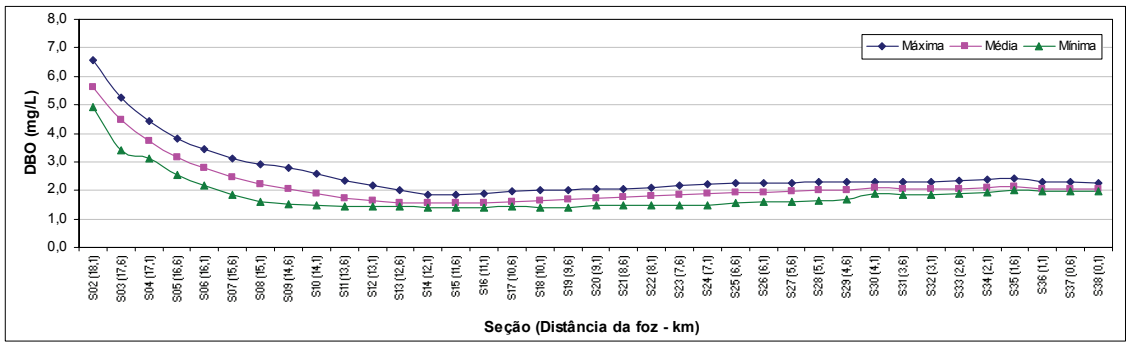


Figura 10.13. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de DBO ao longo do estuário do Potengi – Cenário 02

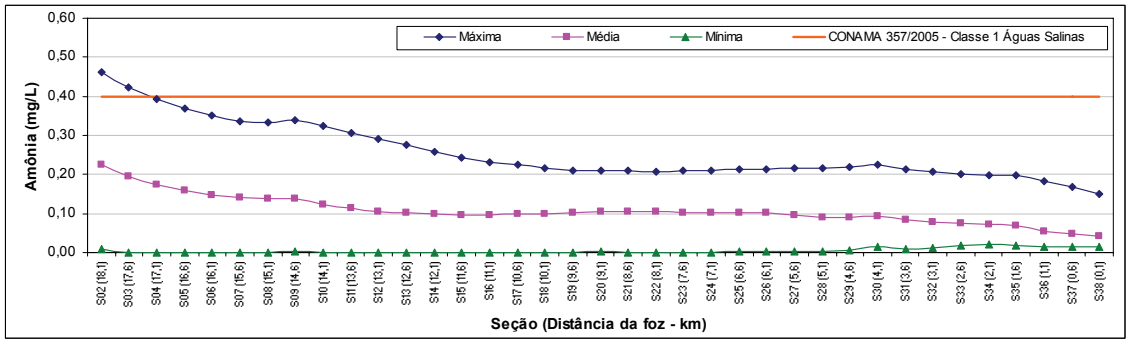


Figura 10.14. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de Amônia ao longo do estuário do Potengi – Cenário 02

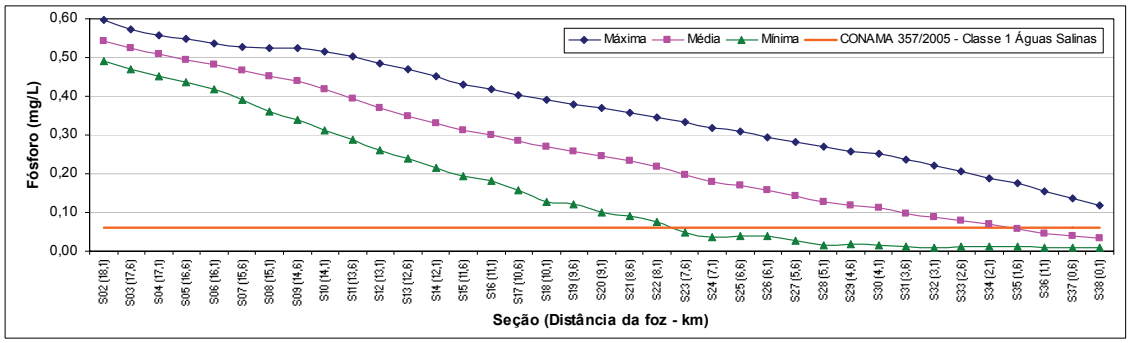


Figura 10.15. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de Fósforo ao longo do estuário do Potengi – Cenário 02

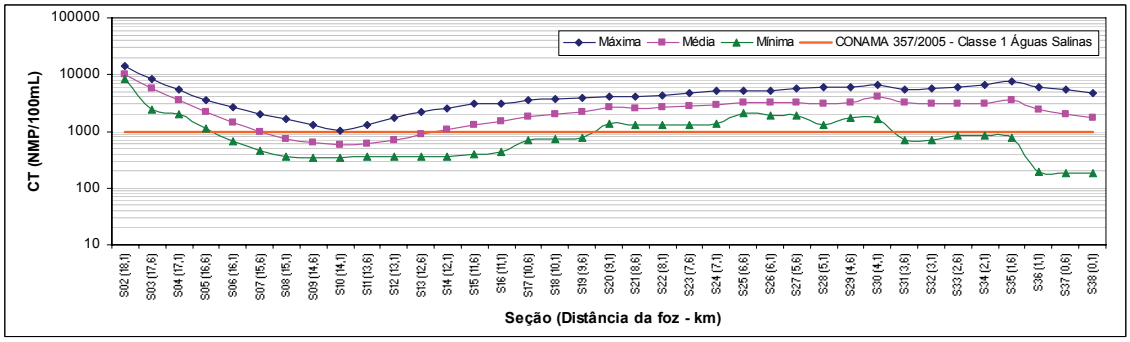


Figura 10.16. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de Coliformes Termotolerantes ao longo do estuário do Potengi – Cenário 02

10.6.3. Apresentação dos Resultados da Simulação do Cenário 03

Apresentam-se a seguir, nas Figuras 10.17 a 10.21, gráficos das concentrações máximas, médias e mínimas dos parâmetros simulados na camada superficial das seções distribuídas ao longo do estuário do Potengi para o Cenário 03.

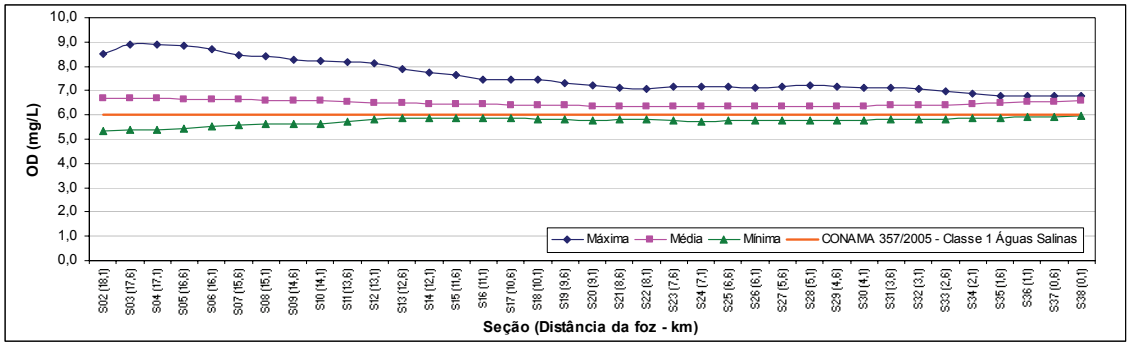


Figura 10.17. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de OD ao longo do estuário do Potengi – Cenário 03

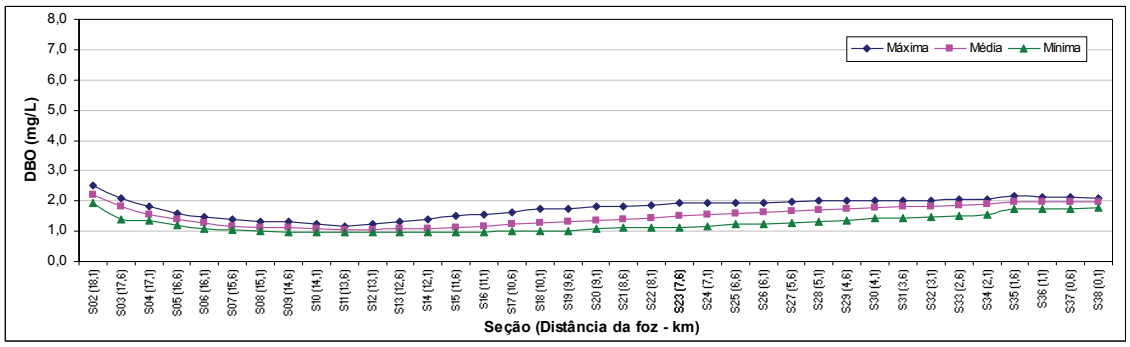


Figura 10.18. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de DBO ao longo do estuário do Potengi – Cenário 03

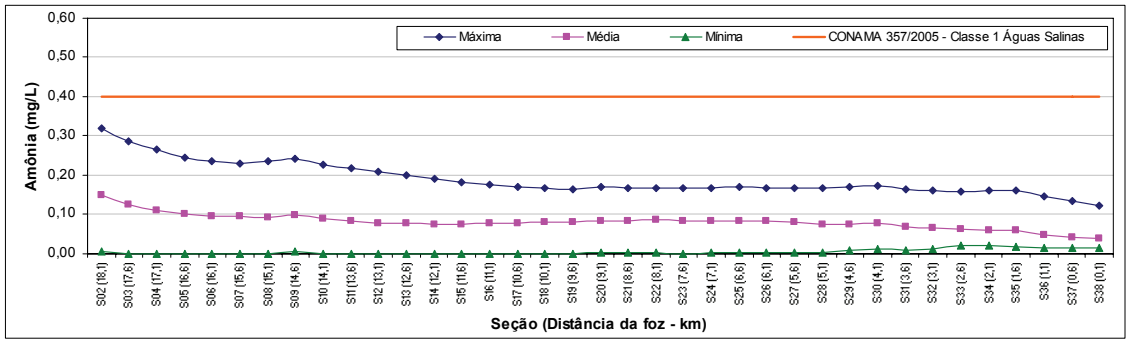


Figura 10.19. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de Amônia ao longo do estuário do Potengi – Cenário 03

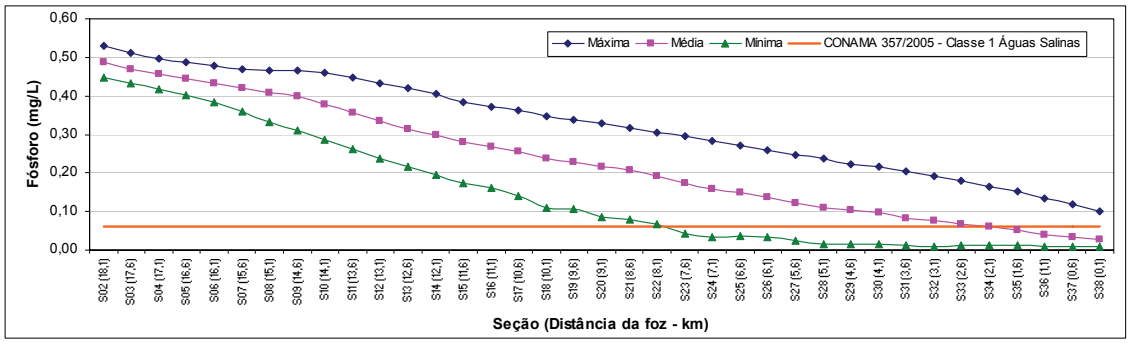


Figura 10.20. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de Fósforo ao longo do estuário do Potengi – Cenário 03

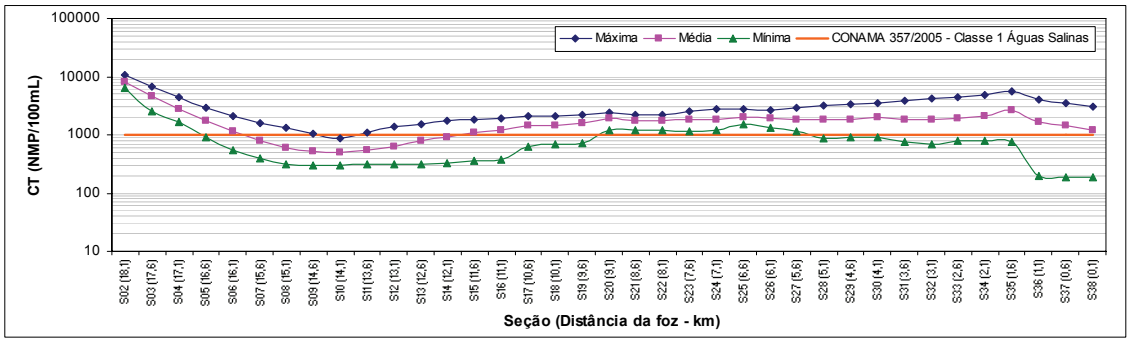


Figura 10.21. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de Coliformes Termotolerantes ao longo do estuário do Potengi – Cenário 03

10.6.4. Apresentação dos Resultados da Simulação do Cenário 04

Apresentam-se a seguir, nas Figuras 10.22 a 10.26, gráficos das concentrações máximas, médias e mínimas dos parâmetros simulados na camada superficial das seções distribuídas ao longo do estuário do Potengi para o Cenário 04.

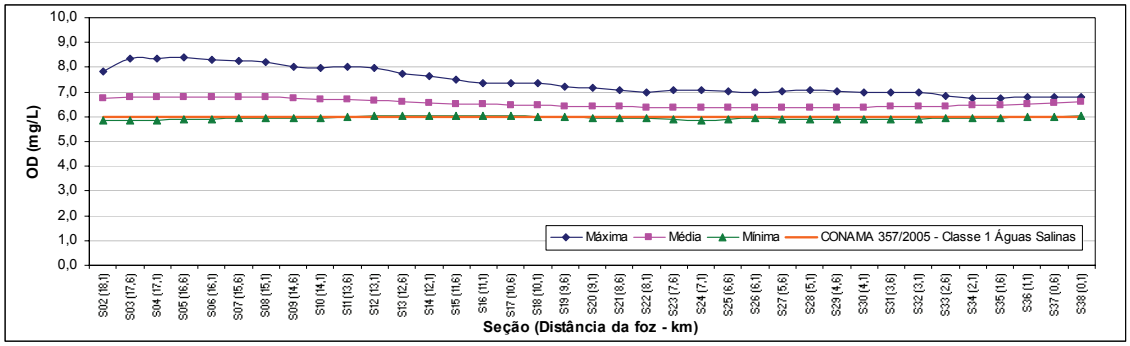


Figura 10.22. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de OD ao longo do estuário do Potengi – Cenário 04

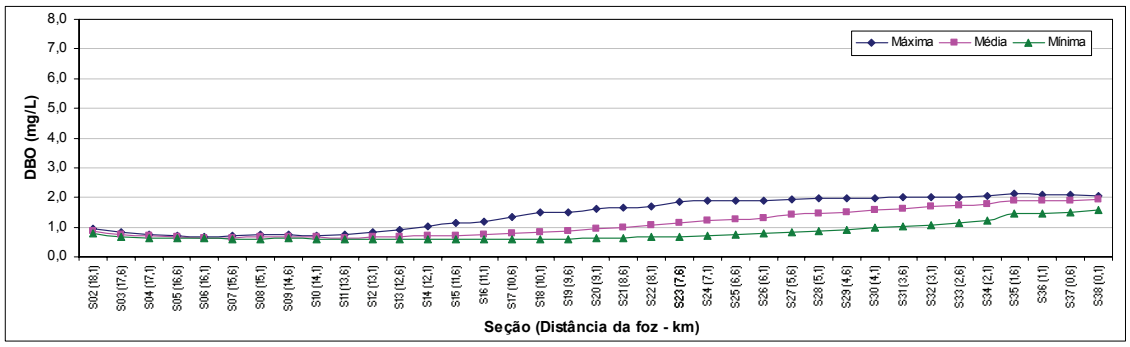


Figura 10.23. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de DBO ao longo do estuário do Potengi – Cenário 04

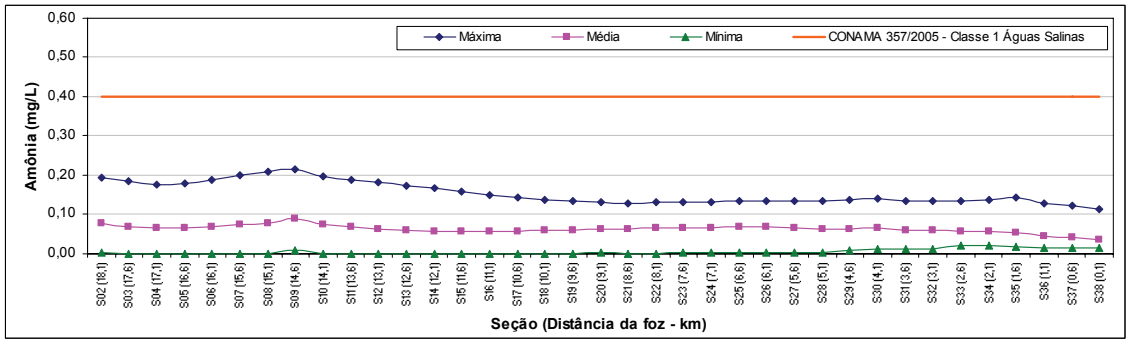


Figura 10.24. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de Amônia ao longo do estuário do Potengi – Cenário 04

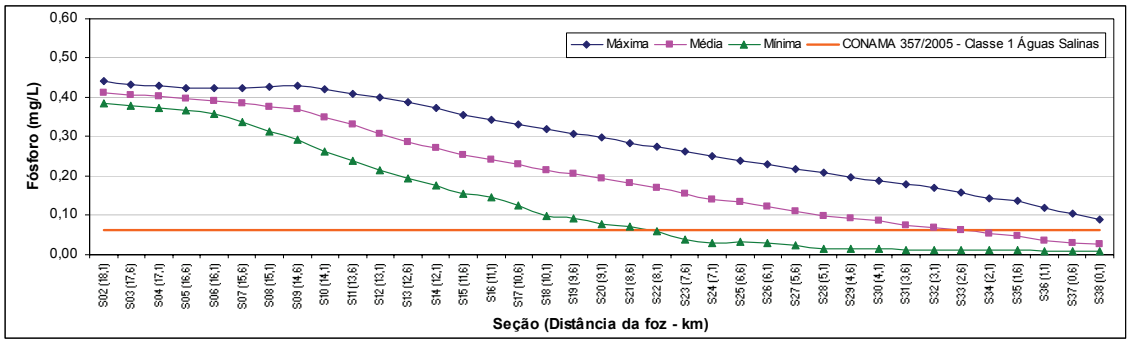


Figura 10.25. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de Fósforo ao longo do estuário do Potengi – Cenário 04

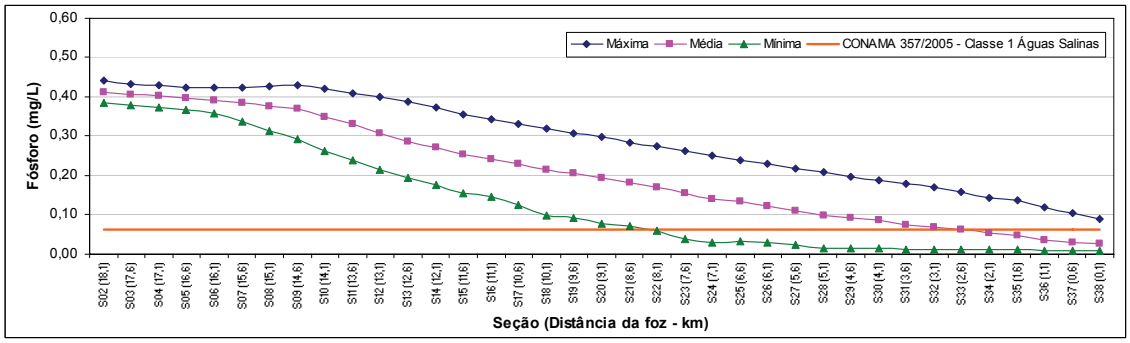


Figura 10.26. Valores máximos, médios e mínimos (camada superficial) da série temporal da simulação de Coliformes Termotolerantes ao longo do estuário do Potengi – Cenário 04

10.6.5. Avaliação dos Resultados

As simulações de qualidade das águas do estuário do Potengi foram realizadas no sentido de avaliar sua capacidade de autodepuração e quantificar os impactos causados pelo lançamento de esgotos domésticos, de efluentes industriais e de despejos dos viveiros de carcinicultura no seu interior.

Deste modo foram definidos 04 cenários, simulando-se os principais parâmetros (OD, DBO, Amônia, Fósforo, Coliformes Termotolerantes) associados às cargas poluentes mais impactantes da RMN. O Cenário 01 reflete uma situação de esgotamento sanitário da RMN próxima a atual (2007). O Cenário 02 contempla uma situação de curto prazo (2010), havendo apenas implantação do sistema de tratamento das bacias E, F e K (ETE Fazenda Carnaubinha). O Cenário 03 contempla uma situação de curto prazo (2010) mais otimista, havendo implantação da ETE Fazenda Carnaubinha, da ETE do Baldo, tratamento dos efluentes industriais (100%) e domésticos (20%) da cidade de Macaíba e os viveiros de carcinicultura são reduzidos em 50%. Já o Cenário 04 simula uma situação de médio prazo (2015) em que é implantada a ETE Fazenda Carnaubinha com integração da Bacia I-sul, a ETE do Baldo e a ETE da Redinha, os viveiros de carcinicultura são reduzidos em 75%, além de que 100% dos efluentes industriais da RMN são tratados e 80% dos esgotos domésticos de São Gonçalo do Amarante e Macaíba destinam-se a rede de coleta e tratamento.

No que concerne ao parâmetro OD, a resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, estabelece como padrão para as águas salinas de classe 1 concentrações de OD não inferiores a 6 mg/L. Analisando-se as simulações verifica-se que em todos os cenários simulados os valores médios encontram-se iguais ou superiores ao valor de 6 mg/L, entretanto, apenas no Cenário 04 os valores mínimos são praticamente iguais ou superiores ao padrão de referência (6 mg/L) para todo a extensão do estuário.

O trecho crítico dos níveis de OD (e também DBO, amônia e fósforo) se deu nas proximidades da cidade de Macaíba. Este é o local mais frágil no que concerne a capacidade de autodepuração do Estuário, pois além de receber esgotos “in-natura” dos efluentes domésticos e industriais de Macaíba, apresenta vazões de baixa

magnitude, devido a sua distância da foz estuarina, o que impede a diluição apropriada dos despejos nele lançados.

Foram observadas nos trechos de montante (próximo a cidade de Macaíba) concentrações de OD mínimas de cerca de 4,0 mg/L e máximas de cerca 9,0 mg/L (Cenário 01). Já no Cenário 04 esses valores se aproximam do intervalo de 6,0 a 8,0 mg/L, devido a redução das cargas poluentes. Verifica-se que os valores máximos de OD estão acima da saturação (cerca de 6,5 a 7,0 mg/L para as condições de temperatura, salinidade e pressão atmosféricas locais), o que é causado pela maior floração de algas e de macrófitas nesse trecho (produtoras de oxigênio durante a fotossíntese), devido às condições favoráveis para o desenvolvimento desses organismos (águas menos agitadas e com maior níveis de nutrientes – nitrogênio e fósforo).

A DBO mede indiretamente a matéria orgânica contida na água. A antiga Resolução CONAMA 20/1986 apresentava como padrão de enquadramento para as águas salinas de classe 5 limites de DBO inferiores a 5 mg/L. A resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, passou a especificar valores de carbono orgânico total (como indicador de poluição associada à matéria orgânica) no lugar da DBO, sendo que o padrão para a classe 1 das águas salinas passou a ser de 3 mg/L de COT. O principal efeito indesejado da poluição associada à matéria orgânica é o consumo de oxigênio dissolvido para sua degradação, que pode levar os níveis de OD até valores próximos a zero (anoxia), causando mortandade de espécies aquáticas, dentre outros efeitos negativos. Das simulações de DBO, observa-se que somente nas proximidades da cidade de Macaíba (cenários 01 e 02) os níveis chegam a superar 5 mg/L, mas de modo geral não há problemas graves associados a esse poluente uma vez que os níveis de OD mantiveram-se acima de 4,0 mg/L, valor suportável para a vida da maior parte das espécies aquáticas estuarinas.

A resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, estabelece como padrão para as águas salinas de classe 1 concentrações de amônia inferiores a 0,40 mg/L. As simulações do estuário indicaram boa condição do corpo hídrico no que tange a este parâmetro, uma vez que praticamente não houve violação do padrão de referência estabelecido (com exceção dos valores máximos simulados nos cenários 01 e 02 para as seções de montante).

A resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, estabelece como padrão para as águas salinas de classe 1 concentrações de fósforo inferiores a 0,062 mg/L. As simulações indicaram níveis de fósforo acima do padrão de referência em todos os cenários simulados em quase todo o estuário, havendo uma tendência de melhora no sentido montante-jusante, à medida que há uma aproximação com o oceano. O principal efeito indesejado associado a níveis elevados de fósforo é que isto pode levar a um processo acelerado de eutrofização do estuário do Potengi.

Segundo a Resolução CONAMA Nº357 de 17/03/05, para águas salinas da classe 1 foi estabelecido que para os usos menos exigentes, que não envolvem cultivo de moluscos bivalves ou certos tipos de irrigação, “não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com freqüência bimestral”. Para o uso de recreação de contato primário devem ser observados os requisitos de Resolução CONAMA Nº274, de 2000. Tomando-se como referência o valor de 1.000 NMP/100mL, os níveis de contaminação de coliformes termotolerantes, na situação atual, estão acima do desejado em quase todo o estuário (conforme se observa para os valores médios do Cenário 01). Somente no Cenário 04 é que se chega a uma situação em que praticamente todo o estuário apresenta valor médio inferior à referência, sendo a exceção o trecho próximo ao deságüe da Gamboa Manimbu, que ainda contém esgotos não tratados de bacias da região norte de Natal. Os coliformes termotolerantes são bactérias presentes nas fezes humanas e medem os níveis de poluição fecal existentes na água, sendo ainda indicadores indiretos da contaminação por outros microorganismos patogênicos.

Analisando-se à luz dos cenários, verifica-se que na situação atual (cenário 01) o fósforo e os coliformes termotolerantes são os principais constituintes poluidores das águas estuarinas do Potengi, sendo as cargas de origem domésticas as principais responsáveis por essas emissões.

A implantação isolada de um sistema de esgotamento sanitário das bacias E, F e K causa apenas impactos positivos localizados no estuário (cenário 02), não alterando o quadro geral de poluição do corpo hídrico.

Investimentos abrangentes são necessários para solucionar os problemas de poluição do estuário do Potengi, conforme se observa nos Cenários 03 e 04. Numa

situação de médio prazo, será possível manter os padrões de balneabilidade de praticamente todo o estuário dentro das exigências do CONAMA 357, desde que haja investimentos necessários, como se observa nas simulações de coliformes termotolerantes do Cenário 04, com exceção dos pontos próximos à Gamboa Manimbu, que continuará recebendo esgotos não tratados de bacias da região norte de Natal. Entretanto, isto poderá ser solucionado a longo prazo (horizonte de 15 a 25 anos) com a universalização da rede de esgotamento sanitário da cidade de Natal.

O principal problema identificado foi em relação às concentrações de fósforo. As principais fontes de poluição deste contaminante são os efluentes domésticos e os viveiros de carcinicultura, porém observou-se que mesmo com redução significativa dessas emissões, os níveis de fósforo se mantiveram acima do estabelecido pelo CONAMA 357 em grande parte do estuário. Conforme dito anteriormente, o principal efeito negativo associado a níveis elevados de fósforo é o processo acelerado de eutrofização do estuário, entretanto, para que este processo se desenvolva plenamente, é necessário que haja a presença em abundância na água de outro nutriente, o nitrogênio, que, conforme indicam as simulações, apresentou níveis baixos de concentração. Assim, os teores de nitrogênio passariam a ser o fator limitante do processo de eutrofização do estuário, evitando a floração exagerada de macrófitas e outros efeitos indesejados, mantendo o equilíbrio ambiental e a sustentabilidade do ecossistema, desde que sejam realizados os investimentos necessários.

Recomenda-se ainda, além de ações de investimento em saneamento básico, um programa de monitoramento sistemático da qualidade das águas do estuário do Potengi para acompanhar a evolução dos níveis de fósforo e do nível trófico do corpo hídrico, além das demais fontes de poluição.

Deve-se frisar que as simulações do Estuário na situação atual foram de modo geral condizentes com as campanhas de monitoramento realizadas.

11. ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

A legislação ambiental disciplina o uso racional dos recursos ambientais e a preservação da qualidade ambiental. Um de seus instrumentos, o Decreto nº. 88.351/83, posteriormente revogado pelo decreto nº. 99.274/90, que regulamentou a Lei nº. 6.938/81, vincula a utilização da avaliação de impacto ambiental aos sistemas de licenciamento dos órgãos estaduais de controle ambiental para as atividades poluidoras ou mitigadoras do meio ambiente.

De acordo com a caracterização do empreendimento e do estudo da situação ambiental das áreas de influência, desenvolveu-se a identificação dos impactos ambientais decorrentes das ações de planejamento, implantação e operação do empreendimento.

Os impactos ambientais são definidos pela Resolução do CONAMA nº. 001/86 como “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas no meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem estar da população; às atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais”.

A Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) assegura uma análise sistemática dos impactos ambientais. Tem por objetivo garantir que responsáveis pela tomada de decisão apresentem soluções adequadas à população e ao meio ambiente, gerando medidas de controle e proteção, medidas mitigadoras e compensatórias, conforme o impacto.

11.1. Metodologia

Os métodos ou técnicas de avaliação dos impactos visam identificar, avaliar e sintetizar os efeitos de um determinado projeto ou programa nas áreas de influência ambiental de um determinado empreendimento. Com esse objetivo, no Estudo de Impacto Ambiental realizado em 1996 – 1997, foram descritos os impactos decorrentes da implantação e operação do empreendimento e propostas as medidas mitigadoras e/ou compensatórias correspondentes.

Adotou-se o método matricial como técnica que relaciona ações com fatores ambientais para dar uma visão geral dos impactos e sua caracterização numa Matriz de Impacto Quali-Quantitativa (TOMMASI, 1994).

As interações com o ambiente produzidas pela implantação e operação do empreendimento, geradoras dos impactos ambientais, são chamadas de atividades transformadoras. É importante ressaltar que de uma atividade transformadora podem decorrer vários impactos ambientais com quali-quantificações também distintas.

Em etapa posterior, esses impactos são categorizados e valorados em classes conceituais, não numéricas, de acordo com as diretrizes da Resolução CONAMA 001/86.

A identificação e avaliação dos possíveis impactos nas áreas de influência direta[1] e indireta[2] do empreendimento é produto da análise das interações entre as fases de planejamento, implantação e operação do empreendimento, e os componentes dos meios físico, biótico e antrópico do atual sistema ambiental.

Com o objetivo de identificar as tendências evolutivas, resumem-se a seguir as ações a serem empreendidas em cada fase do projeto em análise, relacionando-as com os fatores ambientais que poderiam ser impactados.

Fase de planejamento

- **Meio físico**: o planejamento adequado de todas as atividades e a análise do EIA-RIMA junto a esta complementação acarretará como benefício a possibilidade de delimitar com antecedência as vulnerabilidades e potencialidades climáticas, hidrológicas, pedológicas, especificamente no que diz respeito a processos de erosão, degradação ou contaminação na bacia de contribuição, nos cursos de água, no ponto de despejo, no escoamento superficial, no traçado da rede.

[1] Área de Influência Direta (AID): a área operacional, que neste caso corresponde ao Estuário do Rio Potengi, bacias E, F, K, Fazenda Carnaubinha e emissário sub-fluvial.

[2] Área de Influência Indireta (AII): a unidade de planejamento e intervenção, que neste caso corresponde aos municípios de Natal, São Gonçalo do Amarante, Macaíba e Extremoz, municípios que concreta ou potencialmente utilizam este corpo de água para diluição dos seus esgotos.

- **Meio biótico**: o meio biótico não deverá ser seriamente afetado, visto que apenas poderão ser lançados, no corpo receptor, efluentes tratados e em acordo com a legislação vigente. Se cumprida a legislação, o lançamento não deverá acarretar danos significativos à flora ou fauna locais. A implantação do Sistema de Esgotamento Sanitário com Estação de Tratamento contribuirá significativamente para estancar o processo de lançamentos indevidos e sem nenhum tratamento no Estuário do Rio Potengi; a falta de infra-estrutura de saneamento básico, esta sim, provoca processos de degradação e contaminação que afetam a flora e fauna existente.
- **Meio antrópico**: o planejamento adequado poderá minimizar os ocasionais prejuízos ou incômodos temporários sobre a população residente nos bairros beneficiados, na vizinhança próxima e no transporte público coletivo. Um planejamento adequado garantirá benefícios de ordem econômica, ambiental e sanitária; e evitará transtornos de origem burocrática, visto que serão conhecidas antes todas as ações e medidas necessárias para mitigar e sempre que possível evitar impactos sobre o meio ambiente. Os impactos negativos que uma intervenção pública deste tipo provoca sobre a opinião pública (transtornos temporários ocasionados por ruas interditadas, por exemplo) poderiam ser mitigados com um planejamento aberto à comunidade através da divulgação e comunicação prévia. As associações comunitárias podem cumprir um papel importante nesta etapa de planejamento. Os efeitos da urbanização crescente deverão ser considerados e receber atenção no momento da execução de planos urbanísticos correlatos. Os estudos de campo incidirão positivamente sobre a opinião pública local. Além disso, com um planejamento adequado, deverão ser evitados problemas relativos às indenizações e desapropriação nas áreas de concreta implantação da ETE e da sua vizinhança. O estudo detalhado do Uso e Ocupação do solo colaborará na decisão de implantação ou não implantação do empreendimento em análise.

Fase de implantação

- **Meio físico**: na fase de implantação, a maioria dos impactos recairá sobre o meio físico. Um canteiro de obra será implantado; deverão ser removidos e reconstituídos trechos de pavimento e passeios; escavações compatíveis com as dimensões da obra serão realizadas; água proveniente de infiltração ou de canalização em mau estado poderá se acumular nas valas, exigindo bombeamento da mesma; a construção de escoramentos poderá tornar-se necessária para evitar desmoronamentos; aterro, reaterro e remoções do material excedente serão realizados; tubos deverão ser assentados, entre outras obras que serão construídas. A infra-estrutura existente poderá ser temporariamente removida ou realocada definitivamente quando necessário. Todas estas ações poderão impactar o meio físico temporariamente, através da emissão de ruídos e poeiras e provocando outras alterações pontuais e mitigáveis. Na área de implantação da ETE, estes impactos atingirão maior importância e exigirão a implementação de medidas específicas.
- **Meio biótico**: na fase de implantação do Sistema, o meio biótico será pouco afetado, pois se tratando de uma área já urbanizada, não será necessária a realização de desmatamentos ou outras alterações que possam impactar indiretamente este meio. Na área específica de implantação da ETE, haverá alterações neste meio, exigindo medidas mitigadoras específicas; na área da travessia sub-fluvial, haverá impactos temporários que exigirão precauções e medidas de segurança e minimização de riscos.
- **Meio antrópico**: a implantação do empreendimento gerará algumas perturbações sobre as comunidades residentes nas comunidades próximas à ETE (Uruaçu, Coqueiros, Pajuçara) e poderá alertar ao carcinicultores com empreendimentos na área de influência. Esta população possui o direito de ser corretamente informada sobre os possíveis impactos e medidas tendentes a evitar ou minimizar problemas ambientais. Todas as ações antes mencionadas na fase de planejamento serão implantadas, ocasionando transtornos temporários sobre as comunidades residentes. Um planejamento adequado e uma implantação realizada no tempo estabelecido em cronograma minimizarão estes transtornos. Um cadastro da rede implantada,

conforme padrão estabelecido pela Prefeitura Municipal, deverá ser confeccionado no intuito de contribuir para com o ordenamento urbano e o conforto ambiental. A este respeito recomenda-se ampla discussão com a população local para que sejam evitadas conexões inadequadas, clandestinas ou não previstas pelo projeto. Outros impactos também poderão ser registrados: a instalação dos canteiros de obra poderá incrementar temporariamente a contratação de mão de obra local; a mobilização de contingente de trabalhadores poderia exigir um maior controle sanitário; e o início das obras aumenta o risco de acidentes envolvendo a população local.

Fase de operação

- **Meio físico**: nesta fase, impactos poderão ocorrer na área onde será implantada a estação de tratamento e no ponto de despejo do efluente tratado, sendo necessário um esquema permanente de monitoramento para evitar degradação ou erosões pontuais nos pontos mais críticos das obras implantadas.
- **Meio biótico**: nesta fase, um esquema de monitoramento dos despejos deverá ser implantado para evitar contaminação, contribuindo indiretamente para a diminuição dos conflitos relativos ao uso e ocupação do estuário.
- **Meio antrópico**: nesta fase, o meio antrópico será amplamente e positivamente impactado pela melhoria das condições de saneamento. O monitoramento sistemático do Sistema, da ETE e fundamentalmente do ponto de lançamento contribuirá para com a manutenção e correto funcionamento da infra-estrutura implantada. A recuperação da rede ou da ETE, quando necessárias, garantirão o bom funcionamento do sistema.

Neste sentido, a implantação de um sistema de esgotamento com estação de tratamento adequada, realizada com controle e/ou mitigação dos danos provocados sobre o meio ambiente, só vai ao encontro e à consolidação do conceito de “desenvolvimento sustentável”, que nada mais é que o produto de uma abordagem sistêmica dos impactos (positivos e negativos; diretos e indiretos; temporários e permanentes; reversíveis e irreversíveis) sobre os meios físico, biótico e antrópico, nas suas diferentes escalas (local, regional e global).

Nesta visão sistêmica, o embasamento paisagístico, a fauna e a flora, os elementos geográficos, climáticos e hidrológicos interagem dinamicamente com o funcionamento sócio-econômico, cultural e imaginário da região. Pode-se afirmar que nestas abordagens, a organização do conjunto não representa a simples somatória das partes que o constituem.

O conceito de sinergia recria-se, assim, no paradigma da “complexidade ambiental”, não se detendo no projeto de interdisciplinaridade que propõe a articulação dos conhecimentos científicos estabelecidos, mas indo além, isto é, possibilitando a emergência de novos saberes que contribuem na caracterização de um sistema ambiental. Tal caracterização não pode dar-se às margens das intervenções e decisões dos órgãos estatais competentes e das instituições representativas da sociedade civil atuantes na área de influência do empreendimento.

A análise das relações dinâmicas entre as componentes ambientais e as ações especificamente planejadas para a implantação da ETE poderá fornecer uma identificação mais segura e apropriada dos possíveis impactos ambientais, possibilitando o aprofundamento dos impactos positivos e a mitigação dos impactos adversos através da gestão ambiental participativa.

A identificação e caracterização de impactos serão, assim realizadas através de listas de controle e matrizes. Estes métodos simples e eficientes de identificação, caracterização e valoração dos impactos permitem descrever os meios afetados nas suas interações com as diferentes componentes e fases do empreendimento. Acredita-se que com essa metodologia é possível incluir todos os fatores ambientais pertinentes e relevantes para avaliar as possibilidades e as condicionantes do licenciamento ambiental.

Outro fato importante a ser destacado é que o uso desse tipo de metodologia proporciona uma síntese da informação coletada e da valoração de alternativas sobre uma base comum. Para tanto, é utilizado como principal método de identificação de impactos o método de Matriz Interativa desenvolvido por Leopold et al. (1971), devidamente adaptado às situações encontradas em campo.

A descrição do entorno a ser afetado, através da utilização de índices e indicadores relevantes, em interação com a descrição pormenorizada das

componentes e fases do empreendimento, permite fazer um prognóstico da futura qualidade ambiental da área sujeita a análise, com e sem a aplicação de medidas de mitigação e compensação ambiental.

11.2 Identificação e avaliação dos possíveis impactos sócio-ambientais

Os possíveis impactos sócio–ambientais analisados neste estudo relacionam-se à logística da implantação da ETE na Fazenda Carnaubinha, à construção das obras complementares (travessia sub fluvial) e à operação do sistema. A saber:

- O planejamento da implantação da ETE, do canteiro de obras, das obras necessárias à travessia sub fluvial, da operação do sistema com ponto de lançamento de efluentes tratados no Estuário do Potengi;
- A implantação do empreendimento (implantação do sistema, construção da ETE, execução da travessia sub-fluvial e obras necessárias à efetivação do lançamento de efluentes tratados);
- As medidas mitigadoras necessárias à saúde, segurança e conforto da população; à minimização dos impactos sobre o meio físico; a prevenção e monitoramento de impactos sobre o meio biótico;
- A manutenção do empreendimento, a verificação e o monitoramento dos impactos provocados durante a implantação e durante a operação da ETE, sobre os meios físico, biótico e antrópico;

No processo de assentamento dos agrupamentos populacionais, o sistema de esgotamento sanitário se sobressai como um dos mais sensíveis problemas ainda com escasso grau de solução no Nordeste como um todo, tanto em razão dos seus custos quanto em razão da interferência com os demais sistemas de infra-estrutura.

Além das questões estritamente ambientais, questões relativas à saúde, segurança e conforto da população também deverão ser consideradas na avaliação dos impactos gerados pela implantação e operação do sistema em estudo.

A implantação e operação do sistema em estudo, embora sendo uma obra de extrema importância para a população residente nos bairros contemplados e no município como um todo, pode provocar transtornos ou impactos ambientais que devem ser corretamente identificados e avaliados para que sejam possíveis as ações

de prevenção, de controle e de mitigação exigidas por lei, e esperadas pela sociedade. Dentre tais ações se destacam: a prevenção de situações evitáveis, a mitigação dos impactos negativos, a adoção de medidas de controle e a multiplicação dos impactos positivos.

No EIA/RIMA foram comentados os principais impactos negativos nas fases de planejamento, implantação e operação, bem com são destacadas as conseqüências benéficas deste empreendimento. Tal procedimento de avaliação de impactos é feito através da elaboração e posterior análise da Matriz de Impactos. A avaliação dos impactos, através da utilização desta matriz de interação que associa as diversas ações do empreendimento aos impactos que estas podem causar ao meio físico, biótico e antrópico, tem como principal objetivo a sua quantificação, para a proposição de medidas mitigadoras e programas de acompanhamento e controle.

Antes de abordar os principais impactos da implantação da ETE e das obras anexas, destaca-se que neste estudo de complementação, a conceituação dos atributos utilizados na identificação e avaliação dos mesmos leva em consideração: o caráter, a magnitude, a importância e a duração. A saber:

- O caráter de um determinado atributo expressa a alteração provocada pela intervenção sobre um ou vários componentes do meio ambiente, sendo benéfico quando o efeito gerado for positivo ou adverso quando este for negativo.
- A magnitude refere-se à extensão do impacto. Ela é considerada grande quando a intervenção leva a uma descaracterização de um ou vários componentes ambientais; média quando mesmo que expressiva não altera a caracterização do ambiente; e pequena quando o seu valor for considerado inexpressivo ou não altere o fator ambiental considerado.
- A importância de um atributo estabelece a significância de um impacto quando comparado com outros. Ela pode ser não significativa, moderada ou significativa, sendo que neste último caso, a intensidade do impacto acarreta como resposta social a perda de qualidade de vida.
- Por último, a duração do impacto também deve ser avaliada. Quando a sua duração é curta, os seus efeitos podem ser neutralizados, sendo considerada

longa quando sua permanência se registra num longo período de tempo. São considerados permanentes os impactos irreversíveis.

Para a implantação do empreendimento, será necessário desmatar a área de operação da ETE dentro da Fazenda Carnaubinha, área que já se encontra parcialmente antropizada, porém não haverá danos significativos na fauna e flora local. Já no ponto de lançamento, mesmo respeitando as resoluções CONAMA pertinentes, deverá ser estabelecido um Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas como instrumento para impedir o conflito de uso e ocupação do estuário e não degradar a qualidade atual das águas.

Os movimentos de terra para implantação efetiva da ETE resultarão em alterações na topografia, podendo promover a erosão do solo em casos pontuais, caso as medidas necessárias não sejam oportunamente tomadas.

A implantação necessária de um canteiro de obras, com os seus alojamentos, escritórios e instalações sanitárias, resultarão na terraplenagem da área onde será implantado e na implantação de edificações temporárias e permanentes. Esta área sofrerá, portanto, alterações físicas como conseqüência das alterações no terreno e das construções.

O alteamento da área da ETE para implantação das Lagoas de Tratamento em cota acima da zona de risco de inundação (cota acima de 5 metros) não causará obstrução do escoamento regional da cheia e evitará problemas de alagamento do terreno.

A execução das obras civis, anexas à ETE (travessia sub-fluvial, emissário de efluentes tratados e outras obras) poderá causar alguns transtornos nas áreas urbanizadas localizadas no município de Natal e nas comunidades próximas à Fazenda Carnaubinha (circulação de veículos e equipamentos, emissão de ruídos e poeiras, e interdição temporária de ruas).

O volume das obras, como resultado do porte do empreendimento, não modificará substancialmente o terreno natural. Poderão ser utilizados equipamentos ou estruturas de grande peso, devendo ser considerado os impactos que estas maquinarias possam causar nas margens do rio e nas vias de acesso ao local do empreendimento.

A operação do empreendimento causará impactos benéficos sobre os bairros saneados e pequenas alterações no Estuário do Potengi. Na fase de operação, fica eliminado o lançamento de efluente não tratado no rio, evitando a contaminação da flora e fauna estuarina e da população ribeirinha.

Mesmo considerando a importância do empreendimento, todas as medidas necessárias deverão ser tomadas para minimizar os riscos gerados pela implantação e operação do sistema de esgotamento sanitário e as suas obras anexas e todas as medidas de controle deverão ser adotadas para que a operação seja realizada minimizando os impactos ao meio ambiente.

Entre os impactos benéficos do empreendimento, podem ser destacados:

- Favorecer a consolidação e a urbanização de três populosos bairros do município de Natal e consolidar a integração com o Município de São Gonçalo do Amarante, promovendo o ordenamento urbano metropolitano;
- Sob o ponto de vista sanitário, a implantação da ETE contribuirá para diminuir os lançamentos inadequados no Estuário do Potengi e requalificará uma área com tendência à industrialização, além de melhorar as condições ambientais dos cursos d'água e de contribuir para a diminuição de doenças relacionadas à ausência de saneamento básico.

Neste sentido, a implantação do empreendimento vai de encontro às recentes mudanças introduzidas pelo novo modelo institucional do setor de saneamento e a tendência irreversível para a universalização do acesso e utilização. O desenvolvimento local e regional, em função do ordenamento territorial e a qualificação urbana dos bairros beneficiados, é o mais importante impacto positivo a ser destacado.

A identificação e a avaliação dos impactos ambientais do empreendimento foram feitas utilizando-se o método da Matriz de Interação. A referida matriz permite associar as ações do empreendimento, constantes do eixo das ordenadas Y – linhas (Tabela 11.1), às diversas características do meio ambiente, relacionadas no eixo das abscissas X - colunas (Tabela 11.2). A Matriz de Impactos é apresentada na Figura 11.1.

Nas quadrículas de interseção dos dois eixos são identificados os impactos das ações propostas sobre as características do meio físico, biótico ou antrópico. Os mesmos são avaliados quanto a:

- Caráter: positivo (+) / negativo (-);
- Magnitude ou intensidade: pequena (P) / média (M) / grande (G);
- Importância: não significativa (1) / moderada (2) / significativa (3);
- Duração: curta (4) / média (5) / longa (6) / permanente (7).

Nas células matriciais onde são identificados impactos, os atributos são indicados da seguinte forma:

Tipo	**Importância**
Intensidade	**Duração**

Por exemplo, a quadrícula onde for identificado um impacto que seja considerado como positivo, de média intensidade, de importância significativa e permanente, terá a seguinte representação:

+	**3**
M	**7**

Tabela 11.1. Ações do empreendimento (Eixo Y da Matriz de Impactos)

Fase	Linha	Ações do empreendimento associadas à impactos ambientais
Planejamento	Y1	Verificação do projeto
	Y2	Identificação de interferências de obras associadas / decorrentes
	Y3	Avaliação da legislação incidente sobre o empreendimento
	Y4	Obtenção da LP
	Y5	Comunicação à administração pública com projetos / obras co-localizadas
	Y6	Comunicação do cronograma de atividades
Execução	Y7	Implantação do canteiro de obras
	Y8	Terraplenagem mecanizada
	Y9	Escavações
	Y10	Aterro e re-aterro
	Y11	Escoramentos, ensecadeira e esgotamentos
	Y12	Retirada e reposição de pavimentos
	Y13	Assentamentos de tubulação para emissários de gravidade e recalque
	Y14	Implantação de estações elevatórias
	Y15	Implantação de lagoas de estabilização / maturação
	Y16	Implantação de emissário sub-fluvial
Operação	Y17	Ensaios e colocação em carga
	Y18	Manobras de operação e manutenção do sistema
	Y19	Deposição das águas no corpo receptor
Medidas mitigadoras e programas ambientais	Y20	Monitoramento da qualidade das águas e dos recursos hídricos
	Y21	Redução de interferências e transtornos à vizinhança
	Y22	Controle de vazamentos e/ou ligações poluentes clandestinas
	Y23	Controle periódico das tubulações implantadas
	Y24	Adoção de medidas de segurança do trabalho
	Y25	Plano de educação ambiental
	Y26	Implantação de plano de segurança e administração da E.T.E
	Y27	Controle da erosão, recuperação paisagística e cumprimento da legislação relativa à proteção do manguezal

Tabela 11.2. Características – Meio físico, biótico e antrópico

Meio		Coluna	Características
Físico	Solo	X1	Características
		X2	Erosão
		X3	Topografia
		X4	Permeabilidade
	Águas superficiais	X5	Drenagem
		X6	Qualidade
	Águas subterrâneas	X7	Recarga
		X8	Qualidade
	Ar	X9	Qualidade
		X10	Poeira
		X11	Ruído
Biótico		X12	Flora
		X13	Fauna terrestre / aquática
		X14	Fauna alada
Antrópico		X15	Uso / ocupação do solo
		X16	Emprego / renda
		X17	Habitação
		X18	Educação
		X19	Saúde
		X20	Saneamento
		X21	Energia
		X22	Comércio
		X23	Indústria
		X24	Tecnologia
		X25	Formação de mão-de-obra
		X26	Segurança do trabalho
		X27	Organização social
		X28	Desenvolvimento local
		X29	Desenvolvimento regional

CARACTERÍSTICAS DO MEIO / AÇÕES DO EMPREENDIMENTO		MEIO FÍSICO												MEIO BIÓTICO			MEIO ANTRÓPICO																QUANTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS											
		Solo				Água superficial		Água subterrânea		Ar																								TIPO		INTENSIDADE			IMPORTÂNCIA			DURAÇÃO			
		Características	Erosão	Topografia	Permeabilidade	Drenagem	Qualidade	Recarga	Qualidade	Qualidade	Poeira	Ruído	Flora	Fauna terrestre / aquática	Fauna alada	Uso / ocupação do solo	Emprego / renda	Habitação	Educação	Saúde	Saneamento	Energia	Comércio	Indústria	Tecnologia	Formação de mão-de-obra	Segurança do trabalho	Organização social	Desenvolvimento local	Desenvolvimento regional	POSITIVO (+)	NEGATIVO (-)	GRANDE (G)	MÉDIA (M)	PEQUENA (P)	POUCO SIGNIFICATIVA (1)	MODERADA (2)	SIGNIFICATIVA (3)	CURTA (4)	MÉDIA (5)	LONGA (6)	PERMANENTE (7)
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X27	X28	X29															
Planejamento	Verificação do projeto	Y1														+ 1 / P 7															1	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	1
	Identificação de interferências de obras associadas /decorrentes	Y2														+ 2 / P 7		+ 2 / P 7													2	-	-	-	2	-	2	-	-	-	-	2
	Avaliação da legislação incidente sobre o empreendimento	Y3																											+ 1 / P 7	+ 1 / P 7	2	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	2
	Obtenção da LP	Y4														+ 1 / P 5		+ 1 / P 5													2	-	-	-	2	2	-	-	-	2	-	-
	Comunicação à administração pública com projetos / obras co-localizadas	Y5																+ 1 / P 4					+ 1 / P 4					+ 1 / P 4			3	-	-	-	3	3	-	-	3	-	-	-
	Comunicação do cronograma de atividades	Y6														+ 1 / P 4			+ 1 / P 4		+ 1 / P 4										3	-	-	-	3	3	-	-	3	-	-	-
Execução	Implantação do canteiro de obras	Y7									- 1 / P 4	- 1 / P 4	- 1 / P 4	- 1 / P 4	- 1 / P 4		+ 1 / P 4			- 1 / P 4	+ 1 / P 4	- 1 / P 4				+ 1 / P 4	+ 1 / P 4					4	7	-	-	11	11	-	-	11	-	-	-
	Terraplenagem mecanizada	Y8			- 1 / P 7						- 1 / P 4	- 1 / P 4																			-	3	-	-	3	3	-	-	2	-	-	1
	Escavações	Y9				- 1 / P 4	- 1 / P 4				- 1 / P 4						+ 1 / P 4			- 1 / P 4								- 1 / P 4			1	5	-	-	6	6	-	-	6	-	-	-
	Aterro e re-aterro	Y10									- 1 / P 4						+ 1 / P 4														1	1	-	-	2	2	-	-	2	-	-	-
	Escoramentos, ensecadeira e esgotamentos	Y11																									+ 1 / P 4				1	-	-	-	1	1	-	-	1	-	-	-
	Retirada e reposição de pavimentos	Y12				- 1 / P 4	- 1 / P 4		- 1 / P 4	- 1 / P 4	- 1 / P 4						+ 1 / P 4	- 1 / P 4					- 1 / P 4								1	7	-	-	8	8	-	-	8	-	-	-
	Assentamentos de tubulação para emissários de gravidade e recalque	Y13															+ 1 / P 4			- 1 / P 4							- 1 / P 4				1	2	-	-	3	3	-	-	3	-	-	-
	Implantação de estações elevatórias	Y14																				- 1 / P 7							+ 2 / M 7		1	1	-	1	1	1	1	-	-	-	-	2
	Implantação de lagoas de estabilização/ maturação	Y15						+ 3 / G 7					- 1 / P 4	- 1 / P 4	- 1 / P 4																1	3	1	-	3	3	-	1	3	-	-	1
	Implantação de emissário sub-fluvial	Y16						+ 3 / G 7					- 1 / P 4	- 1 / P 4																	1	2	1	-	2	2	-	1	2	-	-	1
Operação	Ensaios e colocação em carga	Y17						+ 3 / G 5												+ 3 / G 5											2	-	2	-	-	-	-	2	-	2	-	-
	Manobras de operação e manutenção do sistema	Y18						+ 3 / G 7								+ 2 / M 7		+ 2 / M 7		+ 3 / G 7	+ 3 / G 7		+ 2 / M 7						+ 3 / G 7	7	-	4	3	-	-	3	4	-	-	-	7
	Deposição das águas no corpo receptor	Y19		- 1 / P 7	- 1 / P 7			- 2 / M 7																							-	3	-	1	2	2	1	-	-	-	-	3
Medidas mitigadoras e programas ambientais	Monitoramento da qualidade das águas e dos recursos hídricos	Y20						+ 3 / M 7												+ 3 / M 7	+ 3 / M 7										3	-	-	3	-	-	-	3	-	-	-	3
	Redução de interferências e transtornos à vizinhança	Y21														+ 3 / M 5					+ 3 / M 5	+ 3 / M 5									3	-	-	3	-	-	-	3	-	3	-	-
	Controle de vazamentos e/ou ligações poluentes clandestinas	Y22						+ 3 / G 7		+ 3 / G 7										+ 3 / G 7	+ 3 / G 7										4	-	4	-	-	-	-	4	-	-	-	4
	Controle periódico das tubulações implantadas	Y23																			+ 3 / G 7										1	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	1
	Adoção de medidas de segurança do trabalho	Y24																		+ 3 / M 5							+ 3 / M 5			2	-	-	2	-	-	-	2	-	2	-	-
	Plano de educação ambiental	Y25	+ 3 / M 7					+ 3 / M 7		+ 3 / M 7		+ 3 / M 7							+ 3 / G 7									+ 3 / M 7			6	-	1	5	-	-	-	6	-	-	-	6
	Implantação de plano de segurança e administração da E.T.E	Y26						+ 3 / G 7												+ 3 / G 7	+ 3 / G 7						+ 3 / M 7				4	-	3	1	-	-	-	4	-	-	-	4
	Controle da erosão, recuperação paisagística e cumprimento da legislação relativa à proteção do manguezal	Y27		+ 3 / M 7		+ 3 / M 7										+ 3 / M 7															3	-	-	3	-	-	-	3	-	-	-	3
SOMA DOS IMPACTOS																															60	34	17	22	55	53	7	34	44	9	0	41
PERCENTAGEM DOS IMPACTOS (%)																															63,8	36,2	18,1	23,4	58,5	56,4	7,4	36,2	46,8	9,6	0,0	43,6

LEGENDA ALFA-NUMÉRICA DA MATRIZ

Tipo	Importância
(+) = Positivo	(1) = Pouco significativa
(-) = Negativo	(2) = Moderada
	(3) = Significativa
Intensidade	**Duração**
(G) = Grande	(4) = Curta
(M) = Média	(5) = Média
(P) = Pequena	(6) = Longa
	(7) = Permanente

CÓDIGO DE CORES DA MATRIZ

- Impacto positivo de grande intensidade
- Impacto positivo de média intensidade
- Impacto positivo de pequena intensidade
- Impacto negativo de grande intensidade
- Impacto negativo de média intensidade
- Impacto negativo de pequena intensidade

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE - CAERN

COMPLEMENTAÇÃO DO ESTUDO AMBIENTAL PARA IMPLANTAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DOS ESGOTOS DAS BACIAS E, F, K

CONTEÚDO: Figura 11.1 Matriz de impactos

DATA: OUTUBRO/2007

ECOLOGIA

Na matriz, foram identificados 94 impactos, sendo que 60 foram classificados como positivos, representando 64% do total, e 34 como negativos, significando 36% do total. A Tabela 11.3 apresenta um balanço, em termos percentuais, dos impactos positivos do empreendimento, enquanto que a Tabela 11.4 contém balanço semelhante referente aos impactos negativos.

Constata-se que dos 60 impactos considerados positivos, 22 são de intensidade pequena, 21 de intensidade média e 17 de intensidade grande. Dos 17 impactos de grande intensidade, todos são significativos e 15 são de duração permanente.

Já entre os impactos negativos (34 impactos), houve 33 de intensidade pequena e de pouca importância, sendo que destes foram 29 de curta duração e 4 de duração permanente. Foi ainda identificado 01 impacto de intensidade média, importância moderada e duração permanente.

A descrição dos impactos é feita na Tabela 11.3 para todas as quadrículas matriciais onde estes foram identificados, fazendo-se uma correlação entre as ações do empreendimento (Tabela 11.1) e as características do meio físico, biótico e antrópico (Tabela 11.2).

Tabela 11.3. Balanço dos impactos positivos

Tipo	Intensidade	Importância	Duração	Impactos
Positivo (60 impactos)	Pequena (22 impactos)	Pouca (20 impactos)	Curta	15
			Média	2
			Longa	-
			Permanente	3
		Moderada (2 impactos)	Curta	-
			Média	-
			Longa	-
			Permanente	2
		Significativa (0 impactos)	Curta	-
			Média	-
			Longa	-
			Permanente	-
	Média (21 impactos)	Pouca (0 impactos)	Curta	-
			Média	-
			Longa	-
			Permanente	-
		Moderada (4 impactos)	Curta	-
			Média	-
			Longa	-
			Permanente	4
		Significativa (17 impactos)	Curta	-
			Média	5
			Longa	-
			Permanente	12
	Grande (17 impactos)	Pouca (0 impactos)	Curta	-
			Média	-
			Longa	-
			Permanente	-
		Moderada (0 impactos)	Curta	-
			Média	-
			Longa	-
			Permanente	-
		Significativa (17 impactos)	Curta	-
			Média	2
			Longa	-
			Permanente	15

Tabela 11.4. Balanço dos impactos negativos

Tipo	Intensidade	Importância	Duração	Impactos
Negativo (30 impactos)	Pequena (33 impactos)	Pouca (33 impactos)	Curta	29
			Média	-
			Longa	-
			Permanente	4
		Moderada (0 impactos)	Curta	-
			Média	-
			Longa	-
			Permanente	-
		Significativa (0 impactos)	Curta	-
			Média	-
			Longa	-
			Permanente	-
	Média (1 impactos)	Pouca (0 impactos)	Curta	-
			Média	-
			Longa	-
			Permanente	-
		Moderada (1 impactos)	Curta	-
			Média	-
			Longa	-
			Permanente	1
		Significativa (0 impactos)	Curta	-
			Média	-
			Longa	-
			Permanente	-
	Grande (0 impactos)	Pouca (0 impactos)	Curta	-
			Média	-
			Longa	-
			Permanente	-
		Moderada (0 impactos)	Curta	-
			Média	-
			Longa	-
			Permanente	-
		Significativa (0 impactos)	Curta	-
			Média	-
			Longa	-
			Permanente	-

Tabela 11.5. Descrição dos possíveis impactos ambientais

Ação do empreendimento x característica do meio	Quadrícula		Descrição dos impactos
Verificação do Projeto x Uso e Ocupação do Solo	Y1	X15	A verificação do projeto terá impactos positivos no uso e ocupação do solo; as áreas próximas à Fazenda Carnaubinha poderão ter alterações no uso e ocupação do solo (fundamentalmente, nas criações de camarão em viveiros localizados no estuário do Rio Potengi). Apenas a área de influência direta deverá ser desapropriada para a futura implantação da ETE. Os bairros beneficiados pela ampliação da rede de esgotamento, melhorando sua situação sanitária, serão valorizados como bairros residenciais ou comerciais, e contribuíram para a diminuição da poluição provocada pelo lançamento de esgoto irregular no rio. Os municípios de Natal e São Gonçalo do Amarante fortalecerão as suas relações institucionais, no âmbito da institucionalização da RMN. A configuração regional da área metropolitana de Natal poderá ser consolidada, sendo Natal o pólo e o limite entre este município e São Gonçalo uma mancha urbana contínua, só interrompida pelas áreas de preservação ambiental ou grandes terrenos do patrimônio da União.
Identificação de interferências x uso e ocupação do solo x habitação	Y2	X15 X17	A identificação prévia de interferências garantirá a implantação sem o comprometimento da infra-estrutura existente, criando condições adequadas de ocupação do solo e habitação. Quando se trata de obras executadas sobre a via pública todas as precauções deverão ser tomadas para reduzir as interferências e toda a sinalização das mesmas deverá respeitar as resoluções do conselho Nacional de Trânsito.
Avaliação da legislação x desenvolvimento local x desenvolvimento regional	Y3	X28 X29	O atendimento à legislação vigente garantirá a criação de bases para o desenvolvimento local e, em menor escala, regional. Utilização das Leis de Compensação Ambiental, Outorgas Onerosas e delimitação por Áreas Especiais poderão ser orientados pelo órgão ambiental competente. As legislações municipais, estaduais e federais incidentes sobre o projeto deverão ser respeitadas.
Obtenção da LP x uso e ocupação x habitação	Y4	X15 X17	A autorização prévia da prefeitura e do IDEMA evitará paralisações da obra, o que resultaria em transtornos mais demorados para a população residente na área e demais atividades.
Comunicação à administração com projetos / obras co-localizadas x habitação x comércio x organização social	Y5	X17 X22 X27	A comunicação prévia possibilitará a organização da administração de forma a planejar suas atividades e acesso à região durante a execução da obra. O empreendedor (CAERN) deverá estabelecer um esquema simples e ágil de comunicação social, a fim de informar sobre o andamento dos serviços à comunidade em geral e aos demais órgãos governamentais com obras ou projetos co-localizados.

Tabela 11.5. Descrição dos possíveis impactos ambientais (Continuação)

Ação do empreendimento x característica do meio	Quadrícula		Descrição dos impactos
Divulgação de cronograma x uso e ocupação do solo x saneamento X educação	Y6	X15 X20 X 18	A divulgação do cronograma permitirá uma programação adequada quanto à implantação de atividades na área beneficiada e evitará a ocorrência de situações não previstas. A divulgação do cronograma de implantação poderá ser organizada em conjunto com a divulgação de outras ações, inclusive conjuntamente a outros programas de saneamento e distribuição de água. Podendo desenvolver programas de educação cidadã e respeito pel0s recursos naturais
Implantação do canteiro x emprego e renda x formação de mão-de-obra	Y7	X25	A implantação do canteiro resultará em possibilidades de emprego e renda para a população local. Também haverá formação de mão-de-obra nas atividades desenvolvidas, como levantamentos topográficos, cadastramento e planejamento de obras co-localizadas nas imediações da ETE.
Implantação do canteiro de obras x poeira x ruído X fauna X flora	Y7	X10 X11 X12 X13 X14	A construção do canteiro gerará poeira devido a possíveis movimentos de terra e ruídos ocasionados por máquinas. A implantação do canteiro poderá provocar perturbações temporárias na fauna e pequenas alterações na flora (devendo ser estabelecidas as condições iniciais após a desmobilização) Poeira e ruídos serão gerados.
Implantação do canteiro de obras x emprego e renda	Y7	X16	A construção do canteiro de obras resultará na geração de empregos, ainda que temporários.
Implantação do canteiro de obras x saúde	Y7	X19	A aglomeração de pessoas em um ambiente restrito facilitará a disseminação de doenças, devendo ser implementadas medidas de praxe relativas à primeiros socorros no canteiro e comunicação aos serviços de saúde próximos ao local do empreendimento.
Implantação do canteiro de obras x saneamento X energia X tecnologia	Y7	X20 X21 X24	Adequadas instalações hidráulicas e sanitárias no canteiro de obras significarão melhorias nas condições de saneamento dos trabalhadores, sendo o destino final do esgoto a rede coletora existente. Tecnologias adequadas poderão ser implantadas nos locais não urbanizados (uso de banheiros químicos). Antes da implantação do canteiro procedimentos legais para utilização de energia elétrica deverão ser realizados junto ao órgão competente (COSERN).
Terraplenagem mecanizado x topografia x poeira x ruídos	Y8	X3 X10 X11	O terraplenagem poderá gerar poeiras e ruídos durante a fase de execução. A topografia local será levemente alterada
Escavações x poeira X drenagem X permeabilidade	Y9	X10 X4 X5	A escavação de valas para assentamento de tubos gerará poeiras, ainda que localmente. Especiais cuidados deverão ser observados para não alterar os sistemas de drenagem e permeabilidade (taxas de infiltração).

Tabela 11.5. Descrição dos possíveis impactos ambientais (Continuação)

Ação do empreendimento x característica do meio	Quadrícula		Descrição dos impactos
Escavações x emprego e renda	Y9	X16	Deverá ser empregada mão-de-obra local nos serviços de escavação de valas.
Escavações x saúde x segurança do trabalho	Y9	X19 X26	Durante a execução de escavações deverão ser adotadas medidas tais como sinalização adequada para evitar acidentes com moradores e operários.
Aterro, reaterro e remoção de material x poeira	Y10	X10	Os movimentos de terra nas valas gerarão poeira, ainda que de pequena intensidade.
Aterro, reaterro e remoção de material x emprego e renda	Y10	X16	O aterro de tubos nas valas escavadas deverá empregar mão-de-obra local, incrementando a renda da população.
Escoramentos x segurança do trabalho	Y11	X26	A utilização de escoras nas valas escavadas evitará a queda de barreiras, garantindo a integridade física dos operários.
Remoção e reconstituição de pavimentos x permeabilidade do solo x drenagem de águas superficiais x recarga de águas subterrâneas	Y12	X4 X5 X7 X8	A modificação dos pavimentos existentes não modificará significativamente a permeabilidade do solo, alterando apenas as condições de drenagem de águas superficiais, sem afetar a recarga de aqüíferos.
Remoção e reconstituição de pavimento x poeira	Y12	X10	A remoção de pavimentos existentes pode provocar a geração de poeiras localmente.
Remoção e reconstituição de pavimento x emprego e renda	Y12	X16	A remoção seguida da reconstituição de pavimentos deverá empregar mão-de-obra local.
Remoção e reconstituição de pavimento x habitação x comércio	Y12	X17 X22	A remoção temporária da pavimentação causará transtornos à população local e às atividades comerciais.
Assentamento dos tubos para emissários de gravidade/ recalque x emprego e renda	Y13	X16	A utilização de mão-de-obra local no assentamento da tubulação gerará emprego e renda.
Assentamento dos tubos para emissários de gravidade/ recalque x saúde x segurança do trabalho	Y13	X19 X26	Na fase de assentamento dos tubos deverão ser adotadas medidas tais como sinalização adequada para evitar acidentes com moradores e operários.
Implantação de estações elevatórias X energia X desenvolvimento local	Y14	X21 X28	A quantidade de estações e as localizações geográficas de cada uma delas definirão o consumo de energia, podendo ser dimensionadas para minimizar estes custos. As EE bem dimensionadas e corretamente localizadas (em cotas apropriadas) favorecerão o crescimento urbano nos bairros beneficiados e melhorarão o atendimento à população que reside em cotas mais baixas
Implantação de lagoas de estabilização / maturação X qualidades das águas superficiais	Y15	X6	A implantação de lagoas de maturação / estabilização minimizará as alterações produzidas na qualidade das águas do corpo receptor.

Tabela 11.5. Descrição dos possíveis impactos ambientais (Continuação)

Ação do empreendimento x característica do meio	Quadrícula		Descrição dos impactos
Implantação de lagoas de estabilização / maturação X flora x fauna terrestre/aquática x fauna alada	Y15	X12 X13 X14	A implantação de lagoas de maturação / estabilização impactará negativa na fauna e flora local.
Implantação / operação de emissário sub-fluvial X qualidade das águas X flora (mata ciliar) x fauna terrestre/aquática	Y16	X6 X12 X13	A implantação do emissário não deverá alterar a qualidade das águas superficiais; esquema rígido de monitoramento durante a operação do mesmo deverá evitar qualquer vazamento de esgoto sem tratamento. A implantação do emissário poderá acarretar alterações pontuais na mata ciliar, sem, porém afetar a função das matas ciliares, devendo apenas evitar a formação de pontos de erosão nas margens. A fauna também será negativamente impactada.
Ensaios e colocação em carga x qualidade das águas x saúde	Y17	X6 X19	A fase inicial da operação da ETE se dá por meio dos ensaios e colocação em carga, etapa importante para avaliar se o sistema está em perfeito funcionamento. O funcionamento correto e otimizado do sistema desde o início das operações gera, de forma mais rápida e abrangente, impactos positivos na qualidade das águas e na saúde da população.
Manobras de operação e manutenção do sistema x qualidade das águas	Y18	X6	As manobras de operação e a manutenção do sistema são tarefas indispensáveis no processo operacional da ETE, aumentando a vida útil do sistema e garantindo o seu funcionamento íntegro, fato que reflete em melhoras da qualidade das águas estuarinas.
Manobras de operação e manutenção x habitação x saúde x saneamento	Y18	X15 X17 X19 X20	A implantação da ETE gerará melhoria nas condições de saneamento, proporcionando a melhor ocupação do solo por diversas atividades e evitando a propagação de doenças.
Manobras de operação e manutenção x comércio x desenvolvimento local	Y18	X22 X28	A operação do sistema proporcionará novas condições de habitabilidade, gerando desenvolvimento local e ampliação do comércio.
Deposição de águas no corpo receptor x erosão x topografia	Y19	X2 X3	O despejo dos esgotos tratados no corpo receptor é um potencial causador de processos erosivos, que podem até gerar alterações da topografia local. Todavia, a implantação de medidas mitigadora específica para combater esse problema anulará os efeitos negativos sobre o meio ambiente relativos a esse fenômeno.
Deposição de águas no corpo receptor x qualidade de águas superficiais	Y19	X6	O despejo dos efluentes tratados no corpo receptor é uma parte essencial da operação do sistema, sendo uma solução para evitar o lançamento de esgotos “in-natura” no estuário. Embora cause um impacto negativo na qualidade das águas, deve ser encarado como um pequeno ônus associado à solução para um problema mais grave. Ressalta-se que os efeitos positivos relativos às demais ações na fase de operação do sistema proporcionam um balanço final positivo dos impactos ambientais.

Tabela 11.5. Descrição dos possíveis impactos ambientais (Continuação)

Ação do empreendimento x característica do meio	Quadrícula		Descrição dos impactos
Monitoramento da qualidade das águas x qualidade das águas x saúde x saneamento	Y20	X6 X19 X20	O monitoramento da qualidade das águas é um instrumento essencial para avaliar a eficiência da ETE e do sistema de esgotamento sanitário de Natal como um todo, gerando impactos positivos estuário, no saneamento da cidade e na saúde de sua população
Redução de interferências e transtornos x uso e ocupação do solo x saneamento x energia	Y21	X15 X20 X21	A redução de interferências garantirá a integridade dos sistemas de distribuição d'água e de energia elétrica. Assim, a ocupação da área não sofrerá impactos significativos durante a implantação.
Controle de vazamentos e ligações clandestinas x qualidade de águas superficiais e subterrâneas	Y22	X6 X8	A garantia de que não haverá vazamentos da rede nem a ligação clandestina de esgotos evitará a poluição de mananciais superficiais e subterrâneos.
Controle de vazamentos e ligações clandestinas x saúde x saneamento	Y22	X19 X20	O impedimento de ligações clandestinas evitará o contato da população com esgotos domésticos, garantindo condições adequadas de saneamento e evitando a proliferação de doenças.
Controle periódico das tubulações implantadas x saneamento	Y23	X20	O controle de danos às tubulações garantirá o correto funcionamento do sistema, mantendo adequadas as condições de saneamento.
Segurança do trabalho x saúde x segurança do trabalho	Y24	X19 X26	A adoção de medidas de segurança do trabalho garantirá a integridade dos operários melhorando suas condições de saúde.
Educação ambiental x características do solo x qualidade das águas superficiais e subterrâneas x qualidade do ar	Y25	X1 X6 X8 X9	As ações de educação ambiental conscientizarão a população quanto à importância de preservação do solo, da água e do ar.
Educação ambiental x flora x fauna terrestre x fauna alada	Y25	X12 X13 X14	A conscientização da população quanto à necessidade de preservação da flora e fauna locais contribuirá para perpetuação das espécies, especialmente as ameaçadas de extinção.
Educação ambiental x educação x organização social	Y25	X18 X27	A educação ambiental melhorará os níveis educacionais da população e poderá contribuir para uma organização social em torno de questões ambientais.
Implantação do Plano de segurança e administração da ETE	Y26	X6 X19 X20 X26	A administração da ETE faz parte do processo operacional do sistema de esgotamento sanitário, incluindo as decisões relativas às manobras e manutenção dos equipamentos. Um plano de segurança é necessário para evitar e minimizar falhas do sistema, preservando a saúde dos funcionários e da população em geral
Controle da erosão, recuperação paisagística e cumprimento da legislação relativa à proteção do manguezal x erosão x topografia x uso / ocupação do solo	Y27	X2 X3 X15	O controle da erosão visa a combater os efeitos negativos causados pelo despejo dos esgotos tratados no corpo receptor, potencial causador de erosão e degradação da topografia local. Ressalta-se que antes de preservar é preciso recuperar, assim, áreas degradadas nas proximidades da ETE, seja por atividades de carcinicultura ou outras ações antrópicas, serão submetidas a um processo de recuperação paisagística, melhorando a condição ambiental do estuário e manguezal do Potengi.

A implantação e operação da Estação de Tratamento de Esgotos para o Sistema de esgotamento sanitário das Bacias E, F e K se destaca no processo de expansão urbana da zona norte de Natal, pondo fim aos transtornos acarretados pela falta de saneamento básico e melhorando o uso e ocupação da região. A implantação do sistema também inibe o aparecimento de doenças e a proliferação de vetores de doenças comuns na região.

É de destacar que a implantação do sistema analisado gerará pequenos impactos ambientais; pequenos quando considerado os benefícios sociais que tal sistema trará para a população do município de Natal.

Os impactos negativos são basicamente: a destinação de uma área para a implantação da Estação de Tratamento, que inclui a implantação de lagoas de estabilização/maturação, mas essa área já se encontra parcialmente antropizada, a instalação de um emissário sub-fluvial que transportará o esgoto “in natura” até a ETE, que causará pouca interferência no equilíbrio ambiental estuarino e a liberação das águas tratadas (tratamento primário e secundário) no corpo receptor, porém que sob um ponto de vista global, apresenta uma carga de poluentes remanescente bem inferior ao lançamento de esgotos brutos “in natura” no emissário. Outros impactos serão os transtornos da fase de execução das obras, mas que apresentam duração curta a média e de pequena importância.

As obras e a operação podem provocar pequenas alterações nas características do meio ambiente, todas elas, mitigáveis e quase todas reversíveis se aplicadas as medidas mitigadoras e os programas de monitoramento sugeridos em capítulo posterior.

Na fase de implantação, a grande maioria das alterações é reversível, sendo os principais impactos relacionados com pequenos transtornos trazidos temporariamente às comunidades residentes que se verão amplamente beneficiadas pela conclusão e operação do empreendimento. Na fase de operação do empreendimento, também ocorrerão pequenas mudanças no ambiente, todas mitigáveis e monitoráveis pelos planos e programas propostos.

A mata ciliar deverá ser preservada e todas as operações durante a implantação da ETE deverão ser executadas a uma distância suficiente para não provocar

alterações desnecessárias nos corpos de água. Todo e qualquer efluente deverá ser retirado do local, não podendo ser despejado no corpo de água.

O transporte dos materiais deverá ser efetuado pelas vias já existentes, e as desapropriações necessárias já foram realizadas.

O ponto de lançamento dos esgotos tratados e a área onde será implantado o emissário sub-fluvial e as lagoas de estabilização / maturação deverão ser constantemente monitorados.

A emissão de odores provenientes das lagoas de maturação deverá ser mitigada com o correto posicionamento das mesmas em relação aos ventos dominantes.

A qualidade ambiental futura da área de influência indireta, com a implantação do empreendimento, melhorará. É preciso ressaltar que os impactos positivos superam os negativos, sendo estes últimos passíveis de serem mitigados, de forma a garantir uma qualidade ambiental compatível com as áreas urbanas do município de Natal e as áreas não urbanas do município de São Gonçalo do Amarante, onde pretende ser implantada a Estação de Tratamento de Esgotos.

O controle de riscos à saúde humana, a adoção de medidas de segurança no trabalho e a redução de interferência e transtornos causados à população residente nos bairros de influência deverão ser objeto de permanente preocupação por parte do empreendedor.

As medidas de controle a serem adotadas na instalação e desmobilização do canteiro de obras deverão contemplar questões relativas ao monitoramento do corpo receptor, à recuperação de áreas degradadas que poderão ser objeto de compensação ambiental e onde poderá ser implantado um programa de replantio de espécies nativas.

Os canteiros de obra deverão assegurar a higiene nas instalações provisórias, e a sinalização de locais de riscos, devendo ser implantados a uma distância mínima de 200m de qualquer corpo de água.

O transporte adequado dos tubos e demais equipamentos garantirão a preservação das condições de uso das vias de acesso e não poderão ser depositados em locais de preservação ambiental. A execução adequada das obras temporárias e a

sua futura desmobilização (canteiros de obras) minimizarão os riscos de degradação de áreas posteriormente utilizáveis e evitará a degradação da paisagem.

A manutenção e a fiscalização do sistema de lagoas de maturação garantirão o seu correto funcionamento, diminuindo a produção de odores desagradáveis. O entorno das lagoas deverá ser corretamente cercado e uma sinalização eficiente deverá ser implantada nos locais de riscos.

A implantação de um programa de monitoramento da qualidade das águas do corpo receptor garantirá o controle do uso correto do sistema implantado, que deverá ser acompanhado e monitorado por plano ambiental específico.

Verifica-se, assim, que as alterações a serem provocadas pelo empreendimento sobre a qualidade futura do ambiente podem ser perfeitamente controladas e minimizadas, e são compatíveis com o tipo de uso do solo da região onde se pretende implantar o empreendimento.

12. PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS MITIGADORAS

As ações mitigadoras a serem implementadas devem privilegiar a atuação sobre as causas do processo de geração de alterações e transtornos, buscando sempre a redução ou eliminação da geração do poluente na fonte. Esta é a maneira mais eficaz de se controlar os impactos sobre o meio ambiente. No entanto, nem sempre isso é possível, o que torna necessária a atuação sobre os efeitos deste processo, que requer a instalação de equipamentos e a implantação de sistemas de controle.

Além de medidas mitigadoras, caracterizadas a seguir, deverá adotar-se um programa de acompanhamento e monitoramento capaz de detectar o funcionamento inadequado da ETE, as conexões clandestinas ou irregulares, além de ser capaz de fazer uma avaliação sistemática dos resultados obtidos pela aplicação das medidas mitigadoras. Seus objetivos principais são verificar a validade e a exatidão dos impactos previstos, particularmente aqueles que apresentam graus de incerteza. Este plano de monitoramento e acompanhamento dos impactos também deverá contemplar medidas capazes de controlar os riscos à saúde humana, o bom relacionamento com a vizinhança e um acompanhamento das medidas de segurança no trabalho e prevenção de acidentes.

As medidas mitigadoras propostas a seguir foram elaboradas com o intuito de evitar, minimizar, e/ou compensar as ações adversas (impactos negativos) da implementação e operação da ETE.

As principais medidas mitigadoras para evitar, minimizar ou mitigar impactos sócio-ambientais negativos dizem respeito à rotina dos processos de implantação e operação da estação de tratamento, que poderá acarretar impactos sobre o meio ambiente e alguns transtornos às comunidades residentes nos bairros e nas proximidades da Fazenda Carnaubinha. Especial cuidado deverá ser tomado no momento de instalação e desmobilização do canteiro de obra, na implantação do emissário sub-fluvial e na correta fiscalização do ponto de liberação dos esgotos tratados.

As medidas mitigadoras foram propostas atendendo aos critérios técnicos, às normas de engenharia e às normas de segurança e proteção ambiental, bem como às

exigências legais. Neste sentido, a qualidade ambiental do empreendimento dependerá da execução das medidas propostas a seguir, para as fases de implantação e operação.

12.1. Medidas ambientais tendentes a minimizar os impactos relativos à instalação e funcionamento do canteiro de obras

- Natureza da medida: preventiva.
- Fase do empreendimento: do início ao fim da fase de implantação.
- Fatores ambientais a que se destina: solo e águas superficiais e subterrâneas.
- Prazo: tempo que durar a obra de implantação – aproximadamente 2 anos
- Responsabilidade: empreiteiro (construtora) sob fiscalização do empreendedor (CAERN).

A área onde será instalado o canteiro de obra deverá ser escolhida respeitando os critérios de proximidade e de condições de correto funcionamento. Deve ser feita, diariamente, aspersão de água nos terrenos expostos. A vegetação próxima aos canteiros deverá ser preservada, com o objetivo de conter a expansão de poeiras e a propagação de ruídos.

A limpeza do terreno deverá limitar-se à área do canteiro (preferencialmente deverá escolher-se uma área desmatada), evitando a raspagem do solo onde não seja absolutamente necessário.

Todo canteiro de obra exige a instalação de um sistema de esgotamento sanitário para, assim, oferecer condições sanitárias e ambientais adequadas aos trabalhadores contratados.

As instalações deverão ser condizentes com o contingente de trabalhadores contratados, devendo comportar um sistema tipo fossa séptica para a destinação dos efluentes, nos limites do terreno de cada canteiro, ou retirar os efluentes através de transporte adequado.

Cada canteiro deverá contar com banheiros para uso dos operários, os quais deverão ser orientados sobre a importância de respeitar noções básicas de higiene e saneamento.

A água para consumo humano nos canteiros de obras deverá vir da rede pública e, em conseqüência, dentro dos padrões de potabilidade, segundo a Portaria n° 36/GM, do Ministério da Saúde ou de outras fontes, garantindo a sua utilização para consumo humano.

Nas áreas dos canteiros de obras, deverá ser implantado um sistema de coleta de lixo. Estes resíduos sólidos deverão ser encaminhados aos locais adequados.

As unidades de saúde mais próximas deverão ser alertadas sobre o tipo de atividade a ser desenvolvida no canteiro para que sejam facilitados os primeiros socorros que, por ventura, venham a ser necessários.

É necessário informar aos operários sobre a importância da atividade que será desenvolvida, bem como da temporalidade das obras. Ambas as questões contribuirão com a conscientização da equipe que, assim, poderá desenvolver um bom trabalho profissional.

Com o objetivo de evitar acidentes, o tráfego de veículos deverá ser controlado e sinalizado, e as áreas dos canteiros de obras deverão ser equipadas com dispositivos de segurança para os trabalhadores.

Algumas medidas serão de extrema importância para minimizar os impactos gerados pela desmobilização do canteiro de obras. Após a conclusão da ETE, será preciso remover as instalações implantadas, bem como providenciar a remoção do sistema provisório de energia para evitar acidentes.

Será preciso também remover do local todo e qualquer material ou equipamento não utilizado. Também é obrigatória a desativação do sistema sanitário dos canteiros. As áreas antes destinadas ao funcionamento dos canteiros de obras deverão ser recobertas com vegetação adequada, com o objetivo de proteger os solos contra possíveis processos erosivos. Os resíduos de concreto e de outros materiais devem ser depositados em locais apropriados, não podendo sob nenhuma hipótese ser depositados em áreas próximas a corpos de água.

12.2. Medidas de controle da erosão, monitoramento da mata ciliar e recuperação paisagística das áreas sob intervenção

- Natureza da medida: preventiva e corretiva.
- Fase do empreendimento: implantação e operação.
- Fatores ambientais a que se destina: solo (erosão), meio biótico, paisagem.
- Prazo: permanente – enquanto operar o sistema, com reforços no período chuvoso.
- Responsabilidade: Empreiteira na fase de implantação e Empreendedor na fase de operação.

O solo constitui um recurso natural básico, devendo ser conservado e usado corretamente. Sua utilização inadequada tem na erosão uma das mais graves conseqüências ambientais. A erosão vem gerando graves prejuízos, entre eles se destacam a perda de solos agricultáveis, a permanente necessidade de investimentos públicos em obras de infra-estrutura para corrigir estados avançados de degradação ambiental e a degradação de áreas urbanas ou em processos de urbanização.

O custo das obras corretivas para a estabilização dos processos já instaurados inclui, além do custo das obras específicas e localizada, despesas relativas a constantes ações de recomposição de áreas urbanas, edificações, arruamentos e obras viárias.

As medidas tendentes a mitigar a erosão em áreas impactadas pela implantação de obras públicas ultrapassam os estreitos limites de recuperação natural do solo. Trata-se de impedir o aparecimento de processos erosivos, aplicando técnicas adequadas de engenharia construtiva e ações de fiscalização adequada durante a etapa de operação do empreendimento.

A erosão nas margens dos rios provoca o assoreamento dos mesmos; assim, a erosão e o assoreamento trazem, como um de seus efeitos imediatos, alterações ecológicas que afetam a fauna e a flora.

Assim, o conhecimento do estado da erosão, do seu potencial impacto ambiental e do prognóstico da sua evolução com base na definição da suscetibilidade do terreno

são questões a serem consideradas na definição de ações de mitigação e fiscalização das medidas adotadas.

De forma geral, sugere-se para controle da erosão, monitoramento da mata ciliar e recuperação paisagística o expresso a seguir:

- Estabelecer prioridades para as áreas de aplicação de medidas de prevenção da erosão: O desmatamento se destaca como umas das principais ações potencialmente causadora de processos erosivos. Assim, nos terrenos descampados, deve-se proceder sempre com o reflorestamento e a recuperação da área, durante e ao final da construção. O funcionamento da drenagem da área do projeto também deve ser disciplinado, uma vez que o agente transportador dos sedimentos erodidos é o escoamento das águas pluviais por caminhos preferenciais, que carreiam as partículas, resultando em abertura de ravinas, voçorocas e desmoronamentos nas áreas erodidas, principalmente quando os fluxos apresentam alta velocidade e energia. O terraceamento é uma técnica indicada para combater a erosão. Terraços são estruturas hidráulicas conservacionistas, compostas por um camalhão e um canal, construídas transversalmente ao plano de declive do terreno. Essas estruturas constituem barreiras ao livre fluxo da enxurrada, disciplinando-a mediante infiltração no canal do terraço (terraços de absorção) ou condução para fora da área (terraços de drenagem). O objetivo fundamental do terraceamento é reduzir riscos de erosão hídrica e proteger mananciais (rios, lagos e represas). Assim, o reflorestamento e recuperação de áreas degradadas podem ser encarados com medidas preventivas a serem aplicadas em toda a área impactada e o terraceamento uma medida corretiva em pontos críticos onde se tenha identificado processos de erosão significativos.
- Orientar a expansão urbana da área sob intervenção para evitar a ocupação próxima às áreas onde serão implantadas as lagoas; estas áreas devem ser preservadas e são merecedoras de medidas preventivas contra processos erosivos.

- Monitoramento da mata ciliar nos pontos de intervenção (emissários e proximidade aos pontos de lançamento de efluentes tratados). Medidas preventivas e de recuperação são fundamentais para o equilíbrio ecológico, oferecendo proteção não somente dos solos, mas das águas, pois as matas ciliares reduzem o assoreamento e dificultam o aporte de poluente para o meio aquático. Formam, além disso, corredores que contribuem para a conservação da biodiversidade; fornecem alimento e abrigo para a fauna; constituem barreiras naturais contra a disseminação de pragas e doenças da agricultura. O reflorestamento das áreas de mata ciliar é uma necessidade nos casos de intervenções mais extensas, devendo ser implementado com espécies nativas. De acordo com a Resolução CONAMA Nº. 303/2002, o manguezal é um “ecossistema litorâneo que ocorre em terrenos baixos, sujeitos à ação das marés, formado por vazas lodosas recentes ou arenosas, às quais se associa, predominantemente, a vegetação natural conhecida como mangue, com influência fluviomarinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e com dispersão descontínua ao longo da costa brasileira, entre os estados do Amapá e Santa Catarina”; estes não deverão ser afetados pelo empreendimento, ao contrário, as melhorias no saneamento promoverão alterações positivas na qualidade das águas do estuário que hoje recebe grandes quantidades de esgotos não tratados.
- Recomposição da paisagem afetada pela implantação da ETE: a recomposição forma parte do contexto de intervenção; assim, todas as áreas não antropizadas, porém sujeitas a intervenção deverão ser recuperadas, como forma de mitigar o impacto provocado.

12.3. Medidas para a redução de interferência e mitigação dos transtornos ocasionados à comunidade residente nas proximidades da Fazenda Carnaubinha na fase de implantação

- Natureza da medida: corretiva.
- Fase do empreendimento: do início ao fim da fase de implantação.
- Fatores ambientais a que se destina: meio antrópico (atividades rotineiras, econômicas, rede elétrica, rede viária e transporte).
- Prazo: tempo que durar a obra de implantação – aproximadamente 2 anos
- Responsabilidade: empreiteiro (construtora) sob fiscalização do empreendedor (SEMURB) e demais responsáveis pelos serviços públicos de água, esgotamento (CAERN), energia (COSERN) e transporte (Prefeitura Municipal).

O sistema a ser implantado destina-se à melhoria permanente das condições de vida da população residente na Região Metropolitana de Natal. Porém, durante a fase da sua implantação, poderá haver interferências com os equipamentos urbanos já existentes. Especial atenção deverá ser dada à comunidade rural residente próximo à Fazenda Carnaubinha onde será implantada a ETE. Assim sendo, faz-se necessário a adoção de normas e procedimentos para minimizar as interferências e evitar transtornos aos vizinhos.

Os componentes da infra-estrutura pública que podem provocar interferências com o sistema a ser implantado são: a rede de drenagem e a rede viária. Com base nos estudos realizados, há necessidade de adoção das seguintes medidas:

- As intervenções devem ser rigidamente planejadas e amplamente comunicadas aos vizinhos através do rádio e associações de moradores;
- A COSERN, a Prefeitura Municipal de São Gonçalo de Amarante, as empresa de transportes, e as empresas de telefonia deverão ser comunicadas em todos os casos de interferências e deverão receber, antes do início das obras, um cronograma de intervenção;

- Os inícios dos trabalhos de implantação da ETE e as intervenções no leito do rio deverão ser precedidos de comunicação aos vizinhos e ao correto isolamento da área, evitando assim acidentes e perdas materiais;
- As intervenções no leito do rio deverão ser precedidas de comunicação à Capitania dos Portos e ao correto isolamento da área, evitando assim acidentes e/ou perdas materiais;
- O órgão ambiental de Rio Grande do Norte – IDEMA – deverá ser informado a cada etapa da implantação e o cronograma de implantação deverá ser atualizado e comunicado ao IDEMA e às Prefeituras de Natal e de São Gonçalo do Amarante.

Assim, tomando medidas simples de planejamento e comunicação, os transtornos serão amenizados e as interferências rapidamente resolvidas.

A implantação da ETE não deverá alterar as condições de navegabilidade das áreas do Estuário do Pontengi caracterizadas como navegáveis, provocando apenas interferências pontuais e temporárias na etapa de implantação dos emissários.

12.4. Controle de vazamentos na estação, identificação de ligações irregulares, e controle de danos às tubulações implantadas

- Natureza da medida: corretiva.
- Fase do empreendimento: operação.
- Fatores ambientais a que se destina: meio antrópico (eficiência econômica), erosão pontual do solo e poluição de águas superficiais e subterrâneas.
- Prazo: permanente – enquanto operar o sistema.
- Responsabilidade: CAERN e Prefeituras Municipais de Natal e de São Gonçalo do Amarante.

O controle de possíveis vazamentos na estação de tratamento é importante para evitar danos a outras instalações e evitar a contaminação do lençol freático. A impermeabilização das lagoas deverá obedecer aos padrões técnicos estabelecidos no projeto.

A incorreta impermeabilização dos fundos das lagoas de estabilização de esgotos (geralmente feita com membrana de poliuretano) pode acarretar graves danos ambientais, geralmente constatados através do aumento crescente nos valores de nitritos e nitratos nos poços próximos ao local. Porém, um adequado monitoramento pode atuar como instrumento para evitar a contaminação por infiltração, já que este tipo de contaminação ocorre de forma lenta, gradual e cumulativa.

Mesmo construídos e operados dentro dos padrões de segurança, as tubulações estão sujeitas a erosão, deslizamentos de terra, corrosão, queda de rochas, atos de vandalismo, ação de terceiros, os quais podem ocasionar vazamentos. Assim, o monitoramento do emissário deve ser realizado com periodicidade de seis meses ou de maior freqüência.

Termos de ajustamento de conduta poderão ser assinados entre CAERN, Prefeitura de Natal, Prefeitura de São Gonçalo do Amarante e usuários para eliminar as ligações de esgoto clandestinas.

Identificar todos os pontos de esgoto domésticos e industriais clandestinos e implementar um sistema de fiscalização eficiente, inclusive com a aplicação de multas aos infratores, será de fundamental importância para preservar a qualidade ambiental da região, ampliando os impactos positivos acarretados pela implantação do empreendimento aqui em análise.

A CAERN junto às Prefeituras Municipais poderia estabelecer convênio para a elaboração de um Plano Estratégico de combate às ligações clandestinas.

As ligações de esgoto irregulares são um dos principais fatores de poluição. Será necessário estabelecer um rígido controle até que o sistema de esgotamento sanitário seja completamente implantado e multar os usuários infratores uma vez que o Sistema esteja operando. Além da fiscalização e da eliminação das ligações irregulares, as Prefeituras Municipais, em convênio com a CAERN e outros órgãos estaduais e federais poderia estabelecer programas trimestrais de limpeza de córregos e reurbanização das margens dos principais rios e riachos da região, forma indireta e eficiente de monitoramento e fiscalização. Implantação de sistemas adequados de esgotamento sanitário, fiscalização, discussão acerca de uso e ocupação do estuário e punição por faltas graves podem reduzir os índices de poluição na bacia.

12.5. Controle de riscos à saúde, prevenção de acidentes e segurança do trabalho

- Natureza da medida: preventiva.
- Fase do empreendimento: do início ao fim da fase de implantação e pontualmente na fase de operação.
- Fatores ambientais a que se destina: meio antrópico (trabalhadores e população residente nas proximidades da ETE).
- Prazo: tempo que durar a obra de implantação e semestralmente na fase de operação
- Responsabilidade: durante a implantação será de responsabilidade do empreiteiro (construtora) sob fiscalização do empreendedor; durante a operação será de responsabilidade da CAERN com o apoio da Prefeitura Municipal de São Gonçalo do Amarante

Tanto na fase de construção como na fase de operação deverão ser adotadas medidas de proteção contra acidentes que possam causar danos às pessoas que trabalhem no local ou que residam perto das lagoas de estabilização.

Os procedimentos de segurança deverão contemplar: o correto isolamento da área de operação, a definição de responsabilidades, o estabelecimento de regras gerais de segurança, a implantação de medidas de proteção contra acidentes; a utilização de equipamentos de segurança durante os trabalhos em locais perigosos, elevados ou em espaços confinados, o treinamento prévio do pessoal que deverá demonstrar correto manuseio dos equipamentos implantados, verificação anual dos trabalhos de soldagem realizados, correta identificação do pessoal treinado para o manuseio de substâncias perigosas, implantação de um serviço de primeiros socorros próximo ao local do empreendimento, elaboração de relatórios de acidentes e avaliação periódica da segurança.

Os operários durante a fase de implantação e os trabalhadores assinados pela CAERN durante a etapa de operação deverão dispor de equipamentos de segurança individual, tais como protetores auditivos, máscaras, óculos, luvas, botas, e outros, dependendo do ambiente e dos equipamentos onde exercerão suas atividades.

A metodologia de controle de qualquer processo de avaliação de riscos deve estar fundamentada da seguinte maneira: 1. Atuação sobre o processo e implementação de equipamentos e sistemas de controle; 2. Implementação de procedimentos operacionais; e 3. Treinamento, qualificação e conscientização dos trabalhadores.

12.6. Definição de uso e ocupação do estuário do Potengi pelos próximos 20 anos.

- Natureza da medida: inicialmente corretiva e posteriormente preventiva.
- Fase do empreendimento: início da fase de implantação e no primeiro ano da fase de operação.
- Fatores ambientais a que se destina: meio biótico (preservação da fauna e flora), meio antrópico (ordenamento urbano e limitação de atividades econômicas potencialmente poluentes).
- Prazo: tempo que durar a obra de implantação e durante o primeiro ano da fase de operação. Discussão do Plano de Uso e Ocupação do estuário a cada 10 anos ou sempre que as condições ambientais assim o requeiram.
- Responsabilidade: a responsabilidade pela elaboração do Plano poderia ser da Secretaria de Recursos Hídricos e Meio Ambiente e do IDEMA, com amplia participação das prefeituras municipais e da população.

A intensa exploração do estuário e o estabelecimento dos usos múltiplos dos recursos hídricos são questões que deverão ser pensadas e sobre as quais a sociedade, nas suas diferentes representações, deverá estabelecer consensos mínimos. Somente para citar uma das atividades econômicas mais questionadas, a carcinicultura deverá ser amplamente discutida e as decisões judiciais ao seu respeito deverão ser acatadas e levadas em consideração durante a elaboração de um Plano de Uso e Ocupação do Estuário e suas margens.

A carcinicultura, que se tornou nos últimos anos uma atividade econômica de grande importância no Estado do Rio Grande do Norte, tem gerado uma ocupação desordenada das planícies costeiras, resultando em degradação ambiental causada principalmente por desmatamentos, uso irracional do solo, invasões em áreas de

preservação permanente, avanço indiscriminado sobre os manguezais e áreas inundáveis, entre outras causas que interferem diretamente na dinâmica das zonas litorâneas e seus ecossistemas.

Uma rápida caracterização geo-ambiental do estuário e entorno do rio Potengi permite afirmar que a atual relação uso-ocupação do mesmo requer da pronta intervenção das autoridades ambientais competentes. Algumas das atividades desenvolvidas nesta área requerem de fiscalização e mesmo de ordenamento (com zoneamento e ajustamento de conduta) para mitigar alguns dos impactos ambientais que provocados por atividades econômicas diferentes podem ser classificados como muito danosos ao equilíbrio do estuário.

O desmatamento das suas margens representa uma das graves ações que contribuem na degradação deste ambiente, deixando-o susceptível à erosão e provocando a drástica diminuição da sua fauna. A erosão acarreta o assoreamento da desembocadura e leito dos rios e das lagoas, atingindo, inclusive as áreas já ocupadas. A constante retirada da mata ciliar causa o assoreamento do leito do rio e contribui para a destruição da vegetação característica do manguezal.

A ocupação desordenada e os loteamentos irregulares provocam o movimento das dunas móveis, resultando em impactos no nível do lençol freático e diminuição da faixa praial, o que concorre para modificar a paisagem local.

A área estudada é dotada de patrimônio paisagístico de grande beleza cênica, potencialmente favorável ao lazer, recreação, prática de esportes náuticos, dentre outros.

Outra atividade que representa impacto no local é a implantação/operação de fazendas de camarão.

Fica aqui registrado o alerta para que esta e outras atividades potencialmente poluentes sejam fiscalizadas e sejam estabelecidos critérios cuidadosos antes de se viabilizar qualquer projeto que possa vir a contribuir na poluição do estuário.

Um plano de uso e ocupação pode evitar os riscos de fracassos financeiros e prejuízos ambientais irreversíveis, além de garantir o uso múltiplo dos recursos hídricos.

Assim, é necessário discutir e estabelecer normas de uso e ocupação do estuário que deverão necessariamente tratar da influência das atividades econômicas desenvolvidas na região e da necessidade de obedecer ao uso múltiplo dos recursos naturais, conforme a capacidade de suporte dos sistemas ambientais existentes (mangues, rio, estuário).

A organização deste plano poderá ser de responsabilidade da SEMARH com estreito apoio do IDEMA. Para a realização deste Plano será necessária a atualização da geocartografia existente e a coleta sistemática de dados primários.

Uma oficina de planejamento poderá ser instituída para dar início às discussões; na mesma deverão ser listadas as análises e correlações que deverão ser realizadas para avaliar a capacidade de suporte do estuário, conjuntamente com uma atualização das atividades econômicas desenvolvidas na bacia. Nessa oficina deverão também ser caracterizados os atores e poderes atuantes na bacia e deverão ser estabelecidos cronogramas de participação. Demandas sociais e econômicas não deverão ser negligenciadas. Um completo levantamento da legislação ambiental pertinente deverá ser realizado.

O uso controlado do corpo d'água, a preservação do patrimônio paisagístico, o controle dos efluentes não tratados, a implantação de atividades educativas e a interação com o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro deverão ser as prioridades na elaboração deste Plano de Uso e Ocupação do estuário.

13. PLANO DE MONITORAMENTO SÓCIO-AMBIENTAL

13.1. Introdução

Com a implantação do empreendimento aqui analisado são esperadas algumas mudanças sujeitas ao monitoramento ambiental, fundamentalmente na área de influência direta do projeto.

Todos os impactos caracterizados em etapa anterior são susceptíveis de serem mitigados através de medidas simples de prevenção ou mitigação. Acrescenta-se a elas este Plano de Monitoramento Ambiental, que define cada um dos componentes a serem monitoradas, a justificativa específica de cada monitoramento, os instrumentos de avaliação a serem utilizados, a periodicidade e o prazo de implantação de cada atividade de monitoramento e as instituições responsáveis a serem convocadas na sua implantação.

Considera-se que o empreendimento em análise tem um alcance sócio-ambiental positivo, uma vez que resultará na ampliação do sistema de esgotamento sanitário do município de Natal, com tratamento dos esgotos antes de serem lançados no corpo receptor. Este empreendimento é de extrema importância para o desenvolvimento urbano local e regional, inclusive podendo beneficiar direta ou indiretamente outros municípios da região metropolitana.

A implantação e operação da Estação de Tratamento de Esgotos de São Gonçalo do Amarante, se respeitada a legislação vigente e as medidas mitigadoras propostas, não acarretará impactos negativos permanentes ou de grande magnitude sobre os meios físico, biótico e antrópico. Porém exige-se o monitoramento de algumas componentes ambientais durante determinados períodos e com justificativas específicas; por tal motivo, este plano é subdividido em atividades de monitoramento, a seguir caracterizadas.

Destaca-se que o empreendimento atende à determinação do Poder Público e conta com o apoio local, estadual e federal na iniciativa de ampliar o acesso ao saneamento básico para todas as áreas urbanas em desenvolvimento.

13.2. Objetivos Gerais do Plano de Monitoramento

Os objetivos do monitoramento, no que aqui interessa, visam à previsão e ao gerenciamento de impactos ambientais sobre diferentes componentes sócio-ambientais e, portanto têm diferentes justificativas, instrumentos de avaliação, periodicidade, fase de implantação e instituições responsáveis diferenciadas.

Em termos gerais, pode-se definir monitoramento como atividade de controle, onde são coletados e interpretados dados e informações para avaliar tendências e indicar necessidades de ajustamentos e correções. Isto é, o monitoramento possui uma importante característica de retro-alimentação para diversos tipos de processos onde o controle e gerenciamento se fazem necessários a fim de identificar e prevenir problemas ambientais decorrentes das ações do projeto, tanto na sua fase de implantação como na de operação.

Objetivo geral:

- Desenvolver um sistema dedicado ao monitoramento de diferentes componentes ambientais, com justificativas específicas, instrumentos de avaliação adequados, periodicidade e determinação da fase de implantação e definição de responsabilidades para a implantação e operação do Sistema de Esgotamento Sanitário com Estação de Tratamento de Esgoto em São Gonçalo do Amarante para as Bacias E, F, K do município de Natal.

Objetivos específicos:

Cada objetivo específico determina uma atividade de monitoramento abordada nas suas especificidades em item a seguir. Os objetivos específicos deste Plano são:

- Monitorar os impactos provocados pelo empreendimento sobre a opinião pública na área de influência do empreendimento (Plano de Comunicação Social e influência do projeto sobre a Opinião Pública);
- Monitorar os impactos provocados pelo empreendimento sobre o uso e ocupação do solo (Plano de Monitoramento dos Efeitos do Projeto sobre a Ordenação do Uso e Ocupação do Solo Urbano considerando todas as atividades econômicas desenvolvidas na bacia);

- Monitorar os impactos provocados pelo empreendimento sobre a erosão pontual do solo nos locais mais críticos de intervenção (Plano de Monitoramento da Erosão do Solo e Determinação de Áreas Críticas);
- Monitorar o correto funcionamento da Estação de Tratamento de Esgotos (Plano de Monitoramento da ETE e dos Emissários)
- Monitorar os Impactos provocados pela Deposição das Águas Tratadas no Estuário do Rio Potengi (Plano de Monitoramento da Qualidade das Águas);

Este Plano de Monitoramento, além de permitir o monitoramento de diferentes componentes e impactos, uma vez implantado, será de grande utilidade na obtenção de dados e informações relevantes para os técnicos de diferentes níveis governamentais (Prefeituras, Governo Estadual e Governo Federal).

Abordam-se a seguir cada um das atividades e componentes sócio-ambientais a serem monitoradas com apresentação dos objetivos, justificativas, instrumentos de avaliação, periodicidade, fase de implantação e instituições a serem convocadas para a sua implantação.

13.3. Plano de Comunicação Social e Influência do Projeto sobre a Opinião Pública

Este Plano tem por objetivo avaliar o grau de satisfação da população residente nas Bacias E, F e K em Natal e nas proximidades da Fazenda Carnaubinha, além dos responsáveis pelas principais atividades econômicas desenvolvidas na área de influência direta do projeto, portanto abrangeria a população beneficiada e a potencialmente impactada pelo empreendimento. Soma-se a esta atividade a necessidade de elaborar um Plano de Comunicação Social para informar a população e dar as condições necessárias a sua participação na construção do consenso em torno ao uso múltiplo das águas do Estuário do Potengi.

Este Plano de Comunicação Social e Opinião Pública se justifica na necessidade de informar a população sobre as diferentes fases do empreendimento e levantar a opinião e satisfação dos usuários.

Os principais instrumentos de monitoramento são:

- As oficinas de comunicação social, em número necessário para a correta organização das audiências públicas e das pesquisas de opinião; poderão ser organizadas pelo empreendedor que deverá convocar todas as instâncias governamentais com ingerência ou interesse na avaliação do Sistema a ser implantado.

- As audiências públicas, em número de pelo menos dois, que deverão ser realizadas ainda na fase de licenciamento do projeto nos municípios de Natal e de São Gonçalo do Amarante. Estas deverão ser gravadas para análise da opinião das diferentes entidades/instituições participantes e interessadas, para determinar o grau de compromisso de cada uma com o desenvolvimento da Região Metropolitana de Natal. Nesta fase, o empreendedor, isto é a CAERN, deverá convocar através de ampla divulgação na imprensa a população e todos os interessados em discutir a implantação do Sistema e formalmente às Prefeituras de Natal e São Gonçalo do Amarante e suas respectivas secretarias responsáveis pela gestão do meio ambiente e o planejamento urbano; o ministério público; o órgão responsável pela gestão do meio ambiente do Estado de Rio Grande do Norte (IDEMA); IBAMA/RN; Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (RN) e Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte.

- As Pesquisas de Opinião, que deverão ser realizadas uma após a realização das audiências e outra após a conclusão das obras. Estas pesquisas deverão ser de responsabilidade do empreendedor (CAERN). Nestas deverão ser pesquisados os níveis de satisfação dos beneficiários da implantação do Sistema como daqueles que por ventura se sentirem afetados negativamente pelo mesmo, e a resolução das interferências com outros equipamentos urbanos.

Este Plano de Comunicação deverá levar em consideração e comprometer-se na divulgação da situação sanitária do Estado e dos Municípios da RMN. É importante destacar que, no Brasil, 80% dos esgotos são lançados em corpos de água sem qualquer tratamento; e que destes, 85% são esgotos domésticos e 15% esgotos industriais. Portanto é importante destacar que o empreendimento visa justamente a mitigar os impactos negativos destes lançamentos irregulares e a melhorar as condições de saneamento da RMN.

Durante a implementação deste Programa poderão ser realizadas audiências e reuniões na sede municipal com o intuito de fortalecer a participação da sociedade na

gestão das águas e explicar o alcance e funcionamento do sistema a ser implantado. Nessas reuniões, que deverão contar com a participação da prefeitura, o empreendedor deverá:

- Comunicar à sociedade o início dos trabalhos de implantação da obra;
- Apresentar um cronograma de desenvolvimento das obras;
- Identificar os principais anseios da comunidade; e
- Esclarecer dúvidas relativas à necessidade de outras medidas de saneamento ambiental para a região.

Embora difícil, a introdução de formas de planejamento participativo na região deverá ser encarada como o grande desafio a ser atingido por este programa e as condições propícias à introdução destas formas de gestão deverão ser cuidadosamente avaliadas, não sendo possível negligenciar as características específicas dos recursos naturais a serem gerenciados.

Neste sentido, é condição imprescindível à implementação do planejamento participativo, o desenvolvimento dos processos de co-responsabilidade entre o Estado e a sociedade civil, que mesmo não se confundindo, deverão assumir suas respectivas responsabilidades na gestão dos recursos ambientais em benefício do desenvolvimento sustentável da região beneficiada pelo empreendimento em estudo.

13.4. Plano de Monitoramento dos Efeitos do Projeto sobre o Uso e Ocupação do Solo

Este Plano tem por finalidade ou objetivo monitorar os efeitos da implantação do Sistema sobre o uso e ocupação do solo na bacia. Por outro lado, por ser implantado em área urbana ou em franco processo de urbanização, o empreendimento poderá ter impactos positivos na ordenação do solo urbano.

Um dos principais pontos do novo Plano Diretor de Natal é o que trata do uso e ocupação do solo. O macrozoneamento proposto para a capital potiguar estabelece que o território da cidade seja dividido em diferentes zonas, com características próprias e diferentes índices de adensamento; assim, condiciona os índices de adensamento para mais ou para menos o fornecimento de serviços públicos

adequados - água, esgotos, drenagem, energia elétrica, sistema viário, etc. – e prevê limites de saturação desses serviços e previsão de novos investimentos.

Neste sentido, as melhorias de saneamento básico nos bairros Felipe Camarão, Cidade nova e Bom Pastor colaboram diretamente com o ajustamento à legislação vigente no que diz respeito ao uso e ocupação do solo urbano.

Justifica-se, assim, este Plano na necessidade de monitorar e gerenciar os efeitos positivos e negativos da implantação do projeto sobre o uso e ocupação do solo nas áreas de influencia do projeto. Estas melhorias e o efeito do empreendimento sobre o ordenamento do uso e ocupação do solo devem ser monitorados através de instrumentos adequados, entre eles, mencionamos:

- A atualização dos levantamentos existentes para determinar alterações e tendências no uso e ocupação do solo urbano e não urbano na bacia do Potengi. Esta atualização deveria ser realizada a cada dois anos e poderia ser de responsabilidade da Prefeitura Municipal de Natal em Convenio com a Prefeitura Municipal de São Gonçalo do Amarante com a colaboração da SEMARH e a Secretaria de Estado para a Articulação com os Municípios.

- O favorecimento de crédito para incentivar melhorias sanitárias domiciliares (com fiscalização de emissões irregulares) e a outorga de condições para a adaptação de empreendimentos e atividades econômicas desenvolvidas na bacia às exigências ambientais vigentes. Estas ações podem ser desenvolvidas, por um lado, pelo Governo do Estado de Rio Grande do Norte, através da Secretaria do Trabalho, da Habitação e da Assistência Social em convênio com o Ministério das Cidades do Governo Federal. Por outro lado, aquelas ações que se relacionam à adaptação de empreendimentos e atividades às exigências ambientais podem ser desenvolvidas pelo IDEMA em convênio com o Ministério de Meio Ambiente. Estas ações deveriam ser implementadas de imediato, pois contribuiriam de maneira muito significativa na melhoria ambiental da bacia e no ordenamento do uso e ocupação do solo, através do incentivo de empreendimento e atividades ambientalmente sustentáveis, através da outorga de crédito e da organização de ações de ajustamento de conduta.

- A fiscalização dos estabelecimentos industriais localizados na bacia do Potengi, a punição de falta graves contra o meio ambiente e a exigência de

ajustamento de conduta para aquelas condutas consideradas menos graves ou involuntárias são ações a serem implementadas a curto prazo pelos órgão municipais e estaduais competentes que poderão contar com a colaboração do IDEMA.

- O cadastramento e a fiscalização dos empreendimentos e atividades relacionadas à pesca e a carcinicultura realizadas no Estuário do rio Potengi devem ser relacionados às ações de ajustamento de conduta mencionada anteriormente. Estas atividades poderiam ser organizadas e executadas pela Secretaria de estado da Agricultura, da Pecuária e da Pesca e pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico, em convênio com o IDEMA, órgão responsável pela elaboração dos termos de ajustamento de conduta às exigências ambientais vigentes. Estas ações, de curto e longo prazo, são de fundamental importância para discutir e implementar uma política de usos múltiples das águas do estuário.

Na implementação deste Plano deverá ser enfatizada a necessidade de respeitar as normas de uso e ocupação nas Zonas de Proteção Ambiental (ZPA's, áreas nas qual o uso e ocupação é restrito, visando a proteção, manutenção e recuperação de aspectos ambientais, ecológicos, paisagísticos, históricos, arqueológicos, turísticos, culturais, arquitetônicos e científicos). No caso de Natal, são exemplos de ZPA's os mangues e "gamboas" do rio Potengi.

Também deverá ser destacada a implementação da chamada compensação ambiental sobre o uso e ocupação do solo para os empreendimentos e atividades consideradas de forte impacto no meio ambiente, que o novo Plano Diretor estabelece, seguindo os moldes da legislação federal e estadual sobre este assunto.

Este plano também deverá contemplar a dinâmica da oferta/demanda hídrica na região de influência do empreendimento, que exige a concepção de um amplo programa de monitoramento e gestão das águas superficiais e subterrâneas.

Cabe mencionar que o gerenciamento diz respeito à aplicação de medidas estruturais e não estruturais para controlar as águas em benefício das comunidades humanas, atendendo, ao mesmo tempo, a objetivos ambientais estabelecidos pelos órgãos responsáveis. Já a gestão diz respeito a um conjunto de procedimentos organizados no sentido de solucionar os problemas referentes ao uso das águas, atendendo à demanda a partir de uma disponibilidade limitada.

Assim, o Programa de Gerenciamento e Gestão das águas superficiais e subterrâneas tem como principal objetivo contribuir para com a racionalização do uso das águas da região e o controle da poluição das mesmas, através da regulamentação de usos e usuários.

A Lei Federal que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos é a Lei n° 9.433 de janeiro de 1997. Em nível estadual, é preciso observar as disposições do Decreto 13.836/ 1998 que regulamenta o Fundo Estadual de Recursos Hídricos, o Decreto 13.285/1997 que regulamenta a SERHID (agora SEMARH), o Decreto 13.884 que regulamenta o Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos; a Lei 6.908/ 1996 que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e a Lei 8.086 que dispõe a criação do IGARN.

Não há águas municipais, mas deverão ser observadas a Lei Complementar 055/2004 (Código de Obras); a Lei 4.100/1992 (Código de Meio Ambiente); a Lei Complementar 07/1994 (Plano Diretor do Município), e suas Leis Complementares de 022/1999 e 030/2000.

Neste sentido, respeitando a base jurídica consolidada, este programa adota como princípios a serem seguidos:

- A descentralização da gestão, deixando espaço para que a sociedade civil possa participar efetivamente das decisões e compartilhar com o Estado a co-responsabilidade pelo gerenciamento e gestão das águas; e
- A dominialidade pública das águas, considerando a água um bem de domínio público com valor econômico que exige a adoção do conceito de usos múltiplos e o estabelecimento da prioridade para o abastecimento humano.
- O uso múltiplo dos recursos hídricos, considerando as necessárias medidas e técnicas preservacionistas e as exigências ambientais vigentes.

Entre os representantes do Poder Público responsáveis pela gestão e gerenciamento das águas no Estado, destacam-se a SEMARH, o INGARN e o Conselho Estadual de Meio Ambiente. Entre os representantes do poder público municipal, a Prefeitura de Natal, com destaca para as Secretarias de Obras e Viação (SEMOV) e de Meio Ambiente e Urbanismo (SEMURB). Também deverão ser respeitadas as disposições da Agência Reguladora de Serviços de Saneamento Básico do Município de Natal. A Prefeitura de São Gonçalo do Amarante deverá ser sempre consultada.

13.5. Plano de Monitoramento da Erosão do Solo e Determinação de Áreas Críticas

Este Plano tem por finalidade ou objetivo monitorar os processos de erosão do solo e os aspectos hidro-sedimentológicos de áreas críticas. Para tanto deverão ser utilizados instrumentos de monitoramento adequado como são as visitas de vistoria nas áreas críticas, obtenção de acervo de registros fotográficos e a elaboração de relatórios técnicos que deverão ser realizados semestralmente, antes e após o período chuvoso. O empreendedor poderá contar com o apoio da SEMOV e da Prefeitura Municipal de São Gonçalo do Amarante para a realização destas vistorias, que deverão levantar a situação das seguintes áreas críticas e ou componentes sócio-ambientais:

- Margens do estuário do Potengi nos locais onde será implantado o emissário de travessia;
- Local de despejo dos efluentes tratados da ETE;
- Outros pontos identificados com risco de processos erosivos;

Após a concreta identificação das áreas, deverá ser elaborado um plano específico de combate à erosão que se ajuste às condições encontradas.

Este Plano poderia incluir um Programa de Controle de Impactos Geológicos e Geomorfológicos, para monitorar e conter deslizamentos provocados por chuvas intensas em solos residuais, através da implantação de eficientes sistemas de drenagem e a adoção de técnicas preservacionistas. Também poderá ser associado a um programa de observação de condições climáticas a ser discutido com a EMPARN – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Rio Grande do Norte, responsável pelo monitoramento das chuvas, a climatologia e a previsão climática.

É importante e desejável a aplicação no monitoramento de tecnologias de geociências (Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas) para, conjuntamente com modelos matemáticos de hidro-sedimentologia, gerar cartas referentes aos indicadores de erosão hídrica do solo, potencial natural de erosão, risco e expectativas de erosão em relação à ocupação das terras, etc., a fim de subsidiar o planejamento sustentável do uso da terra.

Dentre as medidas e ações para combater os processos erosivos, destacam-se o reflorestamento de áreas degradadas e descampadas e o terraceamento em locais onde o processo de erosão já esteja acelerado, conforme avaliações apresentadas nas Medidas Mitigadoras.

13.6. Plano de Monitoramento da ETE e dos Emissários (fases de implantação e operação)

Este Plano tem por finalidade ou objetivo o monitoramento da implementação e operação da ETE e dos emissários de efluentes tratados e não tratados. Diz respeito à segurança do empreendimento e deverá ser de responsabilidade da CAERN, que deverá executá-lo semestralmente a fim de evitar danos desnecessários ao meio ambiente e à saúde da população.

Este Plano se justifica na medida em que os procedimentos a serem adotados evitem ou minimizem a ocorrência dos impactos ambientais decorrentes da execução das obras e de operação da ETE e dos emissários.

Em um primeiro momento deverão ser monitoradas as obras relativas à localização dos canteiros e prédios de apoio à obra; tratamento e deposição de entulhos e resíduos sólidos; tratamento adequado dos efluentes líquidos; controle de possíveis processos erosivos; limpeza do terreno e terraplanagem; recomposição vegetal; treinamento e qualificação dos trabalhadores; segurança, saúde no trabalho e meio ambiente. Esta primeira etapa estará a cargo da empreiteira com fiscalização do empreendedor. Após o recebimento da obra, a área utilizada pelo canteiro de obra deverá ser monitorada por dois meses pelo Empreendedor.

As lagoas de estabilização deverão ser monitoradas durante todo o período de operação, devendo ser levantadas informações sobre: acidentes no seu entorno; processos erosivos nos taludes; funcionamento do sistema, verificação da integridade do sistema implantado, incluindo emissários e estação de tratamento. Estas ações serão de responsabilidade da CAERN, devendo esta implementar um programa de verificação da infra-estrutura implantada e registro de acidentes.

Será de fundamental importância incentivar a população para que esta comunique ao poder público sobre o funcionamento inadequado do sistema de forma que se procedam aos devidos reparos ou se tomem as medidas necessárias.

A meta a ser atingida com este programa é implantar a ETE sem que haja queda na qualidade ambiental da área.

Todos os equipamentos utilizados durante as fases de implantação e operação deverão contar com adaptações adequadas para minimizar a emissão de ruídos ou gases. O tráfego de caminhões e de equipamento pesado durante a etapa de implantação deverá ter seus horários fixados para os momentos nos quais causarem menor perturbação no cotidiano das comunidades locais. Estas atividades deverão ser monitoradas pelo empreendedor (fiscalização).

O transporte de equipamentos ao local da obra se dará pela malha viária, sendo apenas necessário construir/adaptar pequenas vias de acesso ao local de implantação da ETE. O acesso de máquinas de maior porte, como retro-escavadeiras, deverá ser realizado de forma a prevenir acidentes com moradores, utilizando-se sinalização adequada e evitando-se a movimentação em horários de grande circulação de pessoas. Estas ações deverão ser constantemente monitoradas pela empreiteira, devendo esta apresentar relatórios semestrais.

A utilização de equipamentos manuais deverá seguir as normas de segurança, de forma a evitar acidentes com operários. Com o mesmo intuito, será obrigatória a fiscalização do uso de equipamentos de proteção individual (EPI) como capacete, botas, luvas, óculos de proteção e o que mais se fizer necessário.

Todos os movimentos de terra deverão ser realizados segundo o projeto; caberá ao empreendedor fazer a fiscalização destas atividades durante todo o período de atuação e após a entrega das obras. As áreas de bota-fora deverão ser monitoradas pelo empreendedor durante a fase de implantação e após a entrega das obras. Deverá ser verificado o cumprimento de todas as especificações técnicas e medidas mitigadoras estipuladas.

A principal medida de monitoramento ambiental no que se refere ao transporte de materiais diz respeito a cargas potencialmente poluentes e inflamáveis, como ácidos, combustíveis, óleos e produtos químicos em geral. Nesses casos, medidas especiais de segurança devem ser adotadas, bem como planos de controle de poluição em situações de acidentes.

Durante a fase operacional, é importante monitorar os despejos das lagoas de estabilização no corpo receptor a fim de controlar as cargas poluentes lançadas no estuário e evitar acidentes ambientais graves caso seja verificado níveis de poluição do efluente acima do esperado.

Assim, valores das vazões e os parâmetros físico-químicos e micro-biológicos das lagoas de estabilização devem ser monitorados a fim de verificar o correto funcionamento e a eficiência do sistema de tratamento.

Condições mínimas referentes aos padrões de lançamentos dos efluentes, para as quais deve haver monitoramento contínuo ou periódico, devem ser atendidas para a ETE e são estabelecidas na Resolução CONAMA Nº357, de 17 de março de 2005, conforme expresso a seguir:

- Condições de lançamentos de efluentes:
  - pH entre 5 e 9;
  - Temperatura: inferior a 40ºC, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3ºC na zona de mistura;
  - Materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
  - Regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;
  - Óleos e graxas:
    - ✓ Óleos minerais: até 20mg/L;
    - ✓ Óleos vegetais e gorduras animais: até 50mg/L; e
  - Ausência de materiais flutuantes.
  - Parâmetros Inorgânicos
    - ✓ Arsênio total: 0,5 mg/L As;
    - ✓ Bário total: 5,0 mg/L Ba;

- ✓ Boto total: 5,0 mg/L B;
- ✓ Cádmio total: 0,2 mg/L Cd;
- ✓ Chumbo total: 0,5 mg/L Pb;
- ✓ Cianeto total: 0,2 mg/L CN;
- ✓ Cobre dissolvido:1,0 mg/L Cu;
- ✓ Cromo total: 0,5 mg/L Cr;
- ✓ Estanho total: 4,0 mg/L Sn;
- ✓ Ferro dissolvido: 15,0 mg/L Fe;
- ✓ Fluoreto total: 10,0 mg/L F;
- ✓ Manganês dissolvido: 1,0 mg/L Mn;
- ✓ Mercúrio total: 0,01 mg/L Hg;
- ✓ Níquel total: 2,0 mg/L Ni;
- ✓ Nitrogênio amoniacal total: 20,0 mg/L N;
- ✓ Prata total: 0,1 mg/L Ag;
- ✓ Selênio total: 0,30 mg/L Se;
- ✓ Sulfeto: 1,0 mg/L S;
- ✓ Zinco total: 5,0 mg/L Zn;

o Parâmetros orgânicos:

- ✓ Clorofórmio: 1,0 mg/L;
- ✓ Dicloroeteno: 1,0 mg/L;
- ✓ Fenóis totais: 0,5 mg/L C6H5OH;
- ✓ Tetracloreto de Carbono: 1,0 mg/L;
- ✓ Tricloreteno: 1,0 mg/L.

O efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de toxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

Os critérios de toxicidade previstos devem se basear em resultados de ensaios ecotoxicológicos padronizados, utilizando organismos aquáticos, e realizados no efluente.

13.7. Plano de Monitoramento da Qualidade das Águas

Este Plano tem por objetivo o monitoramento da qualidade das águas do estuário do Potengi, com vistas ao controle dos níveis de poluição decorrentes dos despejos de esgotos tratados da ETE da Fazenda Carnaubinha.

Este Plano se justifica na medida em que o monitoramento da qualidade das águas permite avaliar as condições de equilíbrio ambiental do estuário e identificar possíveis sobrecargas da capacidade de autodepuração do corpo hídrico.

Obtidos as concentrações de poluentes presentes na água, é possível comparar as medições com padrões estabelecidos na Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005, a fim de verificar se os níveis de poluição existentes são compatíveis com os usos a que se destina o estuário do Potengi.

O monitoramento sistemático da qualidade das águas estuarinas permite, ainda, acompanhar a evolução temporal dos níveis de poluição no corpo hídrico.

Assim, é necessário um planejamento efetivo da freqüência das amostragens e do número e da localização de estações a serem monitoradas, além dos parâmetros a serem analisados.

Sugere-se que nos dois primeiros anos da operação da ETE sejam realizadas campanhas de coletas com freqüência bimensal, e nos demais anos com freqüência quadrimestral, o que garante que sejam feitas amostragens em períodos de estiagem e períodos chuvosos, de comportamentos diferenciados.

Cada campanha de monitoramento deverá providenciar ainda, para cada estação, coletas e análises tanto na preamar (marés de enchente) como na baixar-mar (maré de vazante). É importante também avaliar a qualidade das águas em épocas de marés de sizígia e quadratura, portanto, recomenda-se que ocorra a alternância quanto a esse aspecto no decorrer do monitoramento sistemático, ou seja, se uma dada campanha de monitoramento ocorreu em período de Sizígia, a próxima deverá ocorrer em período de quadratura, e vice-versa.

Deve-se definir uma rede de estações de amostragem, bem distribuída espacialmente, alocando-se, obrigatoriamente, estações em pontos notáveis, como a montante e a jusante da Fazenda Carnaubinha, do Riacho do Baldo, outro importante ponto de lançamento de esgotos domésticos no Potengi, e do Riacho Golandim, ponto de despejos industriais do DI de Extremoz/Natal. Para garantir a representatividade espacial, recomenda-se um total de 10 a 15 estações de monitoramento ao longo do estuário, abrangendo pontos de coleta desde a Ponte da Redinha até a ponte da cidade de Macaíba.

Os parâmetros a serem analisados são aqueles que guardam relações mais estreitas com as principais fontes poluentes do estuário (esgotos urbanos domésticos e industriais e efluentes das fazendas de carcinicultura) e permitem atuar como indicadores de potenciais problemas a saúde da população e da biota marinha, quais sejam:

- Temperatura (ºC);
- Salinidade (ups);
- Nitrogênio total (mg/L);
- Fósforo total (ug/L);
- Turbidez (UNT);
- Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml);
- Clorofila-a (ug/L);
- Densidade (kg/m3);
- Condutividade Elétrica (mS/cm);
- pH;
- OD (mg/L);
- DBO (mg/L);
- Nitrato e Nitrito (mg/L);
- Amônia Total (mg/L);

- Ortofosfato Solúvel (ug/L);
- Metais (Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Níquel, Zinco, Cobalto e Mercúrio);
- Sólidos Totais, Dissolvidos e em Suspensão (mg/L).

Ressalta-se que a dinâmica da diluição dos poluentes e seu transporte por advecção-dispersão é diretamente influenciado pela hidrodinâmica do corpo hídrico. Assim, recomenda-se que sejam realizadas, no mínimo em pelo menos uma ocasião ou com freqüência anual, medições de correntes em distintos pontos do estuário e em diferentes profundidades, a fim de se aferir e calibrar com precisão um modelo hidrodinâmico e de qualidade das águas que permita avaliar o comportamento do sistema estuarino.

A instituição responsável pelo monitoramento da qualidade das águas será a CAERN, que poderá contar com o apoio da IDEMA, devendo as tarefas de coleta e análise de qualidade das águas ser feitas dentro dos quadros da entidade ou via contratação de funcionários e laboratórios de terceiros, desde que se constituam de profissionais especializados. É interessante fomentar a integração do monitoramento da qualidade das águas estuarinas com o monitoramento dos padrões de balneabilidade das praias de Natal, consolidando informações a respeito da qualidade das águas costeira da capital potiguar. Para tal recomenda-se a criação de um banco de dados com recursos compatíveis com ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas) e com possibilidade de ser disponibilizado para consulta na internet. Esse banco de dados SIG deve ser compatível e consolidado com outras informações de monitoramento (ex: hidrologia, monitoramento do uso e ocupação, áreas de risco de erosão e enchentes, etc.)

É importante advertir que mesmo sendo tratados, os efluentes liberados podem comprometer o uso de uma área restrita para a recreação ou a balneabilidade; algumas atividades como nadar, mergulhar, pescar ficariam restritas no entorno do ponto de lançamento, que estaria corretamente sinalizado. É importante enfatizar que isto não compromete a qualidade ambiental do estuário como um todo, mas que regulariza de maneira segura uma situação que, se perdurasse no tempo, acabaria comprometendo todo o estuário.

Assim, o monitoramento passará a ser obrigatório. Em curto prazo, o monitoramento constante do corpo receptor, a implantação de campanhas educativas e a sinalização em avisos com indicação visível (placas de alerta) sobre a qualidade das águas para recreação, melhorariam a situação ambiental da bacia. Isto é, torna-se importante demonstrar que a intervenção estatal é capaz de regularizar uma situação que pode se agravar com o passar dos anos e que a solução encontrada é cientificamente caracterizada como boa prática ambiental.

Em curto e médio prazo, programas de limpeza dos córregos urbanos, instalação de fossas sépticas e detecção de ligações clandestinas de esgoto na rede pluvial deverão ser adotados, e a população deve ser informada sobre a importância dessas ações, que podem ser implementadas concomitantemente como a implantação da ETE.

14. PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

O Programa de Educação e Controle Ambiental visa ensinar, mostrar, conscientizar e promover as ferramentas necessárias para que a população possa contribuir na melhoria do conforto ambiental da RMN e para que os trabalhadores, inspetores e gerentes envolvidos nas obras e na operação do sistema possam cumprir com todas as medidas de proteção planejadas.

A principal característica deste programa é a sua aplicação nas etapas de implantação, construção e operação do sistema. O programa irá cobrir todos os tópicos ambientais, exigências e problemas potenciais do início ao término da construção, abrangendo todos os aspectos relacionados com o controle e conforto ambiental.

As percepções desenvolvidas sobre os problemas ambientais requerem que se compreenda o contexto sócio-econômico e político em que tais questões foram edificadas. A redução desta problemática a duas crenças, a crença em que a ciência e a tecnologia podem nos socorrer incondicionalmente e a crença em que o único ritmo de produção e consumo nos é dados pela circularidade sazonal da natureza, é o principal empecilho colocado para pensar as relações entre a ação humana e a preservação do meio ambiente.

Neste sentido, pode-se afirmar que a educação ambiental emerge como contexto onde se articulam questões ecológicas e processos sócio–históricos. Este contexto, que pode ser local, regional ou global, poderá ser compreendido como instrumento para a mudança de valores e atitudes ou como estratégia de desenvolvimento. Em qualquer caso, as medidas nele propostas deverão ser adaptadas considerando as características específicas de cada sítio de intervenção e deverão ter legitimidade, pertinência e potencial de mobilização.

O Programa de Educação Ambiental orienta-se a reverter, mitigar, e sempre que possível, evitar a degradação do meio ambiente (meio biótico, abiótico e antrópico) exigindo algumas considerações prévias. Entre elas a necessidade de:

- Qualificação e quantificação dos problemas ambientais já existentes na área sob intervenção, através de uma metodologia legítima e consensualmente discutida entre os órgãos técnicos e a comunidade diretamente envolvida;

- A admissão da co-responsabilidade pelo espaço social que habitamos, tanto na sua construção como na sua preservação e controle, assumindo ao mesmo tempo o ônus e os bônus das nossas ações ou decisões;
- A compreensão do meio ambiente como síntese das relações humanas, nos seus aspectos biológicos, sociais, econômicos, culturais e intersubjetivos.

Assim, assumir a co-responsabilidade na interferência controlada sobre o meio ambiente é o primeiro passo a ser dado na tentativa de mitigar e sempre que possível prevenir danos irreparáveis ou permanentes.

A educação ambiental, formal ou informal, deverá ancorar-se nos impactos concretos provocados pelo empreendimento em questão. O papel da população deverá ser dinâmico, sendo imprescindível que ela exerça as ações de fiscalização pertinentes sempre que aconteçam alterações não controladas no meio ambiente ou sempre que não sejam implementadas as diversas medidas mitigadoras propostas para o sucesso do empreendimento. Sugere-se para tanto, que o empreendedor realize palestras procurando consolidar junto à população envolvida e aos trabalhadores contratados noções relativas à importância ecológica do ecossistema, à preservação das áreas não afetadas pelo empreendimento e à reconstituição das áreas afetadas, estimulando a participação dos diferentes grupos na recuperação sócio-ambiental da região.

A intervenção de outros órgãos públicos será de fundamental importância para garantir a legitimidade das ações. As associações de moradores e outras instâncias organizativas da sociedade civil deverão ser convocadas, e deverá ser garantida a livre participação de todos os envolvidos com o desenvolvimento da região.

O Programa de Educação Ambiental será organizado com base nas práticas e cronogramas estabelecidos para a construção do sistema de drenagem. A empreiteira será a responsável pela apresentação do mesmo a todos os trabalhadores.

O programa formal de treinamento consistirá na apresentação através de figuras, textos, vídeos, folhetos, transparências e outras formas de exposição, dos impactos ambientais e das medidas mitigadoras apresentadas neste relatório.

Seria também proveitoso discutir a relação entre meio ambiente saudável e desenvolvimento. Pode-se afirmar que a educação ambiental é hoje considerada um pré-requisito para o desenvolvimento.

A educação ambiental constitui, assim, um valioso instrumento para a construção de uma sociedade sustentável, capaz de perceber e se conscientizar dos problemas ambientais existentes e identificados. A idéia é a de consolidar um programa educacional voltado ao controle e conforto ambiental, cujos conceitos possam ajudar na construção de uma sólida cidadania, ancorada numa visão crítica e numa perspectiva histórica.

Este programa deverá levar em consideração os desafios da vida contemporânea, aparecendo num plano de destaque os caminhos em direção à promoção da cidadania ambiental.

Um dos grandes desafios na produção de conhecimento e da ação profissional no campo da educação ambiental é o de efetivar um dialogo interdisciplinar que possibilite o aprimoramento tanto da pesquisa acadêmica quanto das práticas profissionais próprias dos educadores ambientais. É consenso entre os atores sociais dedicados a esta problemática que a ciência e a prática profissional na área de educação ambiental têm um certo grau de dificuldade de dialogar com as “demandas urgentes” que surgem no âmbito do dia-a-dia, para as quais não há respostas prontas, nem ações prêt-à-porter.

A ciência que lida com o meio ambiente surge da necessidade de identificar elementos que possam balizar as tomadas de decisão, processos que são cada vez mais dependentes da integração de diferentes campos do conhecimento e atores sociais. Um dos grandes desafios é desenvolver práticas pedagógicas que possam reduzir as barreiras ao dialogo e incentivar o trabalho integrado.

Uma questão relevante, e que poderá ser abordada pelo Programa de Educação Ambiental, diz respeito à compreensão do porque a ação interdisciplinar não conseguir superar as barreiras que se forjam no campo da formação e se perpetuarem na ação prática.

Baseado na atividade prática, este programa poderia estimular a realização de trabalhos em equipe, na realidade concreta, cabendo ao profissional de educação ambiental, a coordenação das atividades que incluiriam:

1. Trabalho de campo, centrado em determinado local e problemática (ex. uso indevido do sistema), que permita explorar a análise de diversos temas sócio-

ambientais (necessidade de implantação de melhorias domiciliares para o bom funcionamento do sistema de esgotamento sanitário, identificação e punição de conexões clandestinas ou irregulares, etc.);

2. Reflexão conjunta e elaboração em equipe dos textos que servirão de base para a discussão da problemática específica com as comunidades diretamente envolvidas;
3. Avaliação dos resultados no contexto das instituições organizativas da sociedade civil, onde os participantes poderão tornar pública a visão sistêmica construída de forma transdisciplicar a partir de uma realidade/problema ambiental concreto.

Por outro lado, não poderão negligenciar-se os importantes documentos produzidos por ocasião da Conferência Rio 92 para a validação da Educação Ambiental no âmbito internacional, são eles: a Agenda 21 (elaborada pelos Chefes de Estado), o Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global (elaborado pelo Fórum Global, realizado paralelamente por ONG's de todo o mundo) e a Carta Brasileira de Educação Ambiental (elaborada pela coordenação do MEC). Estes documentos deverão ser considerados no momento de consolidar este programa de educação ambiental. Além desses importantes documentos a Lei Federal n° 9.796 de 27 de abril de 1999 que institui a Política Nacional de Educação Ambiental deverá ser considerada.

A Agenda 21 Brasileira, concluída em julho de 2002, contém algumas indicações interessantes a respeito da dimensão política da sustentabilidade. Entre outras questões a Agenda 21 brasileira reconhece que:

- O planejamento governamental deve ser um processo de negociação permanente entre o Estado e as instituições da sociedade;
- Negociar é assumir as diferenças e reconhecer nos conflitos de interesse a essência da experiência e dos compromissos democráticos;
- As lutas, os conflitos e as dissidências são formas de liberdades públicas concretas;

- O compromisso democrático impõe a todas as etapas do processo de planejamento o fortalecimento de estruturas participativas e a negação de procedimentos autoritários, que inibem a criatividade e o espírito crítico.

Neste sentido, o programa de educação ambiental deverá contemplar a gestão ambiental como processo capaz de proporcionar as condições necessárias para a produção e aquisição de conhecimentos e habilidades, visando à participação individual e coletiva no gerenciamento e fiscalização do uso de recursos ambientais e na concepção e aplicação das decisões que afetam a sua quantidade e qualidade.

O enfoque da educação ambiental deve favorecer a compreensão das questões tratadas a partir de um olhar complexo e multirreferencial, capaz de integrar os diversos pontos de vista, como suporte para a razão econômica e política.

Para que a educação ambiental possa contribuir nesse processo, é preciso que o educador ambiental atue como intérprete na compreensão das percepções que cada grupo tem sobre o meio ambiente – que também são interpretações sociais e históricas dos diversos interesses e intervenções humanas no meio ambiente. Podem ser abordadas relações complexas e diferenciadas das percepções que cada grupo tem de relações tais como: capital e trabalho, público e privado, necessidades coletivas e interesses privados, que permeiam a relação natureza / sociedade.

Análises sobre o consumo de bens coletivos poderão ser desenvolvidas a partir destas noções, visando à compreensão dos efeitos das intervenções urbanas nas dimensões pessoal e coletiva dos comportamentos e estilos de vida de cada um (Guattari, 1989).

Nesse contexto, também poderá ser abordada a problemática relativa à capacidade de uma determinada estrutura social ser incorporada pelos agentes através de disposições para sentir, pensar e agir. Isto é, é necessário compreender que os hábitos não se diversificam a não ser que mude o tipo de ação (conceito de “habitus”; Pierre Bourdieu, 1972).

Levar em consideração o conceito de “habitus” nos processos educativos implica a superação da dicotomia entre indivíduo e coletividade, para passar a atuar a partir de uma rede de significados (rede que constitui a própria cultura), reforçando a percepção dos interesses comuns compartilhados (essência da cidadania) através da ação.

A principal diretriz deste programa resume-se a: o processo participativo é em essência um processo educativo, isto é, propicia a consolidação de níveis cada vez mais elevados de consciência e organicidade, onde se intensifica ao mesmo tempo a comunicação, a ação, a circulação de informações, a troca de experiências, o diálogo e a negociação.

Desta forma, as temáticas sugeridas são:

- Uso Racional da Água: trabalhos de campo em torno da identificação de tipos de água (água pura, água potável, água poluída, água servida); a transmissão de doenças pela água; escassez, desperdício, poluição, tipos e uso inadequado de sistemas de saneamento; economia de água e redução da poluição.

- Coleta Seletiva de Lixo: Identificação de recicláveis (metal, vidro, plástico e papel), matéria orgânica (elaboração de compostagem e adubos) e rejeitos (não pode ser reciclado); lixo perigoso (exige coleta especial); aterro sanitário; problemas causados pela deposição inadequada de lixo.

- Esgotamento sanitário e Sistema de drenagem: usos e diferencias; destino; propriedades; fiscalização, licenciamento e monitoramento

- Desenvolvimento ambiental e ação administrativa: medidas de preservação ambiental; punição dos responsáveis por infrações graves; aplicação de leis ambientais; sociedade e educação ambiental (campanhas).

15. PROGNÓSTICO AMBIENTAL

Na hipótese da não implantação do Sistema, o cenário ambiental da área de influência prosseguiria em suas atuais tendências evolutivas, de acordo com a realidade regional; ou seja, o estuário do rio Potengi continuaria recebendo efluentes de forma irregular e sem nenhum tratamento, o que não adicionaria nenhum ganho ambiental e agravaria os índices de contaminação.

Com a implantação do Sistema, os bairros beneficiados pelo empreendimento encontrar-se-iam plenamente saneados, diminuindo a incidência de doenças vinculadas às precárias condições sanitárias, e ver-se-iam fortalecidas as condições para o ordenamento do uso e ocupação do solo na região.

A operação do sistema implicará na liberação de esgotos tratados no estuário, revertendo a situação atual de despejos “in-natura” nesse corpo hídrico. Neste sentido, pode-se afirmar que haverá melhorias dos níveis de qualidade da água do estuário como um todo.

Para minimizar os potenciais impactos propõem-se um conjunto de medidas mitigadoras, programas ambientais e planos de monitoramento que visam mitigar/reduzir a possibilidade de ocorrência de impactos negativos e maximizar os impactos positivos acarretados pela implantação do Sistema.

Quanto à implantação da ETE no município de São Gonçalo do Amarante, esperam-se impactos locais negativos, temporários em sua maior parte, porém restritos à área de implantação da mesma. Para esta área, também foram elaborados planos, programas e medidas específicos de mitigação.

A operação adequada das Lagoas de Tratamento garantirá que os despejos lançados no Potengi estejam dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005, evitando a degradação do corpo receptor.

Conforme verificado nas simulações da qualidade das águas, os maiores ganhos ambientais no estuário serão gerados desde que a implantação da ETE das bacias E, F, K seja realizada concomitantemente com outros investimentos em saneamento básico na Região Metropolitana de Natal. Tais investimentos são a ampliação da ETE da Fazenda Carnaubinha para contemplar a bacia I (2º Etapa do

Projeto), a implantação da ETE do Baldo e da ETE da Redinha, o atendimento da população de São Gonçalo do Amarante e de Macaíba por rede de esgotamento sanitário, o tratamento completo dos efluentes dos distritos industriais e o disciplinamento das atividades de carcinicultura no estuário.

Com relação aos aspectos hidrológicos, o estudo de cheias indicou que um evento com recorrência centenária inunda a área da fazenda Carnaubinha já que tal evento atinge cotas topográficas entre 4,0 m e 5,0 m, enquanto que a referida área encontra-se abaixo da cota 4,0 m. Assim, faz-se necessário o alteamento da área de construção da ETE até a cota topográfica 5,0 m a fim de que esta obra não sofra inundações decorrência de uma cheia com recorrência centenária.

Quanto aos aspectos socioeconômicos, estima-se uma melhoria na promoção de processos econômicos, tais como uma indução à demanda de bens e serviços, contratação de trabalhadores e empresas envolvidas com construção, aumento da massa salarial e arrecadação tributária, incrementados por conta da fase de implantação.

Já na fase de operação, tais contribuições referem-se à diminuição paulatina dos índices de contaminação por liberação inadequada, clandestina ou irregular de esgotamento sanitário sem tratamento. A nova infra-estrutura urbana gerada se torna atrativa para demais investimentos, e promove sustentabilidade no desenvolvimento socioeconômico.

A paisagem regional não seria afetada negativamente. Pelo contrário, com a implantação das medidas mitigadoras e dos planos de controle, o empreendimento poderá resultar não apenas na recuperação de áreas degradadas por conseqüência da obra, mas na recuperação de áreas de passivos ambientais já existentes, atuando como um fator de contribuição positiva e de melhoria dos aspectos paisagísticos locais e regionais.

Devem ser tomadas ainda medidas para incentivar o uso múltiplo do estuário e a obtenção de consenso entre os seus diferentes usuários.

Mesmo com todos os cuidados que devem ser tomados durante a implantação e operação de um empreendimento desta natureza, impactos nos meios físico, biótico e socioeconômico são inevitáveis. Contudo, a implantação efetiva das medidas

mitigadoras e dos planos e programas de controle e proteção ambiental apresentados neste relatório, permitirão que o empreendimento se desenvolva adequadamente, garantindo a sua viabilidade ambiental.

Verifica-se, assim, que as alterações a serem provocadas pelo empreendimento sobre a qualidade futura do ambiente podem ser perfeitamente controladas e minimizadas, contribuindo para melhorar os baixíssimos índices de esgotamentos sanitários de bairros da zona oeste de Natal.

Com a implantação do Sistema de Esgotamento e da ETE, a situação sanitária das três bacias (E, F, K) irá melhorar consideravelmente, além de que a infiltração dos esgotos no aqüífero da cidade e o lançamento de cargas poluentes no estuário serão drasticamente reduzidos, minimizando a possibilidade de contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos disponíveis para abastecimento humano e para outras atividades.

16. EQUIPE TÉCNICA

NOME	FORMAÇÃO
Elano Lamartine Leão Joca	Eng Civil e Msc Recursos Hídricos - CREA CE 13.712-D
José Alexandre Moreira Farias	Eng Civil e Msc Recursos Hídricos - CREA CE 14.187-D
Pedro Antonio Molinas	Eng Msc Recursos Hídricos
Alejandra Silva Bentolila	Doutora em Sociologia
Felipe Fernandes Viana de Araújo	Eng Civil e Msc Recursos Hídricos - CREA CE 38.200-D
Jefferson Régis Dantas do Nascimento	Geólogo - CREA CE 41.068-D
Paulo Silas de Sousa	Eng Agronomo CREA CE 12.637-D
Karla Holanda Marques	Matemática e Téc em Estradas e Topografia - CREA CE 40.114-TD
Paulo André Rocha dos Santos	Estudante Engenharia 5º ano

17. BIBLIOGRAFIA

ABBASI, S., Environmental Impact of water resources Projects. Discovery Publish Hause New Delphi, 1991.

ADAMS, Charles C. The relation of general ecology to human ecology. Ecology, v.16, n. 3, jul. 1935.

AGENDA 21 BRASILEIRA - Ações Prioritárias/Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. 2002.

ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D. e SMITH, M. Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO, Rome, Italy; 1998.

ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.1977. Províncias estruturais brasileiras. VIII Simp. Geol. Nordeste. Atlas. 363-391.

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Resolução n° 037, de 27 de Agosto de 2001. Brasília – DF; 2001a.

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Resolução n° 038, de 27 de Agosto de 2001. Brasília – DF; 2001b.

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Resolução n° 045, de 26 de Setembro de 2001. Brasília – DF; 2001c.

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Resolução n° 342, de 19 de Novembro de 2002. Brasília – DF; 2002a.

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Resolução n° 387, de 2 de Dezembro de 2002. Brasília – DF;2002b.

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Resolução n° 015, de 13 de Janeiro de 2003. Brasília – DF; 2003a.

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Resolução n° 136, de 25 de Março de 2003. Brasília – DF; 2003b.

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Resolução n° 162, de 14 de Abril de 2003. Brasília – DF; 2003c.

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Resolução n° 227, de 16 de Junho de 2003. Brasília – DF; 2003d.

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Resolução n° 036, de 18 de Janeiro de 2005. Brasília – DF; 2005a.

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Resolução n° 046, de 03 de Fevereiro de 2005. Brasília – DF; 2005b.

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Resolução n° 053, de 03 de Fevereiro de 2005. Brasília – DF; 2005c.

ALVARGONZALEZ, R - O Desenvolvimento do Nordeste Árido, Vol 1 e 2, Ministério do Interior, DNOCS, Fortaleza-CE, 1984.

AMORIM, M., Labirintos da Autonomia, Ed. UFC, 1995.

ANA (2006). Sistema de Informações Hidrológicas (SIH) da Agência Nacional de Águas. http://hidroweb.ana.gov.br/ (em fevereiro de 2006).

ANDRADE, M. C. 1986. A terra e o homem no Nordeste. São Paulo, Editora Atlas, 239 p.

ANDRADE, G; LINS, R- Os Climas do Nordeste, In: As Regiões Naturais do Nordeste, o Meio e a Civilização, CONDEPE, Pg. 95/138, Recife-PE, 1971.

ARAÚJO, F. F. V. (2005). Simulação da qualidade de água e hidráulica para avaliar impactos dos efluentes da carcinicultura em trecho do Baixo Jaguaribe. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará.

BEGGS, Donald. The interdisciplinary constraint on ecological reason. Philosophy & Tecnology, 2:3-4, p.47-54, 1997.

BENEMA, J & CAMARGO, M.N. Delineamento esquemático dos Solos do Brasil. Separata da Pesquisa Agropecuária Brasileira, Vol. I, I: 47-54, 1966.

BERNARDES, A.T., MACHADO, A., RYLANDS, A., Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção, Fundação Biodiversitas para a Conservação da diversidade Biológica, Belo Horizonte, 1990.

BOURDIEU, P. (1972). *Squisse d´une Théorie de la Pratique.* Libraire Droz. Paris.

BOWIE ET AL. (1985). Rates, constants, and kinetics formulations in surface water quality modeling. Environmental Research Laboratory Office of research and Development U.S. Environmental Protection Agency. Athens, Georgia.

BRASIL (1981). *Projeto RADAMBRASIL*. Folhas SB. 24/25 Jaguaribe/Natal: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Levantamento de Recursos Naturais, Volume 23. Ministério das Minas e Energia. Rio de Janeiro, RJ.

BRAGA, R., Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará. Fortaleza - IOCE,1960.

BRASIL. Projeto Radam Brasil – Levantamento de Recursos Naturais Volume 23 – Folhas SB.24/25 Jaguaribe/Natal. Ministério das Minas e Energia / Secretaria-Geral. Rio de Janeiro, 1981.

BRASIL. Resolução CONAMA n. 237, de 19 de dezembro de 1997. Online. Disponível na Internet http//www.lei.adv.br/conama01.htm

BRASIL. Resolução CONAMA n. 5, de 15 de junho de 1988. Online. Disponível na Internet http//www.lei.adv.br/conama01.htm

BRASIL. Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005.

BUCKMAN, HARRY O. & BRADY, Nyle C. Natureza e Propriedades dos solos. São Paulo, Livraria Freitas Bastos S.A. 1978.

CAERN, Estudo Preliminar de Avaliação da Capacidade Suporte do Estudo do Rio Potengi. Acquatool Consultoria S/S Ltda. Natal, RN.

CAMARA G, SOUZA RCM, FREITAS UM, GARRIDO J, MITSUO F. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

CAMPOS, J. e LIMA, H. Gerenciamento de Secas no Nordeste do Brasil: Conceitos e Práticas. X Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 1993.

CARMARGO, M.N. & BENEMA, J. Segundo esboço parcial de classificação de Solos Brasileiros - Subsídio à VI reunião técnica de levantamento de Solos. Rio de Janeiro, M.A, DPFS.1964. 17 p.

CAMARGO, M.N. Classificação de solos treinamento para levantamento de solo. Rio de Janeiro, M.A, DPFS, 1966. 19 p.

CAVALCANTI NETO, M.T.O. 1994. A geologia do Estado do Rio Grande do Norte - Uma abordagem genérica. ETFRN. Natal/RN.

CBGB, Comitê Brasileiro de Grandes Barragens. Auscultação e Instrumentação de Barragens no Brasil. II Simpósio sobre Instrumentação de Barragens – Volumes 1 e 2. Belo Horizonte, MG; 1996.

CHOW, V.T. (1973). Open-channel Hydraulics. McGraw-Hill Book Company, Singapore. ISBN: 0-07-085906-X, 1973.

COLE, T. & WELLS, S. A. (2003). CE-QUAL-W2: A Two Dimensional, Laterally Averaged, Hydrodynamic and Water Quality Model, Version 3.2. User Manual. 54 p.

CONAMA (1985). Resolução n° 004, de 18 de setembro de 1985.

CONAMA (2002). Resolução n° 303, de 20 de março de 2002.

CONAMA (2005). Resolução n° 357, de 17 de março de 2005.

COORDENADORIA DO MEIO AMBIENTE (CMA) - Perfil Ambiental do Estado do Rio Grande do Norte (Relatório Estadual), Natal, CMA, 1992.

CORREA, ALTIR A.M. Métodos de combate à erosão do solo. Série didática n.º 17. Rio de Janeiro, Edições SIA, 1959.

CPRM (2001). *Mapa Geológico do Brasil.* CD-ROM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM.

CRUZ, Paulo Texeira. 100 Barragens Brasileiras – Casos Históricos, Materiais de Construção, Projeto. Oficina de Textos. São Paulo, SP; 1996.

DEUSTH, L., PUGLIA, L. R. Os Animais Silvestres: Proteção, Doenças e Manejo. Globo, Rio de Janeiro, 1988.

DNMET (1992). Normais Climatológicas (1961 – 1990). Departamento Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Brasília, DF.

DOORENBOS, J., PRUITT, W. Crop Water Requierements, Rome: FAO, 1977.

DUQUE, José Guimarães - O Nordeste e as Plantas Xerófilas, Coleção Mossoroense, Vol. CXLIII, Mossoró-RN, 1980.

DUNNING, J.S., South American Land Birds. Sponsored by the World Wildlife Fund, Harrowood Books, 1982.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, 1999.

ESTEVES, F. A., Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro, FINEP, 1988.

FERRI, M.G, Vegetação Brasileira, Ed. Itatiaia, Belo Horizonte, 1980.

GALETI, P., Conservação do Solo, Reflorestamento, Clima. Instituto de Campinas.

GONÇALVES, J. C., CERVENKA, C. J. & STOCEDO, A. E. P., Simpósio de Recuperação de Áreas Degradadas. Rio de Janeiro, UFRJ. 1991, p. 89-94. (In: Anais do Workshop sobre Recuperação de Áreas Degradadas, 1. Itaguaí, 1990).

GUATTARI, F. (1989). As Três Ecologias. Papirus. São Paulo, SP.

HENRIQUES, A.G., Aspectos Metodológicos da Avaliação de Impactos Ambientais de Empreendimentos Hidráulicos. Revista da Associação Portuguesa de Recursos Hídricos. V.6, n.º 1. 22 p.

HARGREAVES, G.H. Potential Evapotranspiration and Irrigation Requirements for Northeast Brazil. On-Farm Water Management Research Program. Utah State University, Utah, EUA; 1974.

HARGREAVES, G.H. e MERKLEY, G.P. Fundamentos del Riego. Water Resources Publications, LLC. Utah State University, Utah, EUA; 2000.

HERBST, P., BREDENKAMP, D., BARKER, H., A Thecnique for the Avaluation of Droight from Rainfall Data, Journal of Hydrology, Vol.4, 1966.

HIEZ, G.L.G. & RANCAN, L (1983). Aplicação do Método do Vetor Regional no Brasil. V Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, 1983.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (FIERN) - Rio Grande do Norte. Natal, FIERN,1994.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (FIERN) - Indicadores Industriais. Natal, FIERN.

IBGE, Contagem da População 1996 – Rio Grande do Norte, Rio de janeiro IBGE, 1997.

IBGE. Atlas Nacional do Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Diretoria de Geociências. 3º Edição. Rio de Janeiro, 2000.

IBGE. Censo Demográfico. www.ibge.gov.br; 2000a.

IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. CD-ROM, Rio de Janeiro – RJ; 2000b.

IBGE. Cadastro Central de Empresas. www.ibge.gov.br; 2002a.

IBGE. Produção Agrícola Municipal. www.ibge.gov.br; 2002b.

IBGE. Produção Pecuária Municipal. www.ibge.gov.br; 2002c.

IBGE (2003). Base Cartográfica Integrada Digital do Brasil ao Milionésimo. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rio de Janeiro, 2003.

IDEMA (2003). Estudo para Implantação do ZEE dos Estuários do Rio Grande do Norte e seus Entornos. Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente – IDEMA. Natal, 2003.

IDEMA (2006). Pólo Costa das Dunas. Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente – IDEMA. Natal, 2006.

INMET (1992). Normais Climatológicas (1961 – 1990). Instituto Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Brasília, DF. 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA) - Diagnóstico Florestal do Rio Grande do Norte. Natal, 1993. (Projeto PNUD/FAO/IBAMA).

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEC) - Diagnóstico Estadual do Estado. Natal, IDEC, 1978. (Recursos Naturais).

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEC) - Diagnóstico Estadual do Estado Natal, IDEC, 1978. (Aspectos Econômicos).

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEC) - Diagnóstico Estadual do Estado Natal, IDEC, 1978. (Aspectos Sociais).

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEC) - Análise das Informações Sócio-Econômicas dos PNAD'S - 1985 a 1990. Natal, IDEC, 1992.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEC) - Anuário Estatístico do Rio Grande do Norte. Natal, IDEC, 1994.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEC) - Classificação Sócio-Econômica dos Municípios do Rio Grande do Norte. Natal, IDEC, 1987.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEC) - Componentes da Dinâmica Demográfica: Fecundidade, Mortalidade e Migração. Natal, 1990.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEC) - Desempenho da Economia Potiguar. Natal, IDEC, 1990.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEC) - Diagnóstico Ambiental e Sócio-Econômico do Litoral Oriental do Estado do Rio Grande do Norte. Vol. 1. Natal, IDEC, 1994. (Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro).

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEC) - Distribuição de Renda do Rio Grande do Norte e Natal, Natal, IDEC, 1987.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEC) - Indicadores de Qualidade de Vida por Município - 1991. 8o Vol. Natal, IDEC, 1996.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEC) - Rio Grande do Norte: Alguns Indicadores Gerais. Natal, IDEC,1996.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEC) - Potencialidades/Oportunidades do Rio Grande do Norte. Natal, IDEC, 1995.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEC) / FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA (UNICEF) - Crianças e Adolescentes no Rio Grande do Norte - Saúde, Educação e Trabalho. Natal, IDEC, UNICEF, 1993.

JUCHEM, P. A. et alli, Manual de Avaliação de Impactos Ambientais, Curitiba, SUREMA/GTZ, 1992.

LANA, E., Sistemas de Gestão dos Recursos Hídricos: Análise de Alguns arranjos institucionais, Ciência & Ambiente, UFSM, Vol1, n.1, Jul. 1990, Santa Maria, RS, p.21.

LEFF, Enrique; Educação ambiental e desenvolvimento sustentável. In: REIGOTA, M. (Org.) Verde Cotidiano, o meio ambiente em discussão. Rio de Janeiro: DP&A. 1999

LEFF, Enrique. Epistemologia ambiental. Tradução. Sandra Valenzuela). São Paulo: Cortez. 2000.

LEPSCH, F.J. Perfil do Solo. In: Elementos de pedologia. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1972. P. 333 – 350.

LEOPOLD, L.B., CLARKE, F.S. e HANSHAW, B. (1971). A procedure for evaluating environmental impact. Washington, U.S. Geological Survey, (circular 645).

MACHADO, P. A. L., Direito Ambiental Brasileiro. São Paulo, Malheiros Ed., 1992. 606 p.

MENDES, B., Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável do Semi-árido, SEMACE, Fortaleza, 1997.

MENESES, P. R. e NETTO, J: S: M: Sensoriamento Remoto - Reflectância dos Alvos Naturais. Editora Universidade de Brasília –UnB e Embrapa. Brasília, 2001.

MMA (2006). Lista Nacional das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção. www.mma.gov.br (em fevereiro de 2006).

MOURA, H. A. e TEIXEIRA, P. 1997. As tendências recentes do crescimento populacional nordestino. In USP, Estudos Avançados , v. 11, nº 29. São Paulo, USP/IEA.

MOTA, S, Preservação e Conservação de Recursos Hídricos, Rio de Janeiro, ABES, 1995.

NÓBREGA, M. T. (1998). Simulação do comportamento dos transients hidráulicos na calha do Rio Cocó. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará.

OLIVEIRA, A.I. & LEONARDOS, O.H. 1940. Geologia do Brasil. DNPM. 450 p.

PRADO, HÉLIO DO MANEJO DOS SOLOS: descrições pedológicas e suas implicações. São Paulo, Livraria Nobel S.A, 1991.

PREFEITURA MUNICIPAL DE Natal. Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município.

REY, L., Prevenção dos Riscos para a Saúde, Decorrentes dos Empreendimentos Hidráulicos. Revista Médica de Moçambique, Vol.I, N2, Moçambique, 1982.

RODAL, M. J. N; SAMPAIO, E.V de S.B.; FIGUEIREDO, M.A. Manual sobre Métodos de Estudos Florísticos e Fitossociológico, SBB, Brasília, 1992.

SERHID, Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte. HIDROSERVICE Engenharia Ltda., Natal – RN; 1998.

SERHID, Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte. Digitalização e Atualização da Base Cartográfica Digital do Estado do Rio Grande do Norte, ACQUATOOL Consultoria S/S Ltda., Natal – RN; 2003.

SERHID, Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte. Documentação disponível no Site, 2006.

SERHID (2004). Revisão do Projeto Executivo das Obras de Controle de Enchentes e Drenagem na Cidade de Macaíba. Governo do Estado do Rio Grande do Norte / Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte (SERHID), 2004.

SINGER, P. 1976. Economia política da urbanização. São Paulo, Ed. Brasiliense.

SICK, H., Ornitologia Brasileira, Uma Introdução. Brasília, Ed. Universidade de Brasília, 1986.

STRANG, D.M.G.D. (1972). Análise Climatológica das Normais Pluviométricas do Nordeste Brasileiro. Centro Técnico Aeroespacial de São José dos Campos.

SUDENE. Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado do Rio Grande do Norte. Convênio MA/DNPEA-SUDENE/DRN e Convênio MA/CONTAP/USAID/Brasil. Recife, 1971.

TABORGA TORRICO, J.J. (1974). “Isozonas”, in Práticas hidrológicas. Rio de Janeiro, RJ, pp. 9-18, 1973.

TAUK S. M.(Org.) Análise Ambiental: Uma Visão Multidisciplinar, Unesp Editora, São Paulo 1991.

TOMMASI, L. R., Estudo de Impacto Ambiental, São Paulo: CETESB: Terragraph Artes e Informática, 1993.

TSE (2004). Consulta de Resultados Eleitorais. www.tse.gov.br (em fevereiro de 2006).

TUNDISI, J.G., Limnologia e Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos, Avanços Conceituais e metodológicos, Ciência & Ambiente, UFSM, Vol1, n.1, Jul. 1990, Santa Maria, RS, p.9.

TUCCI, C.E.M. (1986). Modelos Matemáticos em Hidrologia e Hidráulica. Revista Brasileira de Engenharia – RBE. Rio de Janeiro, RJ. 1986.

USACE (2000). Hydrologic Modeling System HEC-HMS – Technical Reference Manual. Hydrologic Engineering Center, Davis-CA, 2000.

USACE (2001). River Analysis System HEC-RAS – Hydraulic Reference Manual. Hydrologic Engineering Center, Davis-CA, 2001.

VIOLA, E. e LEIS, H; O ambientalismo multissetorial no Brasil para além da Rio 92: O desafio de uma estratégia globalista viável, Brasília, 1993.