



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ

Secretaria dos Recursos Hídricos

Frecheirinha



BARRAGEM FRECHEIRINHA

Estudo de Impacto Ambiental (EIA)
Volume IA - Textos (Cap. 01 a 05)



EPF
ENGENHARIA

Edição Final
Novembro/2020



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

BARRAGEM FRECHEIRINHA

Estudo de Impacto Ambiental (EIA)

Volume IA – Textos (Cap. 01 a 05)



APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

A empresa **TPF Engenharia Ltda** e a **Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH-CE)** celebraram o contrato nº 03/SRH 2017, que tem como objetivo a “Contratação de Serviços de Consultoria para a Elaboração dos Estudos de Viabilidade, Estudos Ambientais (EIA-RIMA), Levantamento Cadastral, Plano de Reassentamento e Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha no Município de Frecheirinha, no Estado do Ceará, cujo objetivo principal é a criação de um reservatório no rio Caiçara com o intuito de promover o abastecimento humano e animal, lazer, piscicultura, e, como objetivo secundário, a irrigação.

As fases para o desenvolvimento do projeto executivo da Barragem Frecheirinha foram as seguintes:

- **FASE A – ESTUDO DE VIABILIDADE**

- ETAPA A1 - Estudos de Alternativas de Localização da Barragem – Relatório de Identificação de Obra – RIO - e Viabilidade Ambiental (EVA)
 - ✓ Volume I – Relatório de Identificação de Obras – RIO e Estudos de Viabilidade Ambiental - EVA
 - Tomo 1 – Estudo de Alternativas de Localização da Barragem
 - Tomo 1A – Desenhos
 - Tomo 1B - Anexos
 - Tomo 2 – Estudos de Viabilidade Ambiental
- ETAPA A2 - Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem
 - ✓ Volume I - Estudos Básicos
 - Tomo 1 – Relatório Geral
 - Tomo 2 – Cartografia (Textos)
 - Tomo 2A - Cartografia (Desenhos)
 - Tomo 2B - Cartografia Memória de Cálculo - (Croquis e Fotos)

- Tomo 2C – Estudos Topográficos
- Tomo 3 – Hidrologia (Textos)
- Tomo 4 – Geologia e Geotecnia (Textos)
- Tomo 4 A – Geologia e Geotecnia (Anexos) – Partes I, II, III e IV
- ✓ Volume II - Anteprojeto da Barragem
 - Tomo 1 - Relatório de Concepção do Anteprojeto
 - Tomo 1A - Desenhos
 - Tomo 1B - Memória de Cálculo
- ETAPA A3 - Relatório Final de Viabilidade Técnico, Econômico e Financeiro - RFV.
 - ✓ Volume I - Relatório Final de Viabilidade Técnico, Econômico e Financeiro da Barragem.
- **FASE B – ESTUDOS AMBIENTAIS, LEVANTAMENTOS CADASTRAIS E PLANO DE REASSENTAMENTO.**
 - **ETAPA B1 – Estudos dos Impactos no Meio Ambiente (EIA-RIMA)**
 - ✓ Volume I – Estudo de Impacto Ambiental (EIA) - Textos
 - ✓ **Volume IA – Textos (Cap. 01 a 05)**
 - ✓ Volume IB – Textos (Cap. 06 a 14)
 - ✓ Volume II – Estudo de Impacto Ambiental (EIA) – Desenhos
 - ✓ Volume III - Relatório de Impacto Ambiental (RIMA)
 - ✓ Volume IV – Plano de Desmatamento Racional da Bacia Hidráulica
 - ETAPA B2 - Levantamento Cadastral e Plano de Reassentamento
 - ✓ Volume I - Levantamento Cadastral
 - Tomo 1 – Relatório Geral
 - Tomo 2– Laudos Individuais de Avaliação

- Tomo 3 – Levantamento Topográfico
- ✓ Volume II – Relatório de Reassentamento
 - Tomo 1- Diagnóstico
 - Tomo 2 – Detalhamento do Projeto de Reassentamento
 - Tomo 3 – Relatório Final de Reassentamento
- **FASE C - PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM**
 - ETAPA C1 - Projeto Executivo da Barragem
 - ✓ Volume I - Detalhamento do Projeto Executivo da Barragem
 - ETAPA C2 - Instruir a elaboração do Certificado de Avaliação da sustentabilidade de Obra Hídrica – CERTOH
 - ✓ Volume I - Instruir a elaboração do Certificado de Avaliação da sustentabilidade de Obra Hídrica – CERTOH

ÍNDICE

Página

APRESENTAÇÃO	2
ÍNDICE	6
1 - INTRODUÇÃO	16
1.1 - IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR	17
1.2 - IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA RESPONSÁVEL PELO EIA/RIMA	17
2 - CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO	18
2.1 - HISTÓRICO DO EMPREENDIMENTO	19
2.2 - LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	20
2.3 - OBJETIVOS DO EMPREENDIMENTO	21
2.4 - JUSTIFICATIVAS SOCIOECONÔMICA E AMBIENTAL	21
2.5 - ESTUDO DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E LOCACIONAIS.....	24
2.6 - ESTUDOS BÁSICOS.....	28
2.6.1 - Estudos Cartográficos	28
2.6.2 - Estudos Topográficos.....	29
2.6.3 - Estudos Hidrológicos.....	33
2.6.3.1 - Caracterização da Bacia Hidrográfica	34
2.6.3.2 - Caracterização Climatológica.....	35
2.6.3.3 - Vazão de Regularização do Reservatório.....	40
2.6.3.4 - Estudo de Cheias.....	41
2.6.4 - Estudos Geológicos e Geotécnicos	43
2.6.4.1 - Geologia Regional	43
2.6.4.2 - Geologia Local.....	45
2.6.4.3 - Geotecnia.....	49
2.6.4.4 - Materiais de Empréstimos.....	55
2.7 - CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DO PROJETO	58
2.7.1 - Arranjo Geral das Obras	58
2.7.2 - Barragem Principal	59
2.7.3 - Vertedouro.....	61
2.7.4 - Diques	61
2.7.5 - Tomada d'Água e Equipamentos Hidromecânicos	62
2.8 - TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO	62

2.9 - FICHA TÉCNICA	63
2.10 - INTERFERÊNCIA COM INFRAESTRUTURA EXISTENTE	64
2.11 - CUSTOS E CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DO PROJETO	65
2.12 - VIABILIDADE FINANCEIRA E ECONÔMICA DO PROJETO	67
2.12.1 - Viabilidade Financeira	67
2.12.2 - Viabilidade Econômica.....	69
2.13 - CANTEIRO DE OBRAS.....	72
2.14 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NAS OBRAS	72
2.15 - ORIGEM E QUANTIFICAÇÃO DA MÃO DE OBRA EMPREGADA.....	73
3 – DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	75
3.1 - DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DO EMPREENDIMENTO	76
3.2 - CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO	79
3.2.1 - Aspectos Geológicos	79
3.2.1.1 - Formação Caiçaras.....	85
3.2.1.2 - Formação Trapiá.....	86
3.2.2 - Aspectos Geomorfológicos.....	88
3.2.3 - Sismicidade	90
3.2.4 - Recursos Minerais.....	98
3.2.5 - Interferências com Áreas de Relevo Cárstico.....	102
3.2.6 - Interferências com Patrimônio Paleontológico.....	104
3.2.7 - Recursos Edáficos.....	104
3.2.8 - Uso Atual dos Solos.....	106
3.2.9 - Aspectos Climatológicos	108
3.2.10 - Recursos Hídricos Superficiais.....	114
3.2.10.1 - Hidrografia	114
3.2.10.2 - Bacia do Coreau / Itacolomi.....	120
3.2.10.3 - Sub-bacia do Rio Caiçara.....	121
3.2.11 - Recursos Hídricos Subterrâneos.....	122
3.3 - CARACTERIZAÇÃO DO MEIO BIÓTICO	123
3.3.1 - Flora.....	123
3.3.2 - Fauna.....	129
3.3.3 - Unidades de Conservação e Reservas Ecológicas	136
3.3.4 - Ocorrências de Espécies da Flora e da Fauna Endêmicas ou Ameaçadas de Extinção	139
3.4 - CARACTERIZAÇÃO DO MEIO ANTRÓPICO	140
3.4.1 - Área de Influência Indireta.....	140
3.4.1.1 - Dinâmica Populacional	140

3.4.1.2 - Qualidade de Vida da População	143
3.4.1.3 - Terras Indígenas e Quilombolas	153
3.4.1.4 - Infraestrutura Física e Social	153
3.4.1.5 - Atividades Econômicas	167
3.4.1.6 - Patrimônios Histórico, Cultural, Paleontológico e Arqueológico	176
3.4.2 - Área de Influência Direta	179
3.4.2.1 - Caracterização Jurídica dos Imóveis e Estrutura Fundiária	179
3.4.2.2 - Aspectos Demográficos	182
3.4.2.3 - Aspectos Sociais	184
3.4.2.4 - Infraestrutura de Uso Público Existente e Interferências	191
3.4.2.5 - Aspectos Econômicos	191
3.4.2.6 - Expectativas da População Ante a Implantação do Reservatório	194
4 - ZONEAMENTO AMBIENTAL	198
4.1 - GENERALIDADES	199
4.2 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	200
4.3 - IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS AMBIENTAIS	203
5 - INSTRUMENTOS DE GESTÃO E CONTROLE AMBIENTAL	208
5.1 - COMPATIBILIZAÇÃO DO PROJETO COM A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL VIGENTE	209
5.2 - COMPATIBILIZAÇÃO DO PROJETO COM PLANOS E PROGRAMAS CO-LOCALIZADOS	228
5.3 - SITUAÇÃO DO PROCESSO DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL DO PROJETO	229
5.4 - INSTITUIÇÕES INTEGRANTES DA MATRIZ INSTITUCIONAL DO PROJETO	229

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1 - Curva intensidade-duração-frequência para a bacia da Barragem Frecheirinha, com $tr=1.000$ e 10.000 anos.....	37
Figura 2.2 - Chuva balanceada - $Tr=1.000$ anos	37
Figura 2.3 - Chuva balanceada - $Tr=10.000$ anos	38
Figura 2.4 - Diagrama triangular de regularização do Frecheirinha	40
Figura 2.5 – Cronograma de Implantação das Obras.....	66
Figura 3.1 – Foliação Preferencial NE – SW Ardósias da Formação Caiçaras.....	83
Figura 3.2 – Concentrações dos Polos da Foliação, mostrando Planos Médios	83
Figura 3.3 – Ardósia no Rio das Minas com Fraturas Ilustrando Processo de Migração do Ferro	84
Figura 3.4 – Concentrações dos Polos das Fraturas nas Ardósias.....	84
Figura 3.5 – Ardósia da Formação Caiçaras Vermelho-amarronzada com Clivagem Ardosiana	85
Figura 3.6 – Sismicidade na Região Nordeste do Ceará.....	90
Figura 3.7– Domínios Tectônicos do Estado do Ceará	93
Figura 3.8 – Distribuição Geográfica da Sismicidade Global, no Período 1980/99, para Sismos de Magnitude > 5 mb.....	96
Figura 3.9 - Campos de Calcário do Grupo Ubajara na Depressão Interplanáltica Semiárida do Alto Coreaú.....	99

LISTA DE QUADROS

	Páginas
Quadro 2.1 - Principais Características dos Boqueirões Barráveis	25
Quadro 2.2 – Comparação dos Custos.....	26
Quadro 2.3 – Ponderação dos Fatores Locacionais Positivos e Negativos	27
Quadro 2.4 - Relação de Marcos no Eixo da Barragem	31
Quadro 2.5 - Dados Físicos da Bacia Hidrográfica da Barragem Frecheirinha.....	34
Quadro 2.6 - Temperaturas Médias Máximas, Mínimas e Compensadas (°C)	35
Quadro 2.7 - Chuva de projeto balanceada – Tr= 1.000 anos e 10.000 anos.....	38
Quadro 2.8 - Cálculo do Volume Anual Regularizado	41
Quadro 2.9 - Resultados dos Estudos de Cheia Tr=1.000 anos	42
Quadro 2.10 - Resultados dos Estudos de Cheia Tr=10.000 anos	43
Quadro 2.11 - Dados Gerais das Sondagens à Percussão no Eixo do Barramento.....	50
Quadro 2.12 - Dados Gerais das Sondagens Mistas no Eixo do Barramento	51
Quadro 2.13 - Ensaios de Perda d'Água sob Pressão (Lugeon) no Eixo do Barramento.....	52
Quadro 2.14 - Dados Gerais das Sondagens Mistas no Vertedouro.....	54
Quadro 2.15 - Ensaios de Perda d'Água sob Pressão (Lugeon) nos Eixos dos Vertedouros	55
Quadro 2.16 – Características das Jazidas de Empréstimos	56
Quadro 2.17 – Localização, Volumes e Distâncias dos Areais	58
Quadro 2.18 - Custos das Obras do Reservatório.....	65
Quadro 2.19 - Resultados da Avaliação Econômica e Análise de Sensibilidade dos Fluxos Básicos de Custos e benefícios dos Usos Múltiplos da Barragem Frecheirinha.....	71
Quadro 2.20 – Edificações Mínimas no Canteiro de Obras.....	72
Quadro 2.21 – Quantidade Mínima de Equipamentos Necessários.....	73
Quadro 2.22 – Quantificação da Mão de Obra Empregada	73
Quadro 3.1 - Nordeste do Ceará: Principais Sismos de Magnitude $\geq 3,0 m_b$	91
Quadro 3.2 - Principais Características das Áreas Requeridas para Exploração Minerária Identificadas	101

Quadro 3.3 - Áreas Requeridas para Exploração Minerária	102
Quadro 3.4 - Parâmetros Climatológicos da Área do Projeto Estações Sobral e Acaraú	109
Quadro 3.5 - Principais Reservatórios da Região Hidrográfica do Coreaú	116
Quadro 3.6 - Sistemas Adutores da Região Hidrográfica do Coreaú	118
Quadro 3.7 - Áreas das Bacias da Região Hidrográfica do Coreaú	119
Quadro 3.8 - Variáveis Adotadas na Classificação do Estado de Trofia dos Reservatórios	121
Quadro 3.9 – Inventário da Flora da Área do Projeto	128
Quadro 3.10 – Inventário da Mastofauna da Área do Projeto	130
Quadro 3.11 – Inventário da Avifauna da Área do Projeto	131
Quadro 3.12 – Inventário da Herpetofauna da Área do Projeto	134
Quadro 3.13 – Inventário da Ictiofauna da Área do Projeto.....	135
Quadro 3.14 - Unidades de Conservação Presentes nos Territórios dos Municípios Integrantes da Região Hidrográfica do Coreaú	136
Quadro 3.15 - Evolução da População e Distribuição Geográfica – 2010	140
Quadro 3.16 - Evolução da Taxa de Crescimento da População – 2000/2010.....	142
Quadro 3.17 – Indicadores da Educação de Crianças e Jovens – 2000/2010.....	144
Quadro 3.18 – Nível de Escolaridade da População Adulta (%) – 2000/2010	145
Quadro 3.19 – Rendimento Nominal Mensal Domiciliar - 2010.....	147
Quadro 3.20 – Distribuição de Renda – 2000/2010.....	148
Quadro 3.21– Indicadores Médico-Sanitários.....	150
Quadro 3.22 – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - 2000/2010.....	151
Quadro 3.23 - Estabelecimentos de Ensino, Corpo Docente e Matrícula Inicial, segundo o Nível de Ensino - 2015.....	156
Quadro 3.24 – Índice de Desenvolvimento Humano Estabelecimentos, Leitos e Profissionais de Setor da Saúde – 2016 Municipal - 2000/2010.....	158
Quadro 3.25 – Casos Confirmados de Doenças de Notificação Compulsória - 2014/2015.....	160
Quadro 3.26 – Sistema de Comunicação da Área de Influência - 2015.....	161
Quadro 3.27 - Número de Consumidores e Consumo de Energia Elétrica por Classes de Consumo – 2015.....	163

Quadro 3.28 – Características dos Sistemas de Abastecimento de Água - 2015.....	164
Quadro 3.29 – Características dos Sistemas de Esgotamento Sanitário - 2015.....	165
Quadro 3.30 – Destino dos Resíduos Sólidos - 2010	166
Quadro 3.31 – Produto Interno Bruto por Setores de Atividades – 2016	167
Quadro 3.32 – Área Colhida, Produção e Valor da Produção Agrícola – 2016	170
Quadro 3.33 – Efetivos da Pecuária – 2016	172
Quadro 3.34 – Empresas do Setor Secundário – 2016	173
Quadro 3.35 – Estabelecimentos Comerciais e de Serviços – 2016.....	175
Quadro 3.36 - Distribuição das Propriedades Pesquisadas	179
Quadro 3.37 - Local de Residência do Entrevistado e Formas de Exploração da Propriedade - Valores Percentuais-.....	181
Quadro 3.38 – Distribuição da População Residente	183
Quadro 3.39 - Distribuição das Propriedades Pesquisadas	184
Quadro 3.40 - Nível de Instrução da População Residente.....	185
Quadro 3.41 - Aspectos Sanitários - Valores Percentuais.....	187
Quadro 3.42 - Grau de Associativismo - Valores Percentuais.....	189
Quadro 3.43 - Contingente da População Residente Apto aos Trabalhos Agrícolas.....	189
Quadro 3.44 - Estimativa da Força de Trabalho Real.....	190
Quadro 3.45 - Efetivo do Rebanho (cabeças).....	193
Quadro 3.46 - Expectativa Ante a Implantação da Barragem	195
Quadro 3.47 - Opções para a Relocação da População	196
Quadro 4.1 - Classificação Ecodinâmica do Ambiente	203
Quadro 4.2 – Caracterização dos Sistemas Ambientais	206

LISTA DE FOTOS

Páginas

Foto 2.1 - Blocos de quartzito com veios silicosos (20m a montante do Eixo Estaca 17+10) (E=302.091; N=9.682.167).....	47
Foto 2.2 - Ombreira direita: afloramento de quartzito (crista), rodeado superficialmente por talus (blocos e matacões rolados de quartzito) (E=302.167; N=9.582.117).....	47
Foto 2.3 - Afloramento de ardósia na margem direita, apresentando laminação bem pronunciada, de direção N58E (E=302.284; N=9.581.842).	48
Foto 2.4 - Afloramento de ardósia na margem direita – foto na direção de jusante para montante (E=302.284; N=9.581.842).	48
Foto 2.5 - Aluvião areia fina e média, com seixos polimíticos, arredondados e subarredondados, de tamanho até 30cm (E= 302.009; N= 9.582.343).	48
Foto 2.6 - Vista da calha do rio Caiçaras, com barranco nas margens formados por aluviões compostos por silte-areno argiloso (E=302.027; N=9.582.027).....	48
Foto 2.7 – Ombreira direita: Talus sobreposto ao solo de alteração de ardósia - Est.29+00 (E=302.204; N=9.582.275).	49
Foto 2.8 – Ombreira direita: Pé da "crista" de quartzito - local da sondagem a pá e picareta (E=302.283; N=9.582.309).....	49
Foto 3.1 – Exemplo de Caatinga Arbustiva Arbórea.....	126
Foto 3.2 – Exemplo de Floresta Mista Dicótilo-Palmácea na área da bacia hidráulica.....	127

LISTA DE GRÁFICO

Páginas

Gráfico 3.1 - Precipitação Mensal Média (mm) Estação Acaraú – Série 1961/1990.....	110
Gráfico 3.2 - Temperaturas Mensais – Médias, Máximas e Mínimas (oC) - Estação Sobral – Série 1961/1990	111
Gráfico 3.3 - Umidade Relativa do Ar Média (%) - Estação de Sobral – Série 1961/1990..	111
Gráfico 3.4 - Insolação Média (horas) - Estação de Sobral – Série 1961/1990	112
Gráfico 3.5 - Nebulosidade (0-10) - Estação de Sobral – Série 1961/1990	113
Gráfico 3.6 - Evaporação Média Mensal (mm) - Estação de Sobral – Série 1961/1990	113
Gráfico 3.7 - Evapotranspiração Potencial Média Mensal (mm) - Estação Acaraú - Série 1961/1990	114
Gráfico 3.8 - Evolução da População e Distribuição Geográfica – 2010.....	141
Gráfico 3.9 - Evolução da População e Distribuição Geográfica – 2010.....	152

1 - INTRODUÇÃO

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

O órgão empreendedor do Projeto da Barragem Frecheirinha é a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará - SRH, órgão público, inscrito no CGC/MF sob o nº 11.821.253/0001-42, estabelecido a Av. Gal. Afonso Albuquerque Lima, S/N – Centro Administrativo Governador Virgílio Távora, Edifício SEINFRA/SRH - Bairro Cambeba, no município de Fortaleza, Estado do Ceará, com telefone para contato (85) 3101.3994. Tem como Secretário dos Recursos Hídricos o Engº. Francisco José Coelho Teixeira.

Os contatos relativos a questões pertinentes ao presente EIA/RIMA junto ao órgão empreendedor deverão ser estabelecidos através da Coordenadoria de Infraestrutura de Recursos Hídricos/Célula de Controle Socioambiental/Núcleo de Controle Ambiental, com telefones (85) 3101-4018 e (85) 3101-4005.

1.2 - IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA RESPONSÁVEL PELO EIA/RIMA

A Empresa responsável pela elaboração do presente Estudo de Impacto Ambiental - EIA/RIMA é a TPF Engenharia Ltda, inscrita no CGC/MF sob o nº 12285.441/0001-66, com sede na Rua Irene Ramos de Matos, 176, na cidade do Recife, Estado de Pernambuco, com telefone para contato (81) 3316-0700, e-mail: adonai.porto@tpfe.com.br. Tem como responsável legal o Engº. Civil Adonai de Souza Porto (CREA nº 5297-D/CE).

O registro da empresa no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado do Pernambuco é o CREA nº 2220488658/2019/PE e a sua inscrição no Cadastro Técnico Federal junto ao IBAMA é a de nº 23.858.

2 - CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO

2 - CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO

2.1 - HISTÓRICO DO EMPREENDIMENTO

A bacia do rio Coreaú, situada na porção noroeste do estado do Ceará, com uma área total de 10.634 km², foi objeto de estudos para o aproveitamento de seus recursos hídricos, que tiveram início na década de 70. Naquela ocasião a bacia possuía apenas duas barragens de grande porte, Tucunduba (Ano 1919 - 40,2 hm³) e Várzea da Volta (Ano 1919 - 12,5 hm³).

No final da década de 80 foram construídos os açudes Martinópolis (Ano 1984 - 23,2 hm³) e Diamante (Ano 1988 - 13,2 hm³), porém a bacia continuava com um grande vazão hídrico. Dentro deste cenário, o DNOCS contratou a empresa SIRAC - Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria Ltda, para desenvolver o Estudo de Viabilidade do Vale do Coreaú, cujas conclusões reforçaram a necessidade de implantação de reservatórios na referida bacia. Nesse mesmo estudo, foi identificado um boqueirão no rio Caiçara que se revelava adequado para a implantação de um barramento com potencial de acumular cerca de 100 hm³.

Em dezembro de 1988 a SIRAC apresentou ao DNOCS a documentação técnica referente ao Anteprojeto da Barragem Frecheirinha, no rio Caiçara, com uma capacidade de 85 hm³ e uma vazão de regularização de 0,62 m³/s (90% de garantia) e 0,50 m³/s (95% de garantia), objetivando a irrigação e o abastecimento de água para as cidades circunvizinhas.

Atualmente a bacia apresenta um total de nove reservatórios gerenciados pela COGERH, os quatro reservatórios citados anteriormente, e ainda as barragens Trapiá III (Ano 1961 – 5,5 hm³), Premuoca (Ano 1981 – 5,2 hm³), Angicos (Ano 1998 – 56,0 hm³), Gangorra (Ano 1999 – 62,5 hm³) e Itaúna (Ano 2001 – 77,5 hm³).

O vale do rio Caiçara, dentro da bacia do rio Coreaú, tem esta denominação até a confluência com o rio Ubajara, a partir de onde passa a ser denominado de rio Coreaú. Nasce na encosta da serra da Ibiapaba, no município de Ibiapina, atinge o litoral após percorrer 130 km desde sua nascente.

A partir do Anteprojeto desenvolvido pela SIRAC, a SRH contratou esta empresa para a Elaboração dos Estudos de Viabilidade, Estudos Ambientais (EIA-

RIMA), Levantamento Cadastral, Plano de Reassentamento e Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha.

Inicialmente, o objetivo deste barramento era de aproveitar as águas oriundas da represa, em irrigação das manchas de solo existentes a jusante desta. Atualmente tem como objetivo promover o aproveitamento racional da água acumulada com a finalidade de abastecimento humano e animal, lazer, piscicultura, e, como objetivo secundário, a irrigação.

O Estudo de Impacto Ambiental - EIA / RIMA da Barragem Frecheirinha ora apresentado é parte integrante das atividades preconizadas para a Etapa B1 - Estudos de Impactos no Meio Ambiente do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha.

2.2 - LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A Barragem Frecheirinha será implantada no território da Região Hidrográfica do Coreaú, mais especificamente na região de alto curso da Bacia do Coreaú propriamente dita. Será formada pelo barramento do rio Caiçara, tributário de 1ª ordem do rio Coreaú, tendo sua bacia hidráulica abrangendo terras dos municípios de Frecheirinha, Coreaú, Ubajara e Mucambo.

A barragem fechará o boqueirão existente nas imediações da localidade de Caiçara de Cima, no município de Frecheirinha, distando 4,2 km da sede deste município. A bacia hidrográfica contribuinte deste reservatório drena uma área de 197,0 km², abrangendo partes dos territórios dos municípios de Frecheirinha, Coreaú, Ubajara, Mucambo e Ibiapina.

Desde Fortaleza o acesso à área do empreendimento pode ser feito através da BR-222, percorrendo-se nesta, cerca de 290,0 km até a cidade de Frecheirinha. A partir daí toma-se a estrada de terra que permite o acesso à localidade de Caiçara de Cima percorrendo-se nesta 4,2 km até o local do eixo do barramento.

O acesso aéreo à área do empreendimento pode ser feito através dos aeródromos de Coreaú, Sobral e São Benedito. Para chegar à cidade de Frecheirinha tem-se que acessar a BR-222 a partir de uma dessas cidades.

O mapa (**Desenho 01/16 do Volume II**) mostra a localização e os acessos à região do empreendimento, sendo destacado neste a Área Diretamente Afetada – ADA (Bacia hidráulica + Jazidas) e a Área de Influência Direta – AID do reservatório, o posicionamento deste em relação à bacia do rio Coreaú e os núcleos urbanos da sua área de influência.

2.3 - OBJETIVOS DO EMPREENDIMENTO

A implantação do Projeto da Barragem Frecheirinha tem como objetivo servir para múltiplos usos, trazendo benefícios a diferentes setores. Em primeiro lugar garantirá o abastecimento d'água humano da cidade de Frecheirinha garantido, ainda, o suprimento hídrico da população rural residente no entorno do reservatório implantado e ao longo do curso d'água perenizado, no caso o rio Caiçara.

A segunda função do reservatório é o desenvolvimento do setor primário com ênfase na região do vale do rio Caiçara, uma vez que será garantido o suprimento hídrico para a exploração com irrigação difusa das áreas ribeirinhas ao longo do curso d'água perenizado.

Aparecem, ainda, como benefícios adicionais para a região a dessedentação animal, o desenvolvimento da piscicultura extensiva no lago formado pelo barramento e de atividades de recreação e lazer.

2.4 - JUSTIFICATIVAS SOCIOECONÔMICA E AMBIENTAL

A conjuntura atualmente vigente no município de Frecheirinha, associada ao acelerado crescimento populacional que vem se verificando nos últimos anos, decorrente não só do aumento vegetativo da população como do êxodo rural, certamente acentuará os problemas relacionados às deficiências de saneamento básico como ocorre noutras localidades do país. Pode-se afirmar que, à medida que ocorre o crescimento deste núcleo urbano e de alguns distritos, concomitantemente se verifica o sobrecarregamento de suas infraestruturas básicas e o aumento significativo do número de fontes potencialmente poluidoras dos recursos hídricos e de casos de doenças de veiculação hídrica.

Com efeito, o quadro de urbanização que se configura remete ao aumento da demanda por água potável, com conseqüente sobrecarga sobre o sistema de

abastecimento de água em operação. Faz-se necessário, portanto a execução de investimentos na implementação de obras de ampliação e melhorias do sistema de abastecimento d'água deste núcleo urbano, o que contribuirá para o aumento da demanda por recursos hídricos e, conseqüentemente, por uma fonte hídrica segura, que garanta o suprimento mesmo durante os períodos de estiagens prolongadas. A Barragem Frecheirinha certamente sanará em parte o problema de saneamento básico vigente já que será fornecida à população água em quantidade e qualidade adequadas.

Com relação aos aspectos sociais, a ausência ou deficiência de suprimento de água potável tem reflexos negativos sobre saúde pública contribuindo para a disseminação de doenças de veiculação hídrica, dado o contato ou consumo de água poluída. Contribui, ainda, para o aumento das taxas de mortalidade, principalmente a infantil, e do número de crianças com retardo de crescimento.

A garantia de oferta d'água tem, ainda, um forte impacto positivo sobre o desenvolvimento econômico do núcleo urbano contemplado pela ampliação do sistema de abastecimento d'água. Com efeito, o fornecimento de água regularizado é condição imprescindível para a implantação de determinados tipos de empreendimento. Tal impacto tem reflexos positivos sobre a geração de empregos e renda, bem como sobre a arrecadação tributária.

A zona rural da região conta com solos propícios para o cultivo agrícola em pequenas faixas de aluvião, todavia padece com os graves efeitos socioeconômicos decorrentes das estiagens prolongadas que assolam o seu território. Constata-se que o suprimento hídrico de muitas áreas apresenta-se deficitário, com os cursos e mananciais d'água vulneráveis às estiagens, havendo riscos de colapsos parciais ou integrais de seus mananciais hídricos. Além disso, a escassez de recursos hídricos trava o desenvolvimento econômico, contribuindo para o crescente êxodo rural que assola a região.

Neste contexto, o Projeto da Barragem Frecheirinha tem como objetivo geral garantir a oferta de água nesta região do território estadual. Mais especificamente a implementação da referida barragem visa:

- Garantir o suprimento hídrico de uma parcela representativa das populações difusas do meio rural e de pequenos aglomerados urbanos, que atualmente são abastecidos com carros-pipas ou fazem uso de fontes hídricas de qualidade duvidosa;
- Garantir o suprimento hídrico da cidade de Frecheirinha, através da implantação de uma adutora;
- Permitir, a liberação de vazões regularizadas para trecho do rio Caiçara posicionado a jusante deste manancial hídrico, permitindo o suprimento hídrico da população ribeirinha de jusante, a dessedentação animal e o desenvolvimento da irrigação difusa;
- Fornecer oferta hídrica para o desenvolvimento da pesca no lago formado, contribuindo para a geração de empregos e rendas estáveis e para fixação do homem no campo.

Em termos ambientais será criado um novo habitat para a fauna aquática e será garantido o fornecimento d'água para a fauna durante os períodos de estiagens. As perdas resultantes das degradações impostas pela implantação do empreendimento também poderão ser parcialmente compensadas pela criação e/ou apoio a unidades de conservação existentes na região. As medidas mitigadoras e de controle ambiental a serem previstas no presente estudo, também, contribuirão com diversos mecanismos de proteção do meio natural, tais como o desmatamento racional/manejo da fauna das áreas das obras e da bacia hidráulica do reservatório, a execução da recuperação das áreas degradadas (canteiro de obras e jazidas de empréstimo), o reflorestamento da faixa de preservação do futuro reservatório, o monitoramento da qualidade da água represada e o programa de educação ambiental, dentre outros.

Diante do exposto nos parágrafos anteriores, pode-se afirmar que a implantação da Barragem Frecheirinha é condição imprescindível não só para a manutenção da qualidade de vida da população da região, como também para o desenvolvimento das atividades econômicas garantindo a fixação do homem no campo e reduzindo o êxodo rural.

2.5 - ESTUDO DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E LOCACIONAIS

Para eleição das alternativas locais de barramentos foram efetuadas pesquisas de campo ao longo do rio Caiçara, no trecho a montante da rodovia federal BR-222, tendo como primeira opção o eixo barrável estudado pela SIRAC – Sistemas Integrados de Assessoria e Consultoria Ltda., em meados de 1988, por ocasião do desenvolvimento do anteprojeto da referida barragem.

Foram, então, locados em campo mais dois eixos, sempre considerando como fator limitante a presença de duas linhas de alta tensão da CHESF, que ficarão cruzando a parte mais a montante da bacia hidráulica da barragem, pois existem limites de distância entre os pontos mais baixos das catenárias dos cabos energizados e o nível da água.

Com base na pesquisa de campo e estudos topográficos, geológicos e geotécnicos efetuados preliminarmente foram selecionadas três alternativas de eixos barráveis, cujas localizações podem ser visualizadas no **Desenho 02/16 do Volume II**, a saber:

- Alternativa Eixo 1 – boqueirão localizado no rio Caiçara, distando 4,77 km a montante da sede do município de Frecheirinha. Conta com uma capacidade de acumulação de 82,167 hm³ e área da bacia hidráulica de 1.101,546 ha;
- Alternativa Eixo 2 – boqueirão localizado no rio Caiçara a 5,25 km, a montante da cidade de Frecheirinha. Conta com uma capacidade de acumulação de 70,159 hm³ e área da bacia hidráulica de 1.025,766 ha;
- Alternativa Eixo 3 – boqueirão localizado no rio Caiçara a 5,47 km, a montante da cidade de Frecheirinha. Conta com uma capacidade de acumulação de 60,499 hm³ e área da bacia hidráulica de 894,524 ha.

O **Quadro 2.1** apresenta as principais características das alternativas de barramentos estudadas.

Quadro 2.1 - Principais Características dos Boqueirões Barráveis

FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM FRECHEIRINHA			
Características Principais	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
Município:	Frecheirinha	Frecheirinha	Frecheirinha
Rio/Riacho Barrado:	Rio Caiçara	Rio Caiçara	Rio Caiçara
Área da Bacia Hidráulica (cota 131,00 m):	1.102 ha	1.026 ha	895 ha
Volume Acumulado (cota 131,00 m):	82,167 hm ³	70,159 hm ³	60,50 hm ³
Volume Morto do Reservatório (cota 112,00 m):	0,246 hm ³	0,148 hm ³	0,190 hm ³
Tipo:	Barragem Mista	Barragem Mista	Barragem Mista
Cota do Coroamento:	134	134	134
Largura do Coroamento:	7,0 m	7,0 m	7,0 m
Extensão pelo Coroamento:	593,00 m	1034,00 m	1.149,00 m
Altura Máxima:	27,0 m	27,0 m	27,0 m
Volume de Escavação (Fundação):	34.851 m ³	60.769 m ³	68.173 m ³
Volume de Aterro do Maciço e Cut-Off:	717.241 m ³	890.757 m ³	859.089 m ³
Volume do Enrocamento:	37.099 m ³	64.689 m ³	72.571 m ³
Volume de Transições Finas:	17.500 m ³	21.904 m ³	20.961 m ³
Volume de Areia:	2.998 m ³	3.753 m ³	3.591 m ³
Volume de Transições Grossas:	32.807 m ³	41.064 m ³	39.295 m ³
Sangradouro Tipo:	Canal	Canal	Canal
Largura do Sangradouro:	60,00 m	60,00 m	60,00 m
Cota de Sangria:	131,00 m	131,00 m	131,00 m
Nível d'Água Max. Normal:	132,11 m	132,11 m	132,11 m
Extensão Total do Canal de Restituição:	480 m	453 m	480 m
Vazão Máxima Prevista:	147,0 m ³ /s	147,0 m ³ /s	147,0 m ³ /s
Lâmina Máxima Prevista (TR=10.000 anos):	1,11 m	1,11 m	1,11 m
Borda Livre:	1,89 m	1,89 m	1,89 m

Fonte: SRH, Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha. Fase A – Estudo de Viabilidade. Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem. Volume 2 – Anteprojeto da Barragem. TOMO I – Relatório de Concepção do Anteprojeto. Fortaleza, TPF, 2019.

Efetuada a análise das características dos eixos conclui-se que, quanto às características técnicas do maciço, o eixo 1 apresenta grande vantagem sobre as

demais alternativas, por ter um boqueirão mais encaixado e ainda necessitar de menos volume de material terroso para ser construído. Quanto às características técnicas dos sangradouros, o eixo 1 têm a maior extensão entre os três eixos e também maior extensão no canal de aproximação, que não é revestido, mas em compensação possui menor extensão do rápido, que é um canal retangular totalmente projetado em concreto armado, e um menor canal de restituição, também escavado em terra e rocha. Finalmente quanto às tomadas d'água o eixo 1 leva vantagem em todas as características. Analisando o fechamento das bacias hidráulicas através de diques, quem resume as melhores condições é a Alternativa 2, por necessitar de apenas um dique com menores extensão e volumes.

Em termos financeiros, se pode concluir que o custo das obras da Alternativa Eixo 1 apresenta valor total menor (R\$ 54.093.357,17), se comparado com a Alternativa Eixo 2, com valor de R\$ 70.260.838,92, superior em 29,89%, e se comparado com a Alternativa Eixo 3, cujo valor atinge R\$ 76.306.256,80, superior em 41,06% (**Quadro 2.2**).

Quadro 2.2 – Comparação dos Custos

Discriminação	Custos		
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
Custo Total da Barragem (R\$)	54.093.357,17	70.260.838,92	76.306.256,80
Volume de Acumulação na Cota 131,0 m (m ³)	82.177.000	70.159.000	60.499.000
Custo do m ³ de água armazenada (R\$)	0,66	1,00	1,26

Fonte: SRH, Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha. Fase A – Estudo de Viabilidade. Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem. Volume 2 – Anteprojeto da Barragem. TOMO I – Relatório de Concepção do Anteprojeto. Fortaleza, TPF, 2019.

Quanto ao custo por metro cúbico de água armazenada (cota 131m) o valor da Alternativa 1 foi de R\$ 0,66/m³ de água, enquanto que a Alternativa 2 é de R\$ 1,00/m³ (maior 52,14%) e a Alternativa 3 R\$ 1,26/m³ (maior 91,61%). Diante do exposto, mediante a análise dos custos, a Alternativa Eixo 1 se mostra como a mais vantajosa.

Com relação à adutora para abastecimento da cidade de Frecheirinha, o Eixo 1, por ser mais próximo (4,77 km) tem custos de implantação da adutora mais vantajoso economicamente.

Visando a seleção da melhor alternativa para o barramento do açude Frecheirinha foi efetuada uma análise dos fatores técnicos, ambientais e locais positivos e negativos referentes às alternativas de barramento, tendo-se avaliado preliminarmente, à luz das informações atualmente disponíveis, qual delas seria a mais viável para elaboração do projeto. Tal análise abrangeu a ponderação de alguns fatores, de forma qualitativa, com a criação de pesos proporcionais para cada condição dos eixos, para avaliação de cada fator, de forma a permitir a quantificação final, possibilitando a escolha da melhor alternativa (**Quadro 2.3**).

Quadro 2.3 – Ponderação dos Fatores Locacionais Positivos e Negativos

DESCRIÇÃO	EIXO 1	EIXO 2	EIXO 3
Fatores Positivos			
Proximidade do centro consumidor	3	2	2
População beneficiada	3	2	2
Facilidades de adução	3	2	1
Possibilidade de irrigação	2	2	2
Morfologia do boqueirão	3	2	2
Escore Positivo Total	14	10	9
Fatores Negativos			
População atingida com a formação do lago	-1	-1	-1
Benfeitorias e terras a serem indenizadas	-3	-2	-1
Infraestruturas a serem realocadas	-1	-1	-1
Qualidade das terras a serem cobertas	-3	-2	-1
Custo das obras	-1	-2	-3
Escore Negativo Total	-9	-8	-7
Escore Total	5	2	2

Fonte: SRH, Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha. Fase A – Estudo de Viabilidade. Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem. Volume 2 – Anteprojeto da Barragem. TOMO I – Relatório de Concepção do Anteprojeto. Fortaleza, TPF, 2019.

Conforme o resultado da ponderação entre fatores positivos e negativos, o Eixo 1 apresenta-se como o local mais adequado para abrigar o eixo da barragem Frecheirinha.

Em termos ambientais, foi empreendida uma avaliação para as três alternativas de barramento propostas para a Barragem Frecheirinha. A análise determinou que as alternativas obtiveram pontuações semelhantes para os quatro critérios estabelecidos: impactos à flora e fauna; submersão de solos agricultáveis; população desalojada; e áreas minerárias requeridas. Tal situação se deve ao fato das alternativas analisadas terem os eixos barráveis posicionados em série ao longo do rio Caiçara, além de estarem bastante próximos entre si, o que resulta em magnitudes dos impactos ambientais incidentes semelhantes, sendo as variações nas suas intensidades pouco significativas.

A Barragem Frecheirinha encontra-se posicionada na região de alto curso da Bacia do Coreaú, mais especificamente na sub-bacia do rio Caiçara, tributário de primeira ordem do rio Coreaú. A área de contribuição da barragem, considerando a localização do Eixo 1, perfaz 178,61 km² e compreende terras dos municípios de Frecheirinha, Coreaú, Ibiapina, Mucambo e Ubajara, não contando, porém, com sedes municipais ou localidades de porte situadas em seu território.

Da mesma forma, considerando os riscos de poluição pelo aporte de resíduos de agrotóxicos, não foi constatada a presença de perímetros públicos de irrigação na bacia de contribuição da Barragem Frecheirinha. Além disso, as atividades agrícolas desenvolvidas nesta área pela iniciativa privada estão centradas, predominantemente, na agricultura de sequeiro, podendo atualmente estes riscos serem considerados praticamente nulos. Assim sendo, os riscos de poluição das águas represadas pelo aporte de efluentes sanitários e de agrotóxicos podem ser desconsiderados para qualquer que seja a alternativa de eixo estudada.

2.6 - ESTUDOS BÁSICOS

2.6.1 - Estudos Cartográficos

Os estudos cartográficos foram desenvolvidos basicamente a partir de cartas da SUDENE digitalizadas em escala 1:100.000 e com curvas de nível a cada 40

metros (Frecheirinha: nº SA-24-Y-C-VI); sobre as quais foi definida a localização do barramento e delimitada a área da bacia hidrográfica.

Para a identificação das alternativas de localização do eixo da Barragem Frecheirinha, utilizou-se a base cartográfica de Frecheirinha, que também permitiu o inventário das áreas dos possíveis reservatórios, identificando-se a rede de rodovias existente, a infraestrutura relevante como redes elétricas, açudes e escolas, as ocorrências de materiais construtivos, núcleos urbanos, o sistema de drenagem principal e pontos de possíveis fugas.

Empregando ferramentas computacionais como o AUTOCAD CIVIL 3D, gerou-se um modelo digital do terreno - MDT da área de estudo, com curvas altimétricas interpoladas a cada 10 metros, permitindo o traçado automático dos divisores de água e vetores de declividade do terreno local.

A TPF contratou a Threetek Soluções em Geomática para o processamento, geração de Modelo Digital de Elevação e extração Curvas de Nível e Interpretação a partir de imagens de alta resolução do satélite Kompsat 3Ay de área situada no Ceará.

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizadas 4 (quatro) cenas do satélite Kompsat 3A (dois) pares estéreos - todas elas com 4 (quatro) bandas multiespectrais de 40 centímetros de resolução espacial, no formato 11 bits, Datum WGS 1984. A data de aquisição das imagens foi 30 de Julho de 2017.

O trabalho consistiu basicamente em sete etapas distintas: 1) Recebimento dos dados; 2) Planejamento do Levantamento de Campo; 3) Levantamento de Campo; 4) Processamento das Imagens (Geração do Modelo Digital de Superfície - MDS, Ortoretificação e Geração de Mosaico); 5) Conversão de MDS para MDT (Modelo Digital de Terreno); 6) Extração e Correção Topológica das Curvas de Nível e 7) Controle de Qualidade dos Dados.

2.6.2 - Estudos Topográficos

Os serviços de levantamento topográfico tiveram início com a realização do transporte de coordenadas geográficas, através da utilização de GPS Geodésico de dupla frequência, L1 e L2, amarrados na Rede Brasileira de Monitoramento

Contínuo – RBMC, seguido do transporte de nível através do Referencial de Nível do IBGE. O Referencial de Nível RN 1655L do IBGE foi utilizado para implantar na superfície do terreno um referencial vertical do nivelamento geométrico a ser adotado na barragem. O Datum utilizado foi o SIRGAS 2000.

Locação e Nivelamento do Eixo Barrável

Os levantamentos topográficos do eixo principal da barragem foram executados através de processos convencionais constando dos seguintes serviços: locação, implantação de marcos para futura relocação, nivelamento e levantamento de seções transversais.

Utilizando-se uma estação total, o eixo principal da barragem foi locado e materializado a cada 20 metros por pontos estaqueados e numerados através de piquetes de madeira, com ponta cravada no terreno, sendo também indicados através de estacas inteiras ou fracionadas todos os pontos notáveis tais como: talvegues, estradas, afloramentos rochosos, rede elétrica, elevações, mudanças bruscas de inclinação do terreno entre outros.

O ponto de partida, estaca E0 (00+00m), está localizado na ombreira direita. Na ombreira esquerda encontra-se a estaca final do eixo (estaca 32), totalizando 640,00 m de comprimento. Em cada uma das ombreiras foram implantados marcos de concreto denominados M-1 (ponto 43) e M-2 (ponto 76), conforme apresentado na caderneta de campo em anexo. O **Quadro 2.4** apresenta a relação dos marcos implantados.

O levantamento altimétrico da barragem Frecheirinha foi realizado utilizando-se um Nível TOPCON– Modelo AT-G6, com precisão 1,5mm/km. Foram niveladas todas as estacas do eixo materializado, partindo-se das cotas transportadas do RN 1655L (IBGE). Posteriormente foram levantadas seções transversais ao eixo principal da barragem a cada 20 metros, com utilização de nível e mira. As seções abrangeram uma faixa de domínio com largura de 200,0 metros perpendicularmente ao eixo, à montante e à jusante e se constituíram de pontos cotados a cada 20,0 metros, englobando também os pontos de destaque do relevo topográfico e totalizaram 9.900,00m de levantamento.

Quadro 2.4 - Relação de Marcos no Eixo da Barragem

Marco	Coordenadas UTM (m)		Cotas (m)
	Norte	Este	
M-1	9581970.36	301780.60	138.39
M-2	9582422.08	302278.55	134.49

Fonte: SRH, Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha. Fase A – Estudo de Viabilidade. Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem. Volume 1 – Estudos Básicos. Fortaleza, TPF, 2018.

Levantamento dos Diques Auxiliares

De forma a viabilizar o total fechamento do vale, houve a necessidade de execução de estruturas auxiliares que estanquem celas topográficas, através da implantação de três diques, denominados de diques 1, 2 e 3. Os levantamentos topográficos dos mesmos foram executados através de processos convencionais constando dos seguintes serviços: locação, implantação de marcos para futura relocação, nivelamento e levantamento de seções transversais.

Utilizando-se uma estação total, foram locados os eixos dos diques, os quais foram materializados a cada 20 metros por pontos estaqueados e numerados, sendo também indicados através de estacas inteiras ou fracionadas todos os pontos notáveis tais como: talvegues, estradas, afloramentos rochosos, rede elétrica, elevações, mudanças bruscas de inclinação do terreno entre outros.

Dique 1: Para o dique 1, foi materializado um marco de concreto na estaca E00, estando localizado nas coordenadas 9.582.854,43N e 303.733,59E, cota 135,97 seguindo em linha reta até a estaca 11+8,97, onde foi implantado outro marco de concreto localizado nas coordenadas 9582771.41N e 303947.15E, cota 136,38, totalizando 228,97m de comprimento.

Dique 2: Para o dique 2, foi materializado um marco de concreto na estaca E00, está localizado nas coordenadas 9.583.341,11N e 303.146,28E cota 138,51, seguindo em linha reta até a estaca E12, onde foi implantado outro marco nas coordenadas 9.583.310,18N e 303.384,34E, cota 138,95 totalizando 240m de comprimento.

Dique 3: Para o dique 3, foi implantado um marco de concreto na estaca 0 nas coordenadas 9.583.432,69N e 302.833,30E, cota 138,84, seguindo em linha reta até a estaca 4 localizada nas coordenadas 9.583.405,06N e 302.908,25E, cota 140,14, totalizando 80m de comprimento.

O levantamento altimétrico do eixo dos diques foi realizado utilizando-se um Nível TOPCON– Modelo AT-G6, com precisão 5mm/km, onde foram niveladas todas as estacas do eixo materializado, partindo-se das cotas transportadas do RN 1655L (IBGE). Os levantamentos das seções transversais aos eixos dos diques foram realizados a cada 20 metros, com utilização de nível e mira. As seções abrangeram uma faixa de domínio com largura de 60,0 metros à montante e à jusante e se constituíram de pontos cotados a cada 20 metros, englobando também os pontos de destaque do relevo topográfico.

Levantamento do Sangradouro

Para o projeto do canal de aproximação e restituição dos caudais do sangradouro da barragem Frecheirinha, foram levantadas duas alternativas de eixos. Na região de interesse, foram realizados levantamentos planialtimétricos através de processos topográficos convencionais, constando de: locação, nivelamento e levantamento de seções transversais.

A locação dos dois eixos foi executada utilizando-se um Teodolito WILD T-1, com estaqueamento e numeração a cada 20 metros, sendo também indicados através de estacas inteiras ou fracionadas todos os pontos notáveis do relevo.

O eixo do sangradouro 1 inicia na estaca E01+00m e termina na estaca E16+00m, totalizando uma poligonal de 300,00 m de extensão, acompanhando um talvegue que poderia conduzir o caudal de sangria até próximo do rio, à jusante. O eixo 1 foi o eixo pioneiro do estudo de escolha da localização do sistema de sangria e foi descartado após o confronto com outra alternativa.

Para o eixo 2 do sangradouro foram locadas duas poligonais a partir da estaca E00+00m. O primeiro trecho inicia na estaca E00+00m e, desenvolvendo-se no sentido montante, termina na estaca -7-10m, totalizando uma poligonal de 150,00 m de extensão, acompanhando um talvegue que acessará o futuro lago do

reservatório. O segundo trecho inicia na estaca E00+00m e termina na estaca E25+00m, totalizando uma poligonal de 500,00 m de extensão, acompanhando um talvegue que conduzirá o caudal de sangria até próximo do rio, à jusante. Dessa forma, o eixo 2, que foi o escolhido para a execução do sangradouro, contará com uma extensão total de 650 m entre a estaca E-7-10m e a estaca E25+00m.

Utilizando-se um nível WILD N-1, realizou-se o levantamento altimétrico da poligonal do canal de restituição do sangradouro 1, através de seccionamento a cada 20 metros, com 60 metros de largura para cada lado, com pontos cotados a cada 20 metros, totalizando 1.920,00 m em seções levantadas.

Para o levantamento altimétrico da poligonal do canal de restituição do sangradouro 2, também utilizando um nível WILD N-1, foram levantadas seções com extensões variáveis conforme o relevo do terreno, de forma a abranger com folga os off sets das escavações do futuro sangradouro. Este levantamento totalizou uma área de 19,02 ha.

Levantamento de Jazidas

As áreas das ocorrências de materiais construtivos a serem exploradas para execução das obras da barragem tiveram suas poligonais amarradas em relação ao eixo barrável e todos os poços escavados para investigação geotécnica das jazidas locados, numerados e amarrados. Foram locadas 10 jazidas de material terroso (J-01, J-02, J-02A, J-03, J-03A, J-04, J-04A, J-05, J-08 e J-09), 4 jazidas de areia no leito do rio Caiçara, e uma pedreira (P-01), situada a cerca de 7,2 km a montante do eixo da barragem.

Os estudos topográficos desenvolvidos permitiram a geração das plantas baixas do boqueirão e do sangradouro, bem como de seus perfis longitudinais e do mapa planialtimétrico da bacia hidráulica do reservatório, podendo este último ser visualizado no **Desenho 03/16 do Volume II**.

2.6.3 - Estudos Hidrológicos

Os estudos hidrológicos realizados objetivaram fornecer informações e elementos relativos aos aspectos fisiográficos e hidroclimatológicos da bacia de contribuição da Barragem Frecheirinha, necessários ao desenvolvimento do projeto

de engenharia, com vistas ao dimensionamento do reservatório a ser implantado. Os estudos hidrológicos desenvolvidos tiveram um duplo objetivo:

- Estimar as cheias afluentes e efluentes à barragem, com períodos de retorno iguais a 1.000 e 10.000 anos, caracterizadas por suas grandes magnitudes, sendo de especial importância a sua determinação para a segurança das obras;
- Estimar a capacidade de regularização da barragem para uma garantia anual de 90%.

2.6.3.1 - Caracterização da Bacia Hidrográfica

A forma de uma bacia hidrográfica é importante, pois afeta o tempo de concentração, ou seja, o tempo do início da precipitação para que toda a bacia contribua no seu exutório, podendo assim servir como um indicativo de tendência para enchentes de uma bacia. Bacias pequenas variam muito de formato, dependendo da estrutura geológica da região. Assim, cada bacia pode ser caracterizada por estes índices calculados da seguinte forma.

A bacia de contribuição traçada segundo os critérios mencionados, apresentou uma área de abrangência de $A=198,5 \text{ km}^2$ e um perímetro de $P=82,1 \text{ km}$. Possui ainda um comprimento do curso principal de $L=28,9 \text{ km}$, para um desnível de $H=780$ metros, resultando numa declividade média de $27,0 \text{ m/km}$. No **Quadro 2.5** é apresentado o resumo das características físicas da bacia.

Quadro 2.5 - Dados Físicos da Bacia Hidrográfica da Barragem Frecheirinha

Área da bacia Hidrográfica (Km ²)	Perímetro da bacia Hidrográfica (Km)	Comprimento do Rio Caiçara (km)	Cota do Talvegue à montante (m)	Cota do Talvegue à jusante (m)	Diferença de Nível (m)	Declividade Média (m/km)
198,50	82,10	28,90	962,00	113,00	849,00	30,00

Vários índices podem ser utilizados para determinar a forma de bacias, procurando-a relacioná-la com formas geométricas conhecidas. O fator de compacidade a relaciona com o círculo, enquanto que o fator de forma com o

retângulo. Os dados da bacia hidrográfica relativos ao eixo escolhido para a barragem Frecheirinha são os seguintes: Fator de Compacidade – 0,24; Fator de Forma – 1,64; e Tempo de Concentração – 3,56 horas.

Um fator de compacidade próximo a 1 corresponderia a uma bacia circular, e, se outros fatores forem iguais, uma bacia com este índice próximo a 1 teria uma tendência mais acentuada a maiores enchentes. O fator de compacidade da Bacia da Barragem de Frecheirinha não é tão próximo de 1, o que indica uma bacia não está muito sujeita a enchentes.

2.6.3.2 - Caracterização Climatológica

A caracterização climatológica e do regime pluviométrico a nível mensal e anual, teve como base as informações da Estação Climatológica de Sobral, estação disponível mais próxima da área de estudo. A caracterização hidroclimatológica da zona é feita utilizando-se os dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (1992), os quais foram obtidos a partir do monitoramento das variáveis de interesse durante os anos de 1961 a 1990 em conjunto com os dados obtidos na plataforma de coleta de dados supracitada.

No **Quadro 2.6** são apresentados os valores médios de temperatura, umidade relativa, insolação total, nebulosidade e evaporação total da região da bacia hidrográfica.

Quadro 2.6 - Temperaturas Médias Máximas, Mínimas e Compensadas (°C)

INDICADOR	MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Temperatura	MÁXIMA	33,8	32,3	31,4	31,1	31,2	31,6	33	34,8	35,8	35,9	35,6	35,5
	MÍNIMA	23,6	22,6	22,5	22,6	21,9	21,5	21,2	21,4	22,4	22,8	22,9	23,3
Umidade Relativa	(%)	69,0	74,0	81,0	85,0	80,0	74,0	66,0	55,0	55,0	58,0	57,0	61,0
Insolação total	Horas	188,1	159,5	155,0	151,7	189,3	205,4	234,7	268,2	251,4	258,9	241,1	221,9
Nebulosidade	Décimos	0,60	0,70	0,70	0,70	0,60	0,60	0,40	0,30	0,30	0,40	0,50	0,50
Evaporação total	mm	151,8	94,3	69,7	58,4	71,0	99,3	150,2	200,8	222,8	242,7	217,7	196,1

FONTE: INMET (1992).

No estudo de chuvas intensas na região do projeto com vistas ao fornecimento de elementos indispensáveis para o dimensionamento do sangradouro e para determinar a disponibilidade hídrica do reservatório, foi adotado o Método das Isozonas (Taborga Torrico, 1975). O método tem por base o uso de "Isozonas", nas quais as relações entre as alturas de chuva de 1 hora e 24 horas e 6 minutos e 24 horas são constantes para um dado período de retorno.

As chuvas intensas espaciais de durações entre 1 e 24 horas para a bacia da Barragem Frecheirinha podem ser observada na **Figura 2.1**.

Para o desenvolvimento da cheia de projeto, dois parâmetros devem ser inicialmente estimados: a duração da chuva e o intervalo de tempo para cada incremento de chuva. A duração da chuva deve ser, no mínimo, igual ao tempo de concentração da bacia, mas, preferencialmente, mais longa. Uma duração mais longa reflete melhor as condições reais onde, normalmente, uma chuva crítica acontece inserida em uma chuva de maior duração.

Para a Barragem Frecheirinha, a duração da chuva em função do tempo de concentração da bacia ($t_d=2t_c$) foi calculada em aproximadamente 7 horas, sendo a chuva milenar de 118,23 mm e a decamilenar de 135,69 mm. As **Figuras 2.2 e 2.3** e o **Quadro 2.7** mostram a chuva balanceada milenar e decamilenar.

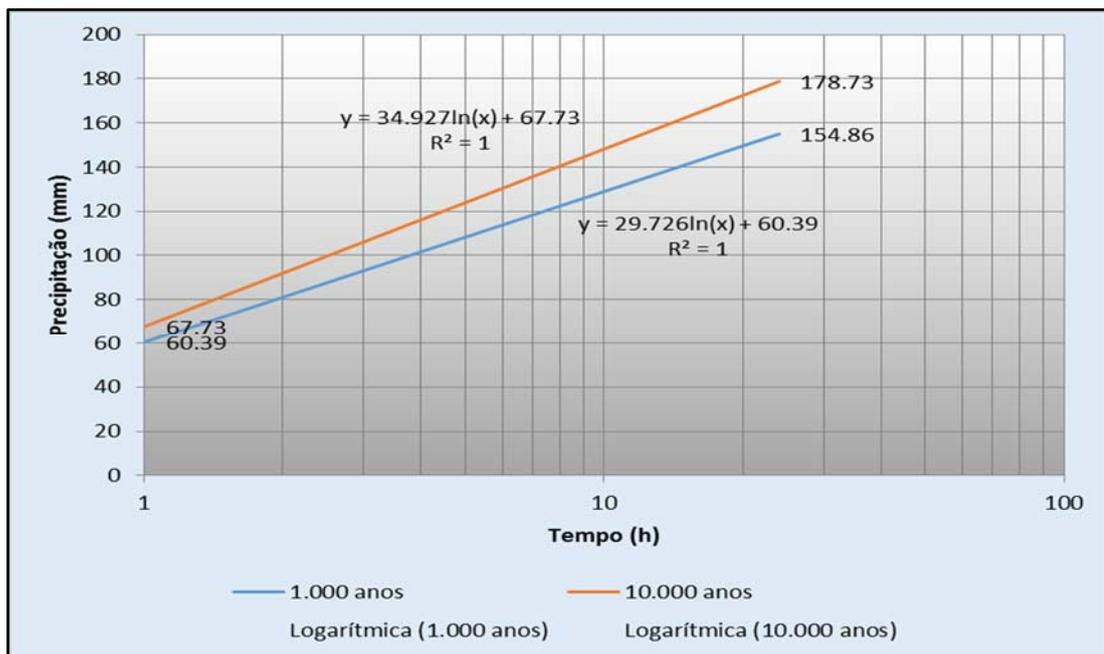


Figura 2.1 - Curva intensidade-duração-frequência para a bacia da Barragem Frecheirinha, com $tr= 1.000$ e 10.000 anos

Fonte: SRH, Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha. Fase A – Estudo de Viabilidade. Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem. Volume 1 – Estudos Básicos. Fortaleza, TPF, 2018.

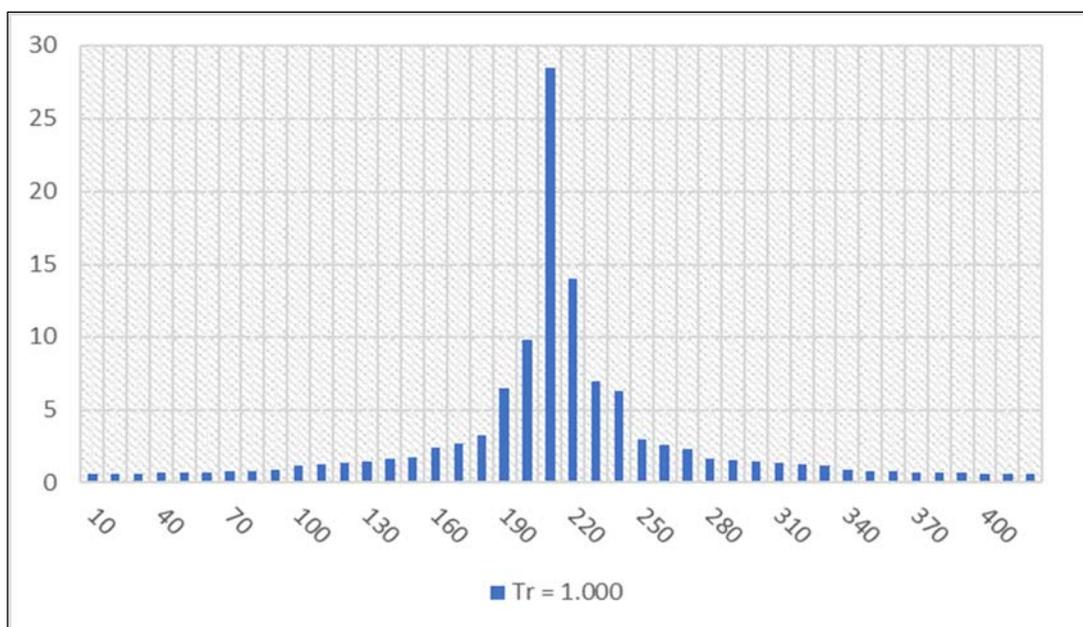


Figura 2.2 - Chuva balanceada - $Tr=1.000$ anos

Fonte: SRH, Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha. Fase A – Estudo de Viabilidade. Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem. Volume 1 – Estudos Básicos. Fortaleza, TPF, 2018.

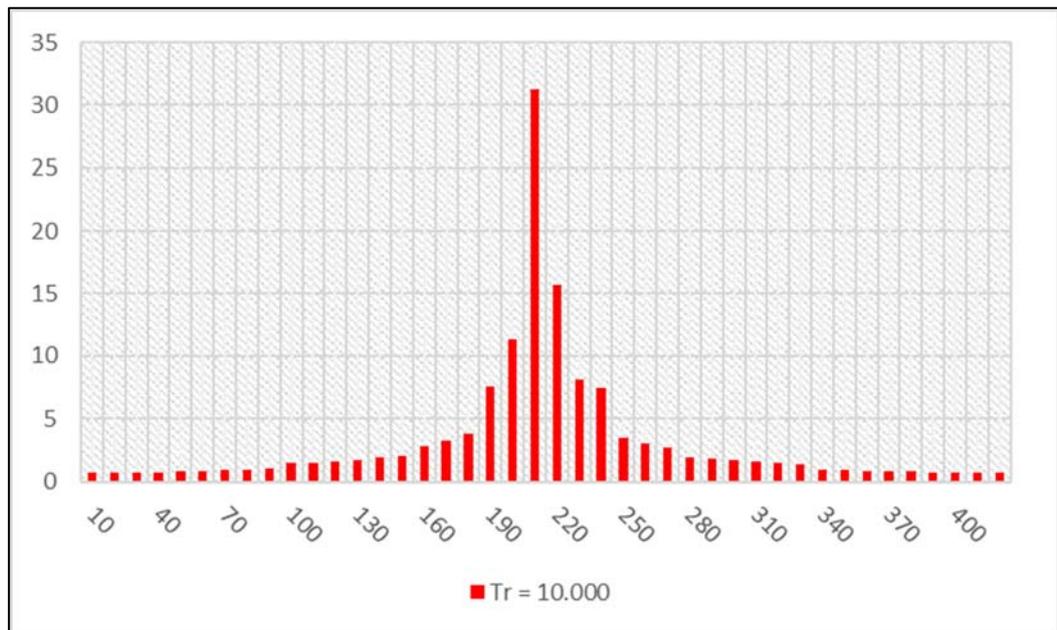


Figura 2.3 - Chuva balanceada - Tr=10.000 anos

Fonte: SRH, Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha. Fase A – Estudo de Viabilidade. Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem. Volume 1 – Estudos Básicos. Fortaleza, TPF, 2018.

Quadro 2.7 - Chuva de projeto balanceada – Tr= 1.000 anos e 10.000 anos

Tempo (min)	Tempo (horas)	Precipitação(mm)	
		Tr = 1.000	Tr = 10.000
10	0,2	0,6	0,69
20	0,3	0,62	0,72
30	0,5	0,64	0,75
40	0,7	0,67	0,78
50	0,8	0,71	0,82
60	1,0	0,74	0,86
70	1,2	0,79	0,91
80	1,3	0,83	0,96
90	1,5	0,89	1,03
100	1,7	1,22	1,46
110	1,8	1,29	1,54
120	2,0	1,37	1,63
130	2,2	1,48	1,74
140	2,3	1,61	1,9
150	2,5	1,79	2,1
160	2,7	2,4	2,86
170	2,8	2,73	3,22

Tempo (min)	Tempo (horas)	Precipitação(mm)	
		Tr = 1.000	Tr = 10.000
180	3,0	3,27	3,81
190	3,2	6,49	7,59
200	3,3	9,8	11,27
210	3,5	28,43	31,25
220	3,7	14,06	15,75
230	3,8	6,97	8,06
240	4,0	6,29	7,42
250	4,2	2,96	3,47
260	4,3	2,55	3,02
270	4,5	2,29	2,74
280	4,7	1,69	1,99
290	4,8	1,54	1,81
300	5,0	1,42	1,68
310	5,2	1,33	1,58
320	5,3	1,25	1,5
330	5,5	1,19	1,43
340	5,7	0,86	1
350	5,8	0,81	0,94
360	6,0	0,76	0,88
370	6,2	0,72	0,84
380	6,3	0,69	0,8
390	6,5	0,66	0,77
400	6,7	0,63	0,73
410	6,8	0,61	0,71
420	7,0	0,58	0,68
SOMA		118,23	135,69

Fonte: SRH, Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha. Fase A – Estudo de Viabilidade. Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem. Volume 1 – Estudos Básicos. Fortaleza, TPF, 2018.

Com relação ao estudo do regime fluvial do rio na barragem Frecheirinha foi utilizado como fonte de dados fluviométricos o Banco de dados HIDROWEB da Agência Nacional de Águas, estando a bacia localizada em “Bacias do Atlântico Norte-Nordeste - Sub-Bacia 35”. A estimativa das vazões afluentes mensais ao açude foi realizada objetivando fornecer elementos para a simulação da operação e, conseqüentemente, o dimensionamento do reservatório.

2.6.3.3 - Vazão de Regularização do Reservatório

Para o cálculo das vazões, adotou-se o método do diagrama triangular de regularização de Campos (1987). Este método consiste num modelo gráfico para dimensionamento hidrológico de reservatórios de águas superficiais situados em regiões com rios intermitentes sujeitos a altas taxas de evaporação. O cálculo da vazão regularizada é feito para diversas alturas e capacidades de acumulação.

Para um Cv da ordem de 1,1, estimou-se pelo diagrama triangular os volumes regularizados, sangrados e evaporados (**Figura 2.4**).

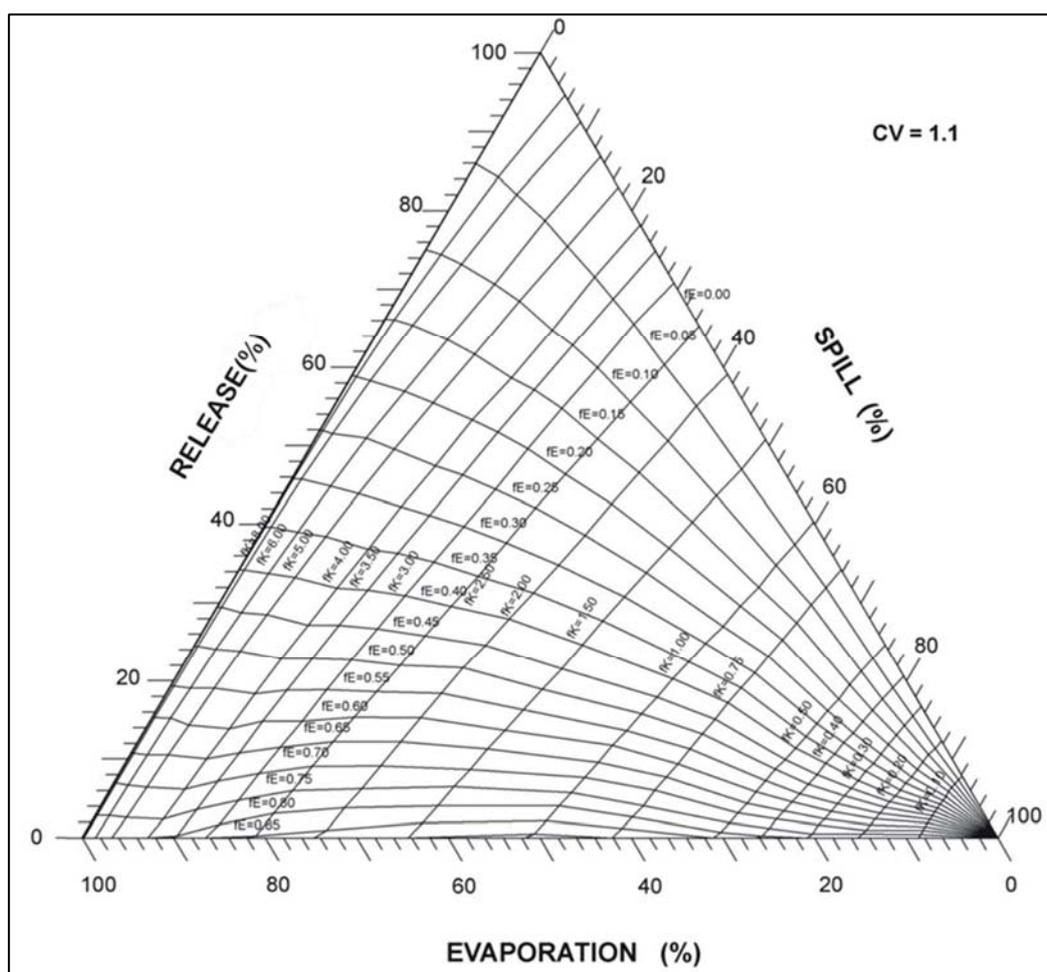


Figura 2.4 - Diagrama triangular de regularização do Frecheirinha

Fonte: SRH, Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha. Fase A – Estudo de Viabilidade. Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem. Volume 1 – Estudos Básicos. Fortaleza, TPF, 2018.

Para um fator de evaporação (fe) da ordem de 0,20% e para os respectivos f_k 's, obteve-se os volumes anuais regularizado, evaporado e sangrado, que são apresentados no **Quadro 2.8**.

Quadro 2.8 - Cálculo do Volume Anual Regularizado

Cota (m)	Percentual Regularizado (%)	Percentual evaporado (%)	Percentual sangrado (%)	Volume anual regularizado (hm ³ /ano)	Volume evaporado (hm ³ /ano)	Volume sangrado (hm ³ /ano)
128	36.50%	8.50%	55.00%	15.40	3.59	23.20
129	42.50%	10.50%	47.00%	17.93	4.43	19.83
130	47.50%	11.50%	41.00%	20.04	4.85	17.30
131	49.00%	12.00%	39.00%	20.67	5.06	16.45
132	52.00%	13.00%	35.00%	21.94	5.48	14.76
133	55.00%	14.00%	31.00%	23.20	5.91	13.08
134	57.00%	15.00%	28.00%	24.05	6.33	11.81

Fonte: SRH, Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha. Fase A – Estudo de Viabilidade. Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem. Volume 1 – Estudos Básicos. Fortaleza, TPF, 2018.

2.6.3.4 - Estudo de Cheias

A cheia de projeto, muitas vezes denominada de cheia sintética, é frequentemente utilizada na análise, planejamento e dimensionamento de obras hidráulicas. As cheias de projeto com período de retorno de 1.000 e 10.000 anos são utilizadas na análise do comportamento hidráulico do sangradouro da Barragem Frecheirinha, no sentido de verificação da capacidade atual de regularização da estrutura vertente. O programa utilizado é o HEC-HMS, desenvolvido pelo Hydrologic Engineer Center, do U.S. Army Corps of Engineers (EUA).

Tal programa dispõe de várias metodologias para a transformação de precipitação em escoamento superficial. A metodologia adotada neste estudo foi a do Método do Hidrograma Unitário Triangular, desenvolvido pelo U. S. Soil

Conservation Service (1972). Este método, largamente utilizado em estudos desta natureza no Nordeste, se baseia em um hidrograma adimensional, resultado da análise de um grande número de hidrogramas unitários naturais de bacias de variadas extensões e localizações geográficas nos Estados Unidos. De simples aplicação, depende basicamente do tempo de concentração da bacia e nas relações geométricas.

A aplicabilidade do Método do Hidrograma Unitário se dá somente em bacias hidrográficas com áreas até 2.500 km², estando a área da bacia hidrográfica da Barragem Frecheirinha enquadrada dentro deste limite.

Para o dimensionamento do vertedouro foi adotando um cenário de cheia do reservatório para os períodos de retorno de 1.000 e 10.000 anos. Considerando quatro opções para a largura do vertedouro tipo creager (40, 60, 80, 100 e 120m) foram obtidos os resultados de lâmina de sangria e vazões afluentes e efluentes apresentados nos **Quadros 2.9 e Quadro 2.10**.

Quadro 2.9 - Resultados dos Estudos de Cheia Tr=1.000 anos

	Milénar				
	L=40m	L=60m	L=80m	L=100m	L=120m
Cheia Afluente	912.21 m³/s				
Cheia Efluente	79.70 m ³ /s	111.96 m ³ /s	140.93 m ³ /s	167.23 m ³ /s	191.37 m ³ /s
Cota operacional	131.97 m	131.92 m	131.89 m	131.86 m	131.83 m
Lâmina	0.97 m	0.92 m	0.89 m	0.86 m	0.83 m
Amortecimento	91.3%	87.7%	84.6%	81.7%	79.0%

Fonte: SRH, Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha. Fase A – Estudo de Viabilidade. Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem. Volume 1 – Estudos Básicos. Fortaleza, TPF, 2018.

Quadro 2.10 - Resultados dos Estudos de Cheia Tr=10.000 anos

	Decamilenar				
	L=40m	L=60m	L=80m	L=100m	L=120m
Cheia Afluente	1118.1 m³/s				
Cheia Efluente	104.79 m ³ /s	147.42 m ³ /s	185.83 m ³ /s	220.84 m ³ /s	253.16 m ³ /s
Cota operacional	132.16 m	132.11 m	132.07 m	132.03 m	132.00 m
Lâmina	1.16 m	1.11 m	1.07 m	1.03 m	1.00 m
Amortecimento	90.6%	86.8%	83.4%	80.2%	77.4%

Fonte: SRH, Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha. Fase A – Estudo de Viabilidade. Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem. Volume 1 – Estudos Básicos. Fortaleza, TPF, 2018.

Observa-se que a cheia milenar atinge valores de 912,21 m³/s e 1.118,1 m³/s para a Decamilenar. O amortecimento da cheia para os vertedouros simulados também foi significativo, variando aproximadamente entre 77,4% a 90,6%. Este estudo do amortecimento de cheias para várias seções de vertedouro irá nortear a escolha da dimensão econômica do vertedouro da barragem.

2.6.4 - Estudos Geológicos e Geotécnicos

2.6.4.1 - Geologia Regional

A área da Barragem está inserida no contexto geológico da Província Borborema, recentemente dividida em domínios geotectônicos neoproterozóicos, sendo formada por blocos crustais amalgamados durante a orogênese (colagem) brasileira (SANTOS et al., 2001). A porção Norte da Província é subdividida em três grandes Domínios: Médio Coreaú, Ceará Central e Rio Grande do Norte (BRITO NEVES, 2000). A área de estudo está inserida no Domínio Médio Coreaú (DMC).

O Grupo Ubajara (NPu) constitui uma unidade metassedimentar (HASUI, 2012) de idade neoproterozoica (~635-850 Ma) presente nos setores leste e sudeste

da área, ocupando majoritariamente a porção SO do graben Ubajara-Jaibaras, delimitado ao sul pelo granitoide Mucambo e composto pelas seguintes formações: Trapiá (NPut): formação basal, composta por quartzitos conglomeráticos; Caiçaras (NPuca): composta por ardósias vermelhas e roxo-avermelhadas e cristas de metarenitos, provenientes do metamorfismo de baixo grau (IBGE, 1999); Frecheirinha (NPuf): formada por calcários que distribuem-se em faixas irregulares.

Além dessas formações, tem-se os termometamorfitos (NPutm), originados no período em que o grupo Ubajara foi cortado por intrusões graníticas e granodioríticas do granitoide Mucambo, resultando em suas áreas de contato no desenvolvimento dos termometamorfitos, derivados de litotipos das Formações Trapiá, Frecheirinha e Coreau (CPRM, 2003). São zonas de transformação por metamorfismo de contato, que transiciona para as rochas não metamorfizadas da mesma unidade.

Granitoide Meruoca - Suíte Intrusiva Meruoca (ϵ_{y4m}): de idade cambriana (485,4-541 Ma) é composta por rochas plutônicas associadas aos plútons Meruoca e Mucambo (HASUI, 2012). Situa-se próximo da Ibiapaba, sendo separados pelos afloramentos dos termometamorfitos do Grupo Ubajara. O mapa geológico da região onde está inserido o projeto pode ser visualizado posteriormente no item 3.2 do presente relatório, o qual trata da caracterização do meio físico.

O Noroeste cearense, especificamente, o município de Sobral, limitando-se com os municípios de Massapê, Forquilha, Frecheirinha, Alcântaras, Mucambo, Cariré, Miraíma, Groaíras, Santana do Acaraú, Irauçuba, Canindé e Santa Quitéria, constitui uma das áreas sísmicas do Nordeste do Brasil e sua atividade sísmica é conhecida desde o século passado. Conforme Ferreira & Assumpção, (1983), o primeiro evento noticiado ocorreu no município de Granja, em 1810.

Os eventos que alcançaram maior magnitude foram os ocorridos em Groaíras e em Irauçuba (respectivamente, em 1988 e 1991), com réplicas estudadas por Ferreira et al., 1998, alcançando intensidade VI MM; e, atualmente, em Sobral (2008). Antes da ocorrência destes eventos, os dados disponíveis eram quase todos de caráter histórico, com exceção de alguns eventos registrados pela estação NAT,

localizada em Natal e operada pela UFRN, pelas estações da rede de Sobradinho, operada pelo IAG/USP, e da rede de Itatiaia, operada pela UnB.

No final de janeiro de 2008 iniciou-se uma intensa atividade sísmica na região de Sobral, com um evento de magnitude 2.5 mb, sendo sentido no distrito do Jordão. A atividade continuou nos meses subsequentes e o maior evento da sequência, de magnitude 4.2 mb, ocorreu no dia 21 de maio. Desde o início essa atividade sísmica foi registrada pela estação sismográfica SBBR instalada na região pelo Projeto do Instituto do Milênio “Estudos geofísicos e tectônicos na Província Borborema” (Processo CNPq Nº:42.0222/2005-7), comumente denominado de Projeto do Milênio. Esta estação está localizada na fazenda da EMBRAPA Caprinos e opera na região desde agosto de 2007. Após o início, em janeiro de 2008, da atividade sísmica ocorrida em Sobral e de dois eventos de magnitudes 4.2 mb e 3.9 mb, ocorridos com uma diferença de apenas três minutos, pesquisadores do LabSis decidiram instalar uma rede sismográfica local, onde foram utilizados equipamentos do Laboratório de Estudos Litosféricos da UnB e estações de período curto do Projeto do Milênio, além da estação SBBR, em operação na região.

A atividade sísmica na região Noroeste do Ceará vem sendo registrada desde o século passado e ultimamente tem se manifestado de forma mais intensa e numerosa (Ferreira et al., 1998; França et al., 2004). Juntando isto, ao fato da região estudada estar localizada em ambiente com histórico de intensa atividade tectônica (DMC), o risco sísmico não pode ser subestimado no dimensionamento e estudos de estabilidade da Barragem Frecheirinha, apesar da proximidade da área de estudo com as megaestruturas tectônicas, não ter correlação definida até o momento.

2.6.4.2 - Geologia Local

Geologicamente a área onde será implantada a Barragem Frecheirinha é formada por duas unidades lito-estratigráficas do Grupo Ubajara: os arenitos da Formação Trapiá e as ardósias da Formação Caiçaras.

No sítio do barramento, especificamente nas ombreiras, são caracterizadas pela presença de metarenitos, que se apresentam como cristas alinhadas, testemunhos isolados (afloramentos) e ao longo do eixo entre as estacas 0 a 5 e 28

a 45, como zonas de talus, sob a forma de blocos e matacões rolados com tamanhos que variam de centímetros a metros.

Na ombreira esquerda, o afloramento de metarenito ocorre deslocado para jusante em cerca de 50 m da estaca 0+0,00, enquanto na ombreira direita, ocorre deslocado ligeiramente para montante, conforme cristas alinhadas segundo a direção N30°, com mergulhos bastante inclinados 80-90°, sub-verticalizados.

Os metarenitos aflorantes nas ombreiras, pertencentes à Formação Caiçaras, são representados por pacotes de ortoquartzitos com espessuras que variam de centímetros até dezenas de metros de espessura, de cores claras ou impregnadas de óxido de ferro, frequentemente recristalizadas, e cortados por veios de sílica. Esta interpretação torna-se plausível quando sondagens realizadas nos dois eixos vertedouros e localizadas em selas topográficas e entre afloramentos, nenhuma passagem pelo metarenito foi registrada.

Por outro lado, a Formação Trapiá passa gradualmente para as ardósias vermelhas com metarenitos intercalados da Formação Caiçaras. Nestes afloramentos as ardósias mergulham sob os arenitos filíticos Trapiá, insinuando posicionamento estratigráfico inverso. Trata-se, contudo de um exemplo de inversão tectônica ao longo de uma sinclinal inversa da qual ambas as formações participam. Esta inversão ocorre nas proximidades da intrusão granítica do Mucambo.

Sob o ponto de vista do ambiente de sedimentação, a Formação Caiçaras deve ser analisada conjuntamente com a unidade basal do Grupo, a Formação Trapiá. De acordo com a interpretação adotada, as ardósias vermelhas e metarenitos da Formação Caiçaras são considerados, pelo menos em parte, contemporâneos daquela unidade, e representam a sedimentação distal das primeiras fases de preenchimento da fossa (**Fotos 2.1 e 2.2**).



Foto 2.1 - Blocos de quartzito com veios silicosos (20m a montante do Eixo Estaca 17+10) (E=302.091; N=9.682.167).



Foto 2.2 - Ombreira direita: afloramento de quartzito (crista), rodeado superficialmente por talus (blocos e matações rolados de quartzito) (E=302.167; N=9.582.117).

Ocorre ainda, a possibilidade de o corpo quartzítico ter origem da metamorfização da camada de arenitos grosseiros da Formação Trapiá, sobrejacentes à Formação Caiçaras, com ocorrência tabular, e que teve sua estrutura arrasada pelas intempéries ocasionadas pelas cheias do rio, preservando os testemunhos nos dois morrotes (ombreiras).

Em amostras de mão, apresentam granulometria bastante irregular com seixos de quartzo sub arredondados imersos em matriz arenítica, maciços, sem acamamento, de cores claras, em algumas áreas, com impregnações de óxido de ferro. São comuns veios de sílicas com 5 cm de espessura.

As ardósias pertencentes à Formação Caiçaras se apresentam ao longo da estrada vicinal, mais a montante pela margem esquerda do rio e em outra estrada vicinal a leste da ombreira direita. No eixo do barramento não são evidenciados afloramentos, estando completamente encobertas por solos aluvionares. As ardósias se apresentam na forma de corpos rochosos de coloração avermelhada, por vezes amarronzadas. Apresentam-se dobradas, onde sua orientação se dá na direção N30° com mergulhos que variam de sub-verticais e horizontais, concordantes em sua correlação estrutural com a ocorrência dos quartzitos. Não foram evidenciados

afioramentos de ardósias ao longo do eixo, encontrando-se sobrepostas por solo de alteração das mesmas e solos aluvionares (**Fotos 2.3 e 2.4**).



Foto 2.3 - Afloramento de ardósia na margem direita, apresentando laminação bem pronunciada, de direção N58E (E=302.284; N=9.581.842).



Foto 2.4 - Afloramento de ardósia na margem direita – foto na direção de jusante para montante (E=302.284; N=9.581.842).

As aluviões se restringem à calha principal do rio Caiçaras, sendo compostas por areias finas, médias e grossas, de coloração cinza, com seixos arredondados e sub ângulos de quartzitos e arenitos. As margens do rio são constituídas por aluviões formadas por silte-areno argiloso, de coloração cinza amarronzada (**Fotos 2.5 e 2.6**).



Foto 2.5 - Aluvião areia fina e média, com seixos polimíticos, arredondados e subarredondados, de tamanho até 30cm (E= 302.009; N= 9.582.343).



Foto 2.6 - Vista da calha do rio Caiçara, com barranco nas margens formados por aluviões compostos por silte-areno argiloso (E=302.027; N=9.582.027).

2.6.4.3 - Geotecnia

Estudos Geotécnicos Eixo do Barramento

Os estudos geotécnicos executados para a Barragem Frecheirinha foram constituídos da realização de prospecções mecânicas de superfície no local do barramento e aos ensaios *in situ* executados nestas prospecções. Além disso, foram realizadas investigações nas áreas de ocorrências de materiais construtivos e os ensaios laboratoriais executados a partir de amostras representativas extraídas das ocorrências.

As investigações geotécnicas realizadas no local da barragem objetivaram a identificação e compreensão das características e peculiaridades do solo de fundação e do substrato rochoso deste sítio, visando à concepção de um maciço tecnicamente adequado e seguro além, de economicamente viável (**Foto 2.7 e 2.8**).



Foto 2.7 – Ombreira direita: Talus sobreposto ao solo de alteração de ardósia - Est.29+00 (E=302.204; N=9.582.275).



Foto 2.8 – Ombreira direita: Pé da "crista" de quartzito - local da sondagem a pá e picareta (E-302.283; N-9.582.309).

No Eixo 1, adotado para o anteprojeto, foram realizadas 15 prospecções mecânicas, sendo 6 sondagens à percussão, perfazendo um total de 24,08m sondados, e 7 sondagens mistas (iniciada por processo percussivo e prosseguida com sonda rotativa) e 2 sondagens mistas inclinadas (com inclinação de 45°). As sondagens mistas distribuídas ao longo do eixo do barramento perfizeram um total de 262,95m perfurados, sendo 32,45m através de processo percussivo e 230,5m por processo rotativo.

Os **Quadros 2.11** e **2.12** mostram os dados técnicos das sondagens efetuadas no eixo do barramento, enquanto que o **Desenho 04/16 do Volume II** apresenta o perfil geológico/geotécnico do eixo do barramento.

Quadro 2.11 - Dados Gerais das Sondagens à Percussão no Eixo do Barramento

Nº	Estaca	Cota (m)	Extensão Sondada (m)	Compacidade ou Consistência Mínima
SP-01	Eixo 01	112,652	4,80	Areia siltosa, média a fina, mediamente compactada.
	Est. 27 e 28			
SP-02	Eixo 01	114,132	1,45	Areia siltosa, média a fina, mediamente compactada.
	Est. 17 e 18 (M)			
SP-03	Eixo 01	113,994	5,75	Areia pouco argilosa, média a fina, mediamente compactada.
	Est. 11 e 12			
SP-04	Eixo 01	118,056	4,60	Areia siltosa compacta
	Est. 5 e 6 (J)			
SP-05	Eixo 01	135,347	1,45	Areia compacta
	Est. 1 e 2 (J)			
SP-01'	Eixo 01	112,652	6,03	Silte argiloso
	Est. 7 e 8 (J)			

Fonte: SRH, Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha. Fase A – Estudo de Viabilidade. Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem. Volume 2 – Anteprojeto da Barragem. TOMO I – Relatório de Concepção do Anteprojeto. Fortaleza, TPF, 2019.

Quadro 2.12 - Dados Gerais das Sondagens Mistas no Eixo do Barramento

Nº	Estaca	Extensão (m)		Rocha Predominante
		Percussão	Rotativa	
SM 01	4+00	4,15	28,85	Ardósia da formação Caiçaras
SM 02	11+00	4,50	28,50	Ardósia de muito coerente a coerente
SM 04	21+00	6,10	29,00	Ardósia de pouco coerente a coerente
SM 05	30+00	2,13	31,87	Ardósia de mediamente coerente a muito coerente
SM 06	21+00(J)	5,92	27,23	Ardósia de rocha sã
SM 07	21+00(M)	4,60	18,60	Ardósia de pouco a muito alterada
SM 11	18+00	5,05	21,95	Ardósia de pouco a muito alterada
SM 22	30+00	0	20,00	Ardósia de muito a extremamente alterada
(inclinado)				
SM 23	1+00	0	24,50	Ardósia de mediamente a muito alterada
(inclinado)				
Total		32,45	230,5	

Fonte: SRH, Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha. Fase A – Estudo de Viabilidade. Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem. Volume 2 – Anteprojeto da Barragem. TOMO I – Relatório de Concepção do Anteprojeto. Fortaleza, TPF, 2019.

Nas sondagens mistas, foram executados ensaios de perda de água sob pressão (ensaio Lugeon), para a determinação quantitativa sobre a circulação de água através das fissuras do substrato rochoso. O número de ensaios e a perda específica máxima encontrada por furo são relacionados no **Quadro 2.13**.

Quadro 2.13 - Ensaio de Perda d'Água sob Pressão (Lugeon) no Eixo do Barramento

Furo	Estaca	Profundidade do Furo (m)	Profundidade do Obturador (m)	PE (l/min/m/kg/cm ²)	K (cm/s)
SM-01	4+00	6,00	3,00	1,280	1,34x10 ⁻⁴
		33,00	30,00	0,830	8,64x10 ⁻⁵
SM 02	11+00	18,00	15,00	0,320	1,79x10 ⁻⁵
		21,00	18,00	0,780	3,51x10 ⁻⁵
		24,00	21,00	0,350	3,62x10 ⁻⁵
		24,00	23,00	2,150	1,62x10 ⁻⁴
		27,00	24,00	1,210	6,80x10 ⁻⁵
		29,00	26,00	0,820	8,54x10 ⁻⁵
SM 05	30+00	6,00	3,00	0,680	6,20x10 ⁻⁵
		9,00	6,00	0,930	9,69x10 ⁻⁵
		12,00	9,00	0,290	2,52x10 ⁻⁵
		15,00	12,00	0,320	3,35x10 ⁻⁵
		24,00	21,00	0,960	5,43x10 ⁻⁵
		33,00	30,00	0,220	1,90x10 ⁻⁵
SM 06	21+00(J)	8,92	5,92	2,120	2,18x10 ⁻⁴
		11,92	8,92	2,760	1,86x10 ⁻⁴
		14,92	11,92	0,430	2,89x10 ⁻⁵
		17,92	14,92	0,360	2,31x10 ⁻⁵
		20,92	17,92	3,280	2,65x10 ⁻⁴
		23,92	20,92	2,720	2,03x10 ⁻⁴
		26,92	23,92	0,620	3,26x10 ⁻⁵
		29,92	26,92	0,500	3,43x10 ⁻⁵

Furo	Estaca	Profundidade do Furo (m)	Profundidade do Obturador (m)	PE (l/min/m/kg/cm ²)	K (cm/s)
		33,00	30,00	0,090	5,49x10 ⁻⁶
SM 11	18+00	11,00	8,00	0,780	6,07x10 ⁻⁵
		14,00	11,00	0,260	1,31x10 ⁻⁵
		17,00	14,00	0,500	2,80x10 ⁻⁵
		20,00	17,00	0,160	9,54x10 ⁻⁶
		23,00	20,00	0,050	9,62x10 ⁻⁷
		27,00	24,00	0,440	4,44x10 ⁻⁵
SM 22	30+00	9,00	6,00	0,490	4,39x10 ⁻⁵
		12,00	9,00	0,340	2,95x10 ⁻⁵
		15,00	12,00	0,320	2,61x10 ⁻⁵
		18,00	15,00	0,470	4,33x10 ⁻⁵
		20,00	17,00	0,530	4,72x10 ⁻⁵
SM 23	1+00	12,00	9,00	0,440	3,61x10 ⁻⁵
		15,00	12,00	0,280	2,41x10 ⁻⁵
		18,00	15,00	0,280	2,22x10 ⁻⁵
		21,00	18,00	0,490	3,87x10 ⁻⁵
		24,00	21,00	0,360	3,38x10 ⁻⁵

Fonte: SRH, Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha. Fase A – Estudo de Viabilidade. Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem. Volume 2 – Anteprojeto da Barragem. TOMO I – Relatório de Concepção do Anteprojeto. Fortaleza, TPF, 2019.

Estudos Geotécnicos Vertedouro

Os estudos geotécnicos nos locais estudados para a localização do vertedouro foram realizados com a finalidade de fazer a identificação e caracterização do subsolo, inclusive, avaliando a condutibilidade hidráulica do maciço rochoso através de ensaios de perda d'água sob pressão (Lugeon).

Ao longo dos dois eixos alternativos, estudados para avaliação do melhor local para a implantação do sistema vertedouro, foram realizadas 06 sondagens mistas, com 109,88 m, sendo 5,92 m com percussão e 103,96 m com sonda rotativa.

No **Quadro 2.14** são apresentadas as sondagens mistas realizadas nos eixos estudados para o vertedouro.

Quadro 2.14 - Dados Gerais das Sondagens Mistas no Vertedouro

Nº	Estaca	Extensão (m)		Rocha Predominante
		Percussão	Rotativa	
SM 16	Eixo 01	0	5,00	Ardósia de medianamente a muito alterada
	5+00			
SM 17	Eixo 01	5,92	24,66	Ardósia de pouco a medianamente alterada
	7+00			
SM 18	Eixo 01	0	23,60	Ardósia de pouco a medianamente alterada
	11+00			
SM 19	Eixo 02	0	18,50	Ardósia pouco a medianamente alterada
	6+00			
SM 20	Eixo 02	0	16,70	Ardósia de medianamente a muito alterada
	11+00			
SM 21	Eixo 02	0	15,50	Ardósia de muito a extremamente alterada
	7+00			
Total		5,92	103,96	

Fonte: SRH, Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha. Fase A – Estudo de Viabilidade. Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem. Volume 2 – Anteprojeto da Barragem. TOMO I – Relatório de Concepção do Anteprojeto. Fortaleza, TPF, 2019.

Foram executados ensaios de perda de água sob pressão (Ensaio Lugeon), para a determinação quantitativa sobre a circulação de água através das fissuras do substrato rochoso. O número de ensaios e a perda específica máxima encontrada por furo são relacionados no **Quadro 2.15**.

Quadro 2.15 - Ensaio de Perda d'Água sob Pressão (Lugeon) nos Eixos dos Vertedouros

Furo	Estaca	Profundidade do Furo (m)	Profundidade do Obturador (m)	PE (l/min/m/kg/cm ²)	K (cm/s)
SM-16	Eixo 01 5+00	5,00	2,00	0,92	9,64x10 ⁻⁵
SM 17	Eixo 01 7+00	10,73	7,73	0,88	9,16x10 ⁻⁵
		12,95	9,95	0,48	5,06x10 ⁻⁵
		16,40	13,40	0,42	2,90x10 ⁻⁵
		26,07	23,07	-8,64	1,95x10 ⁻⁵
		27,58	30,58	0,22	2,27x10 ⁻⁵
SM 18	Eixo 01 10+00	12,00	9,00	0,59	6,14x10 ⁻⁵
		15,00	12,00	0,61	4,27x10 ⁻⁵
		21,00	18,00	0,47	4,90x10 ⁻⁵
		23,60	20,60	0,26	2,27x10 ⁻⁵
SM 19	Eixo 02 6+00	9,00	6,00	0,02	9,36x10 ⁻⁷
		12,00	9,00	0,06	4,27x10 ⁻⁶
		15,00	12,00	0,03	1,87x10 ⁻⁶
		18,00	15,00	0,02	1,81x10 ⁻⁶
SM 20	Eixo 02 11+00	9,00	6,00	0,06	3,55x10 ⁻⁶
		12,00	9,00	0,05	2,94x10 ⁻⁶
		15,00	12,00	0,06	3,41x10 ⁻⁶
M 21	Eixo 02 7+00	8,00	5,00	0,13	1,01x10 ⁻⁵
		12,00	9,00	0,09	6,43x10 ⁻⁶
		15,00	12,00		

Fonte: SRH, Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha. Fase A – Estudo de Viabilidade. Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem. Volume 2 – Anteprojeto da Barragem. TOMO I – Relatório de Concepção do Anteprojeto. Fortaleza, TPF, 2019.

2.6.4.4 - Materiais de Empréstimos

Foram realizados estudos dos materiais de empréstimos terrosos, granulares e rochosos, os quais constaram inicialmente do reconhecimento quantitativo e qualitativo dos materiais existentes nas proximidades do eixo do barramento. As áreas identificadas como possíveis de investigação foram repassadas a uma equipe de geotecnia que procedeu as sondagens exploratórias, ensaios de caracterização e permeabilidade.

Os estudos das ocorrências de materiais para a utilização na construção da barragem foram iniciados por reconhecimento da área em volta do eixo do barramento, de modo que fossem selecionadas as ocorrências potencialmente aproveitáveis, levando-se em conta a qualidade do material e os volumes disponíveis. Como fonte de materiais para construção da barragem foram identificadas 10 jazidas de solos (J-01, J-02, J-03, J-04, J-05, J-06, J-07, J-08, J-09 e J-10), quatro areais (A-01, A-02, A-03 e A-04) e uma pedreira (P-01).

As jazidas de material terroso apresentam as características discriminadas no **Quadro 2.16**, tendo sido estudadas através de malhas quadráticas de sondagens a pá e picareta.

Quadro 2.16 – Características das Jazidas de Empréstimos

Jazida	Área da Jazida (m ²)	Volume de Expurgo (m ³)	Volume Total da Jazida (m ³)	Volume Útil da Jazida (m ³)	Distância do Eixo da Barragem (km)	% de Aproveitamento
J-01	40.000	6.000	32.400	27.600	3,71	85,19
J-02	87.500	13.125	80.500	72.625	2,41	90,22
J-03	40.000	6.000	40.800	38.800	2,31	95,10
J-04	135.000	20.250	137.700	129.600	3,32	94,12
J-05	140.000	21.000	128.800	128.800	4,47	100,00
J-06	135.000	20.250	112.050	106.650	4,26	95,18
J-07	207.500	31.125	230.325	226.175	4,11	98,20
J-08	40.000	6.000	36.400	34.800	0,10	95,60
J-09	60.000	9.000	57.000	54.000	0,22	94,74
J-10	300.000	45.000	318.000	318.000	0,45	100,00
Totais	1.185.000	177.750	1.173.975	1.137.050	-	-

Fonte: SRH, Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha. Fase A – Estudo de Viabilidade. Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem. Volume 2 – Anteprojeto da Barragem. TOMO I – Relatório de Concepção do Anteprojeto. Fortaleza, TPF, 2019.

As amostras coletadas em furos representativos das jazidas de material terroso foram submetidas a ensaios geotécnicos, quais sejam: granulometria por peneiramento e por sedimentação, limites de liquidez e plasticidade, peso específico natural e compactação Proctor Normal. Além desses, foram realizados ensaios

especiais (Densidade *in situ*, Permeabilidade de Carga Variável, Cisalhamento direto e Triaxial) nas ocorrências de solo.

Como fonte de material pétreo destinado para os espaldares de enrocamento e concreto, foi estudado um afloramento de rocha granítica sã (Pedreira-01), de coloração acinzentada, na localidade de Roça do Mato, próxima a Serra do Carnutim. A pedreira fica situada no entorno do ponto de coordenadas UTM 305.671 e 9.577.824, com distância média de transporte de 7,37 km à montante do eixo da barragem. Seu volume aflorante foi estimado em 41.683,26 m³. Ensaios de Desgaste à Abrasão Los Angeles, realizados em amostras extraídas da superfície aflorante, indicaram valores de 35% a 39%.

Os bancos de areia que ocorrem no leito do rio Caiçara, a montante e a jusante do eixo da Barragem Frecheirinha, apresentam-se com uma granulometria fina a grossa. Os trabalhos de campo, que foram realizados com a escavação de poços de inspeção a pá e picareta, identificaram e localizaram quatro areais para suprir os volumes necessários para construção das obras, cuja estimativa das quantidades necessárias para utilização na construção da barragem (filtros) e confecção dos concretos somam, aproximadamente, 35.800 m³.

O **Quadro 2.17** apresenta as coordenadas dos centros geométricos dos quatro areais estudados, bem como os volumes e as distâncias, via estradas vicinais, destes para o eixo da Barragem Frecheirinha.

Quadro 2.17 – Localização, Volumes e Distâncias dos Arais

AREAL	COORDENADAS		COMPRIMENTO TRECHO DO RIO (m)	VOLUME DA JAZIDA (m ³)	DISTÂNCIA AO EIXO BARRAGEM (m)
	Leste (m)	Norte (m)			
A-01	302.138	9.584.032	1.130,00	11.300,00	3.974,00
A-02	302.421	9.584.599	1.020,00	4.998,00	3.998,00
A-03	302.213	9.586.346	1.860,00	9.114,00	6.081,00
A-04	303.728	9.589.064	2.120,00	10.388,00	9.280,00
VOLUME TOTAL (M³)				35.800,00	

Fonte: SRH, Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha. Fase A – Estudo de Viabilidade. Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem. Volume 2 – Anteprojeto da Barragem. TOMO I – Relatório de Concepção do Anteprojeto. Fortaleza, TPF, 2019.

O **Desenho 05/16 do Volume II** mostra a localização das áreas de empréstimos a serem exploradas durante a implantação das obras.

2.7 - CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DO PROJETO

2.7.1 - Arranjo Geral das Obras

O arranjo geral das obras é composto por uma barragem de terra homogênea (maciço principal), três pequenos diques de terra de fechamento da bacia hidráulica (pontos de fuga), um vertedouro escavado na ombreira direita, com soleira tipo creager e canal de restituição revestido de concreto e uma tomada de água com galeria envelopada na ombreira direita (estaca 29+0,00), conforme podem ser visualizadas no **Desenho 06/16 do Volume II**.

As principais características técnicas das obras e das estruturas que compõem o Anteprojeto da Barragem Frecheirinha são: barragem principal; vertedouro; diques; e tomada d'água.

2.7.2 - Barragem Principal

A Barragem Frecheirinha constitui-se de uma seção mista, com o maciço de montante composto integralmente por solos das jazidas estudadas, encostado a um filtro chaminé vertical e ao maciço de jusante constituído por enrocamento desejavelmente de blocos de ardósia coerente a muito coerente, resultante dos produtos das escavações prevista para a construção do sangradouro.

O maciço da barragem de terra homogênea será construído entre as estacas 1+7,50 a 31+0,50, com a crista do coroamento na cota 134,00 m, largura do coroamento igual a 7,00 m e altura máxima de 30,00 m. No maciço serão utilizados solos das jazidas J-08, J-09, J-10, J-03, J-02 e J-04, seguindo essa sequência hierárquica de utilização de material devido a sua distância média ao eixo da barragem.

A trincheira de vedação (cut-off) será executada abaixo da linha das escavações obrigatórias, nos locais e nas profundidades mostradas nas seções transversais da barragem e no perfil geológico do eixo barrável. A largura do cut-off foi definida baseado nos estudos desenvolvidos pelo U.S. Bureau of Reclamation. Tomou-se o cuidado de garantir que a base do cut-off penetre pelo menos 50cm dentro do solo residual ou da rocha decomposta.

Em função dos resultados das sondagens e dos ensaios de perda de água realizados no maciço rochoso da fundação, foi previsto a realização de uma cortina de injeção ao longo da barragem, da tomada d'água e do vertedouro.

Os furos localizados no eixo da barragem de terra terão uma profundidade de 12,00 m, a partir da linha de rocha e será executada no trecho da Barragem. Serão executados inicialmente os furos primários denominados de exploratórios, espaçados a cada 12,0 m. os furos exploratórios serão executados com sonda rotativa diâmetro ØNX (75,3 mm) e em todos os furos primários (exploratórios) serão executados ensaios de perda d'água de cinco estágios, em segmentos de 3,0 em 3,0 metros.

Em seguida serão executados os furos secundários espaçados a cada 6,0 m e na sequência serão injetados os furos terciários, espaçados a cada 3,00 m, que

serão executados com equipamento roto-percussor com (rock-drill) de diâmetro de 3" (76,2 mm). Caso, se qualquer um dos furos terciários apresentar um consumo de calda superior a 20 kg/m de cimento, serão executados dois furos de ordem superior ao lado deste a meia distância entre os furos adjacente e assim sucessivamente.

Para a seção da barragem o talude de montante terá inclinação de 1,0 (V): 2,5 (H) e o talude de jusante 1,0 (V): 2,0 (H). O talude de montante será protegido da ação da energia das ondas do reservatório com a construção de um Rip-Rap formado por uma camada de 0,70 m de espessura, de blocos de rocha sã da pedreira P-01, assentes sobre uma camada de transição com 0,30 m de espessura, formada por produtos de britagem. Na camada final da crista, com 0,20 m de espessura, será utilizado com cascalho natural argiloso ou produto de britagem, com caimento de 2% para montante e nos limites dos bordos colocados meios-fios com abertura para montante.

Para o sistema de drenagem interna do maciço da barragem foram previstos um filtro vertical e um tapete drenante, complementado por uma trincheira drenante. O filtro vertical tipo chaminé terá 1,00 m de espessura e será executado com areia dos areais A-01 a A-04 e ficará com o topo na cota 132,70 m, 1,70 m acima da cota da soleira.

O filtro horizontal (dreno tipo sanduíche) possui espessura total de 1,00 m e consiste na superposição de três camadas drenantes composta por duas camadas inferior e superior de areia grossa, extraída dos areais A-01 a A-04, com espessura de 0,30m cada, e por uma camada intermediária de brita na espessura de 0,40m tendo as mesmas características granulométricas da brita da transição do enrocamento de pé.

A proteção no pé no talude de jusante será formada por uma camada de enrocamento (Rock-Fill) no leito do rio, com seção trapezoidal de 4,0 m de largura, taludes de 1:1,5 (V:H) e topo fixado na cota 113,00 m, a partir daí em direção às ombreiras está previsto a execução de filtro de pé. Para a transição, entre o dreno de areia e esta proteção de enrocamento, está prevista a colocação de uma camada

de transição composta de brita corrida, semelhante ao material usado na proteção do talude de jusante, com espessura de 0,50 m.

2.7.3 - Vertedouro

O vertedouro da Barragem Frecheirinha (Alternativa 2 escolhida para ser detalhada) foi projetado com base nas informações dos estudos hidrológicos e, principalmente, nas condições geotécnicas do subsolo do local estando localizado a cerca de 470m da ombreira direita da barragem. O eixo longitudinal vertedouro possui uma extensão de 479,75 m, e foi materializado em campo com estaqueamento de 20 em 20 metros.

A obra do vertedouro é sequenciada da seguinte forma: inicia com o canal de aproximação que possui 256,26m de comprimento, em seguida vem a obra do “creager” com 13,78m, na sequencia vem o canal rápido com 138,10m de extensão, seguido da bacia de dissipação com comprimento de 53,76m e, finalmente, o trecho de desague no rio do canal de restituição com 17,85m de comprimento.

O canal de aproximação do vertedouro será escavado na cota 129,00 m, com largura de base de 60,00 m, já os muros laterais verticais que confinam o “creager” terá cota de topo igual a 134,00 m (mesma cota do coroamento da barragem), já a soleira do “creager”, que define a cota de sangria da barragem tem crista na cota 131,00 m. O canal de restituição preserva a mesma largura de 60m, e possui laje de fundo em concreto armado no canal rápido e bacia de dissipação. O canal final que conduz a água do vertedouro até o rio Caiçara será escavado no solo e não possui revestimento.

2.7.4 - Diques

Os três diques de terra serão executados prioritariamente com solos de uma ou mais das jazidas J-08, J-09, J-10, J-03, J-02 e J-04, com coroamento na cota 134,00 m, largura do coroamento igual a 4,00 m e altura máxima de 4,00 m. Na camada final da crista, com 0,20 m de espessura, será utilizado com cascalho natural argiloso ou produto de britagem, com caimento de 2% para montante e nos limites dos bordos colocados meios-fios com abertura para montante.

Para a seção dos diques os taludes de montante e jusante são iguais a 1,0 (V): 2,0 (H). O talude de montante será protegido da ação da energia da onda do reservatório com a construção de um rip-rap formado por uma camada de 0,50 m de espessura, de blocos de rocha sã da pedreira P-01. O talude de jusante será protegido por uma camada de 0,30 m de espessura de material britado (bica corrida), em toda sua extensão.

2.7.5 - Tomada d'Água e Equipamentos Hidromecânicos

A tomada d'água será implantada na estaca 29+0,00 m do eixo barrável pela ombreira direita. Apresentará uma extensão de 120,00 m e será constituída de uma galeria tubular de diâmetro $\varnothing=500\text{mm}$ em aço ASTM A-36. O eixo da galeria ficará na cota 112,00 m. O corpo do tubo será envolvido em concreto estrutural (envelopamento).

No lado de montante, o extremo da tubulação será protegido por uma caixa de concreto armado, com grade de barra de ferro chato de malha 100mm x 100mm. No lado de jusante será construída uma caixa de concreto armado com três células para abrigo dos equipamentos hidromecânicos, dissipação da energia cinética e posicionamento de um tanque tranquilizador com uma saída que dispõe de vertedouro triangular isósceles que permite pela sua equação que se façam as medidas de vazões a partir do nível d'água sobre o vértice da soleira.

A Barragem será operada entre os níveis de cota 131,00 m e 112,00 m, onde os volumes são de 82,177 hm³ que corresponde a 100,0% de capacidade e 0,246 hm³ que corresponde a 0,30% da capacidade, respectivamente. As escavações obrigatórias atingirão as cotas que permite a implantação da tomada d'água de acordo com as cotas projetadas.

2.8 - TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO

Levando em conta as características geológicas e hidrogeológicas do maciço, e em função dos resultados das sondagens e dos ensaios de perda de água realizados no maciço rochoso da fundação, foi previsto a realização de uma cortina de injeção ao longo da barragem, da tomada d'água e do vertedouro.

Os furos localizados no eixo da barragem de terra terão uma profundidade de 12,00 m, a partir da linha de rocha e será executada no trecho da Barragem. Será executado inicialmente os furos primários denominados de exploratórios, espaçados a cada 12,0 m, os furos exploratórios serão executados com sonda rotativa diâmetro ϕ x (75,3 mm) e em todos os furos primários (exploratórios) serão executados ensaios de perda d'água de cinco estágios, em segmentos de 3,0 em 3,0 metros.

Em seguida serão executados os furos secundários espaçados a cada 6,0 m e na sequência serão injetados os furos terciários, espaçados a cada 3,00 m, que serão executados com equipamento roto-percussor com (rock-drill) de diâmetro de 3" (76,2 mm). Caso se qualquer um dos furos terciários apresentar um consumo de calda superior a 20 kg/m de cimento, serão executados dois furos de ordem superior ao lado deste a meia distância entre os furos adjacente e assim sucessivamente.

2.9 - FICHA TÉCNICA

As principais características das obras da Barragem Frecheirinha podem ser resumidas em:

FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM FRECHEIRINHA	
1 - IDENTIFICAÇÃO	
Denominação:	Barragem Frecheirinha
Eixo Alternativo:	Eixo 1
Município:	Frecheirinha
Sistema:	Rio Coreaú
Rio/Riacho Barrado:	Rio Caiçara
2 - BACIA HIDROGRÁFICA	
Área:	198,5 km ²
Precipitação Média Anual:	1.149 mm
Evaporação Média Anual:	1.775 mm
3 - CARACTERÍSTICA DO RESERVATÓRIO	
Área da Bacia Hidráulica (cota 131,00 m):	1.102 ha
Volume Acumulado (cota 131,00 m):	82,167 hm ³
Volume Afluente Médio Anual:	8,964 hm ³
Volume Morto do Reservatório (cota 112,00 m):	0,246 hm ³

FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM FRECHEIRINHA	
Vazão Máxima Milenar Afluente:	908,82 m ³ /s
Vazão Máxima Decamilenar Afluente:	1.114,01 m ³ /s
4 - BARRAGEM	
Tipo:	Barragem Mista
Cota do Coroamento:	134
Largura do Coroamento:	7,0 m
Extensão pelo Coroamento:	593,00 m
Altura Máxima:	27,0 m
Volume de Escavação (Fundação):	34.851 m ³
Volume de Aterro do Maciço e Cut-Off:	717.241 m ³
Volume do Enrocamento:	37.099 m ³
Volume de Transições Finas:	17.500 m ³
Volume de Areia:	2.998 m ³
Volume de Transições Grossas:	32.807 m ³
Talude de Montante:	1,0 (V) : 2,5 (H)
Talude de Jusante:	1,0 (V) : 2,5 (H)
5 - SANGRADOURO	
Tipo:	Canal
Largura:	60,00 m
Cota de Sangria:	131,00 m
Nível D'Água Max. Normal:	132,11 m
Extensão Total do Canal de Restituição:	480 m
Vazão Máxima Prevista:	147,0 m ³ /s
Lâmina Máxima Prevista (TR=10.000 anos):	1,11 m
Borda Livre:	1,89 m

Fonte: SRH, Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha. Fase A – Estudo de Viabilidade. Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem. Volume 2 – Anteprojeto da Barragem. TOMO I – Relatório de Concepção do Anteprojeto. Fortaleza, TPF, 2019.

2.10 - INTERFERÊNCIA COM INFRAESTRUTURA EXISTENTE

As interferências do projeto com infraestruturas existentes, especificamente na bacia hidráulica da Barragem Frecheirinha, correspondem a trechos de estradas vicinais e rede elétrica de baixa tensão, além de duas redes de transmissão de

energia elétrica da CHESF – LT 500KV que ligam a Hidrelétrica de Tucuruí ao Ceará, no Trecho Teresina/PI a Sobral/CE.

As características topográficas do traçado das redes de alta tensão foram identificadas e cadastradas para avaliar se as fundações das bases destas torres situam-se em cotas inferiores aos níveis operacionais do reservatório. Diante da análise das cotas das bases e os níveis operacionais (NA Decamilenar), verificou-se que nenhuma torre será atingida.

2.11 - CUSTOS E CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DO PROJETO

As obras pertinentes à construção da Barragem Frecheirinha foram orçadas em R\$ 71.514.144,00 (Setenta e um milhões, quinhentos e catorze mil, cento e quarenta e quatro reais), conforme pode ser visualizado no **Quadro 2.18**.

Quadro 2.18 - Custos das Obras do Reservatório

Discriminação	Valor (R\$)
Administração e Fiscalização	476.359,29
Administração Local	10.986.168,15
Serviços Preliminares	9.793.911,35
Barragem Principal	21.621.353,27
Diques	593.865,59
Vertedouro	27.266.773,83
Tomada d'Água	775.712,52
Total	71.514.144,00

Fonte: SRH, Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha. Fase A – Estudo de Viabilidade. Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem. Volume 2 – Anteprojeto da Barragem. TOMO I – Relatório de Concepção do Anteprojeto. Fortaleza, TPF, 2019.

O cronograma de construção das obras da Barragem Frecheirinha foi elaborado com o objetivo de orientar a empreiteira quanto à sequência de execução de cada serviço, tendo sido previsto um prazo de 12 meses para a sua implantação, conforme pode ser visualizado na **Figura 2.5**.



**CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO
ANTEPROJETO DA BARRAGEM FRECHEIRINHA**



ITEM	DISCRIMINAÇÃO	MESES												VALOR	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL (R\$)	
1.0	INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DO CANTEIRO CENTRAL	100% 476.359,29													476.359,29
1.1	ADMINISTRAÇÃO LOCAL	8,33% 915.514,01	8,33% 915.514,01	8,33% 915.514,01	8,33% 915.514,01	8,33% 915.514,01	8,33% 915.514,01	8,33% 915.514,01	8,33% 915.514,01	8,33% 915.514,01	8,33% 915.514,01	8,33% 915.514,01	8,33% 915.514,01	10.986.168,15	
2.0	SERVIÇOS PRELIMINARES	50% 4.896.955,68	50% 4.896.955,68											9.793.911,35	
3.0	BARRAGEM PRINCIPAL		10% 2.162.135,33	10% 2.162.135,33	10% 2.162.135,33	15% 3.243.202,99	15% 3.243.202,99	15% 3.243.202,99	10% 2.162.135,33	6% 1.297.281,20	5% 1.081.067,66	3% 648.640,60	1% 216.213,53	21.621.353,27	
4.0	DIQUES			25% 148.466,40	25% 148.466,40	25% 148.466,40	25% 148.466,40							593.865,59	
5.0	VERTEDOURO		5% 1.363.338,69	5% 1.363.338,69	10% 2.726.677,38	10% 2.726.677,38	15% 4.090.016,07	15% 4.090.016,07	10% 2.726.677,38	10% 2.726.677,38	10% 2.726.677,38	5% 1.363.338,69	5% 1.363.338,69	27.266.773,83	
6.0	ESTRUTURAS DA TOMADA D'AGUA		18% 139.628,25	18% 139.628,25	17% 131.871,13	17% 131.871,13		12% 93.085,50	12% 93.085,50	6% 46.542,75				775.712,52	
VALOR MENSAL (R\$)		6.288.828,98	9.477.571,96	4.729.082,68	6.084.664,25	7.165.731,91	8.397.199,47	8.341.818,57	5.897.412,22	4.986.015,35	4.723.259,06	2.927.493,31	2.495.066,24	71.514.144,00	
VALOR ACUMULADO (R\$)		6.288.828,98	15.766.400,94	20.495.483,62	26.580.147,87	33.745.879,78	42.143.079,25	50.484.897,82	56.382.310,04	61.368.325,39	66.091.584,45	69.019.077,76	71.514.144,00		
VALOR MENSAL (%)		8,79%	13,25%	6,61%	8,51%	10,02%	11,74%	11,66%	8,25%	6,97%	6,60%	4,09%	3,49%	100,00%	
VALOR ACUMULADO (%)		8,79%	22,05%	28,66%	37,17%	47,19%	58,93%	70,59%	78,84%	85,81%	92,42%	96,51%	100,00%		

FONTE:
TABELA SINAPI/CE - 03/2019 - COM DESONERAÇÃO (REF. 04/2019)
TABELA SICRO/CE - 11/2018 - COM DESONERAÇÃO (REF. 04/2019)
TABELA SEINFRA/CE - 026.1 - COM DESONERAÇÃO (REF. 12/2018)

BDI SERVIÇOS: 24%
BDI INSUMOS: 16%

2.12 - VIABILIDADE FINANCEIRA E ECONÔMICA DO PROJETO

2.12.1 - Viabilidade Financeira

A metodologia de avaliação financeira de projetos de Obras Hidráulicas tem por objetivo investigar a sustentabilidade financeira dos investimentos, tendo por base a valoração dos custos e benefícios a preços de mercado, os quais incluem impostos e subsídios. Busca, portanto, avaliar se os recursos serão aplicados de forma eficaz e se os ganhos privados e públicos são suficientes para remunerarem os investimentos propostos.

Vista pela ótica da alocação dos recursos a avaliação financeira busca mensurar o impacto direto provocado pelo aumento da oferta d'água no fluxo de caixa atual dos financiadores do projeto através da ótica incremental. Assim, como o objetivo é de mensurar o retorno aos investimentos do projeto, será formado um fluxo de caixa incremental, cuja elaboração exigirá a quantificação de diversas variáveis para as situações “sem projeto” e “com projeto”.

De acordo com a projeção populacional calculada para a sede municipal de Frecheirinha, no ano de 2050, a população atendida resultará em 23.053 habitantes e uma demanda atendida projetada de 817.696 m³/ano. Segundo o Relatório da Adutora da Barragem Frecherinha, hoje, 94,63% da população da sede do Município de Frecheirinha é abastecida pela CAGECE – Companhia de Água e Esgoto do Ceará, implantado na década de 1960. Adotou-se para consumo de água *per capita* residencial e comercial (q) de 150 l/hab/dia, por se tratar de valor usualmente utilizando em projetos similares. Foi admitido que este consumo *per capita* permanecerá constante ao longo do alcance do projeto.

Na projeção da oferta foi considerada a demanda com projeto, adicionando-se as perdas do sistema resultando, no ano de 2050, uma oferta total de 1.461.823 m³/ano. Nesse cálculo as perdas físicas do sistema vão decrescendo de 24,7% (perda no ano 2020), até 14,8% no horizonte projetado (ano 2050). Para a situação sem projeto, a oferta foi calculada considerando-se as populações ligadas e não ligadas à rede. Para a primeira, a oferta é igual à demanda adicionando-se as perdas físicas de 24,7%, mantida constante durante todo o horizonte de análise.

Para os não ligados, considerou-se a oferta igual à demanda, resultando um valor anual de 1.085.918 m³.

No cálculo total das receitas, para a situação sem projeto, a demanda anual sem projeto da população ligada à rede foi multiplicada pela tarifa média de R\$ 2,70/m³, deduzido o percentual de perdas financeiras, estimado em 5,4%, resultando no ano 2050 um total de R\$ 1.547.081. Para a situação com projeto, as receitas calculadas para o ano de horizonte atingiram o valor de R\$ 3.374.440.

Os custos de implantação da barragem, juntamente com os custos da adutora totalizaram R\$ 89.870.815,24. Os custos operacionais da situação sem projeto foram estabelecidos com base no valor de R\$ 2,38/m³, sendo estimados proporcionalmente aos níveis de produção. Para cálculo desses custos operacionais da situação sem projeto foram considerados os valores das despesas com manutenção da rede de distribuição e despesas de energia por m³, obtidos a partir dos dados do sistema atual fornecidos pela CAGECE, sendo estimados, respectivamente, em R\$ 1,79/m³, e R\$ 0,59/m³. Para a situação com projeto, os custos operacionais foram estabelecidos a partir da evolução do número de economias, da vazão do sistema, a potência das bombas e os custos de energia de consumo - R\$0,63882/kWh e energia de demanda - R\$ 63,88/kW.

O cálculo dos fluxos financeiros do projeto, constando dos valores relativos às receitas, aos investimentos, aos custos operacionais e aos benefícios líquidos incrementais, resultantes das situações com e sem projeto, resultou uma TIR financeira de -1,72%, que pode ser considerada baixa, mas situa-se dentro dos critérios de elegibilidade dos estudos de viabilidade dos projetos da Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH-CE), que admite uma TIR financeira de até - 5%. Observa-se, ainda, que deveria ser necessário cobrar uma tarifa média de R\$ 12,67/m³ para que a TIR financeira fosse igual a 12%. Sem a cobrança deste nível tarifário, o volume de subsídio líquido é de R\$ 9,96/m³.

O impacto fiscal do projeto foi calculado através da diferença entre a situação com projeto e a situação sem projeto dos fluxos financeiros de investimentos, custos de operação e manutenção e de receitas. O montante de impactos fiscais

incrementais gerados pelo projeto, em termos de valor presente, correspondem a um montante de R\$ 17.603.585,00 (R\$ de novembro de 2018). Este valor, apesar de representativo em termos de impacto direto na geração de impostos, pode ser considerado como conservador, pois se limita apenas aos gastos de investimentos e de O&M e receitas pela venda de água e, portanto, não considera o impacto fiscal adicional a ser gerado com o incremento das atividades econômicas proporcionadas pelo projeto nas localidades beneficiadas (efeitos "para traz" e "para frente").

Como consequência ainda dos benefícios indiretos pela implantação do projeto, o setor público reduzirá, naturalmente, suas despesas com obras e serviços de assistência social, principalmente para oferecer fontes alternativas de abastecimento humano e pela redução dos atendimentos médicos provocados pela melhoria da qualidade da água. Desta forma, pode-se concluir que o projeto é financeiramente viável, desde que sejam incluídos nos fluxos de benefícios líquidos, como consequência do projeto, todos os impactos fiscais diretos e indiretos.

2.12.2 - Viabilidade Econômica

A avaliação econômica objetiva averiguar se os recursos serão aplicados de forma eficaz e se os ganhos privados e públicos são suficientes para remunerarem os investimentos propostos. Assim, como o objetivo é mensurar o retorno dos investimentos do projeto, formou-se um fluxo de caixa incremental, cuja elaboração exigiu a quantificação de custos de investimentos e de operação, administração e manutenção, medidas ambientais e dos benefícios incrementais oriundos do projeto de abastecimento humano, do aproveitamento agrícola e dos benefícios líquidos econômicos associados à piscicultura.

Os benefícios sociais decorrentes da implantação de um projeto de abastecimento de água potável tornam o processo decisório de natureza social, pois, em geral, espera-se que esses projetos possam proporcionar os seguintes benefícios:

- Redução das taxas de morbidade e mortalidade provocada por enfermidades de origem hídrica;
- Melhorias dos hábitos e atitudes da população beneficiária, com respeito ao uso da água e disposição final;

- Promoção do desenvolvimento econômico, social e intelectual das comunidades através de melhorias das condições sanitárias.

No entanto, em face ao reconhecido *problema econômico* de escassez de recursos frente às necessidades ilimitadas, a decisão sobre a implantação desses projetos exige a aplicação de critérios econômicos, tendo em vista os objetivos de alocação eficiente dos recursos, de crescimento econômico e de distribuição de renda.

É dentro desse contexto do problema econômico que se insere a avaliação econômica de projetos, com o intuito de demonstrar para a sociedade em quanto a implantação de um projeto aumenta o seu bem-estar. Em um país em desenvolvimento, uma boa medida dessa variação de bem-estar coletivo é o incremento de riqueza gerado pelo projeto.

A mensuração dessa variação pode ser efetuada através de uma Análise de Custo-Benefício (ACB). Uma técnica de estimar monetariamente os custos e benefícios decorrentes de um projeto sobre todos os agentes afetados, em uma mesma medida (reais, dólares, etc) e para diferentes momentos. Em outras palavras, o objetivo da ACB é formar um fluxo de caixa de custos e benefícios que atualizados por uma dada taxa social de desconto resultem em um Valor Presente Líquido (VPL). Se o valor presente desse fluxo for positivo, deve-se aceitar o projeto, pois neste caso ele agregará riqueza à sociedade, mas se VPL for negativo, deve-se rejeitá-lo, mesmo que privadamente represente um bom negócio para os donos do projeto, pois nesta situação, o ganho proporcionado aos donos será, pelo menos, igual à perda sofrida pelos demais agentes econômicos afetados.

É nesse último ponto que aparece uma primeira diferença entre a avaliação financeira e econômica de projeto, aquela se preocupa apenas com os empreendedores ou financiadores, enquanto que esta última envolve todos os agentes econômicos: consumidores, produtores e governos.

Os resultados da avaliação econômica (valor presente líquido e relação B/C) dos usos múltiplos da Barragem Frecheirinha, ou seja, abastecimento d'água, plano de produção agrícola e piscicultura, a uma taxa de desconto de 12%, e a taxa

interna de retorno, dos fluxos econômicos do projeto, considerando duas hipóteses para o valor dos investimentos da barragem são resumidos no **Quadro 2.19**.

Para efeito de cálculo do retorno econômico dos usos múltiplos da Barragem Frecheirinha, ou seja, abastecimento d'água, plano de produção agrícola e piscicultura, foram consideradas duas hipóteses para o valor dos investimentos da barragem: 30% e 50%. Percebe-se que os resultados da avaliação econômica atingem indicadores bastante satisfatórios, que é de uma TIR de 17,31%, considerando 30% dos custos da barragem, enquanto na hipótese de 50% dos custos da barragem o empreendimento ainda atinge 12,81%.

Quadro 2.19 - Resultados da Avaliação Econômica e Análise de Sensibilidade dos Fluxos Básicos de Custos e benefícios dos Usos Múltiplos da Barragem Frecheirinha

Discriminação	Percentual do Valor dos Investimentos da Barragem			
	30%		50%	
	Relação B/C (*)	TIR (%)	Relação B/C (*)	TIR (%)
Fluxos Normais de Benefício e Custos	1,4245	17,31%	1,0658	12,81%
Análise de Sensibilidade				
-5%nosBenefícios	1,3532	16,48%	1,0125	12,15%
-10%nosBenefícios	1,282	15,63%	0,9592	11,49%
-5%nosBenef.e+5%nosCustos	1,2888	15,71%	0,9643	11,55%
-5%nosBenef.e+10%nosCustos	1,2302	14,99%	0,9205	10,99%
-10%nosBenef.e+5%nosCustos	1,221	14,88%	0,9135	10,90%
-10%nosBenef.e+10%nosCustos	1,1655	14,18%	0,872	10,36%

Fonte: SRH, Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha. Fase A – Estudo de Viabilidade. Etapa A3 – Relatório Final de Viabilidade Técnico, Econômico e Financeiro - RFV. Volume 1 – Relatório Final de Viabilidade Técnico, Econômico e Financeiro. Fortaleza, TPF, 2019.

Esses resultados podem ser considerados como dentro dos padrões normais de aceitabilidade de projetos dessa natureza, visto que não foram incluídos nos fluxos outros benefícios com a implantação e funcionamento do projeto, além da poupança aos cofres públicos pela redução das despesas com transferências com as famílias que serão empregadas na fase de implantação e durante a operação do projeto (programas de garantia de renda mínima), gastos com carros-pipa, entre outras reduções de despesas públicas motivadas pela melhoria da qualidade de vida da população, tais como despesas de saúde provocadas por doenças de veiculação

hídrica e geração de rendas adicionais pela criação de fontes hídricas superficiais, como as agroindústrias, o turismo, etc..

Vale ressaltar ainda, que mesmo no cenário mais pessimista, cuja TIR foi de 10,36%, a taxa de retorno do projeto é praticamente igual ao custo de fundos no Brasil, que se encontra hoje em 6,26% a.a., no caso a TJLP, que é a taxa de juros de longo prazo, operada pelo BNDES.

2.13 - CANTEIRO DE OBRAS

O canteiro de obra deve dispor de áreas de vivência devidamente dimensionadas em função das características de cada local e da quantidade de funcionários, incluindo no mínimo as seguintes edificações (**Quadro 2.20**):

Quadro 2.20 – Edificações Mínimas no Canteiro de Obras

Item	Discriminação
01	Escritório da Administração
02	Posto de Manutenção e Operação do Reservatório
03	Escritório da Contratada
04	Posto Médico
05	Alojamento de Pessoal
06	Laboratório
07	Almoxarifado
08	Carpintaria, Central de Armação e Oficinas
09	Depósito de Explosivos
10	Refeitório e Cozinha
11	Sanitários e Chuveiros
12	Fossa Sumidouro para Edificações
13	Instalações Provisórias de Água
14	Instalações Provisórias de Luz, Força, Telefone e Lógica
15	Placas Alusivas à Obra

Fonte: SRH, Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha. Fase A – Estudo de Viabilidade. Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem. Volume 2 – Anteprojeto da Barragem. TOMO I – Relatório de Concepção do Anteprojeto. Fortaleza, TPF, 2019.

2.14 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NAS OBRAS

Para o cumprimento da implantação do projeto, será necessário alocar a quantidade mínima de equipamento listada no **Quadro 2.21** abaixo:

Quadro 2.21 – Quantidade Mínima de Equipamentos Necessários

Item	Discriminação	Unid.	Quantidade
1	Equipamentos de Laboratório	Mês	32
2	Equipamentos de Topografia	Mês	24
3	Veículo Leve Tipo Sedan	Mês	144
4	Veículo Tipo Pick-up 140 a 165 CV	Mês	72
5	Veículo Tipo Van	Mês	24
6	Veículo Ônibus/Caminhão	Mês	48
7	Caminhão Basculante 12 m ³	h	4.080
8	Retroescavadeira sobre Rodas com Carregadeira	h	4.080

Fonte: SRH, Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha. Fase A – Estudo de Viabilidade. Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem. Volume 2 – Anteprojeto da Barragem. TOMO I – Relatório de Concepção do Anteprojeto. Fortaleza, TPF, 2019.

2.15 - ORIGEM E QUANTIFICAÇÃO DA MÃO DE OBRA EMPREGADA

As obras da Barragem Frecheirinha deverão interferir no mercado de trabalho da região através da oferta de um elevado número de empregos para mão de obra não qualificada. Está previsto o seguinte quantitativo de pessoal (**Quadro 2.22**).

Quadro 2.22 – Quantificação da Mão de Obra Empregada

DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANTIDADE
SUPERVISÃO		
ENGENHEIRO CIVIL DE OBRA SENIOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	Mês	24
ENGENHEIRO CIVIL DE OBRA PLENO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	Mês	22
ENGENHEIRO CIVIL DE OBRA JUNIOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	Mês	22
APONTADOR OU APROPRIADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	Mês	66
ADMINISTRAÇÃO		
GERENTE ADMINISTRATIVO FINANCEIRO	h/Mês	24
AUXILIAR ADMINISTRATIVO	Mês	22
SERVENTE DE OBRAS (MENSALISTA)	Mês	22
ENCARREGADO GERAL DE OBRAS COM ENCARGOS	Mês	22

DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANTIDADE
COMPLEMENTARES		
SERVENTE DE OBRAS (MENSALISTA)	Mês	44
ENCARREGADO DE TURMA	Mês	22
ALMOXARIFE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	Mês	22
AUXILIAR TECNICO / ASSISTENTE DE ENGENHARIA (MENSALISTA) - MECÂNICO DE MÁQUINAS PESADAS	Mês	22
AUXILIAR DE ESCRITORIO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	Mês	24
MOTORISTA DE CARRO DE PASSEIO (MENSALISTA)	Mês	72
LABORATÓRIOS		
LABORATORISTA	Mês	22
AUXILIAR DE LABORATORISTA DE SOLOS E DE CONCRETO (MENSALISTA)	Mês	44
LABORATORISTA	Mês	12
AUXILIAR DE LABORATORISTA DE SOLOS E DE CONCRETO (MENSALISTA)	Mês	24
TOPOGRAFIA		
TOPÓGRAFO	Mês	24
AUXILIAR DE TOPOGRAFIA	Mês	48
PLANEJAMENTO E CONTROLE		
TECNICO DE EDIFICACOES (MENSALISTA)	Mês	22
CONTROLE / MEDIÇÃO		
ENGENHEIRO CIVIL JUNIOR (MENSALISTA)	Mês	22
TECNICO DE EDIFICACOES (MENSALISTA)	Mês	20
AUXILIAR TECNICO / ASSISTENTE DE ENGENHARIA (MENSALISTA)	Mês	40
SEGURANÇA DO TRABALHO		
ENGENHEIRO DE SEGURANÇA DO TRABALHO	Mês	20
MÉDICO DO TRABALHO	Mês	12
ENFERMEIRO	h/Mês	20
VIGILÂNCIA		
ENCARREGADO DE TURMA	Mês	24
VIGIA	Mês	144

Fonte: SRH, Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo da Barragem Frecheirinha. Fase A – Estudo de Viabilidade. Etapa A2 – Estudos Básicos e Anteprojeto da Barragem. Volume 2 – Anteprojeto da Barragem. TOMO I – Relatório de Concepção do Anteprojeto. Fortaleza, TPF, 2019.

3 – DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

3 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

3.1 - DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DO EMPREENDIMENTO

A definição das áreas de influência do empreendimento, na fase de planejamento do estudo, foi fundamentada nas Diretrizes Ambientais para Projeto e Construção de Barragens e Operação de Reservatórios elaboradas pelo Ministério da Integração Nacional/Secretaria de Infraestrutura Hídrica, em meados de 2005, bem como, na análise das intervenções que se processarão nas fases de implantação e operação do projeto e na análise das vulnerabilidades do meio ambiente da região de inserção do mesmo.

As principais intervenções que se processarão na fase de implantação do projeto são relativas às operações de desmatamentos das áreas das obras e da bacia hidráulica do reservatório, de terraplenagens e de exploração de áreas de empréstimos, além da construção de estradas de serviços e das obras de engenharia, da aquisição materiais de construção e equipamentos, do tráfego de máquinas e veículos pesados e da oferta de empregos. Haverá, também, desapropriações de terra. Na fase de operação, as principais intervenções são representadas pela captação d'água no reservatório para abastecimento humano e industrial, o desenvolvimento da pesca e da piscicultura no lago a ser formado, a dessedentação animal, além da utilização do solo para produção hidroagrícola no trecho perenizado do rio.

No que se refere às vulnerabilidades ambientais ocorrentes, estas estão representadas no Meio Abiótico pela submersão de solos agricultáveis e pelos riscos de ocorrência de conflitos de uso da água, entre outros.

No Meio Biótico as fragilidades estão associadas principalmente à erradicação da vegetação de Caatinga arbórea, em bom estado de conservação, em alguns trechos, embora antropizada noutros, e da Caatinga Arbustiva Aberta na maior extensão da área, além da presença de espécies faunísticas que serão impactadas, bem como de áreas de preservação permanente (faixas de proteção dos cursos e mananciais d'água).

No Meio Antrópico as fragilidades estão vinculadas à relocação da população residente na área da bacia hidráulica do futuro reservatório, às alterações no uso e ocupação do solo na região, à paralisação parcial de atividades produtivas tradicionais e introdução de novas atividades econômicas (pesca, piscicultura superintensiva), às alterações no mercado de trabalho (oferta/demanda de empregos), entre outros. Com base nestas análises foi possível estabelecer as áreas de influências do projeto.

Ressalta-se que, o Artigo 5º, Item III da Resolução CONAMA nº 001/86, estabelece que os limites geográficos da área a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos do empreendimento proposto deverá ser, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual as obras estão localizadas. No caso específico da área do empreendimento ora em análise, o mesmo se encontra posicionado no território da Bacia do Coreaú, mais especificamente na sua região de alto curso.

Área de Influência Direta

A Área de Influência Direta do Projeto da Barragem Frecheirinha está representada pelas jazidas de empréstimo, bacia hidráulica do reservatório e por sua faixa de proteção periférica estabelecida em 100 metros, totalmente inclusa na zona rural dos municípios de Frecheirinha, Coreaú, Ubajara e Mucambo. Abrange, ainda, as áreas das jazidas de empréstimos a serem exploradas durante a execução das obras, além das áreas do canteiro de obras e dos bota-foras.

Área de Influência Indireta

A Área de Influência Indireta do Projeto da Barragem Frecheirinha abrange as áreas que independente do recorte geográfico serão influenciadas pela operação do reservatório ou exercerão influência sobre este.

O meio antrópico abrange, a priori, os territórios dos municípios de Frecheirinha, Coreaú, Ubajara e Mucambo, onde o futuro reservatório será assente e que terão seus aspectos socioeconômicos afetados pela oferta de empregos, pela demanda por materiais construtivos, pelos riscos de acidentes com a população periférica durante a implantação das obras, bem como pelo desenvolvimento proporcionado pela operação do empreendimento (fornecimento d'água regularizado

para abastecimento humano e industrial, irrigação difusa e dessedentação animal; aumento da oferta de produtos agropecuários; oferta de empregos; aumento da tributação, etc.). Engloba, ainda, o município de Ibiapina, que juntamente com Frecheirinha, Ubajara, Coreaú e Mucambo, apresentam partes de seus territórios posicionados na bacia de contribuição deste reservatório, tendo as atividades antrópicas aí desenvolvidas influência sobre a qualidade da água represada.

Com relação ao meio biótico, a Área de Influência Indireta apresenta-se mais restrita, estando associada às cercanias da área do empreendimento para onde migrará a fauna expulsa da área do projeto e que também poderá ser afetada pelo desencadeamento de processos erosivos e de assoreamento de curso d'água oriundos da área do empreendimento, entre outros. Foi considerado neste caso um raio de 3,0km no entorno da área da bacia hidráulica do futuro reservatório como área de influência indireta. Tal procedimento teve como base o disposto no Artigo 1º da Resolução CONAMA nº 428/2010, que estabelece normas referentes a etapas do licenciamento e o entorno das unidades de conservação visando a sua proteção. Os municípios com porções de seus territórios inseridas neste raio de 3,0km são Frecheirinha, Coreaú, Ubajara e Mucambo.

Quanto ao meio físico, para a maioria dos componentes deste meio, a Área de Influência Indireta fica restrita as áreas lindeiras ao reservatório. Todavia quando se analisa a questão associada aos recursos hídricos, a Área de Influência Indireta se amplia passando a envolver a área da bacia hidrográfica do rio Coreaú onde está posicionado o empreendimento ora em análise, e onde há riscos de ocorrência de conflitos pelo uso da água, já que a água represada será destinada para usos múltiplos requerendo o estabelecimento de um processo de gestão destes recursos hídricos. Além disso, há riscos de poluição da água represada no futuro reservatório por atividades desenvolvidas na área da sua bacia hidrográfica contribuinte, que no caso específico da Barragem Frecheirinha abrange partes dos territórios dos municípios de Frecheirinha, Coreaú, Ubajara, Mucambo e Ibiapina.

Já quando se analisa a questão com relação aos domínios geotectônicos, observa-se que a Área de Influência Indireta do meio físico se amplia, extrapolando a área da Bacia do Coreaú, já que o reservatório ora em análise encontra-se inserido

no território do Domínio do Médio Coreaú (DMC), em cujo limite com o Domínio Ceará Central (DCC) encontra-se posicionado a principal zona de cisalhamento da Zona Sísmica do Acaraú – ZSA (o Lineamento Sobral – Pedro II). O referido lineamento, bem como a Falha Café – Ipueiras, que trunca a leste os plutons Meruoca e Mucambo, encontram-se posicionados na vizinha Bacia do Acaraú. Assim sendo, optou-se por considerar a área de influência do meio físico neste caso abrangendo toda a área da ZSA.

3.2 - CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

3.2.1 - Aspectos Geológicos

A Região Hidrográfica do Coreaú, onde se encontra posicionada a área de estudo, é formada por uma grande variedade de formações litológicas, que podem ser agrupadas em dois grandes domínios geológicos, sendo estes:

- Embasamento Sedimentar (rochas sedimentares) – representado pelos depósitos eólicos litorâneos (dunas, paleodunas e sedimentos de praia); sedimentos arenosiltosos do Grupo Barreiras; depósitos aluviais e fluviomarinhos; coberturas de espraiamento aluvial; conglomerados e arenitos do Grupo Serra Grande; arenitos do Grupo Riacho Sairi e arenitos, grauvacas, arcóseos, ardósias e calcários do Grupo Ubajara (Formações Coreaú, Frecheirinha, Caiçaras e Trapiá);
- Embasamento Cristalino – representados por rochas metamórficas e ígneas pertencentes ao Grupo Martinópole (Formações Santa Terezinha, Covão, São Joaquim e Goiabeira); Complexo Granja; Suíte Granitóide Itaporanga e Suíte Granitóide Meruoca, esta última representada pelos plutons Meruoca e Mucambo.

O embasamento cristalino apresenta-se predominante no território desta região hidrográfica, ocorrendo principalmente na porção central e sul da bacia. Apresenta, em geral, comportamento mais resistente, favorecendo o escoamento superficial das águas. As coberturas sedimentares, por sua vez, ocorrem notadamente na porção norte da bacia, em toda extensão da faixa litorânea.

Apresentam baixa resistência mecânica, porém quando cimentadas passam a apresentar maior coerência e resistência.

O arcabouço estrutural do território da Região Hidrográfica do Coreaú é caracterizado pela dominância de grandes falhamentos que se sobrepõem aos elementos de uma fase anterior à tectônica plástica. As unidades lito-estruturais individualizadas correspondem a blocos tectônicos que guardam entre si diferenças em seus aspectos litológico-estruturais e grau metamórfico. Do ponto de vista macro, o escudo pré-cambriano nesta região estrutura-se numa sucessão de horsts e grabens, orientados de nordeste para sudeste, denunciando a grande mobilidade tectônica da região nos períodos finais do pré-cambriano e no Paleozóico Inferior, com reativações secundárias em épocas mais recentes. De norte para sul podem ser individualizados 5 blocos tectônicos, a saber: horst Granja, graben Martinópole, horst Tucunduba e graben Bambuí-Jaibaras, estando a área do empreendimento ora em análise posicionada no domínio deste último bloco tectônico.

Sobressaem-se no território da Região Hidrográfica do Coreaú extensas zonas de cisalhamento (zonas de cisalhamento de Granja, Jaguarapi e Água Branca) e falhamentos de importância regional (falhas de Santa Rosa, Martinópole, Itacolomi e Arapá, esta última posicionada ao norte da cidade de Frecheirinha. A Falha Café-Ipueiras e o Lineamento Sobral – Pedro II, que se constituem nos mais importantes falhamentos da Zona Sísmica de Acaraú, e que estão vinculados ao domínio do graben Bambuí-Jaibaras, encontram-se posicionados no território da Bacia do Acaraú.

A área do estudo encontra-se posicionada no extremo sul da Região Hidrográfica do Coreaú, tendo seu território, no caso específico dos componentes geotectônicos, extrapolando a área desta região hidrográfica, encontrando-se associado à denominada Bacia do Jaibaras, que também abrange terras da vizinha bacia do rio Acaraú. A estruturação da Bacia do Jaibaras se deu em condições de instabilidade crustal durante a denominada Reativação Wealdeniana (Almeida, 1967), em que se sucederam a deposição de uma sequência sedimentar diversa, aliada a eventos do vulcanismo e intrusões de corpos graníticos, epimetamorfismo e reativação de falhamentos, caracterizando-a como uma entidade tectônica do tipo

graben. As três unidades principais que compõem esta bacia são o Grupo Ubajara (ex-Grupo Bambuí), a suíte de rochas cristalinas (intrusivas graníticas e vulcânicas) e o Grupo Jaibaras, estando a área do barramento proposto alocada na primeira destas unidades. O mapa geológico da área do estudo encontra-se apresentado no **Desenho 07/16 do Volume II**.

O Grupo Ubajara consiste numa espessa sequência sedimentar marinha constituída de psamitos e calcários depositados num período de calma tectônica. Podem ser individualizadas neste grupo, a Formação Trapiá, constituída de arenitos; a Formação Caiçaras, composta por ardósias; a Formação Frecheirinha (calcários) e a Formação Coreaú, formada por arenitos, grauvacas e arcóseos.

A suíte de rochas cristalinas, representada pelos granitos intrusivos e pelo vulcanismo Parapuí, foi gerada após a deposição do Grupo Ubajara, num evento tectomagmático relacionado a um provável estágio de reativação plataformal. O vulcanismo Parapuí é representado por riolitos, riodacitos, dacitos, andesitos, basaltos e diabásios e apresentam-se como uma provável associação comagmática dos granitos intrusivos do tipo Meruoca e Mucambo.

O “stock” Granítico Mucambo tem forma grosseiramente circular, com alongamento pronunciado para sudoeste, e é truncado nos flancos leste e sudeste pela Falha Café/Ipueiras. Morfologicamente, condiciona duas paisagens distintas, onde na parte sul e central, instalou-se um peneplano suave com espesso solo em decomposição e a parte norte do maciço, de relevo mais áspero, constitui a denominada Serra do Carnutim.

Por sua vez, o “stock” Granítico Meruoca-Rosário, localizado a nordeste da área do estudo, constitui as conhecidas serras da Meruoca e do Rosário, com altitudes da ordem de 1.000 m, e relevo montanhoso com escarpas abruptas, geralmente nuas ou com feições ruiformes em blocos de rochas soltas e empilhados de forma caótica.

O Grupo Jaibaras consta de uma sequência sedimentar de grande espessura depositada num período de ativação intercalado com calma tectônica, gerando um complexo sistema estrutural. Podem ser individualizadas as Formações Massapé e

Aprazível, constituídas de conglomerados e brechas e a Formação Pacujá, formada por arenitos finos.

Os depósitos flúvio-aluvionares são representados, essencialmente, por areias, cascalhos, siltes e argilas, compreendendo os sedimentos fluviais. Sobre os terrenos cristalinos, os cursos d'água mostram-se frequentemente controlados por fraturas e falhas, exibindo longos trechos retilinizados. Nestas áreas, os depósitos constituem faixas estreitas, mormente formadas por sedimentos de granulometria grossa, ao longo dos canais ativos, enquanto, nas planícies de inundação, apresentam uma constituição mais fina.

Geologicamente a área onde será implantada a Barragem Frecheirinha é formada por duas unidades lito-estratigráficas do Grupo Ubajara: os arenitos da Formação Trapiá e as ardósias da Formação Caiçaras.

Vale ressaltar que, os estudos realizados na região não detectaram nenhuma ocorrência de calcário na área da bacia hidráulica, nem tampouco na área das obras da Barragem Frecheirinha.

Na referida área foram identificadas estruturas correspondentes a feições planares e lineares, deixando bem definida suas estruturas primárias que definem as estratificações correspondente ao S₀ (NASCIMENTO JUNIOR, 2005). As rochas do Grupo Ubajara, principalmente as ardósias que possuem foliação de baixos valores de mergulho, em torno de 20° a 30°, possuem também um alto grau de fraturamento e clivagem ardosiana. Nas ardósias da Formação Caiçaras a foliação apresenta uma direção preferencialmente NE-SW com mergulhos ora para SE ora para NW (**Figura 3.1** a **Figura 3.4**). Apresenta-se a seguir a descrição das litologias presentes na região do empreendimento:



Figura 3.1 – Foliação Preferencial NE – SW Ardósias da Formação Caiçaras
 Fonte: NASCIMENTO JUNIOR, 2005.

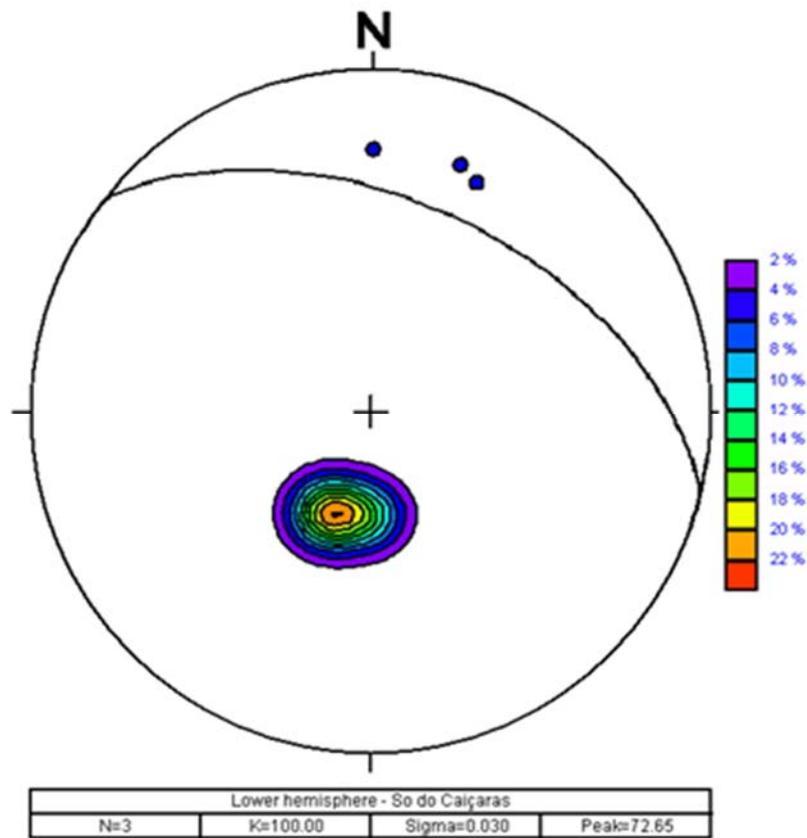


Figura 3.2 – Concentrações dos Polos da Foliação, mostrando Planos Médios
 Fonte: NASCIMENTO JUNIOR, 2005.

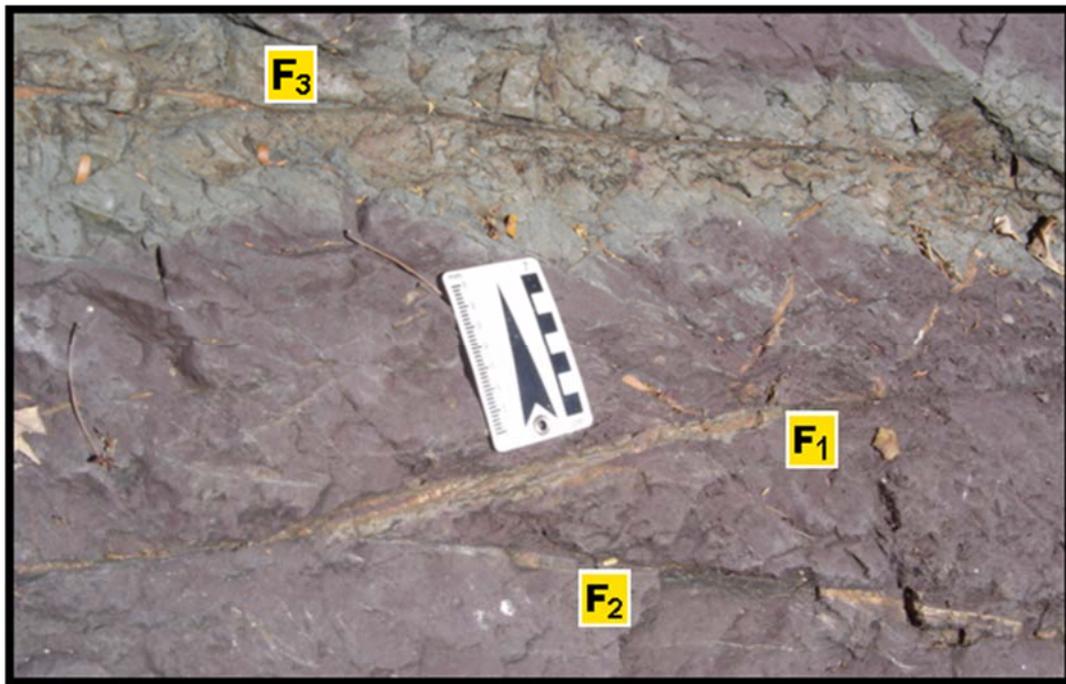


Figura 3.3 – Ardósia no Rio das Minas com Fraturas Ilustrando Processo de Migração do Ferro
 Fonte: NASCIMENTO JUNIOR, 2005.

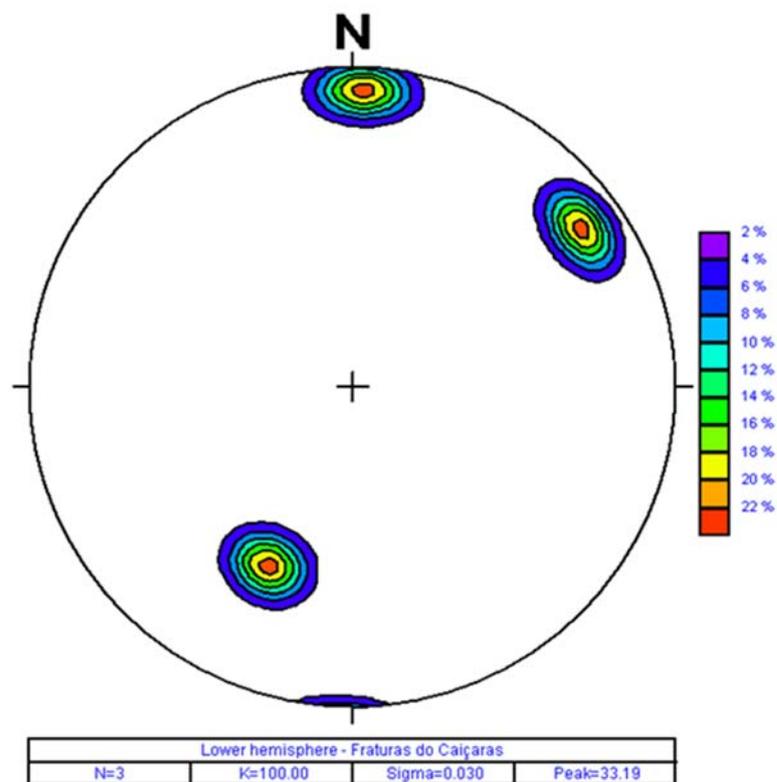


Figura 3.4 – Concentrações dos Polos das Fraturas nas Ardósias
 Fonte: NASCIMENTO JUNIOR, 2005.

3.2.1.1 - Formação Caiçaras

As rochas da Formação Caiçaras estão presentes por toda a área em estudo, e são compostas essencialmente por ardósias roxas e vermelhas, exibindo clivagem ardosiana, podendo em algumas partes gradar a metasiltito amarelado.

De acordo com NASCIMENTO JUNIOR (2005), estas ardósias apresentam grande fissilidade, desagregando-se facilmente em placas lisas segundo uma direção preferencial de clivagem. Apresentam cores avermelhadas a róseo avermelhada com manchas de descoloração creme esbranquiçada, que conferem aos afloramentos um aspecto mosqueado. São rochas de composição argilosa e síltica, sedosa ao tato e bastante compactas (**Figura. 3.5**).



Figura 3.5 – Ardósia da Formação Caiçaras Vermelho-amarronzada com Clivagem Ardosiana

Fonte: NASCIMENTO JUNIOR, 2005.

Exibem frequentemente estratificações plano paralelas rítmicas, definidas pela alternância de níveis milimétricos a centimétricos de pelitos e siltes; estratificações cruzadas e tangenciais. Não apresentam nenhum evento estrutural de relevância, sendo notado apenas os sistemas de clivagem ardosiana, fraturamentos e pequenas falhas. Os sistemas de clivagem apresentam uma direção média preferencial de 30° N/50° SE.

Bancos ou níveis de metarenitos quartzosos (ortoquartzitos) médios a grossos, com espessuras métricas ocorrem intercalados nas ardósias e estão intensamente recristalizados. Os depósitos aluvionares estão distribuídos na calha principal do rio e nas planícies aluvionares. Estes depósitos apresentam, espessuras que variam de 4 e 7 metros e são formados geralmente por sedimentos silto arenoso e/ou silto-areno-argiloso. Os sedimentos da calha do rio são representados por um pacote arenoso, com espessura que varia de 1 a 1,5 metros formados de areia de granulometria média a grossa.

Os arenitos se apresentam em uma estreita faixa de domínio ao longo de uma crista alinhada, geralmente em forma de blocos rolados com dimensões que variam desde blocos centimétricos até matacões.

Petrograficamente são constituídas essencialmente por minerais argilosos e alguns (raros) cristais de quartzo na forma de agregados formando pequenos grãos (< 0,1mm). Embora possam ocorrer em menores proporções pequenos cristais retilíneos de feldspato, carbonatos e óxido de ferro, principalmente hematita.

De acordo com as características desta formação, NASCIMENTO & GAVA (1979) e GORAYEB *et al* (1988) propuseram um ambiente de sedimentação fluvial predominantemente de baixa energia, caracterizando possivelmente uma fácies fluvial distal de um rio meandrante, onde os pelitos caracterizam uma planície de inundação e os arenitos correspondem a depósitos de canais meandrantés.

3.2.1.2 - Formação Trapiá

Esta formação é constituída essencialmente por quartzitos conglomeráticos, arenitos grossos epimetamórficos, mal classificados, metarenitos finos a médios com matriz siltico-argilosa de tonalidade cinza-clara, ocupando posição basal no Grupo Ubajara, estando sotoposta à Formação Caiçaras. Inclui ainda esta formação uma faixa de cornubianitos desenvolvida ao longo do contato com o “stock” granítico de Mucambo.

A Formação Trapiá ocorre conspicuamente no vale do riacho homônimo, na região de Ubaúna. Exibe perfil típico ao longo da rodovia federal BR-222 e a partir desta rodovia estende-se para sudeste, bordejando o flanco noroeste do “stock”

granítico de Mucambo até o sopé da Ibiapaba. A Formação Trapiá constitui ainda a Serra da Penanduba, feição topográfica de destaque do Grupo Jaibaras.

Apresenta relevo ondulado suave, solo arenoso síltico bastante delgado e irregular e cobertura vegetal arbustiva marcadamente rarefeita. Ao longo dos contatos com o granito Mucambo desenvolve-se uma aureola de metamorfismo térmico, que na Formação Trapiá manifesta-se morfologicamente com um relevo de cristas sub-verticais, paralelas ao contato do granito e disposta num amplo semicírculo. Já na Serra de Penanduba, exhibe um panorama distinto morfológico distinto, com o desenvolvimento de relevo montanhoso, com declives íngremes e vales encaixados, e uma cobertura vegetal de médio porte, bastante densa.

Nos afloramentos, a Formação Trapiá apresenta-se como uma sucessão de bancos decimétricos, em alguns casos atingindo 1 metro de espessura, com acabamento regular, constituídos predominantemente de quartzitos pardos e cinza escuro intensamente fraturados, e cimento síltico-argiloso. Na Serra da Penanduba predominam bancos espessos de quartzitos maciços geralmente grosseiros, de cores claras até branco leitoso, com níveis conglomeráticos intercalados. Exibem fortes mergulhos e representam provavelmente a secção basal da Formação, cujo contato inferior não foi observado, o que se deve provavelmente a tectônica peculiar da bacia. A capa da formação, por outro lado, aflora em diversos pontos, exibindo sempre um carácter transicional com as unidades que lhes são sobrepostas. Em sua faixa de ocorrência mais oriental, verifica-se a ausência de deposição da Formação Caiçaras e a Formação Trapiá passa gradativamente para os calcários da Formação Frecheirinha.

Os Termometamorfitos desta unidade formam uma auréola contínua ao longo do “stock” granítico de Mucambo. Essas rochas de expressão morfológica bem marcante, apresentam-se em cores cinza escura até preta, fortemente endurecidas, com aspecto endurecido e fratura sub-conchoidal. Exibem um claro zoneamento, desde arenitos levemente endurecidos, que marcam o contato exterior da aureola, até típicos hornfels a cordierita e biotita na zona de contato imediato com o granito xenólitos inclusos no mesmo.

A tectônica plástica característica do Grupo Ubajara, prevalece, também, na Formação Trapiá, apesar do caráter incompetente de suas litologias. Na área de Ubaúna e da BR-222 esta formação participa de uma sequência de dobramentos menores, cujos eixos são orientados segundo NE-SW, com caimento para nordeste. Das dobras normais e simétricas características da área ao norte do granito Mucambo, o estilo tectônico evolui para uma sequência isoclinal de dobras inversas, desenvolvidas a noroeste de Ubaúna.

Ao longo do contato com o stock granítico Mucambo, esta formação foi tectonicamente afetada pela intrusão, resultando numa verticalização das camadas com mergulhos da ordem de 80° - vertical, radialmente dispostos com relação ao corpo intrusivo.

Na área da serra da Penanduba, a Formação Trapiá modelou-se numa anticlinal complexa de difícil interpretação em função da precariedade dos afloramentos. Aparentemente constitui o núcleo da dobra, cujo eixo mergulha para sudoeste. Esta estrutura foi truncada por falhamento no flanco leste e ainda nas proximidades de Frecheirinha por falhas de colapso, paralelas ao eixo do dobramento. A interpretação tectônica da bacia indica a Serra de Penanduba, como área de afloramento da sequência basal do Grupo Ubajara, representada pela Formação Trapiá.

3.2.2 - Aspectos Geomorfológicos

A compartimentação do relevo do território da Região Hidrográfica do Coreau é representada, basicamente, por cinco domínios geomorfológicos: Planície Litorânea, Glacis Pré-Litorâneos dissecados em interflúvios tabulares, Depressão Sertaneja, Maciços Residuais e Planalto da Ibiapaba, cujos limites são estabelecidos com base na homogeneidade das formas de relevo, posicionamento altimétrico, estrutura geológica, atividade tectônica, bem como nas características do solo e vegetação.

Na região onde será assente o empreendimento observam-se as seguintes unidades de relevo: a Depressão Sertaneja, Maciços Residuais e as Planícies Fluviais do rio Caiçara e tributários. A Depressão Sertaneja é o domínio

geomorfológico de maior representatividade na região. Corresponde a uma superfície de aplainamento, onde o trabalho erosivo se fez sobre as rochas do Grupo Jaibaras. A morfologia da Depressão Sertaneja é representada por extensas rampas pedimentadas que se iniciam na base dos maciços residuais e se inclinam suavemente em direção aos fundos dos vales, com cotas variando entre 110 e 180 m. Este domínio geomorfológico caracteriza-se por apresentar topografia plana ou levemente ondulada, cortada ocasionalmente, por afloramentos rochosos.

A monotonia das formas planas a suavemente onduladas da Depressão Sertaneja, vez por outra é interrompida pela forte ruptura de declive das serras e morros residuais. Esses relevos são constituídos, predominantemente por rochas graníticas ou quartzíticas e foram formados a partir da erosão diferencial que rebaixou as áreas circundantes, de constituição litológica menos resistente. Apresentam-se dissecados em feições de colinas e em forma de inselbergs. Na região do empreendimento o acidente topográfico que mais se destaca na paisagem são a Serra do Carnutum e os serrotes Água Branca e da Várzea.

Com relação às planícies fluviais, na região do empreendimento destaca-se a planície fluvial do rio Caiçara, como a mais significativa. São áreas sujeitas a alagamentos periódicos nas épocas de maior pluviosidade e, conseqüentemente, maiores volumes d'água nos rios. Na região, os vales são estreitos e profundamente entalhados. O mapa geomorfológico encontra-se apresentado no **Desenho 08/16 do Volume II**.

Quanto à ocorrência de relevo cárstico, na região este tipo de relevo se encontra associado às rochas carbonáticas, no caso os calcários da Formação Frecheirinha (Grupo Ubajara), que ocorre nas imediações da cidade homônima e no município de Ubajara, onde encontra-se representado pelo conjunto de 11 cavernas existentes na área do Parque Nacional de Ubajara, dentre as quais se destaca a Gruta de Ubajara (1.120m).

Ressalta-se, todavia, que não foi identificada por ocasião da execução dos estudos topográficos e geológico/geotécnicos desenvolvidos, a ocorrência de formações de relevo cárstico na área do empreendimento ora em análise.

3.2.3 - Sismicidade

Com relação ao panorama sismotectônico, a área do estudo encontra-se posicionada na região noroeste do Ceará, considerada uma das principais áreas sísmicas do Nordeste brasileiro, contando com importantes estruturas tectônicas mapeadas (Falha Café – Ipueiras e o Lineamento Sobral – Pedro II) e com um significativo número de eventos sísmicos registrados desde o século passado, conforme pode ser visualizado na **Figura 3.6** e no **Quadro 3.1**.

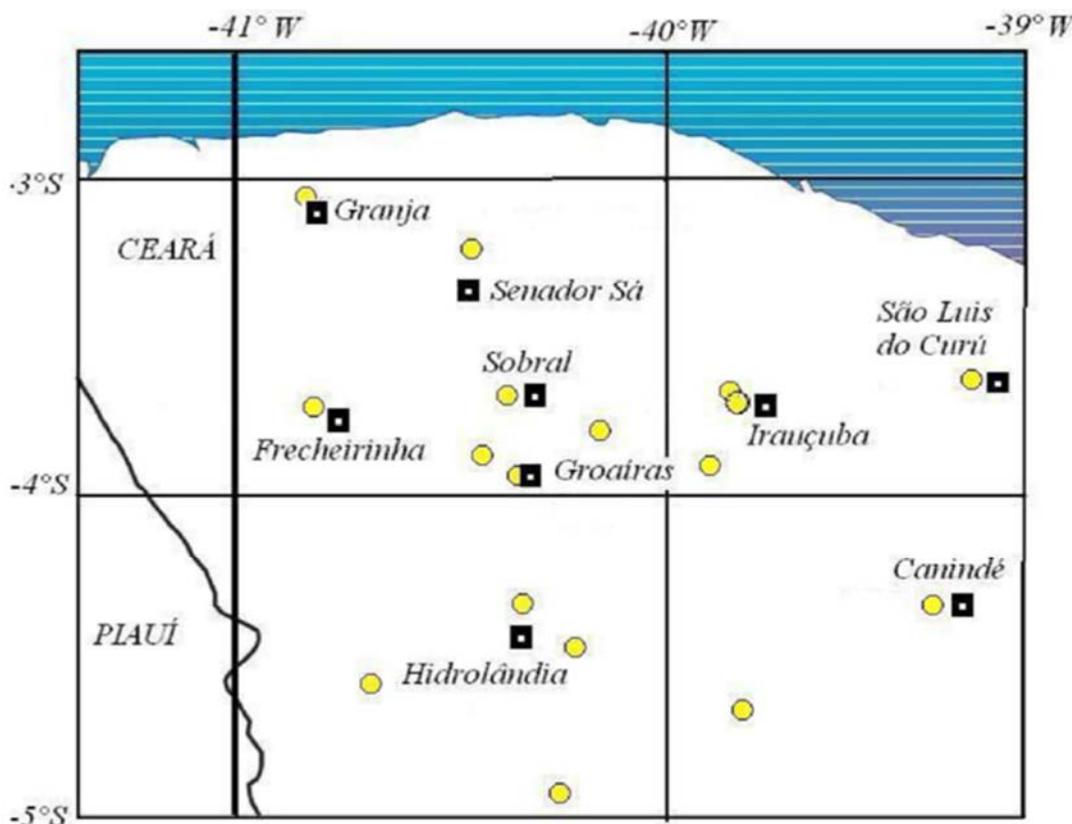


Figura 3.6 – Sismicidade na Região Nordeste do Ceará

Fonte: FERREIRA & ASSUMPÇÃO, 1983; BERROCAL et al, 1984.

Nota: Os retângulos escuros representam as cidades, e os círculos amarelos, os epicentros de sismos históricos e instrumentais.

Quadro 3.1 - Nordeste do Ceará: Principais Sismos de Magnitude $\geq 3,0 m_b$

Localidade	Ano	Magnitude (m_b)	Fonte
Granja	1942	3,0	RBGf
São Luís do Curu	1974	3,3	RBGf
Itapajé	1987	3,0	RBGf
Groaíras	1988	3,9 e 4,1	RBGf
Frecheirinha	1989	3,2	RBGf
Irauçuba	1991	4,9	RBGf
Groaíras	1995	3,4	RBGf
Frecheirinha	1997	3,2	RBGf
Senador Sá	1997	3,0 e 3,2	RBGf
Serra da Meruoca	2008	3,1; 3,7; 3,9 e 4,2	RBGf
Serra da Meruoca	2011	3,0	RGBf
Serra da Meruoca	2015	3,2	LabSis/UFRN
Irauçuba	2015	3,3	LabSis/UFRN
Irauçuba	2015	3,8	LabSis/UFRN

Fonte: OLIVEIRA, 2015 e o Blog Sismos do Nordeste operado pelo Laboratório Sismológico da UFRN (sismosne.blogspot.com.br).

Segundo FERREIRA & ASSUMPÇÃO (1983), o primeiro evento noticiado ocorreu no município de Granja, em 1810. Os eventos que alcançaram maior magnitude foram os ocorridos em Groaíras 4,1 e em Irauçuba 4,8 (respectivamente, em 1988 e 1991), com réplicas estudadas por FERREIRA et al., 1998, e atualmente, em Sobral (2008) com 4,2 de magnitude. Outros sismos podem ser destacados na região como os ocorridos nos municípios de Frecheirinha (1989) e Senador Sá (1997), ambos com 3,2 graus de magnitude.

Antes da ocorrência destes eventos, os dados disponíveis eram quase todos de caráter histórico, com exceção de alguns eventos registrados pela estação NAT, localizada em Natal e operada pela UFRN, pelas estações da rede de Sobradinho, operada pelo IAG/USP, e da rede de Itatiaia, operada pela UnB. Todavia, estudo

realizado a partir de 2008 por OLIVEIRA (2010 e 2015), com a instalação de vários aparelhos sísmicos na região contribuiu para melhor conhecimento desses eventos.

A instalação de redes sísmicas locais na região Noroeste do Ceará iniciou-se após a sequência de dois tremores de magnitudes 4,1 mb e 3,9 mb, ocorridos no município de Groaíras no dia 30 de março de 1988, na área epicentral. Após estes eventos, foram instaladas três estações analógicas portáteis na região, que operaram entre 01 e 15 de abril de 1988. A análise dos sismos registrados possibilitou um melhor conhecimento sísmico da área, mostrados em FERREIRA et al., 1998.

Novas campanhas foram realizadas nas cidades de Irauçuba e Hidrolândia, em 1991. No dia 19 de abril de 1991, um sismo de magnitude 4,8 mb ocorreu nas proximidades do município de Irauçuba, logo nos dias seguintes, uma rede constituída de seis estações sismográficas foi instalada na região, operando até o dia 31 de maio do mesmo ano, conforme FERREIRA et al., 1998.

Em 1992, o LabSis monitorou a região Noroeste do Ceará com uma rede aberta, composta por três estações analógicas portáteis. Estas estações foram instaladas nos municípios de Coreaú, Uruoca e Granja. Este monitoramento ocorreu entre 03 de maio e 04 de junho de 1992 e, durante este período, foram registrados 78 eventos. Dentre estes, o sismo de maior magnitude (2,1 mb) ocorreu no dia 09 de maio de 1992, com epicentro no município de Senador Sá.

A última rede local instalada na região Noroeste do Ceará, antes da rede SB, teve seu início de operação no dia 11 de junho de 1997, após um tremor de magnitude 3,2 mb, ocorrido no dia 09 de junho de 1997 nas margens do Açude Tucunduba, localizado em Serrota, distrito do município Senador Sá. Esta rede era constituída de sete estações sismográficas digitais e uma analógica. Durante sua operação o maior sismo registrado atingiu uma magnitude de 3,0mb.

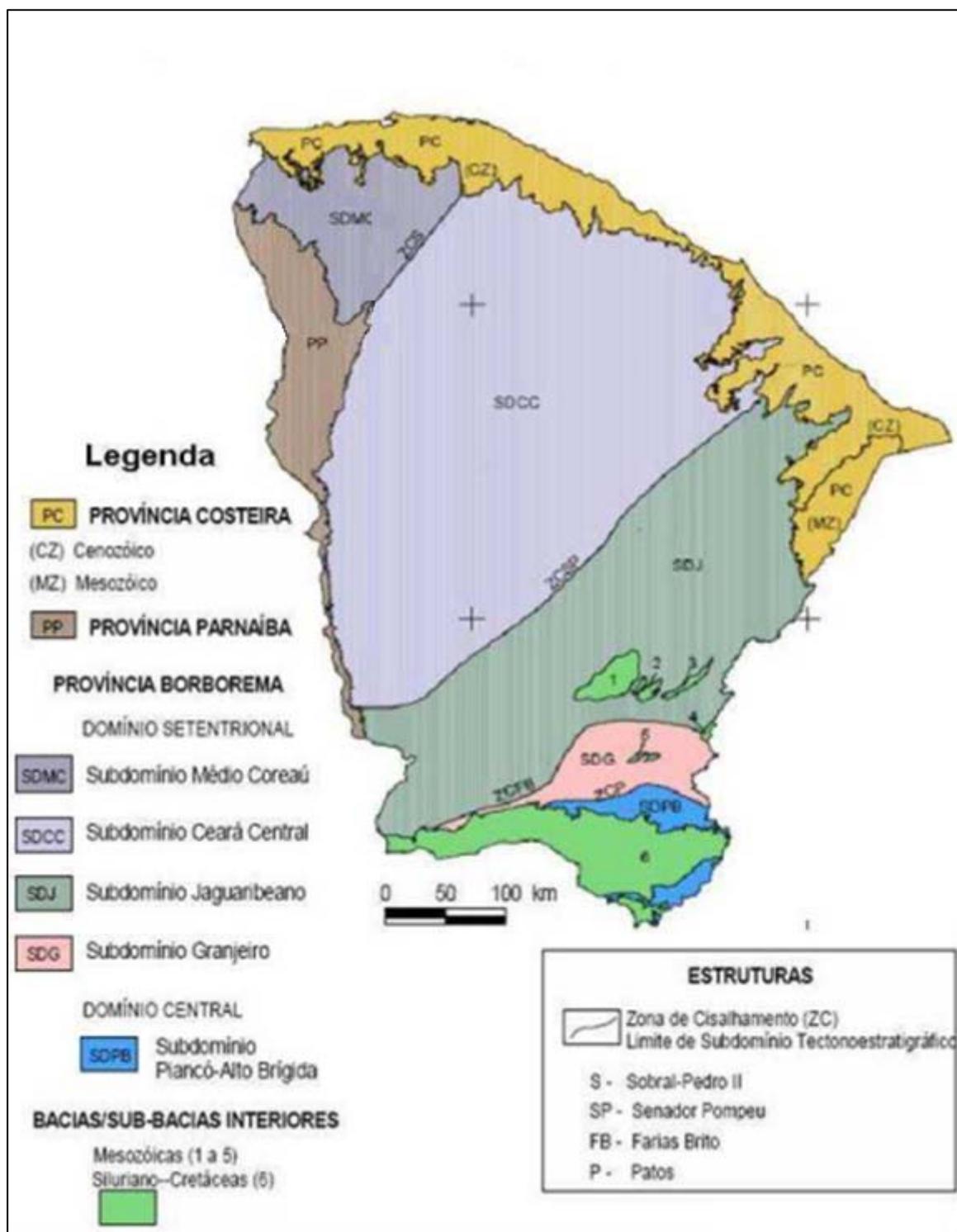
Em 2008, devido ao início de uma intensa atividade sísmica, uma nova rede local (SB) foi instalada para estudar esta sismicidade, a qual ocorreu nas proximidades de Sobral, na Serra da Meruoca. Os maiores sismos registrados neste ano atingiram 3,1; 3,7; 3,9 e 4,2mb. Em 2010, uma rede sismográfica local monitorou

a atividade sísmica que vinha ocorrendo em Santana do Acaraú, mostrando características da atividade sísmica ocorrida nesta região, contribuindo, mais uma vez, para o esclarecimento da sismicidade atual do noroeste cearense. Nesta foram registrados abalos sísmicos com magnitude até 2,7 m_b .

Quanto à ocorrência de eventos sísmicos mais recentes na região noroeste do Estado do Ceará, levantamento efetuado junto ao Blog Sismos do Nordeste operado pelo Laboratório Sismológico Universidade Federal do Rio Grande do Norte (LabSis/UFRN) revela a ocorrência de mais 3 sismos com intensidade igual ou superior a 3,0 m_b na região da Zona Sísmica de Acaraú, em 2015, sendo um na região da Serra da Meruoca com intensidade de 3,2 m_b e os outros dois em Irauçuba com intensidades de 3,3 m_b e 3,8 m_b .

Toda região envolvida por esta ação sísmica está geologicamente inserida nos subdomínios tectônicos do Médio Coreaú - SDMC e Ceará Central – SDCC da Província Borborema (**Figura 3.7**). O SDMC possui embasamento Paleoproterozóico composto de gnaisses migmatíticos e granulitos de caráter juvenil, que estão cobertos por rochas do Paleoproterozóico tardio e Neoproterozóico, intrudidas por granitos sin a pós-tectônicos (SANTOS et al., 2008). O SDMC comporta o sistema de dobramentos marginais do Médio Coreaú e um sistema de falhas paralelas de direção NE-SO, estrutura-se em uma sucessão de horsts e grabens, orientados conforme o sistema de falha (NE-SO), o que indica uma grande mobilidade tectônica da região nos períodos finais do Pré-Cambriano e no Paleozóico Inferior, com reativações secundárias em períodos mais recentes (MOURA-FÉ, 2015).

O SDMC ocupa uma posição de destaque na formulação de um modelo geodinâmico para a orogênese do Brasileiro, em correlação com os grandes traços da cadeia Pan-Africana na África ocidental (Jardim de Sá, 1994) e é caracterizado, tectonicamente, por um sistema de zonas de cisalhamento Neoproterozóicas de direção NE-SW, destacando-se o Lineamento Sobral-Pedro II (LSPII). Este lineamento é um segmento de uma descontinuidade de magnitude continental: o Lineamento Transbrasileiro (LTB), o qual contorna o limite entre o Cráton Amazônico e a porção Leste da Plataforma Sul – Americana (FENG et al., 2004).



Fonte: Modificado de CPRM, 2003.

Figura 3.7– Domínios Tectônicos do Estado do Ceará

Diferentes texturas e condições metamórficas variadas no SDMC sugerem um evento progressivo deformacional diferente do ocorrido durante a orogenia Neoproterozóica. A deformação Neoproterozóica no SDMC produziu tectonismo tangencial, caracterizada por foliações de médio a baixos ângulos, mergulhando para Sudeste, que localmente contém uma lineação de muscovita – quartzo mergulhando para baixo (SANTOS et al., 2008).

Ressalta-se que, apenas cerca de 1,0% da atividade sísmica global, de origem tectônica, ocorre em regiões intraplaca: interior de uma placa tectônica (MIRANDA et al., 2007). Apesar de menos recorrente, em relação às atividades sísmicas ocorridas em bordas de placas tectônicas, este tipo de sismicidade não é insignificante e merece atenção especial, principalmente, quando o objetivo é conhecer o potencial sismogênico de alguma região dentro de uma placa tectônica. A quantidade de sismos, suas magnitudes e dissipações de energia liberadas serviram, ao longo do tempo, como orientação na delimitação das placas tectônicas, atualmente, bem conhecidas (**Figura 3.8**).

SYKES, 1978, sugere que, nos continentes, os sismos do tipo intraplaca possuem uma tendência a se concentrar ao longo de zonas de fraquezas pré-existentes, incluindo zonas de cisalhamento, de sutura, *riftes* abortados e outros limites tectônicos e que, durante os primeiros estágios da separação dos continentes, estas zonas de fraqueza, principalmente aquelas localizadas próximas das margens continentais, foram reativadas. A reativação de zonas de fraqueza, assim como a concentração de esforços (stress), ou ambos, explica, em alguns casos, a ocorrência de sismos do tipo intraplaca em áreas de crosta continental.

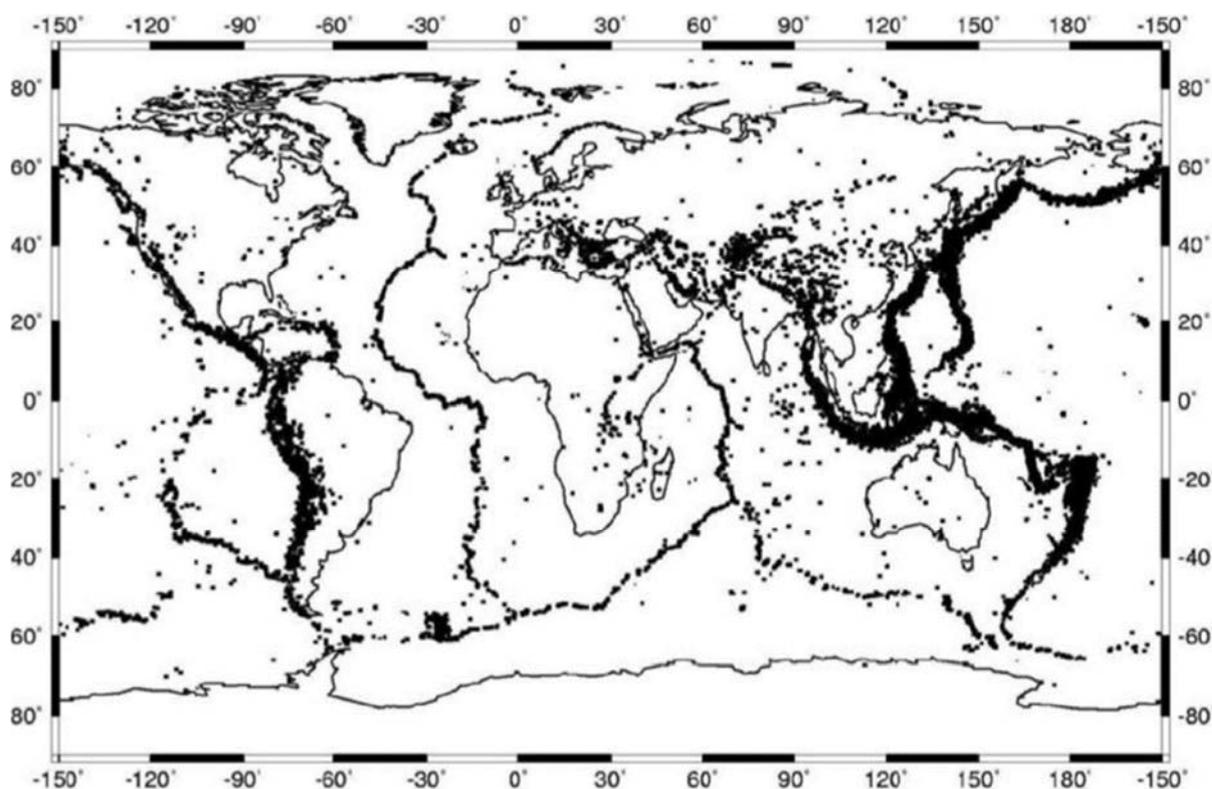


Figura 3.8 – Distribuição Geográfica da Sismicidade Global, no Período 1980/99, para Sismos de Magnitude > 5 mb

Fonte: MIRANDA et al., 2007.

Nota: A figura ilustra a ocorrência de alta atividade sísmica em regiões de borda de placa e a baixa atividade sísmica ocorrente em regiões intraplaca.

O Nordeste do Brasil representa a área com uma das maiores concentrações de sismos do tipo intraplaca deste país e sua atividade sísmica, nos últimos quarenta anos, tem se manifestado em forma de enxame de sismos, com profundidade raramente excedendo 10 km, com duração de até uma década (FERREIRA et al., 1998).

Os sismos do tipo intraplaca ocorridos no Nordeste do Brasil, que atingiram maior magnitude, ocorreram em Cascavel – CE (5,2 mb, 1980), João Câmara – RN (5,1 mb, 1986; 5,0 mb, 1989) e Irauçuba – CE (4,9 mb, 1991). FERREIRA et al., 1998 realizaram extensas análises de dados provenientes de várias redes sismográficas locais e atividades sísmicas ocorridas em diferentes lugares do Nordeste do Brasil e comprovaram que, na grande maioria dos casos, a correlação entre as sismicidades encontradas e falhas mapeadas nas regiões estudadas é inexistente.

Recentemente trabalhos desenvolvidos por FERREIRA et al., 2008; LIMA NETO et al., 2009 e VASCONCELOS et al., 2010 demonstraram a ocorrência de uma clara correlação entre a sismicidade ocorrida em Caruaru, São Caetano e Belo Jardim com o Lineamento Pernambuco, zona de cisalhamento dúctil com, aproximadamente, 700,0 km de extensão, que deforma a Província Borborema. Todavia, em geral, no Nordeste do Brasil a correlação da sismicidade com grandes estruturas geológicas é bastante rara.

A região Noroeste do Ceará, onde encontra-se posicionada a área do estudo, possui importantes estruturas tectônicas mapeadas, destacando-se o Lineamento Transbrasiliano (cuja secção na área de estudo é conhecida como Lineamento Sobral-Pedro II), uma gigantesca faixa milonítica que se estende para Nordeste, na África Ocidental (falha de Kandi), e para Sudoeste, até a região central do Brasil (CABY, 1989; CABY et al., 1995). A extensão deste lineamento implica em um rejeito substancial (transcorrente dextral), dificultando a correlação entre as unidades lito-tectônicas de cada lado desta zona milonítica (JARDIM DE SÁ, 1994).

Nos dados obtidos pela rede sismográfica instalada em Sobral, foi possível obter uma estimativa da zona sísmica ativa, com profundidade variando entre 1 e 8 km e com aproximadamente 6 km de extensão, no plano horizontal, orientada na direção aproximada E-W. As estações SBBO e SBSL estão localizadas praticamente sobre os epicentros, o que possibilitou encontrar erros mínimos verticais e horizontais nas localizações dos sismos. Os resultados obtidos pelos estudos realizados até o momento indicam que nem sempre é possível obter correlação entre sismicidade e falhas mapeadas.

Em suma, apesar da proximidade da área do estudo com as megaestruturas tectônicas, anteriormente referidas, nos estudos desenvolvidos até o presente momento, a sismicidade no Noroeste do Ceará não foi correlacionada diretamente ao Lineamento Sobral-Pedro II, ou à Falha Café-Ipueiras. Para se estabelecer uma correlação confiável entre atividade sísmica e as estruturas geológicas, seria necessário dispor de um conjunto mais abrangente de dados sismológicos, geológicos e geofísicos. Mesmo assim, a sismicidade regional está longe de poder

ser tida como desprezível, devendo ser levada em consideração, em função de sua magnitude histórica, no estudo e dimensionamento da Barragem Frecheirinha.

3.2.4 - Recursos Minerais

Quanto à interferência do futuro reservatório com áreas com potencial mineral, segundo o Atlas Geológico e da Mineração do Ceará, publicado pela ADECE em 2017, merece destaque a grande ocorrência de lavras de calcário na região dos municípios de Frecheirinha, Coreaú e Ubajara. ALBUQUERQUE (2015) aponta nesta região a presença de três campos da formação carbonática Frecheirinha, denominados de campos Frecheirinha (115,0 km²), Penanduba (37,0 km²) e Aroeiras (79,0 km²). O Campo Aroeiras destaca-se nesse contexto em função da sua dimensão territorial, da maior quantidade de unidades de produção de cal e da presença do Grupo Votorantim na exploração de calcário. Destes campos calcários, o que se encontra posicionado mais próximo da área de influência direta da Barragem Frecheirinha é o Campo Frecheirinha, que ocupa parte da região de baixo curso do rio Caiçara (**Figura 3.9**).

Consulta efetuada junto ao Sistema de Informações Geográficas da Mineração - SIGMINE e ao Cadastro Mineiro, visando a identificação de áreas com potencial mineral requeridas junto à ANM – Agência Nacional de Mineral, revela a presença de 6 (seis) destas áreas ocupando a área de influência do barramento. Deste total, quatro áreas são mais expressivas, sendo estas compostas por um requerimento de lavra de argila, para exploração de argila pela indústria de cerâmica vermelha, duas autorizações de pesquisa de argila e uma autorização de pesquisa de minério de ferro. Com menor percentual, aparece uma área requerida para autorização de pesquisa de minério de cobre e outra, também para autorização de pesquisa, de fosfato.

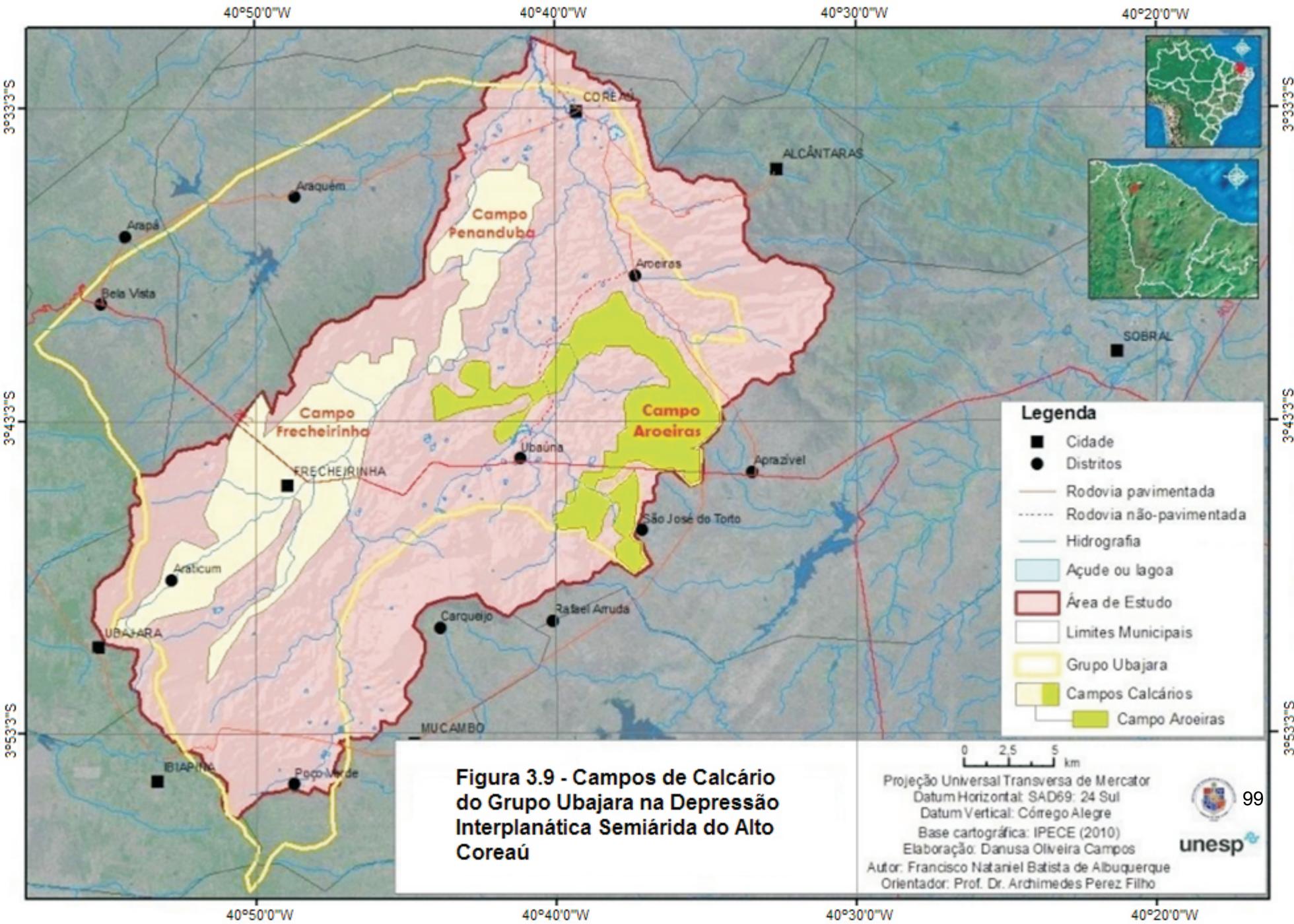


Figura 3.9 - Campos de Calcário do Grupo Ubajara na Depressão Interplanática Semiárida do Alto Coreaú

Legenda

- Cidade
- Distritos
- Rodovia pavimentada
- Rodovia não-pavimentada
- Hidrografia
- Açude ou lagoa
- Área de Estudo
- Limites Municipais
- Grupo Ubajara
- Campos Calcários
- Campo Aroeiras

0 2.5 5 km

Projeção Universal Transversa de Mercator
 Datum Horizontal: SAD69: 24 Sul
 Datum Vertical: Córrego Alegre
 Base cartográfica: IPECE (2010)
 Elaboração: Danusa Oliveira Campos
 Autor: Francisco Nataniel Batista de Albuquerque
 Orientador: Prof. Dr. Archimedes Perez Filho

Não foi constatada a presença de áreas requeridas junto à ANM para exploração de calcário dentro da bacia hidráulica da Barragem Frecheirinha, ou na sua faixa de proteção, muito embora a exploração deste tipo de minério seja bastante comum na região à jusante, principalmente nas imediações da cidade de Frecheirinha.

O **Quadro 3.2** apresenta as principais características das áreas requeridas para mineração, sendo especificado neste as seguintes informações: número dos processos, fase em que estes se encontram, último evento, extensões das áreas requeridas, nomes dos requerentes e substâncias minerais a serem exploradas. O **Desenho 09/16 do Volume II** mostra a distribuição das áreas requeridas junto à ANM em relação à área de desapropriação que abrange a bacia hidráulica e faixa de proteção do reservatório.

O **Quadro 3.3**, por sua vez, discrimina as extensões das áreas requeridas para exploração minerária que se encontram inseridas na área do perímetro de desapropriação onde está inserida a bacia hidráulica do futuro reservatório. Observa-se que o somatório das áreas requeridas para mineração chega a 1.483,23ha, ocupando 85,30% da área total.

Quadro 3.2 - Principais Características das Áreas Requeridas para Exploração Minerária Identificadas

MIN. FERRO	PROCESSO	NÚMERO	ANO	AREA_HA	FASE	ULT_EVENTO	NOME	SUBS	USO
	800357/2009	800357	2009	1991.39	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	318 - AUT PESQ/RELATORIO PESQ NÃO APV ART 30 II CM PUB EM 26/07/2013	GLOBEST PARTICIPAÇÕES LTDA	MINÉRIO DE FERRO	INDUSTRIAL
ARGILA	PROCESSO	NÚMERO	ANO	AREA_HA	FASE	ULT_EVENTO	NOME	SUBS	USO
	800147/2003	800147	2003	895	REQUERIMENTO DE LAVRA	365 - REQ LAV/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLIZ EM 10/11/2014	CERÂMICA BRASILEIRA CERBRAS LTDA	ARGILA	INDUSTRIAL
ARGILA	PROCESSO	NÚMERO	ANO	AREA_HA	FASE	ULT_EVENTO	NOME	SUBS	USO
	800257/2004	800257	2004	800	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	236 - AUT PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 11/04/2013	CERÂMICA BRASILEIRA CERBRAS LTDA	ARGILA	INDUSTRIAL
ARGILA	PROCESSO	NÚMERO	ANO	AREA_HA	FASE	ULT_EVENTO	NOME	SUBS	USO
	800517/2014	800517	2014	742.48	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO EM 29/01/2015	SAN MARCOS REVEST CER AMICOS LTDA	ARGILA	INDUSTRIAL
MIN. COBRE	PROCESSO	NÚMERO	ANO	AREA_HA	FASE	ULT_EVENTO	NOME	SUBS	USO
	800608/2012	800608	2012	1999.99	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO EM 28/01/2015	MDN MINERAÇÃO DO NORDESTE LTDA	MINÉRIO DE COBRE	INDUSTRIAL
FOSFATO	PROCESSO	NÚMERO	ANO	AREA_HA	FASE	ULT_EVENTO	NOME	SUBS	USO
	801131/2011	801131	2011	1946.23	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	264 - AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO EM 31/01/2014	N R M NORDESTE RECURSOS MINERAIS LTDA	FOSFATO	FERTILIZANTES

Fonte: sigmine.dnppm.gov.br

Quadro 3.3 - Áreas Requeridas para Exploração Minerária

Áreas Requeridas DNPM	Área (ha)	%
MIN. FERRO (800357/2009)	304.226	17,44
ARGILA (800257/2004)	315.723	18,10
ARGILA (800461/2011)	113.136	6,48
ARGILA (800147/2003)	695.558	39,89
MIN. COBRE (800608/2012)	32.959	1,89
FOSFATO (801131/2011)	14.051	0,80
Total Áreas Requeridas	1.475.653	84,64
Áreas Não Atingidas	267.767	15,36
Área da Poligonal de Desapropriação	1743.42	100,00

Fonte: sigmine.dnrm.gov.br

Ressalta-se que a área com requerimento de lavra para argila é a que ocupa maiores extensões da área a ser desapropriada, respondendo por 64,47% do total. Também se mostra expressiva uma área com requerimento de lavra para exploração de argila, respondendo por 39,89% do total e uma área com exploração de minério de ferro (17,44% da área total). As duas menores áreas com autorização de pesquisa para minério de cobre e fosfato juntas respondem por 2,69% do total.

3.2.5 - Interferências com Áreas de Relevo Cárstico

O conceito de carste foi estabelecido tomando por base relevo desenvolvido em rochas solúveis, especificamente rochas carbonáticas, notadamente o calcário. Assim sendo, o estudo da gênese e dinâmica das formas desenvolvidas neste contexto foi estreitamente relacionado com a solubilidade química das rochas carbonáticas, a ponto de se considerar a existência ou não de relevo cárstico apenas em calcários e dolomitos, ou em evaporitos, sob condições climáticas favoráveis.

Com o passar do tempo e a evolução dos estudos, pôde-se observar que certas formas, definidas como cársticas, ocorriam em terrenos considerados “não cársticos”, sobretudo em função da natureza das rochas. A observação de formas cársticas em relevos de rochas com baixa solubilidade foi então, durante muito tempo, denominado pseudocarste, sem qualquer estudo ou verificação dos processos que as geraram. Observações nas últimas décadas, no entanto, têm apresentado evidências de dissolução química nestas rochas, evidências estas que podem ser encontradas na região do Planalto da Ibiapaba, no território cearense.

A continuidade dos estudos mostrou que, embora a solubilidade pudesse não ser o processo predominante, estava presente e era determinante para o desenvolvimento das formas, mesmo em rochas consideradas “insolúveis”, na realidade, de muito baixa solubilidade. Trabalhos diversos (Young, 1992; Stunell, 1995) apresentam exemplos de relevo cárstico em arenito, e discutem os diversos processos formadores e formas encontradas, que justificaram atribuir a aquelas áreas de estudo a atribuição de carste.

No Brasil, trabalhos relacionados a cavernas areníticas descrevem evidências de dissolução química (Martins, 1985; Hardt, 2003), sendo também possível correlacionar a área de ocorrência destas cavidades com um carste em arenito (Hardt, 2003). Inerente ao conceito de carste, inclui-se a necessidade da atividade química como condicionante das formas [White, 1988; Ford & Williams, 1989; Klimchouk & Ford 2000], portanto, para a existência dos fenômenos cársticos, existe a necessidade do intemperismo químico atuando sobre a rocha, como processo importante no desenvolvimento do carste.

Quanto à ocorrência de relevo cárstico na região da área de influência da Barragem Frecheirinha, esta se encontra associada às rochas carbonáticas, no caso os calcários da Formação Frecheirinha (Grupo Ubajara), estando representado pelo conjunto de 11 cavernas existentes na área do Parque Nacional de Ubajara, no município de Ubajara, dentre as quais se destaca a Gruta de Ubajara (1.120m).

Não foi identificada, por ocasião da execução dos estudos topográficos e geológico/geotécnicos, a ocorrência de formações de relevo cárstico na área do empreendimento.

3.2.6 - Interferências com Patrimônio Paleontológico

O Estado do Ceará possui várias concentrações de fósseis distribuídas pelo seu território, tanto nas bacias sedimentares conhecidas (Parnaíba, Araripe, Potiguar, Iguatu, Icó, Lima Campos, Malhada Vermelha, etc.) como ocorrências isoladas em depósitos sedimentares de idades geológicas mais recentes (Período Quaternário).

A literatura geológica afirma que a ocorrência de fósseis só se dá nas bacias sedimentares e que os mesmos não são encontrados em áreas de rochas cristalinas, no entanto há exceções. Algumas rochas cristalinas, como os granitos e granodioritos, formam núcleos sedimentares conhecidos como tanques naturais, muito ricos em fósseis. Áreas com ocorrências de rochas metacarbonáticas (mármore) podem desenvolver cavernas, que também são depósitos fossilíferos por excelência. De uma maneira geral, os corpos d'água atuais (rios, riachos e lagoas), que cortam tanto as áreas cristalinas como as áreas sedimentares, também podem abrigar jazigos fossilíferos. Em síntese, não se deve falar em áreas fossilíferas ou afossilíferas e sim em áreas com alto ou baixo potencial fossilífero.

A área das obras da Barragem Frecheirinha e sua respectiva bacia hidráulica será implantada sobre rochas sedimentares do Grupo Ubajara, além de interceptarem coberturas sedimentares de idade quaternária, representadas pelos sedimentos aluvionares. A priori, não foi constatado na área da bacia hidráulica a ocorrência de sítios paleontológicos tombados ou apenas identificados preliminarmente pelo órgão competente, no caso a ANM.

3.2.7 - Recursos Edáficos

Na Bacia Hidrográfica do Coreaú observa-se, em sua porção norte, a presença de solos Neossolos e solos Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos, que podem ser agricultáveis com o uso de fertilizantes e correção da acidez, bem como sedimentos. Na porção sudoeste da Bacia predominam solos Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos, Latossolos Vermelho-Amarelos, ambos com bom potencial agrícola, e Neossolos Quartzarênicos, que são solos erosivos e pouco férteis. Na região central e sudeste da Bacia se destacam os solos Neossolos Litólicos caracterizados por serem rasos, com

baixo potencial agrícola e os Planossolos Solódicos, rasos, suscetíveis à erosão e com limitada fertilidade natural.

Analisando a distribuição dos principais tipos de solos nas áreas dos municípios diretamente impactados pelo reservatório, são observados predominantemente solos do tipo Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos, seguido pelos Neossolos Litólicos, principalmente nos municípios de Frecheirinha e Mucambo. Em menor escala aparecem os Latossolos Vermelho Amarelo Distróficos e Neossolos Quartzarênicos, nos municípios de Ubajara e Ibiapina, seguidos pelos Planossolos Solódicos, no município de Coreaú. O **Desenho 10/16 do Volume II** apresenta o mapa de solos da área de influência indireta da Barragem Frecheirinha.

Quanto à área da bacia hidráulica do empreendimento observa-se a predominância de solos do tipo Neossolos Litólicos em associação com Argissolos Vermelho Amarelo Eutróficos e Planossolos Solódicos, com limitações ao uso agrícola. Essa mesma associação de solos prevalece na área da bacia de contribuição do futuro reservatório. Apresenta-se a seguir uma breve descrição das características destes tipos de solos.

Os Neossolos Litólicos são solos rasos de textura arenosa, média e argilosa, apresentando pedregosidade/rochosidade superficial, sendo bastante susceptíveis à erosão, face a reduzida espessura, não se prestando ao uso agrícola, razão pela qual geralmente apresentam sua cobertura vegetal preservada.

Os Argissolos Vermelho Amarelo Eutróficos compreendem solos com B textural, apresentam média a alta fertilidade natural, textura argilosa, sendo moderadamente a bem drenados, moderadamente ácidos a ácidos. De um modo geral esses solos possuem bom potencial agrícola. Ocorrem em relevo suave ondulado a forte ondulado e montanhoso. Exigem práticas de conservação e adubação simples, tendo como principal limitação ao desenvolvimento agrícola a escassez de recursos hídricos e o relevo movimentado

Os Neossolos Quartzarênicos caracterizam-se pela baixa fertilidade natural, textura muito arenosa, grande profundidade efetiva e drenagem excessiva, ocorrendo em áreas de relevo plano a suave ondulado. O aproveitamento agrícola racional deste solo requer adubações químicas e orgânicas, inclusive com micronutrientes, irrigação e adoção de

práticas de conservação dos solos, com vistas a evitar o desencadeamento de processos erosivos.

Os Latossolos Vermelho Amarelo Distróficos são solos profundos a muito profundos, de textura média, se desenvolvendo em relevo plano a suave ondulado. A maior limitação do uso agrícola destes solos decorre de sua baixa fertilidade natural e da acidez, por vezes excessiva, que requer além de adubação, o uso de corretivos e irrigação.

Os Neossolos Flúvicos ocupam as partes de cotas mais baixas da região, em relevo plano a suave ondulado apresentando maior expressão geográfica no vale do rio Caiçara. São solos de fertilidade natural alta, com drenagem moderada a imperfeita, sem problemas de erosão, mas com riscos periódicos de inundação. São moderadamente profundos a muito profundos, com texturas variando desde arenosas até argilosas. Quanto às propriedades químicas, apresentam reação desde moderadamente ácida até alcalina, argila de atividade alta, baixa saturação de alumínio e alta saturação de bases.

Os Planossolos Solódicos são solos moderadamente profundos a rasos, baixa permeabilidade, imperfeitamente drenados, com horizonte superficial de textura leve e média ou argilosa horizonte B textural, com transição normalmente plana e abrupta, de fertilidade natural média, moderadamente ácidos a praticamente neutros. Ocorrem em relevo plano a suave ondulado.

3.2.8 - Uso Atual dos Solos

Na área da bacia de contribuição da Barragem Frecheirinha a perda das características naturais da cobertura vegetal apresenta-se mais intensa ao longo dos principais cursos d'água (rio Caiçara e tributários), estando as denominadas terras altas relativamente preservadas, o que se deve, principalmente, à escassez de recursos hídricos na região. Não foi constatada a presença de núcleos urbanos de porte nem áreas hidroagrícolas na bacia de contribuição do futuro reservatório, que poderiam vir a contribuir para a poluição das águas represadas.

A região onde se encontra demarcada a Barragem Frecheirinha caracteriza-se como uma zona de baixa a média potencialidade agrícola, onde a pecuária é a atividade principal, sendo caracterizada pela criação extensiva a semi-intensiva de bovinos de corte,

além de ovinos e caprinos. A agricultura está baseada principalmente no cultivo de culturas de subsistência (arroz, feijão e milho) voltadas predominantemente para o autoconsumo, sendo apenas uma pequena parcela destinada à comercialização. A agricultura irrigada é pouco difundida na região dada à escassez de recursos hídricos.

As culturas temporárias são plantadas de forma cíclica, geralmente durante o período chuvoso, sendo que após a colheita a área é abandonada ou utilizada como pasto para o rebanho bovino, ou então, reservada para plantios futuros. Com relação às culturas permanentes (manga, mamão, banana, etc.) observa-se que estas ocorrem mais frequentemente nas proximidades das habitações, formando pequenos pomares. As áreas antropizadas (20,07%) e com solos expostos (8,69%) perfazem 28,76% da área total da bacia hidráulica.

Na área do estudo a caatinga apresenta-se relativamente preservada, sendo observados apenas trechos esparsos com cobertura vegetal descaracterizada pela interferência antrópica, através do cultivo de culturas de subsistência, formação de pastagens e retirada da lenha. A degeneração da caatinga arbórea determina a maior expansão das espécies arbustivas, reduzindo a diversidade da flora e modificando o equilíbrio ecológico. Na área da bacia hidráulica da Barragem Frecheirinha a vegetação de caatinga arbustiva aberta aparece recobrimdo cerca de 59,67% da sua área e 11,58% ocupado pela caatinga de porte arbóreo e matas ciliares.

Observa-se ao longo do curso d'água e de seus principais tributários a substituição da cobertura vegetal por cultivos de subsistência, principalmente na área do eixo do barramento. Nas encostas lindeiras à margem esquerda do rio Caiçara, a cobertura vegetal composta pela caatinga arbustiva aberta apresenta-se preservada tendo em vista o relevo movimentado da região. Na margem direita, entretanto, a cobertura vegetal está representada pela caatinga arbórea preservada, o que se deve não só à escassez de recursos hídricos na região como ao relevo movimentado.

O **Desenho 11/16 do Volume II** mostra o mapa de uso atual dos solos da Área Diretamente Afetada - ADA (bacia hidráulica + jazidas) e da Área de Influência Direta - AID da Barragem Frecheirinha, sendo destacado neste os principais cursos d'água, as áreas com vegetação, antropizadas e com solos expostos.

3.2.9 - Aspectos Climatológicos

Segundo a classificação de Köppen, a área do empreendimento possui um clima do tipo Aw' – tropical chuvoso, quente e úmido, com estação chuvosa concentrada no outono. Dentro dos parâmetros estabelecidos por Gaussen, o clima local é 4 bth - termoxeroquimênico médio tropical quente, com o período de estiagem durando de 5 a 6 meses e um índice xerotérmico entre 100 e 150.

Para caracterização do clima da área do projeto, optou-se pela adoção dos dados provenientes da estação hidroclimatológica de Sobral para a caracterização da maioria dos parâmetros climatológicos, que se localiza relativamente próxima à área do estudo e apresenta uma boa disponibilidade e qualidade de dados. Para a caracterização do regime pluviométrico, da evaporação e da evapotranspiração potencial foram adotados os dados provenientes da Estação Climatológica de Acaraú.

O **Quadro 3.4** mostra os principais parâmetros climáticos da região do projeto, os quais são descritos a seguir. Os dados apresentados foram obtidos na publicação Normais Climatológicas (1961/1990) emitida pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, na qual consta a média da série histórica do período de 1961/1990.

O regime pluviométrico da região é caracterizado pela heterogeneidade temporal, verificando-se uma concentração da precipitação no primeiro semestre, e uma variação em anos alternados de seus totais. Geralmente a estação chuvosa tem início no mês de janeiro e se prolonga até junho. O trimestre mais chuvoso é o de fevereiro/abril, que responde por 67,5% da precipitação anual. No semestre janeiro/junho este índice oscila em torno de 95,2%.

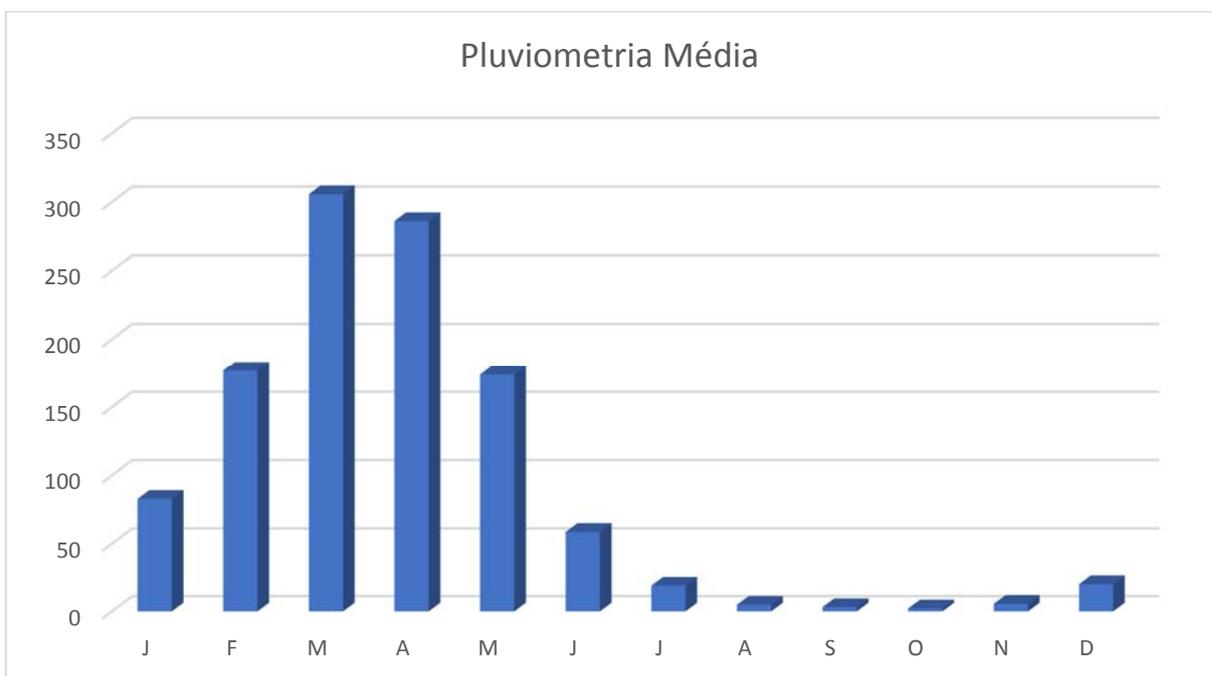
Quadro 3.4 - Parâmetros Climatológicos da Área do Projeto Estações Sobral e Acaraú

Parâmetros Climatológicos	Unidade	Mês												Ano
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Pluviometria Média	mm	82,9	176,9	305,7	286,1	173,9	58,7	19,0	4,9	3,2	2,2	5,6	20,1	1.139,2
Temperatura Média	°C	26,7	27,1	26,2	27,5	26,2	24,9	26,4	27,2	26,3	26,7	27,1	27,1	26,6
Temperatura Máxima	°C	33,8	32,9	30,1	31,1	31,2	31,6	33,0	34,8	35,8	35,9	35,6	34,0	33,3
Temperatura Mínima	°C	23,6	22,0	22,5	22,6	21,3	21,5	21,2	21,4	21,5	21,5	22,0	23,3	22,0
Umidade Relativa	%	69,0	74,0	81,0	85,0	80,0	74,0	66,0	55,0	55,0	58,0	57,0	61,0	67,9
Insolação	h	188,1	143,5	155,0	151,7	189,3	195,5	234,7	268,2	232,2	233,4	221,8	203,2	2.416,6
Nebulosidade	décimos	60,	7,0	7,0	7,0	6,0	6,0	4,0	3,0	3,0	4,0	5,0	5,0	5,3
Evaporação Piché	mm	156,6	125,2	94,6	101,6	99,7	116,6	157,9	191,3	221,3	224,7	220,0	205,2	1.914,7
Evapotranspiração Potencial	mm	147,0	123,0	124,0	114,0	110,0	110,0	124,0	143,0	154,0	164,0	156,0	156,0	1.625,0

Fonte: INMET, Normais Climatológicas (1961-1990). Brasília, SPI/EMBRAPA, 1992. 84 p.

A pluviometria média anual atinge 1.139,2 mm, podendo-se constatar desvios acentuados em torno desta média, em decorrência da distribuição irregular das chuvas. Observa-se no período de julho a novembro uma queda progressiva das precipitações, que chegam a atingir valores praticamente nulos, com outubro o mês mais seco na região, apresentando uma média de 2,2mm. O **Gráfico 3.1** mostra as médias mensais de precipitação da região para o período de 1990/2010.

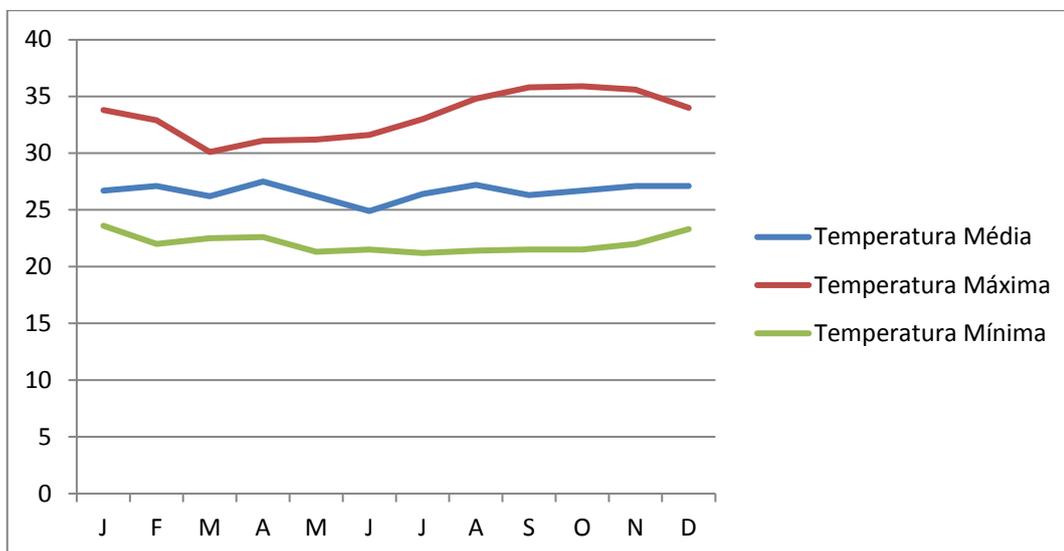
Gráfico 3.1 - Precipitação Mensal Média (mm) Estação Acaraú – Série 1961/1990



Fonte: INMET, 1961-1990.

A temperatura média anual oscila entre 24,9°C e 27,2°C, apresentando, no decorrer do dia, valores mínimos entre 6 e 7 horas e máximos entre 14 e 15 horas. Os meses de outubro a dezembro e de janeiro a março apresentam as mais altas temperaturas do ano, enquanto que as menores temperaturas são registradas nos meses de maio e junho. A média das máximas é de 33,3°C e a média das mínimas é de 22,0°C. Devido à proximidade da linha do Equador, a oscilação térmica anual não ultrapassa a 3°C. O **Gráfico 3.2** apresenta as médias das temperaturas médias, máximas e mínimas coletadas na Estação Sobral no período de 1961/1990.

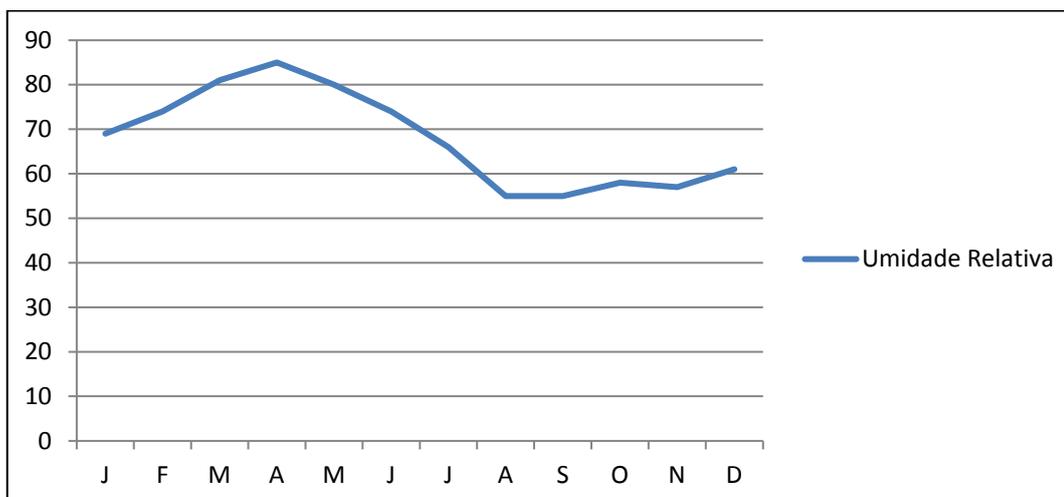
Gráfico 3.2 - Temperaturas Mensais – Médias, Máximas e Mínimas (oC) - Estação Sobral – Série 1961/1990



Fonte: INMET, 1961-1990.

A umidade relativa média anual para uma série de dados compreendida entre 1961 e 1990, é de 67,9%. A umidade relativa apresenta seus maiores valores no período março/maio, quando ultrapassa 80,0%. Já no período de estiagem, as taxas decrescem, atingindo valores entre 55,0 e 58,0%, de agosto a novembro. O **Gráfico 3.3** apresenta os dados de umidade relativa do ar da região.

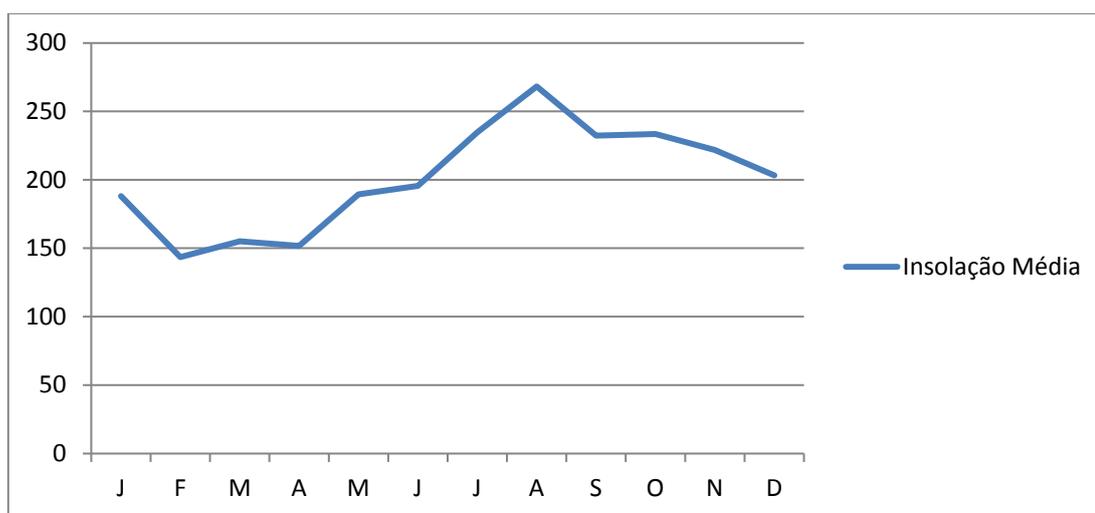
Gráfico 3.3 - Umidade Relativa do Ar Média (%) - Estação de Sobral – Série 1961/1990



Fonte: INMET, 1961-1990.

A insolação média anual é da ordem de 2.416,6 horas, o que corresponderia, em tese, a aproximadamente 55,2% dos dias do ano com luz solar direta. O trimestre de maior insolação é o de agosto/outubro e o de menor insolação é o de fevereiro/abril. O **Gráfico 3.4** mostra a distribuição da insolação média mensal no decorrer do ano.

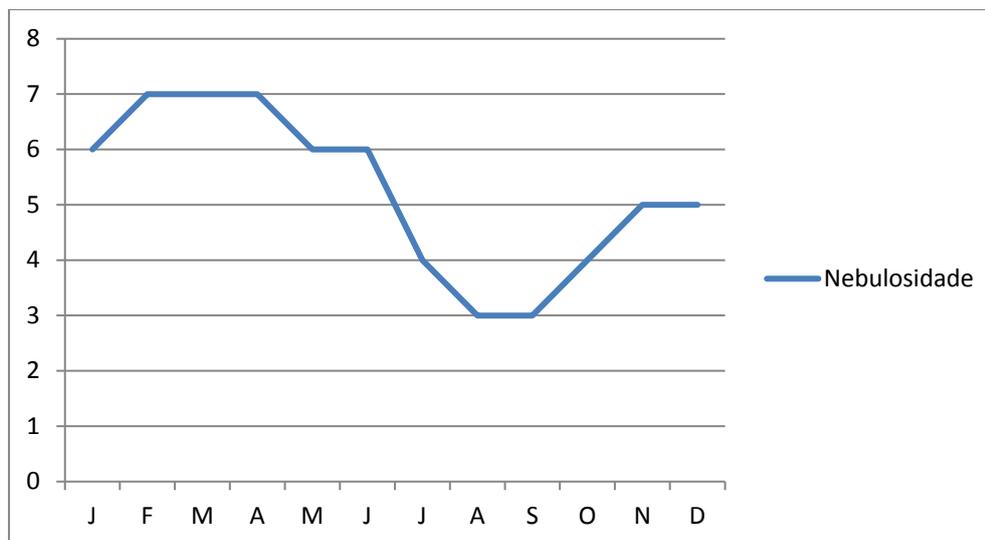
Gráfico 3.4 - Insolação Média (horas) - Estação de Sobral – Série 1961/1990



Fonte: INMET, 1961-1990.

A nebulosidade definida como as décimas partes encobertas do céu, apresenta valores máximos nos meses mais chuvosos, chegando a atingir 7,0 décimos no período fevereiro/abril e o mínimo de 3,0 décimos nos meses de agosto e setembro, período de estiagem. A nebulosidade média anual é de 5,3 décimos. O **Gráfico 3.5** mostra a distribuição da nebulosidade mensal média no decorrer do ano.

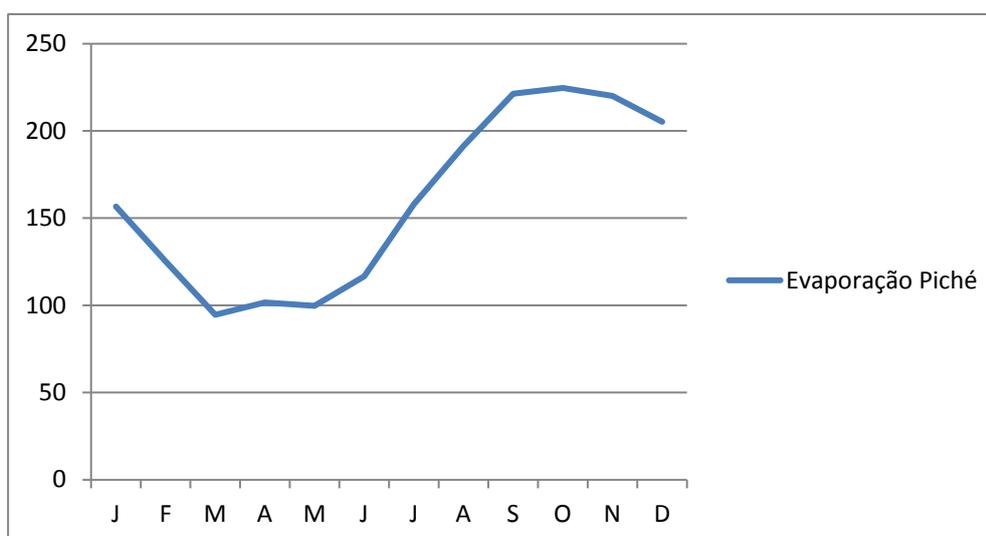
Gráfico 3.5 - Nebulosidade (0-10) - Estação de Sobral – Série 1961/1990



Fonte: INMET, 1961-1990.

A evaporação média anual é da ordem de 1.914,7 mm, com o período de estiagem (julho/dezembro) respondendo por 63,7% do total anual, apresentando no mês de ápice, taxa média em torno de 9,4 mm/dia. Nos meses chuvosos, essa taxa cai para 3,9 mm/dia, sendo que o trimestre março/maio responde por apenas 15,5% da evaporação anual. O **Gráfico 3.6** mostra a distribuição da evaporação média mensal ao longo do ano.

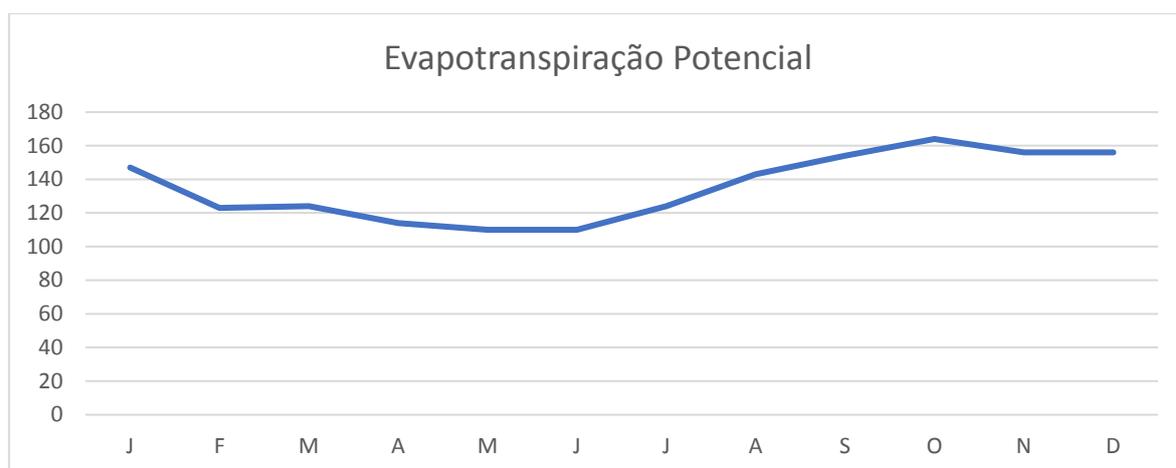
Gráfico 3.6 - Evaporação Média Mensal (mm) - Estação de Sobral – Série 1961/1990



Fonte: INMET, 1961-1990.

A evapotranspiração média anual é de 1.625,0 mm, com variações mensais entre 110,0 mm (junho) e 156,0 mm (dezembro). O período de maior evapotranspiração é o de outubro/dezembro e o de menor evapotranspiração o de abril/junho (**Gráfico 3.7**).

**Gráfico 3.7 - Evapotranspiração Potencial Média Mensal (mm) - Estação Acaraú
- Série 1961/1990**



Fonte: INMET, 1961-1990.

3.2.10 - Recursos Hídricos Superficiais

3.2.10.1 - Hidrografia

A Região Hidrográfica do Coreaú é composta por um conjunto de 12 bacias independentes, das mais variadas dimensões, posicionadas no sentido oeste-leste na seguinte sequência: Timonha, Tapuio, Corrente Laranja, Lago Seco, Itacolomi, Coreaú, Jaguarapari, Pesqueiro, Forquilha (Córrego de Dentro), Mourão (Lagoa de Gijoca), Riacho da Prata e Córrego da Poeira.

Tem como principal coletor de drenagem o rio Coreaú que se desenvolve no sentido preferencial Sul/Norte. Outros cursos d'água, de menores dimensões, se dispõem paralelamente ao Coreaú. Em sua maioria as bacias são de pequeno porte e pouca representatividade hidrológica, constituindo exceção a Bacia do Coreaú, propriamente dita, estando aí incluída a Bacia do Itacolomi, seu principal afluente, e as bacias dos rios Timonha e Pesqueiro (**Desenho 12/16 do Volume II**). A drenagem apresenta-se predominantemente com padrão dendrítico em virtude da

bacia estar em sua maior parte assentada sobre rochas cristalinas, onde o escoamento superficial é bastante significativo. Em seu baixo curso, a área drenada é paralela e com baixa densidade. Observa-se na região de baixo curso a presença significativa de lagoas e lagunas, com destaque para as lagoas de Jijoca, do Córrego da Forquilha, Laginho, da Moreia, Lago Seco, do Boqueirão e Cangalho.

Quanto ao nível de açudagem, este não se apresenta significativo na Região Hidrográfica do Coreaú, que conta apenas com açudes de pequeno e médio porte, aparecendo como reservatórios estratégicos para o suprimento hídrico da região os açudes Itaúna (77,5hm³), Gangorra (62,5hm³), Angicos (56,05 hm³), Tucunduba (41,43 hm³), Martinópole (23,2 hm³), Diamante (13,2 hm³) e Várzea da Volta (12,5hm³). Foi recentemente concluída a construção no território desta região hidrográfica do Açude Diamantino II (17,1 hm³), no município de Marco, enquanto que a Barragem Frecheirinha ora em análise encontra-se com a sua implantação prevista no planejamento do estado, que conta com recursos para este fim (**Quadro 3.5**).

Quanto aos sistemas adutores existentes no território da Região Hidrográfica do Coreaú, dos sistemas em operação três contam com fonte hídrica posicionada no território da Bacia do Coreaú, a saber: os sistemas adutores Frecheirinha e Coreaú/Moraújo/Senador Sá/Uruoca, ambos tendo como fonte hídrica o Açude Angicos e o Sistema Adutor Várzea da Volta (adutora de montagem rápida), que abastece a localidade homônima com água captada no rio Coreaú perenizado pelo Açude Angicos (**Quadro 3.6**).

O outro sistema adutor presente na área do estudo (Sistema Adutor Graça/Pacujá/Mucambo) efetua transposição de água de outra bacia hidrográfica, tendo como fonte hídrica o açude Jaburu. Ressalta-se que, o referido sistema adutor atende tanto núcleos urbanos situados no território da Região Hidrográfica do Coreaú como na Bacia do Acaraú. Das 12 bacias hidrográficas que compõem a Região Hidrográfica do Coreaú, apenas duas integram a área objeto do presente estudo, a Bacia do Coreaú e a do rio Itacolomi, seu principal tributário. O **Quadro 3.7** apresenta as áreas de cada bacia hidrográfica e a lista dos municípios com terras inclusas em seus territórios.

Quadro 3.5 - Principais Reservatórios da Região Hidrográfica do Coreaú

Açude	Município	Órgão Executor	Capacidade Acumulação (m³)	Uso Atuais da Água dos Reservatórios
Angicos	Coreaú	SRH/SOHIDRA	56.050.000	Abastecimento humano urbano (Frecheirinha, Coreaú, Moraújo, Uruoca, Senador Sá e Várzea da Volta), abastecimento humano rural, perenização do riacho Juazeiro, dessedentação animal, irrigação difusa e pesca.
Breguedofe	Frecheirinha	DNOCS	272.000	Abastecimento humano rural, dessedentação animal e pesca
Chaval	Granja	DNOCS	569.000	Abastecimento humano rural, dessedentação animal e pesca.
Diamante	Coreaú	DNOCS	13.200.000	Abastecimento humano rural, perenização do riacho Boqueirão, dessedentação animal, irrigação difusa e pesca.
Diamantino II	Marco	SRH/SOHIDRA	17.130.700	Abastecimento humano rural, perenização do riacho Inhanduba, dessedentação animal, irrigação difusa e pesca.
Gangorra	Granja	SRH / SOHIDRA	62.500.000	Abastecimento humano rural, perenização do riacho Gangorra e do rio Coreaú, dessedentação animal, irrigação difusa e pesca.
Itaúna	Granja	SRH / SOHIDRA	77.500.000	Abastecimento humano urbano (Barroquinha e Chaval), abastecimento humano rural, perenização do riacho Timonha, dessedentação animal, irrigação difusa e pesca.
Martinópolis	Martinópolis	DNOCS	23.200.000	Abastecimento humano urbano (Martinópolis), abastecimento humano rural, perenização do riacho Rima, dessedentação animal, irrigação difusa e pesca.
Parazinho	Granja	DNOCS	2.602.000	Abastecimento humano rural, dessedentação animal e pesca.
Pinga	Alcântaras	SRH / SOHIDRA	800.000	Abastecimento humano urbano (Alcântaras), abastecimento humano rural, dessedentação animal e pesca.
Premuoca	Uruoca	DNOCS	5.202.625	Abastecimento humano rural, dessedentação animal, irrigação difusa e pesca.
Riachinho	Granja	DNOCS	505.000	Abastecimento humano rural, dessedentação animal e pesca

Açude	Município	Órgão Executor	Capacidade Acumulação (m³)	Uso Atuais da Água dos Reservatórios
Trapiá III	Coreaú	DNOCS	5.510.000	Abastecimento humano rural, perenização do riacho Trapiá, dessedentação animal, irrigação difusa e pesca.
Tucunduba	Senador Sá	DNOCS	41.430.000	Abastecimento humano rural, perenização do riacho Tucunduba, dessedentação animal, irrigação intensiva (Projeto Tucunduba), irrigação difusa e pesca.
Várzea da Volta	Moraújo	DNOCS	12.500.000	Abastecimento humano rural, perenização do riacho Várzea da Volta, dessedentação animal, irrigação difusa e pesca.
Total da Região Hidrográfica			301.840.625	

Fonte: SRH, Atlas de Recursos Hídricos do Ceará, 2017.

Açude inclusos no território da Bacia do Coreaú propriamente dita.

Quadro 3.6 - Sistemas Adutores da Região Hidrográfica do Coreaú

Adutora	Municípios	Fonte Hídrica	Órgão Executor	Extensão (Km)	Vazão (l/s)	População Beneficiada
Chaval / Barroquinha	Chaval e Barroquinha	Açude Itaúna	SRH / SOHIDRA	30,40	56,00	21.937
Frecheirinha	Frecheirinha	Açude Angicos	DNOCS/ Prefeitura	18,37	32,34	(...)
Coreaú / Moraújo / Senador Sá / Uruoca	Coreaú, Moraújo, Senador Sá e Uruoca	Açude Angicos	COGERH	17,50	145,13	42.668
Graça / Pacujá / Mucambo	Graça / Ibiapina / Pacujá / Mucambo	Açude Jaburu	SRH / SOHIDRA	44,15	53,95	27.271
Várzea da Volta	Moraújo	Rio Coreaú perenizado pelo Açude Angicos	(...)	(...)	(...)	(...)
Martinópole	Martinópole	Açude Martinopole	SRH	10,74	16,00	9.678

Fonte: SRH, Atlas de Recursos Hídricos do Ceará, 2017.

Sistemas adutores inclusos no território da área do estudo.

Quadro 3.7 - Áreas das Bacias da Região Hidrográfica do Coreaú

Bacias Hidrográficas	Área de Drenagem (km ²)	Municípios com Áreas Inclusas no Território da Bacia Hidrográfica (2)
Coreaú	3.376,65	Alcântaras, Camocim, Coreaú , Frecheirinha , Granja, Ibiapina , Moraújo, Mucambo , Sobral, Tianguá, Ubajara e Uruoca
Itacolomi (1)	1.053,39	Granja, Tianguá, Uruoca e Viçosa do Ceará
Corrente Laranja	462,00	Camocim e Granja
Forquilha	345,55	Bela Cruz, Camocim e Jijoca de Jericoacoara
Jaguarapari	292,07	Camocim, Granja e Martinópolis
Lago Seco	84,91	Camocim
Mourão	294,40	Bela Cruz, Cruz e Jijoca de Jericoacoara
Pesqueiro	1.688,08	Bela Cruz, Camocim, Granja, Marco, Martinópolis, Senador Sá e Uruoca
Poeira	138,60	Acaraú, Bela Cruz e Cruz
Prata	478,78	Acaraú, Bela Cruz e Cruz
Tapuiú	525,28	Barroquinha, Camocim e Granja
Timonha	1.874,44	Barroquinha, Chaval, Granja e Viçosa do Ceará
Total	10.614,21	

Fonte: COGERH, Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Coreaú. Fase 1: Estudos Básicos e Diagnóstico. Relatório Final. Fortaleza, IBI, 2010.

Nota: (1) Principal afluente do rio Coreaú e (2) Em negrito municípios inclusos na área do estudo.

Bacias hidrográficas com áreas inclusas no território da área do estudo.

A Barragem Frecheirinha encontra-se posicionada na região de alto curso da Bacia do Coreaú, onde barrará o rio Caiçara, tributário de 1ª ordem do rio Coreaú. Apresenta-se a seguir uma descrição conjunta das características das duas bacias hidrográficas deste sistema, que integram a área do presente estudo, ou seja, a Bacia do Coreaú e a de seu principal tributário o rio Itacolomi, bem como da Sub-bacia do Caiçara onde será implantada a Barragem Frecheirinha.

3.2.10.2 - Bacia do Coreaú / Itacolomi

Drenando uma área de 4.430,0 km², o rio Coreaú nasce na confluência do riacho Jatobá com o rio Caiçara, oriundos do sopé do Planalto da Ibiapaba, e se desenvolve no sentido sul-norte por 167,5 km até desaguar no Oceano Atlântico, nas imediações da cidade de Camocim.

A referida bacia encontra-se inserida numa região de elevada pluviometria e apresenta no seu trecho inicial relevo movimentado (Planalto da Ibiapaba e Serra da Meruoca) e declividades altas, embora predomine nas suas regiões de médio e baixo curso valores de declividades baixos, em especial próximo ao litoral quando o desnível em relação ao mar é muito reduzido. Com índice de compacidade de 1,70 e fator de forma de 0,16, o rio Coreaú apresenta uma configuração espacial que não favorece a ocorrência de elevados picos de cheia.

O escoamento superficial na Bacia do Coreaú apresenta-se elevado, ficando o coeficiente de escoamento em torno de 20% (estação fluviométrica Granja). Isto se deve ao nível de pluviosidade na bacia, sempre maior do que 800 mm e as condições geológicas do cristalino. No entanto, é esperado que a medida que se aproxime do litoral, apesar da pluviosidade aumentar, o escoamento superficial diminua devido a formação geológica sedimentar da zona litorânea.

Todos os cursos d'água da bacia apresentam caráter intermitente, exceto o rio Coreaú em sua região de baixo curso, onde sofre a influência das marés. Seus principais afluentes pela margem esquerda são os rios Juazeiro e Itacolomi. Pela margem direita inexistem tributários significativos. Quanto ao nível de açudagem, a Bacia do Coreaú conta com quatro açudes de grande porte, o Gangorra (62,5 hm³), o Angicos (56,0 hm³), o Diamante (13,2 hm³) e o Várzea da Volta (12,5 hm³).

Dado o seu caráter intermitente não foi possível apresentar no presente relatório dados sobre a qualidade das águas do rio Caiçara em termos físico-químicos e bacteriológicos, devendo por ocasião do estabelecimento da quadra invernososa ser efetuada uma campanha de amostras com esta finalidade.

Objetivando analisar a qualidade dos recursos hídricos superficiais da região foram apropriados então dados do Monitoramento da Qualidade da Água nos

Açudes efetuado pela COGERH, englobando apenas os reservatórios posicionados na região de influência da Barragem Frecheirinha, quais sejam, Angicos, Diamante e Trapiá III, localizados no município de Coreaú.

Tais dados correspondem à situação trófica dos reservatórios citados obtidos nas campanhas de monitoramento empreendidas pela COGERH, em novembro/2018 e fevereiro/2019. Constata-se que os reservatórios de Angicos e Trapiá III foram classificados como eutróficos nas duas campanhas empreendidas, enquanto o açude Diamante foi classificado como mesotrófico (**Quadro 3.8**).

Quadro 3.8 - Variáveis Adotadas na Classificação do Estado de Trofia dos Reservatórios

Reservatório	Volume (%)		N total (mg N/L)	P total (mg P/L)	Clorofila-a (µg/L)	Cianobactérias (células/ml)	Transparência (m)
	nov/18	fev/19	fev/19				
Angicos	80,51	71,32	1,650	0,048	89,71	98.618	0,40
Diamante	46,61	42,97	0,788	0,025	2,68	28.901	1,60
Trapiá III	52,25	42,98	2,863	0,076	173,87	253.842	0,30

Fonte: COGERH, Qualidade das Águas dos Açudes Monitorados pela COGERH – Campanha de fevereiro/2019. Relatório Final. Fortaleza, 2019.

O rio Itacolomi, principal tributário do rio Coreaú, nasce na Chapada da Ibiapaba, no município de Viçosa do Ceará, e deságua no rio Coreaú, na divisa entre os municípios de Granja e Uruoca, drenando uma área de 1.053,39 km². Tem como principal afluente o rio Quatinguaba e apresenta nível de açudagem pouco expressivo, composto apenas por reservatórios de pequeno porte. Engloba terras dos municípios de Granja, Tianguá, Uruoca e Viçosa do Ceará.

3.2.10.3 - Sub-bacia do Rio Caiçara

O rio Caiçara, tributário de 1ª ordem do rio Coreaú, nasce no município de Ibiapina, no sopé da Chapada da Ibiapaba, se desenvolvendo por cerca de 30,0 km até a sua confluência com o rio Coreaú, situada logo após o cruzamento com rodovia federal BR-222, onde juntos dão origem ao rio Coreaú. Drena uma área de 178,61 km², tendo como principal afluente o riacho Tamundé, e apresenta nível de açudagem pouco relevante, composto apenas por reservatórios de pequeno porte. Engloba terras dos

municípios de Ibiapina, Mucambo, Ubajara, Frecheirinha e Coreaú, não contando com sedes municipais posicionadas em seu território, nem tampouco com áreas hidroagrícolas.

A Barragem Frecheirinha deverá ser implantada na região de médio curso do rio Caiçara, com a sua bacia hidrográfica contribuinte drenando uma área de 197,0 km². O vale tem sentido sul-norte, se desenvolvendo por cerca de 24,0 km numa rede de drenagem dendrítica, com altitude inicial de 450,0 m e declividade média de 0,38%. Apresenta índice de compacidade de 1,30 e fator de forma de 0,34.

3.2.11 - Recursos Hídricos Subterrâneos

A Bacia do Coreaú apresenta dois sistemas aquíferos, o das rochas sedimentares (porosos, cársticos e aluviais) e os das rochas cristalinas (fissurais). Os sedimentares se caracterizam como mais importantes do ponto de vista hidrogeológico, por possuírem uma porosidade primária e, nos termos arenosos, uma elevada permeabilidade, implicando em unidades geológicas com excelentes condições de armazenamento e fornecimento d'água. Já os aquíferos cristalinos apresentam baixo potencial, pois se encontram inseridos em áreas de rochas do embasamento cristalino, sendo as zonas de fraturas os únicos condicionantes da ocorrência de água nestas rochas. A recarga destas fraturas se dá através dos rios e riachos que percorrem essas estruturas, o que ocorre somente no período chuvoso.

Na região de influência do empreendimento predominam os aquíferos sedimentares do Grupo Ubajara, em Frecheirinha; da Formação Serra Grande, em Ubajara e Ibiapina; e os depósitos aluvionares, presentes em todos os municípios. Quanto ao aquífero cristalino, este ocorre nos municípios de Ubajara, Coreaú e Mucambo.

Os recursos hídricos subterrâneos da área do estudo estão representados basicamente pelos aquíferos sedimentares (Grupo Ubajara e Aluvial). As rochas metassedimentares da Formação Caiçara (Grupo Ubajara), em função dos níveis de metamorfismo e silicificação, praticamente não apresentam mais uma porosidade primária. Seu comportamento hidrogeológico é semelhante ao das rochas cristalinas.

Os sedimentos da Formação Serra Grande são constituídos principalmente por arenitos grossos a conglomeráticos que, normalmente, apresentam um potencial médio sob o ponto de vista da ocorrência de água subterrânea, tanto do ponto de vista quantitativo como qualitativo. A alimentação se dá através das águas oriundas das chuvas, tendo como exutórios as fontes, a rede de drenagem e a evapotranspiração. As águas são de boa qualidade, entretanto apresentam vulnerabilidade à poluição, variando de média a fraca, a depender da profundidade do nível estático. O aquífero Serra Grande é do tipo livre e apresenta bom potencial hidrogeológico.

As Aluviões apresentam permeabilidade elevada a média, tendo sua alimentação assegurada pelas precipitações e pelas infiltrações laterais provenientes dos cursos d'água nos períodos de enchentes. Funcionam como exutórios a evapotranspiração e os rios para os quais as águas do aquífero são drenadas no período de estiagem. O potencial hidrogeológico explorável deste aquífero é considerado elevado a médio. Quanto à qualidade das águas, as Aluviões, apesar da alta vulnerabilidade à poluição, apresentam águas de boa potabilidade.

As rochas cristalinas representam o que é denominado comumente de aquífero fissural. Como basicamente não existe uma porosidade primária nesse tipo de rocha, a ocorrência da água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. Dentro deste contexto, em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas e a água, em função da falta de circulação e dos efeitos do clima semiárido é, na maior parte das vezes, salinizada. Essas condições atribuem um potencial hidrogeológico baixo para as rochas cristalinas (CPRM, 1998).

3.3 - CARACTERIZAÇÃO DO MEIO BIÓTICO

3.3.1 - Flora

A Região Hidrográfica do Coreau apresenta seu território recoberto por nove tipos de unidades fitoecológicas, as quais apresentam correlações com as diferentes litologias e tipos de solos aí presentes, bem como com a compartimentação

topográfica e o regime climático. Na zona litorânea prevalece o Complexo Vegetacional da Zona Litorânea, composto pela vegetação de dunas e de tabuleiros, enquanto que nas planícies fluviomarinhas verifica-se a ocorrência da Floresta Perenifólia Paludosa Marítima (mangue). Manchas de Cerradão ocorrem sobre os tabuleiros pré-litorâneos formando enclaves em meio à vegetação de tabuleiros.

A Floresta Caducifólia Espinhosa, formação de natureza xeromórfica, ocorre na região e alto/médio curso, se encontrando associada ao domínio do embasamento cristalino, sendo popularmente denominada de Vegetação de Caatinga. Ostenta três diferentes tipos de padrão fitofisionômicos, apresentando espécies arbóreas e arbustivas, podendo ser densa ou aberta, refletindo as relações mútuas entre os componentes do meio físico, tais como: relevo, tipo de rocha, tipo de solo e grau de umidade. Na área da Região Hidrográfica do Coreaú ocorrem a Caatinga Arbórea, a Caatinga Arbustiva Densa e a Caatinga Arbustiva Aberta.

Nos níveis mais elevados do Planalto da Ibiapaba, nas cercanias da escarpa e nas vertentes intermediárias, ocorre a cobertura vegetal da Floresta Subperenifólia Tropical Pluvio-nebular (Matas Úmidas). Já nas áreas de baixas encostas, observa-se a ocorrência da Floresta Subcaducifolia Pluvial (Matas Secas). Nas várzeas dos principais eixos de drenagem verifica-se a ocorrência da Floresta Mista Dicótilo-Palmácea, onde se destacam a presença de extensos carnaubais.

A cobertura vegetal da área de influência da Barragem Frecheirinha, por sua vez, pode ser dividida nos seguintes tipos de formações vegetais, com seus respectivos ecossistemas: Floresta Caducifólia Espinhosa (Caatinga Arbórea e Caatinga Arbustiva/Arbórea) e a Floresta Mista Dicótilo-palmácea (Matas Ciliares). O mapa de vegetação da área de influência do empreendimento ora em análise encontra-se apresentado no **Desenho 13/16 do Volume II**.

A Caatinga Arbustiva/Arbórea compreende principalmente árvores e arbustos baixos muitos dos quais apresentam espinhos, microfilia e algumas características xerofíticas. Algumas das espécies lenhosas mais típicas da vegetação das Caatingas são: *Amburana cearensis*, (imburana de cheiro), *Anadenanthera colubrina* (angico), *Aspidosperma pyrifolium* (pau-pereiro), *Caesalpinia pyramidalis*

(catingueira), *Cnidoscolus phyllacanthus* (faveleira), *Bursera leptophloeos* (imburana), várias espécies de *Croton* (marmeleiros e velames) e de *Mimosa* (calumbies e juremas), *Myracrodruon urundeuva*, (aroeira), *Schinopsis brasiliensis* (baraúna), e *Tabebuia impetiginosa* (pau d'arco roxo).

A suculência é principalmente observada em Cactaceae e Bromeliaceae, enquanto que as lianas são muito escassas (Araújo & Martins 1999). Algumas espécies perenifólias também ocorrem (Kirmse et al.1983): *Ziziphus joazeiro* (juazeiro), *Capparis yca* (icó), *Copernicia prunifera* (carnaúba), uma espécie também conhecida pelo seu sinônimo *C. cerifera*, *Maytenus rigida* (pau-de-colher ou bom-nome), *Licania rigida* (oiticica). A camada herbácea é efêmera é dominada por terófitas das famílias Malvaceae, Portulacaceae e Poaceae. Órgãos de armazenamento de água são típicos em alguns outros casos: *Spondias tuberosa* (umbú), as duas “barrigudas” *Cavanillesia arborea* e *Ceiba glaziovii*, *Manihot* spp. (maniçobas), *Luetzelburgia auriculata* (pau-mocó).

A vegetação de Caatinga ocupa a maior porção do território da área do estudo, encontrando-se associada aos domínios da depressão sertaneja, onde a deficiência hídrica é a característica mais marcante, juntamente com solos de pouca profundidade, frequentemente pedregosos. Constitui a vegetação típica dos sertões nordestinos, caracterizando-se por apresentar elevado grau de xerofitismo, caráter caducifoliar, grande ramificação dos troncos, o que dá a algumas árvores a aparência arbustiva, e frequência de plantas espinhosas.

Na área do estudo a caatinga apresenta-se relativamente preservada, sendo observados apenas trechos esparsos com cobertura vegetal modificada pela interferência antrópica, através do cultivo de culturas de subsistência, formação de pastagens e retirada da lenha. A modificação das características da Caatinga arbórea determina a maior expansão das espécies arbustivas, reduzindo a diversidade da flora e modificando o equilíbrio ecológico. Na área da bacia hidráulica da Barragem Frecheirinha a vegetação de caatinga arbustiva aparece recobrando cerca de 90,0% da sua área, estando o restante ocupado pela caatinga de porte arbóreo e matas ciliares (**Foto 3.1**).



Foto 3.1 – Exemplo de Caatinga Arbustiva Arbórea.

Fonte: TPF, Pesquisa de Campo, 2018. Sistema de Coordenadas (-3.78597974; -40.78043746).

Aparecem entre as espécies mais representativas desta comunidade: catingueira (*Caesalpinia bracteosa*), cumaru (*Amburana cearensis*), matapasto (*Cassia sericea*), pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*), velame (*Croton campestris*), mofumbo (*Combretum leprosum*), jucá (*Caesalpinia ferrea*), sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), marmeleiro (*Croton sonderianus*) e mandacaru (*Cereus jamacaru*). Nas áreas degradadas é frequente a presença da jurema (*Mimosa hostile*).

Quanto à Floresta Mista Dicótilo-Palmácea (matas ciliares), as planícies fluviais apresentam boas condições hídricas e solos férteis, favorecendo a instalação de uma cobertura vegetal, cuja fisionomia de mata galeria ou ciliar, contrasta com a vegetação caducifólia e de baixo porte dos interflúvios sertanejos (**Foto 3.2**).



Foto 3.2 – Exemplo de Floresta Mista Dicótilo-Palmácea na área da bacia hidráulica

Fonte: TPF, Pesquisa de Campo, 2018. Sistema de Coordenadas (-3.79241943; -40.77349472).

Este tipo de unidade Fitoecológica possui como principais representantes florísticos: *Eleocharis* sp. (junco-de-lagoa), *Cyperus* sp., *Copernicea prunifera* (carnaúba), *Brysonima* sp. (murici), *Licania rigida* (oiticica); *Zyziphus joazeiro* (juazeiro); *Lonchocarpus* sp. (ingra-bravo), *Erithrina velatina* (mulungu), *Maytenus rigida* (casca grossa), *Croton* sp (marmeleiro), *Mimosa caesalpinaefolia* (sabiá), *Coccoloba* sp (coaçu), *Anacardium occidentale* (cajueiro), cactáceas, dentre outras, as quais servem de fonte primária de alimento para espécies dulcícolas e paludícolas (peixes, crustáceos, aves, vermes, moluscos etc.).

No território da área do estudo destacam-se as matas ciliares ou florestas ribeirinhas relacionadas às planícies do rio Caiçara e tributários, que se apresentam relativamente preservadas. O **Quadro 3.9** apresenta uma listagem das principais espécies da flora existentes na área do projeto.

Quadro 3.9 – Inventário da Flora da Área do Projeto

Nome Popular	Nome Científico	Família
Sabiá	<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	Fabaceae
Mofumbo	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae
Catingueira	<i>Caesalpinia pyramidalis</i>	Fabaceae
Marmeleiro Preto	<i>Croton sonderianus</i>	Euphorbiaceae
Jurema Preta	<i>Mimosa tenuiflora</i>	Fabaceae
Jurema Branca	<i>Mimosa verrucosa</i>	Fabaceae
Rabuge	<i>Machaerium acutifolium</i>	Fabaceae
Pereiro	<i>Aspidosperma pyriformium</i>	Apocynaceae
Catanduva	<i>Piptadenia moniliformis</i>	Fabaceae-Mimosoideae
Marmeleiro Branco	<i>Croton blanchetianus</i>	Euphorbiaceae
Violeto	<i>Dalbergia cearensis Ducke</i>	Fabaceae
Mororó	<i>Bauhinia brevipes</i>	Fabaceae
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>	Fabaceae
Imburana	<i>Commiphora leptophloeos</i>	Burseraceae
Guabira	<i>Jacaranda jasminoides</i>	Bignoniaceae
Jucá	<i>Libidibia ferrea var</i>	Fabaceae
Gonçalo Alves	<i>Astronium fraxinifolium</i>	Anacardiaceae
Carnaúba	<i>Copernicia prunifera</i>	Arecaceae
Almeixa	<i>Ximenia americana</i>	Olcaceae
Piquiá	<i>Aspidosperma multiflorum</i>	Apocynaceae
Mandacaru	<i>Cereus jamacaru</i>	Cactaceae
Juazeiro	<i>Ziziphus joazeiro</i>	Rhamnaceae
Paraíba	<i>Simarouba versicolor</i>	Simaroubaceae
Pau Moco	<i>Luetzelburgia auriculata</i>	Fabaceae
Pau Branco	<i>Cordia oncocalyx</i>	Boraginaceae
Pau d'Arco Roxo	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Bignoniaceae
Angico Preto	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Fabaceae - Mimosoideae
Sambaíba	<i>Curatella americana L.</i>	Dilleniaceae
Angico Branco	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Fabaceae - Mimosoideae
Imburana Branca	<i>Amburana cearensis</i>	Fabaceae
Cipauba	<i>Combretum glaucocarpum</i>	Combretaceae
Joao Mole	<i>Guapira graciliflora</i>	Nyctaginaceae

Nome Popular	Nome Científico	Família
Pau d'Arco Amarelo	<i>Handroanthus ochraceus</i>	Bignoniaceae
Sipauba	<i>Combretum glaucocarpum</i>	Combretaceae
Aroeira	<i>Myracrodruon urundeuva</i>	Anacardiaceae
Oiticica	<i>Licania rigida Benth.</i>	Chrysobalanaceae

Fonte: TPF, Pesquisa de Campo, 2018.

3.3.2 - Fauna

O levantamento faunístico da região onde a Barragem Frecheirinha encontra-se inserida foi realizado inicialmente por meio da coleta de dados secundários, seguida da busca de dados *in loco* com a utilização de métodos de manejo indireto dos espécimes. Os principais métodos consistiram na busca ativa por indivíduos, bem como a detecção de rastros, pegadas, áreas de uso e vocalizações. Foram adotadas diferentes estratégias metodológicas, para os grandes grupos de vertebrados terrestres, mamíferos, aves, répteis e anfíbios.

A fauna da região não se apresenta muito rica em espécies e seu grau de endemismo pode ser considerado baixo. Os constantes desmatamentos e queimadas para plantios agrícolas e formação de pastos, aliados à caça predatória são fatores que vem contribuindo para o depauperamento da fauna local. Essas alterações provocadas no meio ambiente concorrem para que quase todos os mamíferos silvestres de grande e médio porte se encontrem extintos ou em vias de extinção na região. Os espécimes remanescentes são de pequeno tamanho e reprodutivamente prolíficos. De um modo geral, têm hábitos noturnos, protegendo-se durante o dia contra as condições intensas de radiação solar, procurando zonas mais úmidas ou ocupando abrigos na superfície ou até mesmo adotando o ambiente subterrâneo como habitat.

Em termos de cadeia trófica, os mamíferos que ocorrem na região representam tanto a base (frutívoros e/ou herbívoros - preá, mocó, morcego) quanto o ápice da cadeia, aqui representada pelos carnívoros (gato mourisco, gato maracajá), aparecendo, ainda, diversos indivíduos omnívoros, ou seja, que pertencem a mais de um nível alimentar (sagui, tatu-peba, etc.). A forma mais eficaz

de registro da mastofauna foi através de entrevistas junto à população local, através das quais podemos registrar espécies muito vistas na área de estudo, sendo duas delas ameaçadas de extinção (*Herpailurus yagouaroundi* e *Leopardus tigrinus*). O **Quadro 3.10** mostra a lista da mastofauna identificada na região do projeto.

Quadro 3.10 – Inventário da Mastofauna da Área do Projeto

ORDEM	FAMÍLIA	NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR	REG	STATUS	
					MMA	IUCN
Carnívora	Canidae	<i>Cerdocyon thous</i>	Raposa	E	-	LC
	Felidae	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	Gato vermelho	E	VU	LC
		<i>Leopardus tigrinus</i>	Gato maracajá	E	EN	VU
	Procyonidae	<i>Procyon cancrivorus</i>	Guaxinim	E	-	LC
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis albiventris</i>	Cassaco	E	-	LC
Pilosa	Dasyopodidae	<i>Euphractus sexcinctus</i>	Peba	V	-	LC
Primates	Callitrichidae	<i>Callithrix jacchus</i>	Soim	O	-	LC
Rodendia	Echimydae	<i>Thrichomys laurentius</i>	Rabudo	O	-	DD
	CRICETIDAE	<i>Wiedomys pyrrhorhinos</i>	Ratinho de nariz vermelho	O	-	LC

Fonte: TPF, Pesquisa de Campo, 2018. Status MMA – Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção conforme a PORTARIA Nº - 444, DE 17 DE DEZEMBRO DE 2014; IUCN - The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-1.

Legenda: VU – Vulnerável; EN – em perigo; LC – pouco preocupante; DD – deficiente de dados. REG – tipo de registro; E – entrevista; V – vestígios; O – observação.

A ornitofauna apresenta-se bastante diversificada na região, todavia os desmatamentos e a ação dos caçadores, dado os seus valores ornamentais e canoros, são fatores que vem contribuindo para a redução do número de espécies na região. Na área em pauta a família mais bem representada foi a Tyrannidae, cuja maior representatividade está relacionada à sua alta representatividade na Caatinga (Sick 1997). A grande variedade de nichos ecológicos nos trópicos e a correspondente fauna entomológica dão maiores vantagens a aves insetívoras,

como os Tyrannidae (Sick 1997). Além disso, esta família é a única que está presente em todos os estratos de mata, aumentando sua representatividade próxima ao dossel e acima dele, onde os indivíduos capturam insetos. Em ambientes antropizados, os insetívoros e onívoros são as espécies de aves mais beneficiadas, pois as espécies desses grupos apresentam flexibilidade de forrageio e o seu alimento é disponível ao longo de todo o ano (Scherer *et al.* 2005).

Na análise da avifauna, observa-se uma grande quantidade de espécies insetívoras ou onívoras sinantrópicas, ou seja, espécies que ampliam sua distribuição geográfica à medida que a vegetação original é suprimida. Essas espécies (*Columbina squammata*, *Pitangus sulphuratus*, *Tyrannus melancholicus*, *Mimus saturninus* e *Megarhynchus pintangua*) apresentam alta plasticidade, no que se refere aos impactos causados por atividades humanas em paisagens alteradas, e elevada capacidade para adaptar-se aos ambientes alterados. São, portanto, espécies generalistas, pouco exigentes em relação aos recursos ambientais raros, que envolvem alimentação especializada. No entanto, contribuem significativamente para a estabilidade biológica dos ambientes naturais. O **Quadro 3.11** mostra a lista de aves registradas na região do projeto por ambientes.

Quadro 3.11 – Inventário da Avifauna da Área do Projeto

FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME POPULAR	Habitat	STATUS	
				MMA	IUCN
Acciptridae	<i>Heterospizias meridionalis</i>	Gavião-caboclo	1	-	LC
	<i>Geranoaetus albicaudatus</i>	Gavião-do-rabo-branco	1	-	LC
	<i>Leptodon cayanensis</i>	Gavião-cabeça-cinza	1	-	LC
	<i>Rupornis magnirostris</i>	Gavião-carijó	1,2,3	-	LC
Alcedidae	<i>Megaceryle torquata</i>	Martim-pescador-grande	3,4	-	LC
Anatidae	<i>Cairina moschata</i>	Pato-do-mato	1	-	LC
	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Marreca	4	-	LC
	<i>Dendrocygna viduata</i>	Irerê	4	-	LC
Ardeidae	<i>Butorides striata</i>	Socozinho	4	-	LC
	<i>Egretta thula</i>	Garça-pequena	4	-	LC
	<i>Tigrisoma lineatum</i>	Soco-boi	4	-	LC
Bucconidae	<i>Nystalus maculatus</i>	Rapazinho-dos-velhos	3	-	LC
Cariamidae	<i>Cariama cristata</i>	Siriema	3	-	LC

FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME POPULAR	Habitat	STATUS	
				MMA	IUCN
Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Urubu-cabeça-vermelha	1,3	-	LC
	<i>Cathartes burrovianus</i>	Urubu-cabeça-amarela	1,2	-	LC
	<i>Coragyps atratus</i>	Urubu-cabeça-preta	2,4	-	LC
Charadriidae	<i>Vanellus chilensis</i>	Quero-quero	3,4	-	LC
Columbidae	<i>Columbina minuta</i>	Rolinha-canela	1,4	-	LC
	<i>Columbina picui</i>	Rolinha-picuí	1,2,3,4	-	LC
	<i>Columbina squammata</i>	Rolinha-fogo-apagou	1,2,3,4	-	LC
	<i>Columbina talpacoti</i>	Rolinha-caldo-de-feijão	1,3,4	-	LC
	<i>Zenaida auriculata</i>	Avoante	1,2,3,4	-	LC
Corvidae	<i>Cyanocorax cyanopogon</i>	Cancão	2,4	-	LC
Cuculidae	<i>Crotophaga ani</i>	Anu	1,4	-	LC
	<i>Crotophaga major</i>	Anu-coroca	1	-	LC
	<i>Guira guira</i>	Anu-branco	3,4	-	LC
Dendrocolaptidae	<i>Lepidocolaptes angustirostris</i>	Arapaçu-cerrado	1	-	LC
Falconidae	<i>Caracara plancus</i>	Carcará	1,3,4	-	LC
	<i>Falco sparverius</i>	Quiriquiri	1	-	LC
	<i>Herpetotheres cachinnans</i>	Acauã	1	-	LC
	<i>Milvago chimachima</i>	Carrapateiro	3,4	-	LC
Fringillidae	<i>Euphonia chlorotica</i>	Fim-fim	1,4	-	LC
Furnaridae	<i>Furnarius figulus</i>	Casaca-de-couro-da-lama	4	-	LC
Galbulidae	<i>Galbula ruficauda</i>	Ariramba	1	-	LC
Hirundinidae	<i>Progne tapera</i>	Andorinha-do-campo	1,4	-	LC
	<i>Tachycineta albiventer</i>	Andorinha-do-rio	4	-	LC
Icteridae	<i>Gnorimopsar chopi</i>	Graúna	1,4	-	LC
	<i>Icterus jamacaii</i>	Corrupião	1,4	-	LC
Jacanidae	<i>Jacana jacana</i>	Jaçanã	4	-	LC
Mimidae	<i>Mimus saturninus</i>	Sabiá-do-campo	2,3	-	LC
Passerellidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Tico-tico	3	-	LC
Picidae	<i>Melanerpes candidus</i>	Pica-pau-branco	4	-	LC
	<i>Picumnus pygmaeus</i>	Pica-pau-anão	3	-	LC
	<i>Veniliornis passerinus</i>	Picapauzinho	1	-	LC
Poliptilidae	<i>Poliptila plumbea</i>	Balança-rabo	1,2,3	-	LC
Psittacidae	<i>Eupsittula cactorum</i>	Peruquito-da-caatinga	2,4	-	LC
	<i>Forpus xanthopterygius</i>	Tuim-tuim	1	-	LC
Rhynchocyclidae	<i>Tolmomyias flaviventris</i>	Bico-chato-amarelo	1,3	-	LC
Strigidae	<i>Athene cunicularia</i>	Coruja-buraqueira	3	-	LC

FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME POPULAR	Habitat	STATUS	
				MMA	IUCN
Thamnophilidae	<i>Formicivora grisea</i>	Papa-formiga	3,4	-	LC
	<i>Myrmorchilus strigilatus</i>	Piu-piu	1,3,4	-	LC
	<i>Taraba major</i>	Choró-boi	1	-	LC
	<i>Thamnophilus capistratus</i>	Choca-barrado-nordeste	3	-	LC
	<i>Thamnophilus torquatus</i>	Choca-de-asa-vermelha	1	-	LC
Thraupidae	<i>Coryphospingus pileatus</i>	Tico-tico-rei-cinza	2	-	LC
	<i>Neothraupis fasciata</i>	Cigarra-do-campo	4	-	NT
	<i>Paroaria dominicana</i>	Galo-campina	1,3,4	-	LC
	<i>Schistochlamys ruficapillus</i>	Bico-de-veludo	4	-	LC
	<i>Sporophila albogularis</i>	Golinho	3	-	LC
	<i>Sporophila lineola</i>	Bigodinho	4	-	LC
	<i>Tangara sayaca</i>	Sanhaçu-cinzento	1	-	LC
	<i>Volatinia jacarina</i>	Tiziu	4	-	LC
Trochilidae	<i>Chlorostilbon lucidus</i>	Besouro-de-bico-vermelho	3	-	LC
Troglodytidae	<i>Troglodytes musculus</i>	Corruíra	1	-	LC
Trogonidae	<i>Trogon curucui</i>	Surucuá-de-barriga-vermelha	1,4	-	LC
Turdidae	<i>Turdus leucomelas</i>	Sabiá-barranco	3	-	LC
Tyrannidae	<i>Campostoma obsoletum</i>	Risadinha	3	-	LC
	<i>Casiornis fuscus</i>	Caneleiro	1	-	LC
	<i>Elaenia cristata</i>	Guaracava	3	-	LC
	<i>Empidonomus varius</i>	Peitica	3,4	-	LC
	<i>Fluvicola nengeta</i>	Lavadeira	1,4	-	LC
	<i>Machetornis rixosa</i>	Suiriri-cavaleiro	3	-	LC
	<i>Megarychus pitangua</i>	Neinei	1,4	-	LC
	<i>Myiarchus ferox</i>	Maria-cavaleira	3	-	LC
	<i>Myiozetetes similis</i>	Bentivizinho	1	-	LC
	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bentivi	1,2,3,4	-	LC
	<i>Stigmatura budytoides</i>	Alegrinho	3	-	LC
	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Suiriri	1,2,3,4	-	LC
Vireonidae	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	Pitiguari	1,3,4	-	LC

Fonte: TPF, Pesquisa de Campo, 2018. Status IUCN - The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-1.

Legenda: LC – pouco preocupante; NT – Quase ameaçada; 1-Caatinga Arbórea (CA); 2- Caatinga Arbustiva Aberta (CAA); 3- Caatinga Arbustiva Densa (CAD); 4- Leito do Rio (LR).

Com relação à cadeia trófica, os ofídios são geralmente carnívoros, alimentando-se de diversas fontes proteicas (pequenos roedores, pássaros, rãs, tijubinas, outros ofídios, etc.), conforme a sua espécie. Entre os lagartos, a cadeia trófica apresenta-se mais diversificada, sendo observadas espécies insetívoras (tijubina), herbívoras (camaleão) e omnívoras (teju, calango). Quanto aos anfíbios, representados pelas famílias dos bufonídeos, hylídeos e leptodactílos, vivem nas áreas de entorno dos cursos d'água, alimentando-se preferencialmente de insetos. O **Quadro 3.12** apresenta a lista da herpetofauna registrada na região do projeto.

Quadro 3.12 – Inventário da Herpetofauna da Área do Projeto

ORDEM	FAMÍLIA	NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR	REG	STATUS	
					MMA	IUCN
ANURA	BUFONIDAE	<i>Rhinella jimi</i>	Cururuzinho	O	-	LC
	HYLIDAE	<i>Scinax x-signatus</i>	Perereca de casa	O	-	LC
	LEPTODACTYLIDAE	<i>Leptodactylus macrosternum</i>	Caçote	O	-	LC
		<i>Leptodactylus mystaceus</i>	Caçote	O	-	LC
		<i>Leptodactylus vastus</i>	Jia	E	-	LC
MICROHYLIDAE	<i>Dermatonotus muelleri</i>	Sapo bezerro	E	-	LC	
SQUAMATA	AMPHISBAENIDAE	<i>Amphisbaena alba</i>	Cobra-cega	E	-	LC
	BOIDAE	<i>Boa constrictor</i>	Jibóia	E	-	LC
		<i>Epicrates assisi</i>	Cobra-de-veado	E	-	LC
	COLUBRIDAE	<i>Apostolepis cearensis</i>	Falsa-coral	E	-	LC
		<i>Erythrolamprus viridis</i>	Cobra-verde	O	-	LC
		<i>Philodryas nattereri</i>	Corre-campo	O	-	LC
		<i>Oxybelis aeneus</i>	Bicuda	E	-	LC
		<i>Oxyrhopus trigeminus</i>	Falsa-coral	E	-	LC
	ELAPIDAE	<i>Micrurus ibiboboca</i>	Coral	E	-	LC
	GEKKONIDAE	<i>Hemidactylus agrius</i>	Briba	O	-	LC
	IGUANIDAE	<i>Iguana iguana</i>	Iguana	E	-	LC
	POLYCHROTYDAE	<i>Polychrus acutirostris</i>	Calango-cego	E	-	LC
	TROPIDURIDAE	<i>Tropidurus hispidus</i>	Calango	O	-	LC
		<i>Tropidurus semitaeniatus</i>	Calango-de-lagedo	O	-	LC
	TEIIDAE	<i>Ameivulla ocellifera</i>	Tijubina	O	-	LC
		<i>Salvator merianae</i>	Tejo	O	-	LC
VIPERIDAE	<i>Bothrops erythromelas</i>	Jararaca	E	-	LC	
TESTUDINES	KINOSTERNIDAE	<i>Kinosternon scorpioides</i>	Cágado	E	-	NT

Fonte: TPF, Pesquisa de Campo, 2018. Status IUCN - The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-1.

Legenda: LC – pouco preocupante; NT – Quase ameaçada; REG – tipo de registro; E – entrevista; V – vestígios; O – observação.

Quanto à fauna piscícola dos recursos hídricos da região, as espécies nativas mais comuns são: piaba, traíra, cará, cascudinho, branquinha. Dentre as espécies exóticas aclimatizadas nos açudes da região destacam-se a tilápia e o tucunaré. Foram identificadas 16 espécies de peixes ao longo do rio Caiçara, sendo distribuídas em 5 ordens e 10 famílias. A ordem mais representativa foi a Characiformes com 5 famílias e 8 espécies (**Quadro 3.13**).

Quadro 3.13 – Inventário da Ictiofauna da Área do Projeto

ORDEM	FAMÍLIA	NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR	REG
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax aff. bimaculatus</i>	Piaba	O
		<i>Astyanax aff. Fasciatus</i>	Piaba	O
		<i>Phenacogaster calverti</i>	Piaba	O
		<i>Serrapinnus piaba</i>	Piaba	O
	Crenuchidae	<i>Characidium bimaculatum</i>	Canivete	E
	Curimatidae	<i>Steindachnerina notonota</i>	Branquinha	O
	Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i>	Traíra	E
	Prochilodontidae	<i>Poecilia vivípara</i>	Guaru	E
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia reticulata</i>	Barrigudinho	E
Perciformes	Cichlidae	<i>Cichla sp.</i>	Tucunaré	E
		<i>Cichlasoma orientale</i>	Cará	O
		<i>Crenicichla menezesi</i>	Biquara	O
		<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilápia	E
Siluriformes	Callichthyidae	<i>Aspidoras spilatus</i>	Camboatanzinho	E
	Loricariidae	<i>Parotocinclus cearenses</i>	Cascudinho	O
Synbranchiformes	Synbranchidae	<i>Synbranchus marmoratus</i>	Mussum	E

Fonte: TPF, Pesquisa de Campo, 2018.

Legenda: REG – tipo de registro; E – entrevista; O – observação.

Quanto à cadeia trófica, a ictiofauna que habita os rios da região é composta, predominantemente, por espécies omnívoras (piaba, cará), que se alimentam de plâncton, insetos, moluscos, pequenos peixes, algas, etc. Foi constatada na área a presença da traíra e do tucunaré, espécies carnívoras consideradas inimigas da piscicultura. Aparecem, ainda, espécies plantófitas como a tilápia e detritívoras

como é o caso do cascudinho, que tem habitat bentônico. Durante o período de realização do levantamento da fauna, o nível da água do rio Caiçara encontrava-se muito baixo para realização da pesca na área de estudo.

A ampliação das áreas de ocupação agropecuária e urbana contribui grandemente para a redução e degeneração dos habitats disponíveis para os peixes de água doce. O crescente desmatamento em áreas de Caatinga atinge as formações de vegetação ciliar em praticamente todo o bioma.

3.3.3 - Unidades de Conservação e Reservas Ecológicas

O desenvolvimento de ações preservacionistas nos territórios dos municípios integrantes da Região Hidrográfica do Coreaú encontra-se representado pela presença de 13 unidades de conservação, sendo 50,0% destas administradas pela instância federal, outras três estão sob a alçada de governos municipais, enquanto que as demais encontram distribuídas em igual proporção entre as instâncias estadual e privada, conforme pode ser visualizado no **Quadro 3.14**.

Quadro 3.14 - Unidades de Conservação Presentes nos Territórios dos Municípios Integrantes da Região Hidrográfica do Coreaú

Unidade de Conservação	Municípios	Área (ha)	Órgão Administrador
Parque Nacional de Jericoacoara	Jijoca de Jericoacoara e Cruz	8.416,0	ICMBio
APA da Lagoa de Jijoca	Jijoca de Jericoacoara e Cruz	3.995,6	SEMA
APA Delta do Parnaíba	Luís Corrêa, Morro da Mariana e Parnaíba, no Piauí; Araisos e Tutóia, no Maranhão; Chaval e Barroquinha, no Ceará	307.590,5	ICMBio
Parque Estadual das Carnaúbas	Granja e Viçosa do Ceará	10.005,0	SEMA
Parque Nacional de Ubajara	Tianguá, Frecheirinha e Ubajara	6.288,0	ICMBio
APA Serra da Ibiapaba	Buriti dos Lopes, Bom Princípio, Cocal, Piracuruca, Piripiri, Brasileira, Pedro II, Lagoa do S. Francisco, Conceição e Domingos Mourão, no Estado do Piauí; Chaval, Granja, Moraújo, Tianguá e Viçosa do Ceará, no Estado do Ceará.	1.628.424,6	ICMBio
APA da Serra da Meruoca	Alcântaras, Massapê, Meruoca e Sobral	29.361,74	ICMBio
Floresta Nacional de Sobral	Sobral	598,0	ICMBio
Parque Ecológico Lagoa da Fazenda	Sobral	19,0	Pref. Municipal Sobral
APA da Praia de Maceió	Camocim	1.374,1	Pref. Municipal Camocim

Unidade de Conservação	Municípios	Área (ha)	Órgão Administrador
APA de Tatajuba	Camocim	3.775,0	Pref. Municipal Camocim
RPPN Paulino Veloso Camelo	Tianguá	120,1	Privada
REP Mata Fresca	Meruoca	107,9	Privada

Fonte: ICMBio (www.icmbio.gov.br) e SEMACE (www.semace.ce.gov.br).

Nota: Em negrito municípios com porções de seus territórios inseridas na área de influência indireta da Barragem Frecheirinha, no que se refere ao meio biótico.

	Unidades de conservação que apresentam partes de seus territórios englobando áreas de municípios integrantes da Área de Influência Indireta (Meio Biótico) da Barragem Frecheirinha.
--	--

Destas unidades de conservação apenas quatro estão total ou parcialmente posicionadas em municípios que apresentam porções de seus territórios inseridas na área de influência indireta do empreendimento ora em análise, que no caso específico do meio biótico abrange um raio de 10,0km no entorno do futuro reservatório, a saber: o Parque Nacional de Ubajara, a Floresta Nacional de Sobral, a APA da Serra da Meruoca e o Parque Ecológico Lagoa da Fazenda. O mapa das unidades de conservação presentes na área de influência da Barragem Frecheirinha encontra-se apresentado no **Desenho 14/16 do Volume II**.

O Parque Nacional de Ubajara, unidade de conservação de proteção integral, criada pelo Decreto Federal nº 45.954, de 30 de abril de 1959, representativa dos ecossistemas de matas úmidas, cerrado, caatinga e cavernas, tem sua administração a cargo do ICMBio. A referida unidade de conservação teve seus limites revisados pelo Decreto nº 72.144, de 26/04/1973 e sua área ampliada para 6.288 ha através do Decreto Federal de 13/12/2002. Abrange terras dos municípios de Tianguá, Frecheirinha e Ubajara, no Estado do Ceará, estando, todavia, posicionada fora das áreas de influência direta e indireta do empreendimento ora em análise.

Ressalta-se, no entanto, que a zona de amortecimento desta unidade de conservação abrange a área total dos municípios de Ubajara e Ibiapina, a parte do território do município de Frecheirinha, limitada ao norte pela BR-222, e a parte do município de Tianguá, limitada ao norte pela BR-222 e a oeste pela CE-187. Assim

sendo, pode-se afirmar que o empreendimento ora em análise encontra-se parcialmente localizado dentro do território da zona de amortização desta unidade de conservação, apresentando toda a porção esquerda da sua bacia hidráulica aí posicionada.

Entretanto, nenhuma das obras previstas para a Barragem Frecheirinha terá interferência direta sobre a área destas unidades de conservação, nem resultarão em geração de pressões antrópicas sobre estas. Ressalta-se, ainda, que não foi identificada a presença de habitats naturais críticos na região, que possam sofrer interferências das obras do barramento.

No município de Sobral, que apresenta uma pequena porção do seu território inserido na área de influência indireta do meio biótico do empreendimento ora em análise, observa-se a existência de uma unidade de conservação municipal - o Parque Ecológico Lagoa da Fazenda e de duas UC's federais – a Floresta Nacional de Sobral e a APA da Serra da Meruoca. As referidas unidades de conservação encontram-se posicionadas fora das áreas de influências direta e indireta da Barragem Frecheirinha, estando as duas primeiras também situadas fora do território da Região Hidrográfica do Coreaú.

Quanto às áreas de preservação permanente identificadas na área de abrangência do estudo, estas se encontram representadas preponderantemente pela vegetação das faixas de proteção dos cursos e mananciais d'água, das nascentes, das bordas de chapadas e das encostas com declividades superiores a 45° na sua linha de maior declive.

A bacia hidráulica da Barragem Frecheirinha resultará na supressão das matas ciliares do curso d'água barrado e de alguns dos seus tributários (braços). Em contrapartida, em atendimento à legislação ambiental vigente, será estabelecida uma faixa de proteção no entorno da área do reservatório formado, com largura a ser definida no processo de licenciamento ambiental, a qual é destinada à preservação, devendo ser alvo de reflorestamento dos trechos com cobertura vegetal degradada.

3.3.4 - Ocorrências de Espécies da Flora e da Fauna Endêmicas ou Ameaçadas de Extinção

Na área estudada foram identificadas algumas espécies florísticas protegidas por lei, como Carnaúba, *Copernicia prunifera*, Arecaceae (Decreto Lei N° 27.413 de 30 de março de 2004); Aroeira, *Myracrodruon urundeuva*, Anacardiaceae (Instrução Normativa N° 6, de 23 de setembro de 2008); Gonçalo Alves, *Astronium* sp. Anacardiaceae (Instrução Normativa N° 6, de 23 de setembro de 2008).

Durante o estudo da fauna realizado, segundo a lista brasileira de espécies ameaçadas (Portaria MMA 444/2014), foram detectadas duas espécies ameaçadas de extinção na área do projeto, sendo elas o Gato-vermelho (*Herpailurus yagouaroundi*) classificado pela portaria do MMA como vulnerável e o Gato-maracajá (*Leopardus tigrinus*) classificado pela portaria do MMA como em perigo. Uma espécie de roedor, *Trichomys laurentius* aparece como espécie deficiente de dados na lista internacional (IUCN, 2018).

Praticamente todas as espécies de aves pertencentes à família Psittacidae são visadas para o comércio ilegal. Assim, as espécies pertencentes à família Psittacidae, encontradas em áreas de caatinga, estão sujeitas a esse tipo de ameaça. Também foram registradas aves de outras famílias que são muito comercializadas ilegalmente, como *Gnorimopsar chopi* (Icteridae). Informações sobre a biologia das aves endêmicas e ameaçadas da região são escassas, assim como suas respostas a alterações ambientais.

Os hábitos migratórios das espécies de aves identificadas foram avaliados conforme a revisão feita por Somenzari et al. (2018). Segundo o estudo citado nenhuma espécie detectada realiza movimentos migratórios austrais, apenas locais, sendo as mesmas classificadas como Parcialmente Migratório (MPR), espécies cujas populações são parte migratória e parte residente; ou com migrações não definidas (ND). Segundo o estudo foram identificadas três espécies parcialmente migratórias, *Tyrannus melancholicus*, *Progne tapera* (MPR) e *Zenaida auriculata* (ND).

3.4 - CARACTERIZAÇÃO DO MEIO ANTRÓPICO

3.4.1 - Área de Influência Indireta

3.4.1.1 - Dinâmica Populacional

De acordo com os dados do IBGE, em 2010, os municípios integrantes da área do estudo abrigavam uma população total de 104.642 habitantes, o correspondente a 1,24% da população estadual. Desse total, 31.787 habitantes, ou seja, 30,38% corresponde à população residente no município de Ubajara.

A densidade demográfica atingiu nesse ano o patamar de 52,75 hab/km² para a região como um todo, apresentando maior concentração nos municípios de Ubajara (75,50 hab/km²), Mucambo (73,99 hab/km²) e Frecheirinha (71,68 hab/km²). No município de Ibiapina a concentração da população atingiu 57,38 hab/km². Já em Coreaú, a densidade demográfica apresenta-se abaixo da média regional, correspondendo a 28,30 hab/km² (**Quadro 3.15**).

Quadro 3.15 - Evolução da População e Distribuição Geográfica – 2010

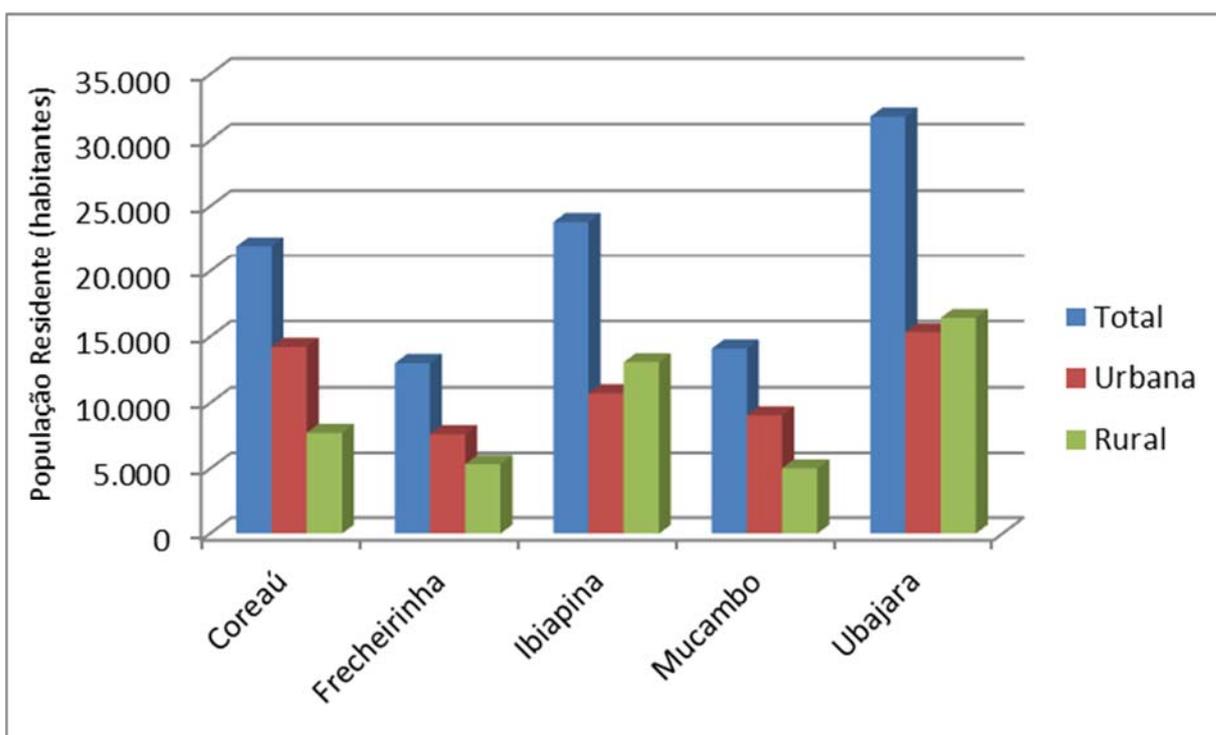
Município	População Residente (hab)			Taxa de Urbanização (%)	Densidade Demográfica (hab/km ²)
	Total	Situação do Domicílio			
		Urbano	Rural		
Coreaú	21.954	14.223	7.731	64,79	28,30
Frecheirinha	12.991	7.636	5.355	58,78	71,68
Ibiapina	23.808	10.743	13.065	45,12	57,38
Mucambo	14.102	9.066	5.036	64,29	73,99
Ubajara	31.787	15.350	16.437	48,29	75,50
Total	104.642	57.018	47.624	54,49	52,75
Estado do Ceará	8.452.381	6.346.569	2.105.812	75,09	56,76

Fonte: IBGE, Censo Demográfico, 2010.

A taxa de urbanização para o conjunto dos municípios atinge 54,49%, sendo observadas taxas superiores à média nos municípios de Coreaú (64,79%), Mucambo (64,29%) e Frecheirinha (58,78%). Nos municípios de Ubajara e Ibiapina a taxa de

urbanização atingiu 48,29% e 45,12%, respectivamente. Constatase, ainda, que as sedes dos municípios de Mucambo e Frecheirinha apresentaram contingentes populacionais inferiores a 10.000 habitantes e que nas outras sedes municipais estes oscilavam entre 10.500 e 15.500 habitantes. A cidade de Ubajara era a mais populosa, contando com 15.350 habitantes, enquanto que Coreaú, segunda cidade mais populosa da área do estudo, contava com 14.223 habitantes (**Gráfico 3.8**).

Gráfico 3.8 - Evolução da População e Distribuição Geográfica – 2010



Fonte: IBGE, Censo Demográfico, 2010.

Quanto ao crescimento populacional, a análise dos dados pertinentes ao período intercensitário de 2000/2010, revela sinais de crescimento da população total do conjunto dos municípios, com taxa de 0,98% a.a. (**Quadro 3.16**). Apenas o município de Ubajara apresentou acréscimo mais evidente de seu contingente populacional, com taxas de 1,61% ao ano. Por outro lado, o município de Mucambo apresentou sua população estagnada com taxa de 0,21% a.a.

Quadro 3.16 - Evolução da Taxa de Crescimento da População – 2000/2010

Município	População Residente 2000 (hab)			População Residente 2010 (hab)			Taxa Geométrica de Crescimento Anual - 2000/2010 (% a.a.)		
	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
Coreaú	19.981	11.263	8.718	21.954	14.223	7.731	0,95	2,36	-1,19
Frecheirinha	11.832	6.459	5.373	12.991	7.636	5.355	0,94	1,69	-0,03
Ibiapina	22.157	8.231	13.926	23.808	10.743	13.065	0,72	2,70	-0,64
Mucambo	13.811	7.574	6.237	14.102	9.066	5.036	0,21	1,81	-2,12
Ubajara	27.095	12.490	14.605	31.787	15.350	16.437	1,61	2,08	1,19
Total	94.876	46.017	48.859	104.642	57.018	47.624	0,98	2,17	-0,26
Estado do Ceará	7.430.661	5.315.318	2.115.343	8.452.381	6.346.569	2.105.812	1,30	1,79	-0,05

Fonte: IBGE, Censo Demográfico, 2010.

As populações urbanas apresentaram taxas positivas de crescimento em todos os municípios, com os maiores valores sendo constatados nos municípios de Ibiapina (2,70% a.a.) e Coreaú (2,36% a.a.). Verificou-se que nos demais municípios o crescimento da população urbana apresentou-se inferior à média da região (2,17% a.a.).

Quanto às taxas de crescimento da população rural, verificou-se que o conjunto dos municípios integrantes da área de influência indireta apresenta sinais de estagnação da população rural com taxa média de -0,26% ao ano. Foi constatado sinais de decréscimo na população rural dos municípios de Mucambo, Coreaú e Ibiapina, com taxas de -2,12%, -1,19% e -0,64 ao ano, respectivamente. O município de Ubajara, por sua vez, apresentou acréscimo em sua população rural, com taxa de 1,19% ao ano.

3.4.1.2 - Qualidade de Vida da População

Nível de Instrução

Objetivando aferir o nível ou padrão de qualidade de vida da população residente nos municípios de estudo, foram analisados os indicadores de educação, renda e condições médico-sanitárias, além do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) desenvolvido pelo PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.

Em 2010, de acordo com o Atlas do Desenvolvimento Humano do PNUD, Ipea e FJP, a proporção de crianças de 5 a 6 anos na escola atingia índices que variavam de 96,82 a 98,99%. O tema referente ao ensino regular indicava que o percentual de crianças de 11 a 13 anos frequentando os anos finais do ensino fundamental apresentava para os municípios da área de estudo uma variação de 86,02 a 93,08%. Quanto aos indicadores de escolaridade, a proporção de jovens de 15 a 17 anos com ensino fundamental completo oscilava entre 48,12 e 62,97%, e a proporção de jovens de 18 a 20 anos com ensino médio completo variava de 21,75 a 37,43% nos municípios considerados. Vê-se dessa forma, uma grande adesão das crianças menores na escola, porém, entre os jovens são poucos os que conseguem concluir os ensinos fundamental e médio (**Quadro 3.17**).

Quadro 3.17 – Indicadores da Educação de Crianças e Jovens – 2000/2010

Município	% de Crianças de 5 a 6 anos na escola		% de Crianças de 11 a 13 anos frequentando anos finais do fundamental		% de Jovens de 15 a 17 anos com fundamental completo		% de Jovens de 18 a 20 anos com médio completo	
	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2000	2010
Coreaú	67,24	98,88	31,44	87,61	12,07	62,97	5,27	36,59
Frecheirinha	74,79	96,82	33,36	91,79	27,49	48,12	14,21	31,60
Ibiapina	93,12	98,99	39,01	86,82	16,55	54,23	7,55	21,75
Mucambo	85,37	96,95	48,10	86,02	19,35	55,44	8,88	37,43
Ubajara	90,64	97,91	51,24	93,08	12,82	62,45	6,79	36,16
Estado do Ceará	82,55	96,29	31,39	89,46	24,97	56,89	15,07	37,39

Fonte: PNUD/Ipea/FJP, Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil, 2013.

Analisando o nível de instrução da população adulta (maiores de 25 anos) constata-se que na última década houve uma redução nas taxas de analfabetismo desta faixa etária, apesar disso, a taxa final nos municípios em estudo ainda era longe da ideal, demonstrando uma situação educacional crítica na região. Em 2000, a taxa de analfabetismo entre a população adulta de Ubajara era de 57,26% caindo para 48,11% em 2010. Em 2010, a taxa de analfabetismo no Ceará era de 23,95%. A melhor situação foi encontrada em Frecheirinha com a menor taxa de analfabetismo (32,41%) em 2010 (**Quadro 3.18**).

Quadro 3.18 – Nível de Escolaridade da População Adulta (%) – 2000/2010

Município	Taxa de Analfabetismo (%)		Fundamental Completo (%)		Médio Completo (%)		Superior Completo (%)	
	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2000	2010
Coreaú	44,36	33,86	9,35	24,99	5,96	15,81	1,70	3,91
Frecheirinha	44,42	32,41	11,91	28,20	6,52	17,38	2,38	5,68
Ibiapina	49,54	40,78	13,15	25,64	7,51	14,42	1,63	4,12
Mucambo	56,02	43,52	10,44	24,16	6,33	14,11	1,67	4,34
Ubajara	57,26	48,11	13,85	33,21	7,84	21,54	1,41	3,66
Estado do Ceará	32,97	23,95	25,76	42,88	16,36	29,23	3,64	7,16

Fonte: PNUD/Ipea/FJP, Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil, 2013.

O resultado revela que uma parcela representativa da população em idade produtiva é formada, em sua maioria, por mão de obra não qualificada e sem escolaridade básica, reflexo de um sistema educacional falho, que, em muitos casos, não possibilita a permanência dos alunos na escola. Em outras palavras, a escolaridade da população adulta reflete o mau funcionamento do sistema educacional em períodos passados e revela que a grande maioria da população adulta sequer completou o ensino fundamental em sua passagem pelo sistema educacional.

Quanto à população adulta com ensino fundamental completo, em 2010, esta variava entre 24,16% da população com mais de 25 anos residente em Mucambo a 33,21% em Ubajara. A população adulta com ensino médio completo, por sua vez, variava de 14,11%, em Mucambo, até 21,54%, em Ubajara. Já a população desta faixa etária que contava com ensino superior completo perfazia apenas 3,91%, em Coreaú, e 5,68%, em Frecheirinha. A título de comparação, no Estado do Ceará, os percentuais da população adulta que apresentava ensinos fundamental, médio e superior completos são, respectivamente, 42,88%, 29,23% e 7,16%.

Ressalta-se que, os avanços na área educacional são fortemente influenciados por variáveis econômicas e de localização. Resultados baixos nos

Índices de educação advêm de baixos investimentos no ensino, o que repercute em menor cobertura escolar, piores condições de ensino, piores instalações físicas e índices de desempenho educacionais mais baixos. Assim sendo, as menores taxas de analfabetismo estão, geralmente, vinculadas aos municípios com menor desenvolvimento econômico.

Ocorrem, também, diferenças significativas nas taxas de analfabetismo quando se considera as zonas urbana e rural, já que no meio rural a permanência na escola está continuamente ameaçada pela inadequação entre os calendários escolar e agrícola, bem como pelos processos migratórios aos quais estão expostas as famílias. Por outro lado, pela perspectiva da qualidade do ensino, o parque escolar do meio rural, em geral, encontra-se mal distribuído, com diferenciais em seus espaços físicos e com alto índice de professores leigos.

Distribuição de Renda

No tocante à distribuição de renda, os dados do Censo Demográfico de 2010 do IBGE para a área de estudo confirmam que 74,23% dos domicílios existentes apresentam uma renda mensal inferior a dois salários mínimos, o que comprova o baixo padrão de vida da população residente na área de influência do empreendimento. Computando os domicílios que não contavam com rendimento a situação torna-se mais crítica com este percentual elevando-se para 79,65% (**Quadro 3.19**). Os domicílios que compõem o estrato inferior de renda apresentam-se mais representativos na zona rural, o que torna mais agravante a situação, tendo em vista a elevada concentração das terras, a falta de oportunidades de emprego e a precariedade dos serviços básicos.

Quadro 3.19 – Rendimento Nominal Mensal Domiciliar - 2010

Município	Rendimento Nominal Mensal (%)				
	Até 2 s.m.	2 - 5 s.m.	5 - 20 s.m.	> de 20 s.m.	Sem Rendimento
Coreaú	75,42	13,94	2,17	0,07	8,40
Frecheirinha	77,44	15,56	3,12	0,11	3,78
Ibiapina	73,92	18,72	3,36	0,25	3,75
Mucambo	72,67	12,12	2,93	0,17	12,12
Ubajara	73,02	19,71	4,85	0,33	2,08
Total	74,23	16,68	3,47	0,21	5,42
Estado do Ceará	63,23	22,43	8,62	1,26	4,46

Fonte: IBGE, Censo Demográfico, 2010.

Os municípios de Mucambo, Coreaú e Frecheirinha apresentaram situações críticas, com respectivamente, 84,78%, 83,82% e 81,22% dos domicílios com rendimento inferior a dois salários mínimos ou sem rendimento, valores superiores à média obtida para a área estudada (79,65%). Em suma, pode-se considerar que praticamente toda a população dos municípios contemplados encontra-se em uma situação de pobreza e que há uma crítica concentração de renda.

Analisando o valor da renda *per capita* média, observa-se que houve um incremento desse valor no decorrer do período 2000/2010 em todos os municípios de estudo. A renda *per capita* média da região estudada era de R\$ 158,17, em 2000, passando para R\$ 262,01, em 2010. Dentre os municípios, aquele que apresentou maior crescimento de renda *per capita* nesse período, foi Mucambo com uma taxa média de crescimento de 5,77% a.a., próximo à taxa de Frecheirinha (5,75% ao ano). Verifica-se, ainda, que a renda *per capita* pior estabelecida em 2010 era a do município de Coreaú (R\$ 210,65) e a maior era do município de Ubajara (R\$ 325,13), pode-se colocar que em todos os municípios a renda *per capita* apresentava-se inferior ao salário mínimo vigente na época, de R\$ 510,00 e inferior à renda *per capita* do Ceará como um todo, que era de R\$ 460,63 (**Quadro 3.20**).

Quadro 3.20 – Distribuição de Renda – 2000/2010

Municípios	Renda <i>per capita</i> (R\$)		Proporção de extremamente pobres (%)		Proporção de pobres (%)		Concentração de renda (Índice de Gini)	
	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2000	2010
Coreaú	126,82	210,65	45,01	30,29	72,54	47,57	0,52	0,51
Frecheirinha	140,62	246,03	47,19	24,26	71,00	45,88	0,62	0,53
Ibiapina	156,43	258,57	41,49	15,06	68,39	38,71	0,58	0,47
Mucambo	153,91	269,65	46,04	29,28	68,98	46,25	0,60	0,57
Ubajara	213,07	325,13	25,91	14,77	57,89	36,40	0,56	0,54
Estado do Ceará	310,21	460,63	28,11	14,69	51,75	30,32	0,67	0,61

Fonte: PNUD/Ipea/FJP, Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil, 2013.

A proporção de pessoas pobres, ou seja, com renda domiciliar *per capita* inferior a R\$ 140,00 (a preços de agosto de 2010) em Coreaú, que foi o município com a pior situação, passou de 72,54%, em 2000, para 47,57% em 2010, redução a uma taxa de -4,13% a.a. Em 2010, a proporção de pobres no Ceará era de 30,32%, logo, pode-se constatar que todos os municípios de estudo apresentam a proporção de pobres maior que a média estadual. A pobreza extrema, medida pela proporção de pessoas com renda *per capita* mensal inferior a R\$ 70,00 (a preços de agosto de 2010), apresentou redução em todos os municípios no período 2000/2010. Com efeito, no município de Frecheirinha, em 2000, a proporção de extremamente pobres era de 47,19%, caindo para 24,26%, em 2010, uma redução de -6,4% a.a.

A evolução da desigualdade de renda nesse período pode ser descrita através do Índice de Gini, um instrumento que mede o grau de concentração de renda, sendo que zero representa situação de total igualdade e 1 significa completa desigualdade. O Índice de Gini, em Mucambo, passou de 0,60, em 2000, para 0,57, em 2010, sendo este o município com maior desigualdade social em 2010 dos

municípios estudados, seguido por Ubajara e Frecheirinha. A menor desigualdade foi encontrada no município de Ibiapina (0,47). No Estado do Ceará, o índice de Gini passou de 0,67, em 2000 para 0,61, em 2010, indicando que os municípios estudados têm uma situação menos desigual que o estado como um todo, porém ainda denotam uma forte concentração de renda.

Condições Médico-Sanitárias

As condições médico-sanitárias da população dos municípios integrantes da área de estudo foram analisadas com base nos valores da taxa de mortalidade infantil e das relações leitos hospitalares/habitantes e médicos/habitantes, as informações de leitos e de médicos foram retiradas do site do DATASUS, CNES – Recursos Físicos e CNES – Recursos Humanos, e para a população, utilizou-se a projeção do IBGE para a população em 2016.

A taxa de mortalidade infantil vem declinando ao longo dos anos. Em 2000, a taxa de Mortalidade Infantil no município de Frecheirinha (pior situação em 2000) atingia 49,57 crianças mortas por mil nascidas vivas. Em 2010, essa taxa caiu para 27,20 mortes a cada mil nascimentos. Em Mucambo, a taxa de mortalidade infantil obteve uma queda menor de 43,77%, em 2000, para 29,80%, em 2010, chegando a ficar em pior situação que Frecheirinha nesse último. O aumento da escolaridade feminina, a elevação do percentual de domicílios com saneamento básico adequado (esgotamento sanitário, água potável e coleta de lixo), a diminuição da desnutrição infanto-juvenil e um maior acesso da população aos serviços de saúde, foram os fatores que mais contribuíram para as reduções. Ressalta-se, todavia, que apesar desta redução ser um aspecto positivo, os índices de mortalidade infantil no território da área de Estudo ainda são muito altos, se comparados com a média estadual (19,29 mortes por mil nascidos vivos), além de continuarem acima do índice considerado aceitável pela OMS - Organização Mundial de Saúde, que é de 10 mortes para cada mil nascimentos (**Quadro 3.21**).

Quadro 3.21– Indicadores Médico-Sanitários

Município	Taxa de Mortalidade Infantil (‰)		Relação Leitos Hospitalares/ Habitantes (1)	Relação Médicos/ Habitantes (1)
	2000	2010		
Coreaú	48,30	25,00	1:1.643	1:4.600
Frecheirinha	49,57	27,20	1:439	1:1.237
Ibiapina	44,80	23,50	1:669	1:1.767
Mucambo	43,77	29,80	1:359	1:3.591
Ubajara	43,60	23,20	1:1.549	1:3.407
Total	-	-	1:762	1:2.495
Estado do Ceará	41,43	19,29	1:516	1:865

Fonte: PNUD/Ipea/FJP, Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil, 2013; Datasus, TabNet, 2016; IBGE, Estimativa da População, 2016.

(1) calculado usando a população, quantidade de leitos e número de médicos em 2016.

A relação número de leitos hospitalares por habitantes para a área de estudo apresenta-se deficitária, atingindo, em 2016, a taxa de um leito para 762 habitantes, maior que a taxa estadual (1:516). O município de Mucambo foi o que atingiu melhor taxa (1:359) dentre os demais. No extremo mais desfavorável aparece o município de Coreaú, com um leito para cada 1.643 habitantes. A recomendação da OMS é de 1:200, essa relação é ultrapassada em todos os municípios estudados, revelando que seus habitantes buscam assistência médica no grande centro médico-hospitalar da região, representado pela cidade de Sobral, ou em Fortaleza, capital do Estado. Em suma, tal deficiência contribui para a sobrecarga da infraestrutura do setor saúde destes municípios, fazendo com que o atendimento não seja adequadamente satisfatório.

Quanto à relação médicos/habitantes, nenhum dos municípios obedecia, em 2016, o estabelecido pela Organização Mundial de Saúde de um médico para cada 1.000 habitantes, apresentando para a área como um todo, o valor de um médico para cada 2.495 habitantes. Em Coreaú, essa relação atinge 1:4.600, extrapolando em mais de 4 vezes o valor recomendado. O município que se encontra mais

próximo do valor estabelecido é Frecheirinha, com um leito para cada 1.237 habitantes.

Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)

Constitui outro importante parâmetro para análise da qualidade de vida e do progresso humano de populações, o Índice de Desenvolvimento Humano, que leva em conta para o seu cálculo, além do padrão de vida (renda), variáveis como vida longa e saudável (longevidade) e acesso ao conhecimento (educação). O **Quadro 3.22** apresenta os valores do IDH-M dos municípios da área afetada pela barragem.

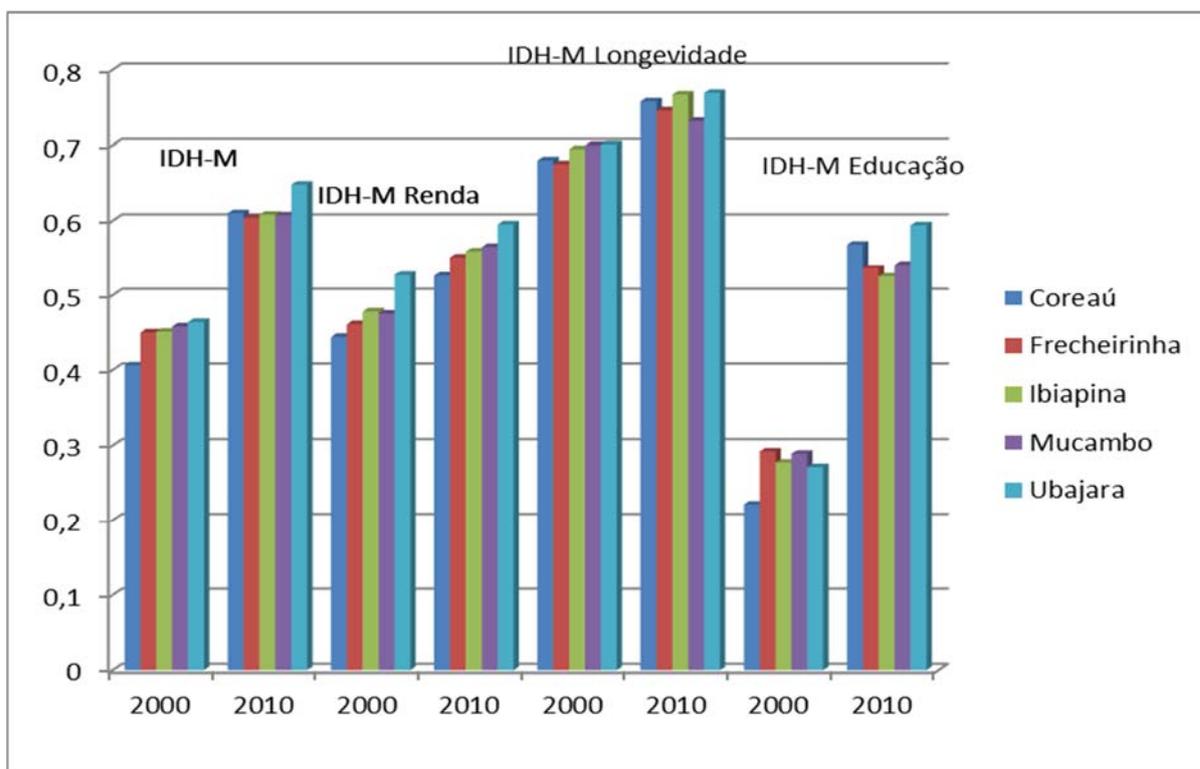
Observou-se ao longo do período 2000/2010 um crescimento do IDH-M em todos os municípios, inclusive para o Estado do Ceará, que passou de um índice de 0,541, em 2000, para 0,682, em 2010. Constatou-se que, os municípios da área de estudo apresentaram, em 2010, valores do IDH-M considerados médios (0,600 a 0,699). O município com menor índice foi Frecheirinha, que apresentou valor do IDH-M igual a 0,604, enquanto que o maior valor foi obtido por Ubajara, cujo IDH-M atingiu 0,648 (**Gráfico 3.9**).

Quadro 3.22 – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - 2000/2010

Município	IDH-M		IDH-M Renda		IDH-M Longevidade		IDH-M Educação		Ranking Ceará-2010
	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2000	2010	
Coreaú	0,406	0,610	0,444	0,526	0,680	0,758	0,221	0,568	98°
Frecheirinha	0,450	0,604	0,461	0,551	0,675	0,746	0,292	0,536	122°
Ibiapina	0,451	0,608	0,478	0,559	0,695	0,767	0,277	0,525	106°
Mucambo	0,458	0,607	0,475	0,565	0,700	0,732	0,289	0,541	107°
Ubajara	0,464	0,648	0,527	0,595	0,701	0,769	0,271	0,594	25°
Estado do Ceará	0,541	0,682	0,588	0,651	0,713	0,793	0,377	0,615	-

Fonte: PNUD/Ipea/FJP, Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil, 2013.

Gráfico 3.9 - Evolução da População e Distribuição Geográfica – 2010



Fonte: PNUD/Ipea/FJP, Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil, 2013.

Em termos de colocação no ranking estadual, Ubajara foi o município que apresentou melhor posição, ocupando a 25ª colocação. Isso reflete as melhores condições de renda, longevidade e educação em comparação com os demais municípios. Apesar disso, o IDH-M de Ubajara não supera o IDH-M do estado como um todo. O município de Frecheirinha, por sua vez, apresentou situação mais desfavorável, ocupando a 122ª colocação no ranking estadual.

Comparando os valores do IDH-M de 2000 e 2010, verifica-se que os indicadores de renda, longevidade e educação que integram a sua composição apresentaram valores crescentes ao longo desta última década em todos os municípios. As maiores variações positivas foram verificadas nos indicadores de educação e de longevidade, enquanto que o indicador de renda apresentou um avanço menor.

Dentre as variáveis que contribuíram para a elevação do IDH-M, registrou-se a elevação da renda, a diminuição da taxa de analfabetismo e da mortalidade infantil, além de maior acesso aos serviços básicos.

3.4.1.3 - Terras Indígenas e Quilombolas

De acordo com informações fornecidas pela FUNAI – Fundação Nacional do Índio, os municípios de Coreaú, Frecheirinha, Ibiapina, Mucambo e Ubajara não contam com remanescentes indígenas em seu território.

Quanto à presença de comunidades quilombolas, segundo a Fundação Cultural Palmares do Ministério da Cultura, dos municípios integrantes da área do estudo apenas Coreaú conta com um quilombo certificado por este órgão em seu território. Trata-se da comunidade Timbaúba, inscrita pelo processo FCP de nº 01420.002179/2006-55, localizada nos municípios de Coreaú e Moraújo. Ressalta-se que, esta comunidade quilombola não será afetada pela implantação das alternativas de barramentos propostas para a Barragem Frecheirinha.

3.4.1.4 - Infraestrutura Física e Social

Setor Transporte

A área do estudo é servida pela rodovia federal BR-222, que corta terras dos municípios de Coreaú, na altura do distrito de Ubaúna, e Frecheirinha, passando pela sede municipal. Quanto à malha viária estadual, merecem destaque na região as rodovias:

- CE-187, rodovia pavimentada, que cruza o território do Planalto da Ibiapaba no sentido sul/norte e interliga as cidades de Ubajara e Ibiapina à BR-222 em Tianguá, bem como a várias cidades da região da Ibiapaba. Apresenta bom estado de conservação;
- CE-321, rodovia pavimentada que interliga a CE-253 à BR-222, na altura da localidade de Alto do Bonito, em Cariré. Permite o acesso da cidade de Mucambo à BR-222 e às cidades de Pacujá e Graça. Apresenta bom estado de conservação;

- CE-241, rodovia que interliga a cidade de Coreaú à sede de Alcântaras, à CE-364 e à CE-440, permitindo o acesso a Sobral e BR-222, bem como às cidades de Meruoca via CE-180 e de Coreaú e Moraújo, via CE-364. Apresenta-se pavimentada em toda a sua extensão;
- CE-253, rodovia pavimentada que interliga a cidade de Mucambo à cidade de Ibiapina e à CE-187. Apresenta bom estado de conservação;
- CE-364, rodovia pavimentada que interliga a cidade de Coreaú à BR-222 na altura do distrito de Aprazível, em Sobral. Apresenta boas condições de tráfego;
- CE-313, rodovia Planejada que interliga as cidades de Frecheirinha e Mucambo.

A região conta, ainda, com diversas estradas vicinais, que em geral apresentam estado de conservação precário, dificultando o tráfego, principalmente, no período chuvoso.

Quanto ao transporte interurbano e interestadual de passageiros, a região é atendida por serviço regular com linhas radiais que partem de Fortaleza. Dentre os municípios estudados, apenas os municípios de Coreaú e Ubajara contam com terminais rodoviários.

A região é servida com malha ferroviária que interliga Sobral à Fortaleza e aos portos do Pecém e Mucuripe, bem como às regiões do Sertão Central e do Cariri cearense, e ao Estado do Piauí, via Crateús, a qual opera apenas com transporte de cargas.

Com relação ao acesso aéreo à área do empreendimento, este é permitido através dos aeródromos de Sobral e São Benedito. O Aeroporto Coronel Virgílio Távora, em Sobral, que recentemente foi alvo de reforma de suas instalações, envolvendo a restauração das pistas de pouso e taxiamento, e do pátio de estacionamento. Segundo informações do DER/SOP – Departamento Estadual de Rodovias, o referido aeroporto conta com terminal de passageiros e uma pista de pouso pavimentada com 1.145 m de extensão por 30 m de largura, devidamente sinalizada. Apresenta fluxo diário de voos fretados com pelo menos cinco empresas

realizando o percurso entre Fortaleza e Sobral. Em São Benedito, o Aeroporto Walfrido Salmito de Oliveira inaugurado em 2013, passou a operar voos regulares para Fortaleza em 2015. A infraestrutura aeroportuária é composta por pista de 1.500 m por 30 m de largura, com balizamento noturno, biruta eletrônica, corpo de bombeiros, área de estacionamento de aeronaves e terminal de passageiros.

Setor Educacional

O setor educacional dos municípios que compõem a área de influência indireta dispõe, basicamente, de três níveis regulares de ensino: pré-escolar, fundamental e médio. Observa-se, também, a presença de estabelecimentos ministrando o ensino superior.

Na área estudada, segundo dados do IBGE (2015), 91 estabelecimentos de ensino ministravam o pré-escolar a um total de 3.295 alunos. Dos municípios integrantes da área de influência indireta, Mucambo era o que contava com menor número de estabelecimentos escolares neste nível de ensino, com apenas 10 escolas. O número médio de alunos por escola não se apresenta significativo, compreendendo para a área como um todo, uma média de 36 alunos para cada escola. A maioria das escolas, ou seja, 87,91% do total, estava sob a dependência administrativa das prefeituras municipais. O corpo docente era composto por um total de 262 professores, na maioria sem formação adequada (**Quadro 3.23**).

Quadro 3.23 - Estabelecimentos de Ensino, Corpo Docente e Matrícula Inicial, segundo o Nível de Ensino - 2015

Nível de Ensino/Municípios	Estabelecimento de Ensino				Corpo Docente				Matrícula Inicial			
	Total	Estadual	Municipal	Particular	Total	Estadual	Municipal	Particular	Total	Estadual	Municipal	Particular
Ensino Pré-escolar	91	-	80	11	262	-	227	35	3.295	-	2.771	524
Coreaú	15	-	13	2	55	-	49	6	643	-	581	62
Frecheirinha	14	-	13	1	43	-	40	3	440	-	396	44
Ibiapina	20	-	18	2	41	-	37	4	668	-	575	93
Mucambo	10	-	9	1	30	-	27	3	409	-	370	39
Ubajara	32	-	27	5	93	-	74	19	1.135	-	849	286
Ensino Fundamental	89	-	79	10	1.020	-	888	132	17.163	-	15.525	1.636
Coreaú	16	-	14	2	233	-	213	20	3.534	-	3.270	264
Frecheirinha	13	-	12	1	140	-	125	15	2.273	-	2.142	131
Ibiapina	21	-	19	2	209	-	181	28	3.704	-	3.251	451
Mucambo	9	-	8	1	98	-	88	10	2.054	-	1.939	115
Ubajara	30	-	26	4	340	-	281	59	5.598	-	4.923	675
Ensino Médio	13	10	-	3	290	250	-	40	4.645	4.462	-	183
Coreaú	2	2	-	-	73	73	-	-	1.074	1.074	-	-
Frecheirinha	1	1	-	-	32	32	-	-	662	662	-	-
Ibiapina	3	2	-	1	59	45	-	14	944	867	-	77
Mucambo	1	1	-	-	30	30	-	-	517	517	-	-
Ubajara	6	4	-	2	96	70	-	26	1.448	1.342	-	106

Fonte: IBGE Cidades, 2015.

tpfe.com.br

Rua Irene Ramos de Matos, 176
51011-530 - Recife
Fone: +55 81 3316-0700
CNPJ 12285.441/0001-66

O ensino fundamental, responsável pelos maiores quantitativos de matrículas e docentes, contava, em 2015, com 89 estabelecimentos de ensino ministrando o ensino da 1ª à 8ª série a crianças e adolescentes de 7 a 14 anos de idade. O número de matrículas no referido ano letivo compreendia o total de 17.163 alunos. Com destaque para Ubajara, 30 estabelecimentos e Mucambo com apenas nove escolas. A região possui uma média elevada de 193 alunos por estabelecimento escolar e um total de 1.020 docentes.

Em termos de ensino médio, a área estudada apresentou, no ano de 2015, um número de 13 estabelecimentos de ensino, geralmente vinculados à dependência administrativa da rede estadual de ensino (76,92% do total), estando o restante vinculado à rede particular, presente apenas nos municípios de Ubajara e Ibiapina. Foram matriculados no ensino médio 4.645 alunos (357 alunos/escola). O corpo docente do ensino médio era formado por 290 professores. Os equipamentos escolares do ensino médio encontram-se situados nas cidades, estando 10 estabelecimentos de ensino médio sob a administração estadual e os outros três a cargo de escolas particulares.

O ensino superior é representado apenas no município de Ubajara que dispõe de um campus do IFCE - Instituto Federal do Ceará, que oferece cursos técnicos subsequentes ao ensino médio, e cursos superiores nos níveis tecnológico e de licenciatura.

Setor Saúde

Os serviços de atendimento médico-hospitalar nos municípios pertencentes à área de estudo contavam, em 2016, com 90 estabelecimentos de saúde, 144 leitos hospitalares, 230 profissionais da saúde com nível superior e 143 técnicos e auxiliares de enfermagem, de acordo com o CNES - Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde divulgado pelo DATASUS - Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (**Quadro 3.24**).

Quadro 3.24 – Índice de Desenvolvimento Humano Estabelecimentos, Leitos e Profissionais de Setor da Saúde – 2016 Municipal - 2000/2010

Discriminação	Total	Número de Profissionais				
		Coreaú	Frecheirinha	Ibiapina	Mucambo	Ubajara
Estabelecimentos de Saúde	90	18	11	26	8	27
Academia da Saúde	1	-	-	-	1	-
Hospital Geral	4	1	1	1	-	1
Centro de Saúde/ Unidade Básica de Saúde	38	10	5	11	4	8
Clínica Especializada/ Ambulatórios Especializados	10	2	2	2	1	3
Consultório	7	1	-	2	-	4
Posto de Saúde	15	-	2	4	1	8
Farmácia	5	1	1	2	-	1
Unidade de Pronto Atendimento - UPA	1	1	-	-	-	-
Unidade de Serv. de Apoio de Diagnose e Terapia	3	-	-	2	-	1
Centro de Apoio à Saúde da Família - CASF	1	1	-	-	-	-
Centro de Atenção Psicossocial	4	1	-	2	-	1
Leitos (SUS)	144	14	31	37	40	22
Profissionais de Saúde	230	45	41	59	19	66
Médicos	44	5	11	14	4	10
Dentistas	47	7	4	10	5	21
Enfermeiros	86	19	16	21	7	23
Assistentes Sociais	5	1	1	2	-	1
Bioquímicos/ Farmacêuticos	6	1	1	2	1	1
Fisioterapeutas	25	7	4	6	1	7
Fonoaudiólogos	2	-	-	1	-	1
Psicólogos	6	1	2	1	-	2
Nutricionistas	6	3	1	1	1	-
Outros profissionais de saúde (nível superior)	3	1	1	1	-	-
Técnico/Auxiliar de Enfermagem	143	22	25	41	12	43

Fonte: Datasus, CNES, 2016.

Nota-se, pelos dados obtidos, que Ubajara detém números superiores aos dos demais municípios, isso devido ao porte do município e a maior quantidade de habitantes, enquanto Mucambo apresenta os menores valores, revelando uma maior carência na área da saúde em geral. Observa-se que cada município, exceto Mucambo, contava com um Hospital Geral em sua sede, totalizando quatro hospitais. Além do sistema hospitalar, a área do estudo contava, em 2016, com um total de 38 centros de saúde/unidades básicas de saúde conveniadas ao SUS e 15 postos de saúde. O município de Ibiapina abriga o maior número de unidades de saúde, respondendo por 28,95% do total.

No que se refere à oferta de leitos, em todos os municípios estes são vinculados ao SUS. O município de Coreaú apresenta os números mais baixos, apenas 14 leitos, enquanto Mucambo apresenta os valores maiores com 40 leitos (27,78% do total), seguido por Ibiapina com 37 leitos.

Os profissionais de nível superior somavam um total de 230 profissionais, dos quais 37,39% eram enfermeiros, 20,43% dentistas e 19,13% médicos. O município de Ubajara é o que conta com equipe de profissionais de saúde de nível superior melhor estruturada, dispondo de 66 profissionais. Nos demais municípios o quadro de profissionais de saúde de nível superior oscila entre 19 e 59 profissionais.

Quanto aos técnicos de nível médio, estes perfaziam 143 profissionais, sendo compostos por técnicos e auxiliares de enfermagem, estando 30,07% destes vinculados ao município de Ubajara (43 profissionais) e 28,67% ao município de Ibiapina (41 profissionais).

Quanto à ocorrência de casos de doenças notificáveis, de zoonoses e de doenças de veiculação e/ou origem hídrica no território da área de estudo, foi efetuado um levantamento junto ao Anuário Estatístico do Ceará para os anos de 2014 e 2015. Nesse período foram registrados na região a ocorrência de doenças infectocontagiosas, com destaque para tuberculose (77 casos), hanseníase (24 casos), AIDS (9 casos) e hepatite (8 casos). Dentre as zoonoses foram constatados casos de dengue (685 casos), leishmaniose visceral (72 casos) e tegumentar (43 casos) e meningite (2 casos) (**Quadro 3.25**).

Quadro 3.25 – Casos Confirmados de Doenças de Notificação Compulsória - 2014/2015

Discriminação	Total	Número de Casos				
		Coreaú	Frecheirinha	Ibiapina	Mucambo	Ubajara
AIDS	9	1	4	2	2	-
Dengue	685	258	54	9	297	67
Hanseníase	20	10	4	1	2	3
Hepatite Viral	8	-	-	3	2	3
Leishmaniose Visceral	72	11	15	25	13	8
Leishmaniose Tegumentar	43	1	9	3	9	21
Tuberculose	77	19	17	11	12	18
Meningite	2	1	-	-	-	1

Fonte: IPECE, Anuário Estatístico do Ceará, 2016.

Verifica-se, também, a ocorrência na região de doenças de veiculação e/ou origem hídrica, seja pela transmissão através de vetores como é o caso da dengue, seja através da ingestão de água contaminada (hepatites e diarreias). Tais doenças dependem, essencialmente, dos hábitos sanitários da população e da precariedade ou não do setor de saneamento básico da região.

As doenças diarreicas agudas constituem uma importante causa de morbimortalidade no Estado do Ceará, tendo como grupo de maior risco as crianças, particularmente aquelas residentes em áreas com condições de saneamento básico precárias. No ano de 2015, as doenças diarreicas, com ampla incidência na região, contribuíram para o registro de casos de mortalidade infantil. Conforme o Boletim Epidemiológico - 2016 da Secretaria de Saúde, em 2015, foram notificados na região estudada o total de 2.112 casos de doenças diarreicas agudas, com destaque para os municípios de Ibiapina (621 casos) e Coreaú (522 casos). Com relação à dengue foram confirmados 685 casos no período de 2014/2015, sendo observada uma maior concentração no município de Mucambo, com 43,36% do total, seguido por Coreaú com 37,66%.

Setor de Comunicação

A área de influência indireta dispõe de agências postais e telegráficas e caixas de coleta da ECT - Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos, distribuídas pelas sedes municipais. Conta, ainda, com duas agências comunitárias localizadas em Mucambo (IPECE, 2016) (**Quadro 3.26**).

Quadro 3.26 – Sistema de Comunicação da Área de Influência - 2015

Municípios	Unidades Postais e Telegráficas			Telefonia Fixa	
	Agências de correios	Caixas de Coleta	Agências comunitárias	Acessos em serviço	Acessos individuais em serviços
Coreaú	1	-	-	435	337
Frecheirinha	1	1	-	258	201
Ibiapina	1	-	-	459	359
Mucambo	1	1	2	341	280
Ubajara	1	1	-	716	576
Total	5	3	2	2.209	1.753

Fonte: IPECE, Anuário Estatístico do Ceará, 2016 e ANATEL, www.anatel.gov.br, acesso em: 28/08/2017.

O sistema de telefonia fixa da região é operado por diversas empresas, contando, em 2015, com 2.209 acessos (terminais convencionais) em serviço, dos quais 79,36% são constituídos por acessos individuais em serviço (ANATEL, 2017). O município de Ubajara concentrava 32,41% dos acessos em serviço na região. As operadoras de telefonia celular atuantes na região são a Claro, Oi, Vivo, TIM e Nextel, que operam com tecnologia CDMA (Vivo) e GSM. Todos os municípios de estudo estão contemplados pelas tecnologias 2G e 3G e também pela 4G, porém com intensidade de sinal baixa (ANATEL, 2017).

Com relação aos serviços de radiodifusão, em 2016, apenas Ibiapina e Ubajara contavam com canais outorgados de rádio AM e FM. Ibiapina contava com uma rádio FM comercial, a Rádio ECO FM 1190, aguardando dados da estação. O município de Ubajara contava com uma emissora de rádio que opera na frequência de ondas médias, a Rádio

Serrote 1.080 AM, aguardando licenciamento, e outra em frequência modulada (FM comercial), a Rádio FM Veneza, também aguardando licenciamento.

Quanto aos jornais em circulação na área do estudo, a grande maioria é oriunda de Fortaleza, com destaque para Diário do Nordeste, O Povo, Tribuna do Ceará e O Estado, entre outros. A APRECE - Associação dos Municípios e Prefeitos do Estado do Ceará, também publica mensalmente o Jornal da APRECE, que tem circulação em todos os municípios do território estadual. Merece, também, destaque em Ubajara o web jornal Folha Ubajara Notícias, e em Coreaú, o blog Coreaú Online e o Jornal dos Municípios, o qual contempla todos os municípios do Estado (ANATEL, 2017).

Setor de Elétrico

O fornecimento de energia elétrica na área de estudo é efetuado pela Enel Distribuição Ceará, que atendia, em 2015, 40.895 consumidores, dos quais 30,10% estão concentrados no município de Ubajara. O consumo de energia totalizava 76.663 MWh para a área como um todo, apresentando as classes residencial e rural com os maiores níveis de consumo, respondendo por 34,74 e 32,53% do consumo total, respectivamente (**Quadro 3.27**).

Pode-se destacar o município de Ubajara por obter um consumo de energia maior que a soma dos outros municípios juntos, o correspondente a 31.898 MWh. O que se pode destacar também é que o número de consumidores desse município chega a ser o dobro do número de consumidores dos municípios de Frecheirinha ou Mucambo, por exemplo.

O consumo do setor industrial apresenta-se mais representativo no município de Ubajara, que responde por 86,94% do consumo total deste setor. O consumo dos segmentos residencial, por sua vez, apresenta-se praticamente equivalente nos municípios de Ubajara e Coreaú, respondendo, respectivamente, por 25,39% e 23,53% do consumo do setor residencial da região. Já o consumo do setor comercial apresenta-se mais representativo em Ubajara, que responde por 36,21% do consumo deste setor na região.

Quadro 3.27 - Número de Consumidores e Consumo de Energia Elétrica por Classes de Consumo – 2015

Classes de Consumo	Total		Coreaú		Frecheirinha		Ibiapina		Mucambo		Ubajara	
	Nº cons.	Consumo (MWh)	Nº cons.	Consumo (MWh)	Nº cons.	Consumo (MWh)	Nº cons.	Consumo (MWh)	Nº cons.	Consumo (MWh)	Nº cons.	Consumo (MWh)
Residencial	25.515	26.630	6.038	6.265	4.440	5.184	4.344	4.223	4.090	4.195	6.603	6.762
Industrial	50	5.615	10	54	11	637	8	57	7	7	14	4.859
Comercial	2.255	6.824	348	878	365	1.581	442	1.011	420	883	680	2.471
Rural	12.263	24.940	1.421	1.331	1.094	1.075	3.537	6.100	1.431	1.304	4.780	15.129
Setor Público	803	12.345	163	2.084	128	2.182	134	2.433	146	1.489	232	4.156
Outros	9	311	2	46	1	1	3	209	2	53	1	1
Total	40.895	76.663	7.982	10.658	6.039	10.660	8.468	14.032	6.096	7.931	12.310	33.378

Fonte: IPECE, Anuário Estatístico do Ceará, 2016.

Saneamento Básico

a) Sistemas de Abastecimento de Água

Os sistemas de abastecimento de água dos municípios da área do estudo são operados pela CAGECE – Companhia de Água e Esgoto do Ceará, contando, em 2015, com 21.289 economias ativas. Quanto às fontes hídricas, o sistema de abastecimento de água dos municípios de Ibiapina, Mucambo e Ubajara tem como fonte hídrica o Açude Jaburu I. Em Coreaú o sistema de abastecimento de água tem como fonte hídrica o Açude Várzea da Volta e em Frecheirinha a captação é feita no Açude Angicos e poços profundos (**Quadro 3.28**).

Quadro 3.28 – Características dos Sistemas de Abastecimento de Água - 2015

Municípios	Ligações Reais	Ligações Ativas	Fonte Hídrica	Tipo de Tratamento	Índice de Hidrometração (%)	Índice de Atendimento Urbano (%)	Índice de Perdas (%)
Coreaú	4.732	4.148	Açude Várzea da Volta	ETA convencional	99,89	98,70	41,04
Frecheirinha	4.020	3.593	Açude Angicos/Poço Frecheirinha	ETA convencional	99,93	98,50	38,45
Ibiapina	4.522	4.121	Açude Jaburu I	ETA convencional	100,00	99,90	44,17
Mucambo	3.685	3.549	Açude Jaburu I/Açude Municipal	ETA convencional	99,96	97,70	39,94
Ubajara	6.386	5.878	Açude Jaburu I	ETA convencional	100,00	98,40	37,33
Total	23.345	21.289					

Fonte: IPECE, Anuário Estatístico do Ceará, 2016; SNIS, 2015; ANA, Atlas de Abastecimento de Água, 2010.

Os índices de atendimento da demanda são satisfatórios, já que em todos os municípios da área do estudo as redes de distribuição existentes atendiam a mais de 95,00% dos domicílios urbanos. O nível mais baixo foi constatado no município de Mucambo (97,70%). Já a melhor situação foi verificada no município de Ibiapina, cujo índice de cobertura atingia 99,90%. Com relação ao índice de hidrometração, este varia

de 99,89%, em Frecheirinha, a 100,00%, em Ubajara e Ibiapina. O índice de perdas na distribuição varia de 37,33%, em Ubajara, a 41,04%, em Coreaú. Quanto ao tratamento, a água fornecida à população de todos os municípios é submetida a tratamento por intermédio de estação convencional.

b) Sistema de Esgotamento Sanitário

A grande deficiência no setor de saneamento básico do conjunto dos municípios integrantes da área do estudo, a exemplo do que ocorre no Estado do Ceará, é registrado ao nível de atendimento público do sistema de esgotamento sanitário. Atualmente a companhia de saneamento, CAGECE, opera o sistema, contando com 2.142 ligações reais, das quais 94,91% estavam ativas em 2015 (**Quadro 3.29**). Os municípios de Ubajara e Ibiapina não contavam com sistema de esgotamento sanitário no referido ano.

Quadro 3.29 – Características dos Sistemas de Esgotamento Sanitário - 2015

Municípios	Ligações Reais	Ligações Ativas	Índice de Atendimento Urbano (%)	Índice de Tratamento de Esgoto (%)	Tipo de Tratamento
Coreaú	895	815	47,90	100,00	Lagoa de estabilização
Frecheirinha	576	556	20,90	100,00	Lagoa de estabilização
Ibiapina	-	-	-	-	-
Mucambo	671	662	29,00	100,00	Lagoa de estabilização
Ubajara	-	-	-	-	-
Total	2.142	2.033			

Fonte: IPECE, Anuário Estatístico do Ceará, 2016; SNIS, 2015.

Quanto ao nível de cobertura dos sistemas de esgotamento sanitário em operação, a melhor solução é vivenciada pelo município de Coreaú (47,90%). Os municípios de Frecheirinha e Mucambo apresentam situações similares de cobertura de 20,90 e 29,00%. Em todos os municípios 100% dos esgotos eram tratados. Quanto ao tipo de tratamento dado ao esgoto coletado, este era centrado no uso de lagoas de estabilização em série.

É observado, ainda, o uso de fossas sépticas e rudimentares por uma parcela significativa da população, bem como o lançamento de esgotos a céu aberto ou sua canalização direta para os cursos d'água.

c) Disposição Final de Resíduos Sólidos

No que se refere ao destino dos resíduos sólidos, a situação apresenta-se crítica nos municípios que integram a área do estudo, com as prefeituras fazendo uso de vazadouros a céu aberto (lixões) para a deposição final do lixo urbano, contribuindo para a poluição dos recursos hídricos, para a descaracterização da paisagem e para a proliferação de vetores de doenças.

Segundo dados do Censo Demográfico de 2010 do IBGE, no qual foi auferido o destino dos resíduos sólidos segundo os domicílios, a região contava com 56,39% dos seus domicílios sendo atendidos pela coleta pública. No restante dos domicílios, uma parcela representativa adota as práticas da incineração (26,53%), sendo observado, ainda, o lançamento de resíduos sólidos em locais inadequados por um número relativamente considerável de domicílios (15,46%) (**Quadro 3.30**).

Quadro 3.30 – Destino dos Resíduos Sólidos - 2010

Municípios	Domicílios Atendidos (%)				
	Coletado	Queimado	Enterrado	Jogado em Terreno Baldio, Rio ou Mar	Outro Destino
Coreaú	44,89	23,97	0,42	29,60	1,11
Frecheirinha	65,58	16,68	0,19	16,57	0,99
Ibiapina	51,26	33,00	1,64	13,96	0,14
Mucambo	65,69	19,47	0,26	14,53	0,05
Ubajara	59,54	31,14	0,88	6,93	1,52
Total	56,39	26,53	0,78	15,46	0,85

Fonte: IBGE, Censo Demográfico, 2010.

Considerando os municípios separadamente, pode-se observar que a média de coleta pública na época variava de 44,89%, em Coreaú, até 65,69%, em Mucambo.

Sendo este último, o único município do estudo que possui Plano Municipal de Saneamento Básico.

O lançamento de resíduos sólidos em locais inadequados pela população, tais como terrenos baldios, cursos d'água, enterrados, queimados e outros destinos, apresenta-se mais expressivo nos municípios de Coreaú (55,11%) e Ibiapina (48,74%).

Os resíduos de Coreaú são dispostos no lixão localizado no próprio município, bem como em Frecheirinha, Ibiapina e Mucambo. Em Ubajara os resíduos são dispostos no Lixão Distrito de Araticum ou Lixão Sítio Seminário. Não há programas de coleta seletiva na área de estudo. Todavia, constata-se em todos os municípios que a ação de catadores se apresenta restrita apenas às áreas dos lixões. Em todos os municípios o destino dos resíduos do serviço de saúde são os lixões.

3.4.1.5 - Atividades Econômicas

Generalidades

A área de influência funcional contribuiu, em 2016, com 0,79% do PIB estadual, tendo no setor terciário, a principal atividade geradora de riqueza no valor adicionado do conjunto de sua economia. Em relação aos outros setores, o setor terciário chegou a representar 67,67% do valor adicionado para a formação do Produto Interno Bruto da região. Os municípios de Mucambo, Coreaú e Ibiapina apresentaram percentuais acima da média regional (89,47%, 86,67% e 72,17%, respectivamente) (**Quadro 3.31**).

Quadro 3.31 – Produto Interno Bruto por Setores de Atividades – 2016

Municípios	Total	Setor de Atividade (R\$ 1.000)				PIB a Preços Correntes R\$ 1.000	PIB per capita (R\$)
		Agropecuária	Indústria	Serviços	Administração		
Coreaú	129.618	12.498	4.782	41.747	70.591	134.870	5.864
Frecheirinha	192.166	6.164	86.082	54.303	45.617	219.363	16.123
Ibiapina	182.439	42.943	7.834	54.785	76.877	191.623	7.746
Mucambo	89.490	4.576	4.848	32.031	48.035	94.202	6.557

Municípios	Total	Setor de Atividade (R\$ 1.000)				PIB a Preços Correntes R\$ 1.000	PIB per capita (R\$)
		Agropecuária	Indústria	Serviços	Administração		
Coreaú	129.618	12.498	4.782	41.747	70.591	134.870	5.864
Ubajara	368.942	68.474	73.017	116.818	110.633	400.483	11.755
Total	962.655	134.655	176.563	299.684	351.753	1.040.541	9.478
Estado do Ceará	121.756.471	5.720.372	23.373.977	64.239.552	28.422.570	138.378.785	15.438

Fonte: IBGE, 2016.

As atividades industriais ocuparam um local de relativo destaque, contribuindo com 18,34% do valor adicionado para a formação do PIB regional, percentual inferior à média estadual que foi de 19,20%. Dentre os municípios da área de influência, Frecheirinha foi o que apresentou maior participação relativa do setor industrial na formação do PIB total municipal (44,80%).

A atividade agropecuária responde por 13,99% da riqueza regional. Os municípios de Ibiapina e Ubajara apresentaram valor adicionado do setor primário bem mais elevado que essa média, com percentuais de participação das atividades agropecuárias atingindo, respectivamente, 23,54% e 18,56% do valor adicionado para formação do PIB do município.

Com relação ao PIB per capita regional, observou-se o valor de R\$ 9.063,78, sendo que os municípios de Frecheirinha e Ubajara foram os detentores dos maiores valores de PIB per capita, estimados em R\$ 16.123,00 e R\$ 11.755,00. O valor para o município de Frecheirinha ultrapassou inclusive o PIB per capita estadual que foi de R\$ 15.438,00, em 2016.

Setor Primário

O setor primário da área de influência indireta caracteriza-se como zona de pecuária extensiva a semi-intensiva com atividades agrícolas limitadas, sendo observada na região a ocorrência dos seguintes tipos de sistema de produção: sistema pecuário extensivo a semi-intensivo de transição, em médias e grandes propriedades, sistema

camponês agropecuário diversificado centrado na pecuária/agricultura tradicional integrada e sistema de subsistência.

Em termos de área colhida, as explorações de feijão e milho se sobressaem como as mais expressivas, respondendo juntas por 71,98% da área total. O município de Mucambo se destaca como maior produtor de feijão e milho na área estudada, chegando a deter, respectivamente, 30,95% e 31,04% das áreas totais cultivadas com essas culturas (**Quadro 3.32**).

Quadro 3.32 - Área Colhida, Produção e Valor da Produção Agrícola – 2016

Culturas	Total			Municípios														
				Coreaú			Frecheirinha			Ibiapina			Mucambo			Ubajara		
	Área (ha)	Produção (t)	Valor (R\$1.000)	Área (ha)	Produção (t)	Valor (R\$1.000)	Área (ha)	Produção (t)	Valor (R\$1.000)	Área (ha)	Produção (t)	Valor (R\$1.000)	Área (ha)	Produção (t)	Valor (R\$1.000)	Área (ha)	Produção (t)	Valor (R\$1.000)
Culturas Perenes	3,008	-	35,148	28	-	358	178	-	2,02	1,426	-	17,987	160	-	63	1,216	-	14,72
Abacate	119	622	822	-	-	-	-	-	-	67	375	491	-	-	-	52	247	331
Banana	774	6,913	6,935	8	80	104	25	190	188	387	4,173	4,201	4	2	2	350	2,468	2,44
Café	70	12	50	-	-	-	-	-	-	50	9	37	-	-	-	20	3	13
Castanha de Caju	293	31	79	11	3	10	28	2	4	44	4	9	150	9	27	60	13	29
Coco-da-baia	75	839	901	-	-	-	20	290	315	43	439	469	2	20	17	10	90	100
Goiaba	50	221	157	-	-	-	6	29	20	7	24	17	-	-	-	37	168	120
Laranja	188	567	375	-	-	-	25	105	69	150	420	277	1	6	6	12	36	23
Limão	104	646	844	-	-	-	10	68	89	50	296	389	-	-	-	44	282	366
Mamão	81	2,597	2,659	8	200	237	35	1,078	1,096	13	419	413	-	-	-	25	900	913
Manga	133	668	479	1	8	7	20	112	76	18	104	71	3	30	11	91	414	314
Maracujá	1,007	15,417	21,489	-	-	-	7	112	156	500	8,225	11,315	-	-	-	500	7,08	10,018
Tangerina	114	495	358	-	-	-	2	10	7	97	408	298	-	-	-	15	77	53
Culturas Temporárias	16,803	-	52,619	2,907	-	1,559	2,265	-	1,081	3,59	-	28,082	4,711	-	1,65	3,33	-	20,247
Arroz	528	154	196	100	45	56	90	27	35	20	17	22	258	18	17	60	47	66
Batata Doce	385	4,327	5,422	-	-	-	5	15	17	200	2,8	3,563	-	-	-	180	1,512	1,842
Cana-de-açúcar	561	26,527	6,994	1	37	2	10	390	101	400	19,2	5,069	-	-	-	150	6,9	1,822
Fava	87	24	277	-	-	-	12	1	11	15	4	46	-	-	-	60	19	220
Feijão	7,14	1,643	6,261	1,4	252	958	920	97	361	1,4	556	1,961	2,21	265	1,23	1,21	473	1,751
Mandioca	593	3,339	1,822	6	40	30	14	56	32	210	1,174	632	33	178	67	330	1,891	1,061
Melancia	40	614	343	-	-	-	10	23	10	15	330	174	-	-	-	15	261	159
Milho	7,12	2,949	2,258	1,4	546	513	1,2	528	375	1,13	712	506	2,21	420	336	1,18	743	528
Tomate	349	19,559	29,046	-	-	-	4	96	139	200	10,98	16,109	-	-	-	145	8,483	12,798
TOTAL	19,811	-	87,767	2,935	-	1,917	2,443	-	3,101	5,016	-	46,069	4,871	-	1,713	4,546	-	34,967

Dentre as lavouras temporárias, destacam-se ainda na região as culturas da mandioca, cana-de-açúcar e arroz, que respondem por 2,99%, 2,83% e 2,67% da área total, respectivamente. A cultura da mandioca tem como maior produtor o município de Ubajara, que sozinho responde por 55,65% da área cultivada com esta cultura. As culturas da cana-de-açúcar e do arroz, por sua vez, tem como maiores produtores os municípios de Ibiapina, com 71,30%, e Mucambo com 48,86% da área cultivada com esta cultura. Observam-se, ainda, na região os cultivos das seguintes lavouras temporárias: batata-doce (385ha), tomate (349ha), fava (87ha) e melancia (40ha).

Dentre as culturas perenes, merece destaque o maracujá com 1.007ha cultivados, respondendo por 5,08% da área total, tendo como principais produtores os municípios de Ibiapina e Ubajara. Em seguida aparece a banana ocupando 3,91% da área total cultivada. Além destas culturas são exploradas na região, frutíferas como castanha de caju (293ha), laranja (188ha), manga (133ha), abacate (119ha), tangerina (114ha) e limão (104ha). Outras culturas perenes exploradas na região são o mamão (81ha), coco-da-baía (75ha), café (70ha) e goiaba (50ha).

Em termos de valor da produção agrícola, as culturas mais representativas foram o tomate (33,09% do VBP agrícola) e o maracujá (24,48% do VBP agrícola), cujas produções apresentam-se disseminadas pelos territórios dos municípios de Ibiapina, Ubajara e Frecheirinha. Logo em seguida, vem a cana-de-açúcar, a banana, o feijão e a batata-doce, que respondem por 7,97%, 7,90%, 7,13% e 6,18% do VBP total, respectivamente.

As culturas perenes respondem por 59,95% da renda agrícola gerada na região, enquanto que as culturas temporárias são responsáveis por 40,05%. Ressalta-se, ainda, que o maracujá responde por 61,14% da renda gerada pelas culturas perenes e o tomate por 55,20% da renda gerada pelas lavouras temporárias.

A agricultura irrigada é pouco disseminada na região, sendo desenvolvida pela iniciativa privada em médias e grandes propriedades, estando associada principalmente aos cultivos de maracujá, mamão, tomate, cana-de-açúcar e capineiras.

A pecuária desenvolvida na área encontra-se centrada na bovinocultura de corte, aparecendo, ainda, com relevância a suinocultura. O criatório é feito de forma extensiva a semi-intensiva, sendo a alimentação do rebanho suplementada com forrageiras e restos culturais. O uso de concentrados também se apresenta representativo, sendo adotado por médios e grandes pecuaristas, os quais demonstram preocupação com o controle profilático do rebanho.

O plantel bovino da região é composto por 26.215 cabeças, com o município de Coreaú apresentando o plantel mais numeroso, respondendo por 39,18% do rebanho desta região (**Quadro 3.33**). O criatório de suínos, com 40.248 cabeças, apresenta-se concentrado no município de Ubajara, que responde por 31,80% do rebanho. A caprinocultura e a ovinocultura, por sua vez, embora se apresentem relativamente difundidas na região, encontram-se mais concentradas no município de Coreaú, que abriga 48,03% do rebanho ovinocaprino da região.

Quadro 3.33 – Efetivos da Pecuária – 2016

Municípios	Bovino	Equino	Suíno	Caprino	Ovino	Aves
Coreaú	10.270	298	7.095	6.165	6.645	35.976
Frecheirinha	3.470	60	7.500	3.400	750	25.000
Ibiapina	4.250	120	8.500	1.700	500	46.200
Mucambo	3.235	100	4.353	3.426	1.603	12.682
Ubajara	4.990	80	12.800	2.000	420	195.026
TOTAL	26.215	658	40.248	16.691	9.918	314.884
Estado do Ceará	2.426.408	138.808	1.301.939	1.134.141	2.294.035	28.198.871

Fonte: IBGE, Pesquisa da Pecuária Municipal, 2016.

Com relação à avicultura, esta apresenta um efetivo relativamente significativo (314.884 cabeças), o qual se encontra concentrado no território do município de Ubajara, que responde por 61,94% do plantel avícola.

Setor Secundário

O setor secundário da área do estudo era composto, em meados de 2016, por 301 estabelecimentos industriais ativos, estando 83,72% destes vinculados à Indústria de Transformação, onde se destacam os ramos industriais de Vestuário e Calçados e de Produtos Alimentares. A indústria da Construção Civil contava com 32 estabelecimentos concentrados no município de Ubajara (56,25%). As indústrias de Utilidade Pública e Extrativa Mineral contavam com, respectivamente, 12 e 5 empresas atuando na região. O município mais industrializado era Ubajara, com 120 estabelecimentos industriais, o correspondente a 39,87% do total. Os municípios de Coreaú e Mucambo são os menos industrializados contando com 28 e 23 empresas ativas, respectivamente (**Quadro 3.34**).

Quadro 3.34 – Empresas do Setor Secundário – 2016

Segmentos Industriais	Total	Municípios				
		Coreaú	Frecheirinha	Ibiapina	Mucambo	Ubajara
Extrativa Mineral	5	2	3	-	-	-
Construção Civil	32	1	4	8	1	18
Utilidade Pública	12	1	-	3	-	8
Transformação	252	24	69	43	22	94
Produtos Minerais Não Metálicos	18	7	4	1	2	4
Metalurgia	9	-	1	1	1	6
Mecânica	-	-	-	-	-	-
Material Elétrico, Eletron. e de Comun.	2	1	-	-	-	1
Madeira	18	2	-	4	-	12
Mobiliário	29	-	4	6	1	18
Couro, Pele e Similares	3	1	-	1	1	-
Química	3	-	-	2	-	1
Material Plástico	2	1	1	-	-	-
Têxtil	7	-	4	1	2	-
Vestuário e Calçados	65	2	41	9	1	12

Segmentos Industriais	Total	Municípios				
		Coreaú	Frecheirinha	Ibiapina	Mucambo	Ubajara
Produtos Alimentares	64	7	10	10	12	25
Bebidas	4	1	1	-	-	2
Editorial e Gráfica	11	-	2	2	1	6
Diversas	17	2	1	6	1	7
Total	301	28	76	54	23	120

Fonte: IPECE, Anuário Estatístico do Ceará, 2017.

A indústria de Confecção da região, composta por 65 empresas, encontra-se concentrada no município de Frecheirinha, que abriga 63,08% dos estabelecimentos deste ramo industrial. O ramo de Produtos Alimentares, por sua vez, apresenta-se mais representativo no município de Ubajara, com 25 indústrias (39,06%).

O ramo do Mobiliário conta com 29 empresas atuando na região, estando 18 concentradas no município de Ubajara, o correspondente a 62,07% do total. Os setores de Produtos Minerais Não Metálicos e da Madeira contam com 18 empresas, cada, prevalecendo no primeiro, a indústria da cerâmica vermelha.

Os demais gêneros de atividades integrantes do setor industrial da região apresentam-se pouco representativos, sendo em geral compostos por um número reduzido de empresas de pequeno porte, com destaque para os ramos Editorial e Gráfico (11 estabelecimentos), Metalúrgico (9 estabelecimentos) e Têxtil (7 estabelecimentos).

Setor de Comércio e Serviços

Segundo dados do IPECE, em 2016, o setor comercial da área do estudo era composto por 1.605 estabelecimentos, a quase totalidade destes vinculados ao ramo varejista. Os municípios de Ubajara e Ibiapina se constituem nos principais centros comerciais da região, concentrando juntos 57,38% dos estabelecimentos comerciais. O percentual restante (42,62%) é preenchido pelo setor comercial dos demais municípios, que somavam 684 estabelecimentos comerciais. O terceiro município com comércio expressivo foi Coreaú, com 308 estabelecimentos, o correspondente a 19,19% do total da

região. Apenas os municípios de Ubajara, Ibiapina e Frecheirinha contam com comércio atacadista, que se encontra voltado principalmente para o segmento de Produtos Alimentícios (**Quadro 3.35**).

Quadro 3.35 – Estabelecimentos Comerciais e de Serviços – 2016

Discriminação	Total	Municípios				
		Coreaú	Frecheirinha	Ibiapina	Mucambo	Ubajara
Comércio	1.605	308	212	448	164	473
Atacadista	27	-	2	12	-	13
Varejista	1.578	308	210	436	164	460
Serviços	216	23	23	79	13	78
Transporte e Armazenamento	12	1	2	6	-	3
Comunicação	9	2	1	2	2	2
Alojamento e Alimentação	134	12	10	52	8	52
Atividades Imobiliárias	17	2	3	6	-	6
Administração Pública	20	3	3	6	3	5
Educação	4	1	-	-	-	3
Saúde Humana e Serviços Sociais	5	-	1	3	-	1
Outras Atividades de serviços	15	2	3	4	-	6
Total	1.821	331	235	527	177	551

Fonte: IPECE, Anuário Estatístico do Ceará, 2017.

O Setor Serviços, menos expressivo que o Setor Comércio, contava em 2016, com um total de 216 estabelecimentos registrados, estando 72,69% destes concentrados nos municípios de Ibiapina e Ubajara. Aparece com destaque o ramo de Alojamento e Alimentação com 134 empresas, seguido pela Administração Pública com 20 estabelecimentos, Atividades Imobiliárias com 17 estabelecimentos e Transporte e Armazenamento com 12 empresas. Quanto à influência dos órgãos e instituições que constituem a administração pública na geração de empregos e renda, esta se apresenta significativa, embora os municípios da área do estudo contem com 3 a 6 empresas deste segmento.

3.4.1.6 - Patrimônios Histórico, Cultural, Paleontológico e Arqueológico

Histórico de Ocupação Territorial

O processo de ocupação do território cearense encontra-se diretamente relacionado à formação de uma rede de cidades capaz de dinamizar o interior do estado por meio de políticas públicas que objetivaram atrair e fixar a população em pequenas cidades. Somente com a exploração açucareira, aproximadamente 150 anos após o descobrimento da colônia portuguesa, que o Ceará passou a representar uma área de exploração econômica viável. A produção açucareira resultou em uma acumulação de recursos e na formação de uma estrutura política regional que tornou viável o ciclo econômico, impulsionado pela produção agropecuária, baseada na exploração do gado.

No final do século XVII, o estado representava uma área com vastas terras desocupadas e sem qualquer interesse para a coroa portuguesa. Entretanto, ele detinha potencial de adaptação do gado sob condições extensivas de produção, dando ao estado a oportunidade de assumir posição de importância cada vez maior para a economia regional e, ao mesmo tempo, promover a ocupação do interior (GIRÃO, 1996).

Inserido nesse contexto, o território da bacia do rio Coreaú desempenhou importância estratégica na ocupação do interior cearense. No ano de 1705, o Tenente-Coronel Manuel Dias de Carvalho recebeu as terras que correspondem hoje ao médio curso do rio Coreaú por meio de doação de sesmarias (PILDAS, 2003). Conforme relato, desde as primeiras ocupações do vale do Coreaú e seus tributários, as áreas férteis foram priorizadas pois as condições amenas do clima e a disponibilidade de água tornaram possível o desenvolvimento das lavouras e a criação de rebanhos.

Durante o século XVIII, com o desenvolvimento da atividade algodoeira no Nordeste do Brasil, e mais tardiamente no Ceará, criaram-se as bases para um crescimento populacional abastecido economicamente a partir desse ciclo econômico. O algodão era cultivado nas áreas áridas enquanto as áreas mais úmidas, correspondentes à planície fluvial, eram destinadas, prioritariamente, às culturas de subsistência.

No início do século XIX, com a finalidade de dotar o sertão com infraestrutura para diminuir as desigualdades sociais e atrair o investimento internacional foram lançadas as

primeiras políticas públicas para incentivo da agropecuária e fixação da população rural. Nesse período foi criado o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) que atuou diretamente no desenvolvimento da açudagem da bacia do Coreaú. Ressalta-se ainda que, nesse período, o interior do Estado vivenciou um grande dinamismo econômico contribuindo para o desenvolvimento de vários centros urbanos regionais.

Posteriormente com a criação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), em 1959, o processo de açudagem ao longo da Bacia do Coreaú foi intensificado contribuindo para o desenvolvimento urbano e para a manutenção das atividades econômicas da região tão castigada pelas intempéries da semiaridez.

Identificação do Patrimônio Histórico, Cultural, Paleontológico e Arqueológico

O patrimônio histórico constatado no território dos municípios da área de influência indireta se encontra representado pela presença de prédios históricos, igrejas e casarões nas sedes municipais, que remontam a data da colonização da região.

Em termos culturais, os municípios da área do estudo contam com bibliotecas públicas municipal, cujos acervos são considerados limitados e desatualizados. Os principais eventos socioculturais estão associados à realização de festas anuais de cunho religioso, bem como de festas tradicionais como reisado, paixão de Cristo, festas de padroeiros (missas, novenas e procissões), festejos juninos e carnaval, entre outros. As principais manifestações folclóricas estão representadas pelo reisado e festas juninas.

Sobre o patrimônio paleontológico representado por fósseis de animais cuja ocorrência é associada a cavernas, tanques naturais, lagoas e depósitos fluviais, apenas uma ocorrência fóssil foi identificada na Gruta do Urso Fóssil localizada dentro dos limites do Parque Nacional de Ubajara (IBAMA, 2002), fora da AID da barragem. Reitera-se ainda que não foi constatada a ocorrência de sítios paleontológicos tombados ou apenas identificados preliminarmente nos municípios da área de influência do empreendimento, conforme consulta ao CPRM - Serviço Geológico do Brasil/SIGEP - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos.

Segundo informações do IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, dos municípios integrantes da área do estudo apenas Mucambo e Ibiapina contam com sítios arqueológicos identificados em seus territórios.

Em Mucambo, foi verificada a existência de um sítio arqueológico com a designação prévia de “LT 500 KV 275.2”, trata-se de um sítio unicomponencial pré-colonial a céu aberto, que abriga artefato do tipo lítico polido correspondente a um fragmento de machadinho polido. O terreno onde este sítio se localiza é utilizado atualmente para plantio agrícola.

Em Ibiapina, o sítio denominado “Piso 01” é composto por um afloramento de arenito com gravuras rupestres, catalogado na categoria unicomponencial pré-colonial, do tipo Arte Rupestre. Encontra-se localizado a céu aberto, em área de meia encosta, a uma altitude de 504m e com vegetação do tipo Savana (Cerrado), sendo considerado de relevância média.

Ressalta-se que, nenhum destes dois sítios encontram-se posicionados nas áreas das obras ou na bacia hidráulica da Barragem Frecheirinha. Todavia, a experiência indica que o risco de dilapidação do patrimônio arqueológico deve ser considerado já que este tipo de patrimônio se encontra, em geral, associado a terraços fluviais, leitos de rios e tanques naturais.

Foi aberto um processo administrativo para o presente empreendimento junto ao IPHAN através do preenchimento da Ficha de Caracterização Ambiental (Instrução Normativa IPHAN nº 001/2015) para definição da necessidade ou não de execução de estudos mais acurados antes da implantação das obras. Após a análise da referida ficha o IPHAN emitiu um parecer enquadrando o projeto da Barragem Frecheirinha no Nível III da Instrução Normativa IPHAN nº 001/2015, tendo solicitado a elaboração de Projeto de Avaliação de Impacto ao Patrimônio Arqueológico – PAIPA.

Visando o desenvolvimento dos estudos solicitados pelo IPHAN para obtenção da Licença Prévia do empreendimento foi contratada a empresa A&R - Arqueologia, Consultoria e Produção Cultural. A referida empresa já submeteu à avaliação do IPHAN o PAIPA (Nº Processo IPHAN: 01496.000883/2019-12) para fins de solicitação junto a este órgão da licença de pesquisa arqueológica na área da Barragem Frecheirinha, estando

sendo aguardada a publicação da referida autorização no Diário Oficial da União para ser dado início aos levantamentos arqueológicos de campo. No **Anexo I** pode ser visualizado o ofício de protocolo da entrega junto ao IPHAN do referido Projeto de Avaliação do Impacto ao Patrimônio Arqueológico.

3.4.2 - Área de Influência Direta

3.4.2.1 - Caracterização Jurídica dos Imóveis e Estrutura Fundiária

A pesquisa de campo realizada na área da Barragem Frecheirinha, em novembro de 2018, por equipe da TPF Engenharia abrangeu 26 propriedades rurais que serão afetadas pela implantação do barramento. Foi utilizado como instrumento de coleta de dados um questionário com perguntas abertas e fechadas, as quais foram respondidas durante entrevista realizada com cada um dos chefes de família ou representantes ocupantes dos imóveis situados na área. Aos dados coletados na pesquisa direta foram somadas informações obtidas através de observações empíricas e conversas informais com membros da população impactada.

Para facilidade de análise, as propriedades pesquisadas foram estratificadas em quatro categorias de classes de propriedades, compreendendo uma área total de 1.008,56 ha, conforme pode ser visualizado no **Quadro 3.36**.

Quadro 3.36 - Distribuição das Propriedades Pesquisadas

Estrato de Área (ha)	Nº de Propriedades Pesquisadas	% sobre o Nº Total	Área Total (ha)	% sobre a Área Total
< 10	7	26,92	25,49	2,53
10-50	11	42,31	336,52	33,37
50-100	6	23,08	386,47	38,32
> 100	2	7,69	260,08	25,79
Total	26	100,00	1.008,56	100,00

Fonte: TPF, Pesquisa de Campo, 2018.

Observa-se que dentre as propriedades rurais com área informada, aquelas com menos de 100 ha correspondem a 13,72% do número total de propriedades pesquisadas, ocupando apenas 12,79% da área total. Por outro lado, as propriedades com mais de 100

ha, representando apenas 5,88% do número total de imóveis ocupam 84,69 % da área total, caracterizando a área como de forte concentração na ocupação da terra.

O **Quadro 3.37** versa sobre o local de residência dos proprietários rurais, formas de exploração e situação jurídica dos imóveis. Constatou-se, no geral, que 50,00% dos proprietários rurais residem no imóvel pesquisado. Aqueles proprietários que residem fora do imóvel apresentam domicílio estabelecido nas cidades de Frecheirinha e Mucambo, nas localidades de Varzante e Coité, no município de Frecheirinha, e em outra propriedade.

Com relação à exploração da terra, verifica-se na área pesquisada uma predominante participação de proprietários nesta atividade (34,62%), seguindo-se a participação de familiares (30,77%). As propriedades exploradas através de arrendamento correspondem a 26,92% do total, tendo sido constatado em 7,69% das propriedades a exploração através de parceria. Não foi constatada a presença de propriedade sem exploração na área pesquisada. Quanto à situação jurídica, todas as propriedades rurais pesquisadas compreendem imóveis legalmente registrados.

Quadro 3.37 - Local de Residência do Entrevistado e Formas de Exploração da Propriedade - Valores Percentuais-

Estrato de Área (ha)	Local de Residência do Entrevistado		Forma de Exploração				
	Na Propriedade	Fora da Propriedade	Diretamente pelo Proprietário	Familiar do Proprietário	Parceria	Arrendamento	Sem Exploração
< 10	28,57	71,43	14,29	14,29	-	71,43	-
10-50	45,45	54,55	36,36	45,45	-	18,18	-
50-100	83,33	16,67	50,00	33,33	16,67	-	-
> 100	50,00	50,00	50,00	-	50,00	-	-
Total	50,00	50,00	34,62	30,77	7,69	26,92	-

Fonte: TPF, Pesquisa de Campo, 2018.

3.4.2.2 - Aspectos Demográficos

Residem atualmente na área pesquisada, 65 pessoas, compreendendo 23 famílias. O **Quadro 3.38** retrata a distribuição da população por sexo e faixa etária. A análise do quadro apresentada permite destacar os seguintes pontos:

- A população da área é composta predominantemente por pessoas em idade adulta, visto que 61,54% da população tem idade entre 20 e 60 anos, enquanto que os jovens representam 26,15% do contingente populacional e os maiores de 60 anos respondem por 12,31%;
- As famílias são pouco numerosas, com 2,83 pessoas, em média;
- Observa-se um leve predomínio no percentual de pessoas pertencentes ao sexo masculino (50,77%) sobre as pertencentes ao sexo feminino (49,23%).

Ressalta-se que a participação da população composta por proprietários não residentes e seus familiares que também, teoricamente, se apropriam da renda agrícola gerada, é correspondente a 10 pessoas distribuídas em 6 famílias (1,67 pessoas/família).

Com relação à densidade demográfica, a área coberta pela pesquisa apresenta uma carga demográfica relativamente rarefeita (6,44 hab/km²), apresentando-se muito menor que a dos municípios que terão seus territórios atingidos, que varia de 29,98 hab/km² em Coreaú a 82,01 hab/km² em Ubajara.

Quadro 3.38 – Distribuição da População Residente

Estrato de Área (ha)	Faixa Etária												Total	Nº de Famílias
	Sexo Masculino				Sexo Feminino				Subtotal					
	0-19	20-39	40-60	>60	0-19	20-39	40-60	>60	0-19	20-39	40-60	>60		
< 10	2	-	3	1	1	1	4	-	4	1	7	1	13	4
10-50	1	2	6	1	6	3	6	2	7	5	12	3	27	10
50-100	3	-	7	3	-	1	4	1	3	1	11	4	19	7
> 100	2	2	-	-	1	1	-	-	3	3	-	-	6	2
Total	8	4	16	5	8	6	14	3	17	10	30	8	65	23

Fonte: TPF, Pesquisa de Campo, 2018.

Observa-se que, na área pesquisada a densidade demográfica das propriedades rurais tem uma correlação negativa com o tamanho das propriedades, visto que as propriedades menores apresentam maior concentração populacional. O estrato de área com propriedades menores de 10 ha apresentou maior concentração da população, com a densidade demográfica atingindo, em média, 51,00 hab/km². (**Quadro 3.39**).

Quadro 3.39 - Distribuição das Propriedades Pesquisadas

Localidade	Densidade Demográfica (hab/km ²)
Área da Pesquisa	6,44
< 10 ha	51,00
10 - 50 ha	8,02
50 - 100 ha	4,92
>100 ha	2,31
Município de Coreaú	29,98
Município de Frecheirinha	75,91
Município de Mucambo	76,00
Município de Ubajara	82,01

Fonte: TPF, Pesquisa de Campo, 2018.

3.4.2.3 - Aspectos Sociais

Nível de Instrução

Considerando-se a população maior de sete anos de idade, 67,24% se enquadram como analfabetos e semianalfabetos, o que pode ser considerado como um número elevado, mesmo se tratando de uma área situada no sertão nordestino. Outra parte da população (20,69%) conta no máximo com o ensino fundamental, enquanto que o ensino médio foi concluído por 8,62% da população e o ensino superior por apenas 3,45% dos entrevistados. O **Quadro 3.40** mostra o nível de instrução da população residente na área da pesquisa.

Quadro 3.40 - Nível de Instrução da População Residente

Estrato de Área (ha)	Faixa Etária																				Subtotal					Total
	7-18					19-39					40-60					>60					An	Alf	EF	EM	Sup	
	An	Alf	EF	EM	Sup	An	Alf	EF	EM	Sup	An	Alf	EF	EM	Sup	An	Alf	EF	EM	Sup						
< 10	-	1	-	1	-	-	-	-	-	2	3	1	2	-	-	1	-	-	-	-	4	2	2	1	2	11
10-50	-	1	3	-	-	-	2	1	2	-	1	9	1	1	-	2	1	-	-	-	3	13	5	3	-	24
50-100	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	9	3	-	-	-	4	-	-	-	-	15	4	-	-	19
> 100	-	1	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	1	-	4
Total	-	5	3	1	-	-	3	3	3	2	4	19	6	1	-	3	5	-	-	-	7	32	12	5	2	58

Fonte: TPF, Pesquisa de Campo, 2018.

NOTA: An - Analfabeto; Alf - Alfabetizado; EF - Ensino Fundamental; EM - Ensino Médio; Sup - Superior.

A área de influência direta da Barragem Frecheirinha não conta atualmente com escola no seu território.

Saúde

Segundo os indicadores levantados por ocasião da pesquisa de campo, a área apresenta uma infraestrutura do setor saúde extremamente deficiente, pois não conta com postos de saúde para atendimento ambulatorial e de medicina preventiva. Tratamentos médicos mais elaborados requerem que a população se desloque para as localidades de Vazante e Chapada onde tem posto de saúde. O atendimento hospitalar é procurado pela grande maioria dos entrevistados na cidade de Frecheirinha.

As principais moléstias detectadas na população são viroses, doenças respiratórias, verminoses, diarreias, micoses e doenças relacionadas com a idade, como hipertensão e reumatismo. Foram relatados casos de dengue na região. A vacinação é efetuada geralmente na cidade de Frecheirinha.

As condições sanitárias vigentes na área são, em grande parte, responsáveis pelo agravamento dos padrões de saúde. De acordo com os dados constantes no **Quadro 3.41**, que trata dos aspectos sanitários da área, 46,15% das residências da área pesquisada não são dotadas de instalações sanitárias, sendo este percentual mais elevado entre as propriedades rurais de 10 a 50 ha, onde atinge 54,55%. Além disso, boa parte das instalações sanitárias presentes na área é constituída por fossas rudimentares.

Quanto ao suprimento d'água para consumo humano, 26,92% dos imóveis fazem uso do manancial mais próximo, o rio Caiçara que apresenta regime intermitente. Outro percentual de 26,92% de imóveis adota, além do riacho, outras fontes de abastecimento d'água como poços. O percentual de imóveis que não contam com recursos d'água próprios apresenta-se baixo, atingindo apenas 3,85% das propriedades pesquisadas.

Quadro 3.41 - Aspectos Sanitários - Valores Percentuais

Estrato de Área (ha)	Instalações Sanitárias			Fonte de Abastecimento d'Água							Tratamento dado a Água Destinada ao Consumo Humano				
	Com Fossa	Não Existe	Não Respondeu	Rio	Rio/Poço	Rio/Cacimba	Poço	Poço/Cacimba	Sem Recurso	Não Respondeu	Filtração	Água Mineral	Coação	Cloração	Não Respondeu
< 10	42,86	42,86	14,29	57,14	14,29	-	-	14,29	-	14,29	28,57	14,29	42,86	-	14,29
out/50	45,45	54,55	-	16,67	18,18	9,09	54,55	-	9,09	-	18,18	-	72,73	9,09	-
50-100	50,00	50,00	-	16,67	66,67	-	16,67	-	-	-	16,67	-	83,33	-	-
> 100	100,00	-	-	50,00	-	-	50,00	-	-	-	50,00	-	50,00	-	-
Total	50,00	46,15	3,85	26,92	26,92	3,85	30,77	3,85	3,85	3,85	23,08	3,85	65,38	3,85	3,85

Fonte: TPF, Pesquisa de Campo, 2018.

O tratamento dado à água de beber apresenta-se precário com 65,38% dos imóveis adotando a simples coação e 23,08% efetuando a filtração. O percentual de famílias que utiliza a cloração atinge 3,85% dos entrevistados, tendo-se constatado, também, esse mesmo percentual de famílias entrevistadas que fazem uso de água mineral.

Em suma, as deficiências apresentadas na área de saneamento básico, aliadas à escassez de recursos hídricos acabam por estimular o consumo de água de má qualidade, responsável pela veiculação de grande parte das doenças transmissíveis que ocorrem na zona rural. Os dados da pesquisa revelam que boa parte da água consumida pela população é proveniente do próprio rio Caiçara, de pequenos açudes, cacimbas e poços, e que estas fontes frequentemente não são protegidas, não sendo confiável a qualidade da água fornecida.

Associativismo

A participação dos entrevistados em sindicatos, associações e/ou cooperativas pode ser visualizada no **Quadro 3.42**. Não foi constatada na área englobada pela pesquisa, a formação de grupos sociais que através da organização comunitária procurem conseguir superar os obstáculos existentes melhorando assim a qualidade de vida na região. Ressalta-se, todavia, que 53,85% das famílias entrevistadas declararam possuir membros filiados a sindicatos dos trabalhadores rurais atuantes na região. Dentre aqueles entrevistados que frequentam reuniões nos sindicatos, metade o fazem mensalmente e metade anualmente. Quanto à participação em cooperativas, observa-se que não houve adesão dos entrevistados a este tipo de instituição.

Quadro 3.42 - Grau de Associativismo - Valores Percentuais

Estrato de Área (ha)	Filiação a Sindicatos e/ou Associações		Sócio de Cooperativa		Frequência de Participação nas Reuniões			
	Sim	Não	Sim	Não	Quinzenal	Mensal	Anual	Não Participa
< 10	14,29	85,71	-	100,00	-	100,00	-	-
10-50	72,73	27,27	-	100,00	-	62,50	37,50	-
50-100	66,67	33,33	-	100,00	-	-	100,00	-
> 100	50,00	50,00	-	100,00	-	100,00	-	-
Total	53,85	46,15	-	100,00	-	50,00	50,00	-

Fonte: TPF, Pesquisa de Campo, 2018.

Força de Trabalho

O **Quadro 3.43** apresenta o contingente da população residente na área da pesquisa, que se encontra apto aos trabalhos agrícolas. O referido contingente populacional é composto por 41 pessoas, o correspondente a 63,08% da população residente nas propriedades pesquisadas.

Quadro 3.43 - Contingente da População Residente Apto aos Trabalhos Agrícolas

Estrato de Área (ha)	Homens			Mulheres			Total
	10-20	20-50	>60	10-20	20-50	>60	
<10	-	3	1	-	4	-	8
20-50	-	8	1	-	4	1	14
50-100	1	7	3	-	4	1	16
>100	-	2	-	-	1	-	3
Total	1	20	5	0	13	2	41

Fonte: TPF, Pesquisa de Campo, 2018.

Para o cálculo da força de trabalho real da população, em termos de jornadas totais, foi considerado que o trabalho dos indivíduos de baixa idade, das mulheres e dos idosos não pode ser computado como jornada integral de que possa dispor a região para os trabalhos agrícolas.

Assim sendo, foram adotados os seguintes coeficientes técnicos de avaliação da força de trabalho:

Categorias	Coeficientes
Menores de 10 anos	-
Mulheres 10 - 60 anos	0,50
Mulheres > 60 anos	-
Homens 10 - 20 anos	0,75
Homens 20 - 60 anos	1,00
Homens > 60 anos	0,50

Tomando-se por base a população apta aos trabalhos agrícolas (Quadro 3.43) e aplicando os coeficientes indicados, obtém-se a força de trabalho real da área pesquisada, conforme os valores constantes no **Quadro 3.44**.

Quadro 3.44 - Estimativa da Força de Trabalho Real

Estrato de Área (ha)	Força de Trabalho Real (Jornada)
<10	5,50
20-50	10,50
50-100	11,25
>100	2,50
Total	29,75

Fonte: TPF, Pesquisa de Campo, 2018.

A força de trabalho real da área pesquisada foi estimada em 29,75 jornadas diárias. Considerando que o número de famílias é de 23, obtém-se uma força de trabalho média de 1,29 jornadas/família/dia.

O caráter sazonal da atividade agrícola implica em picos elevados de emprego em determinadas épocas do ano (plantio e colheita), enquanto que, na entressafra a mão de obra fica totalmente ociosa. As dificuldades impostas pela semiaridez da região induzem o homem a migrar para as sedes municipais durante o verão em busca de maiores

oportunidades de emprego, sendo esse movimento migratório mais intenso durante as secas que assolam a região.

3.4.2.4 - Infraestrutura de Uso Público Existente e Interferências

A área pesquisada apresenta deficiência em equipamentos de serviços básicos para atendimento da população rural. Com a formação do reservatório proposto algumas infraestruturas de uso público serão submersas fazendo-se necessário suas relocações ou adaptações.

Dentre as infraestruturas de uso público existentes na área da pesquisa e, portanto, passíveis de serem atingidas citam-se estradas vicinais, que permitem o acesso às propriedades rurais da região, e rede elétrica de baixa tensão (monofásica e/ou trifásica) que atendem as propriedades rurais aí posicionadas. A rede de energia elétrica existente serve a área do projeto e várias localidades situadas nas imediações. Das propriedades rurais pesquisadas, 69,23% são servidas pela rede elétrica. As propriedades que não são servidas com energia elétrica (30,77%) apresentam distâncias variando de 0,2 a 5,0 km até a rede de energia mais próxima.

Outra infraestrutura identificada foi a presença de duas linhas de alta tensão da CHESF, de 230 Kv e 500Kv, oriundas da hidrelétrica de Boa Esperança e que ligam Piripiri a Sobral, cruzando a área da bacia hidráulica do futuro reservatório, na sua região mais a montante. Ressalta-se que não se faz necessário a relocação das torres das referidas linhas de alta tensão, nem tampouco a execução de obras de adaptação, visto estarem situadas em cotas acima do nível de cheia decamilenar.

Afora estas infraestruturas foram identificadas apenas benfeitorias pertencentes a particulares, devendo as mesmas serem alvo de indenização.

3.4.2.5 - Aspectos Econômicos

Exploração Agrícola

O setor agropecuário é o mais expressivo na absorção da mão de obra local, com a agricultura de subsistência se constituindo na principal atividade econômica desenvolvida na área da pesquisa e centrada no cultivo de milho, feijão e arroz em regime de sequeiro. Ocorre, ainda, na área, pequenos cultivos de frutíferas, com destaque para a banana,

manga e mamão. Entre as culturas industriais foi constatado o cultivo em pequena escala de cana-de-açúcar, destinado principalmente para a produção de forragem. A maior parte da produção agrícola é destinada ao autoconsumo. A comercialização da produção agrícola é feita logo após a colheita, geralmente na propriedade ou na sede do município de Frecheirinha, principalmente ao consumidor.

No ano de 2018, a superfície total cultivada na área da pesquisa teve pequena representatividade, perfazendo apenas 8,08% da área total dos imóveis pesquisados, demonstrando as dificuldades da área em termos de aproveitamento agrícola. Cerca de 46,00% dos produtores rurais entrevistados alegaram que tiveram perdas na produção, entre 5,00 e 30,00%, decorrentes da seca ou do ataque de pragas. As principais culturas afetadas foram o feijão e o milho.

Com relação ao uso de insumos agrícolas, 65,38% dos entrevistados declararam usar algum tipo de insumo. Constata-se que a adubação praticamente não é utilizada na área, o mesmo acontecendo com o uso de sementes selecionadas. O emprego de defensivos agrícolas é feito por 88,24% dos entrevistados que utilizam insumos agrícolas, denotando uma preocupação com o controle de pragas. O preparo do solo para cultivo é realizado manualmente por todos os entrevistados, não foi verificado o uso de mecanização agrícola. A irrigação é uma prática pouco difundida na área em função, principalmente, da descapitalização do homem do campo, com apenas um dos entrevistados declarando ter experiência com irrigação do tipo microaspersão. A assistência técnica não é difundida na área pesquisada.

Exploração Pecuária

O efetivo dos animais existentes nas propriedades pesquisadas, envolvendo animais de grande, médio e pequeno porte, pode ser visualizado no **Quadro 3.45**.

O criatório de animais de pequeno e médio porte apresenta-se significativo, sendo destinado basicamente à subsistência dos agricultores. O rebanho caprino é composto por 513 cabeças, estando concentrado no estrato de propriedades com mais de 50-100 ha. O criatório de suínos é menos significativo, perfazendo 169 cabeças e o plantel avícola é formado por um total de 499 aves.

Quadro 3.45 - Efetivo do Rebanho (cabeças)

Estrato de Área (ha)	Bovinos	Equinos	Asininos	Ovinos	Caprinos	Suínos	Aves
< 10	31	3	2	-	20	16	50
10-50	17	-	5	15	213	92	234
50-100	305	1	3	10	280	52	200
> 100	48	-	1	-	-	9	15
Total	401	4	11	25	513	169	499

Fonte: TPF, Pesquisa de Campo, 2018.

O rebanho bovino apresenta-se como o segundo mais representativo na área, sendo compostos por 401 cabeças, fundamentando-se no criatório extensivo e semi-intensivo de bovinos para corte e leite. Apenas o estrato de área de 50-100 ha apresenta rebanho significativo, chegando a deter 76,06% do quantitativo bovino da área.

A produção pecuária é voltada, principalmente para a comercialização, e se constitui na principal atividade desenvolvida por 73,08% das propriedades pesquisadas, estando centrada nas produções de carne, animais em pé, leite, queijo e ovos. A comercialização da carne e dos animais em pé é feita, geralmente, na propriedade, em qualquer época do ano, principalmente a marchante ou a outro criador. As vendas de queijo e leite são efetuadas normalmente na sede municipal, direto ao consumidor ou para intermediários. Com relação à produção de ovos, esta é comercializada na propriedade ou na sede municipal, parte a intermediários e parte diretamente ao consumidor. As produções de carne suína e avícola são voltadas predominantemente para o autoconsumo.

O nível tecnológico da pecuária na área pesquisada se caracteriza principalmente, pela utilização de insumos como vacinas e medicamentos veterinários, sal mineral e alimentos concentrados. Uma parte significativa dos pecuaristas (52,11%), se preocupa com a melhoria genética dos rebanhos investindo em reprodutores e matrizes.

Outras Atividades Econômicas

Apesar de constituir a base econômica da área diretamente impactada pela implantação da Barragem Frecheirinha, a atividade agropecuária não consegue suprir satisfatoriamente a sobrevivência do homem do campo. Em vista disso, a renda rural necessita ser acrescida de outros rendimentos oriundos de fontes não diretamente vinculadas à agropecuária, tais como, aposentadorias rurais, auxílio doença, bolsa família, e outras atividades exercidas pelos proprietários, como o comércio. O percentual de entrevistados que apresentam a renda agrícola complementada com renda de outra natureza é de 92,31%, enquanto aqueles que declaram tirar seu sustento apenas da renda agropecuária atinge 7,69%.

Com relação às outras atividades desenvolvidas na área pesquisada, constatou-se que 46,15% dos entrevistados contam com renda advinda de aposentadorias e auxílio doença, seguindo-se o programa governamental Bolsa Família, que complementa a renda de 34,62% das famílias pesquisadas. As atividades comerciais complementam a renda de 11,54% dos entrevistados.

Confirmando os muitos estudos já realizados que demonstraram a importância dos benefícios previdenciários para o sustento das famílias da zona rural, observou-se, também, na área pesquisada, que em muitos casos esta é a única renda monetária da família ou a principal fonte de renda. Destaque-se a importância atual da população idosa na composição da renda familiar, para a qual concorrem através das aposentadorias rurais.

Observou-se, ainda, na área, o desenvolvimento numa escala pouco significativa do extrativismo da lenha, do carvão vegetal, e da carnaúba tanto para autoconsumo, como para a comercialização. Verificou-se, também, a prática de arrendamento de áreas de pastagens por parte dos proprietários rurais, também em escala pouco significativa.

3.4.2.6 - Expectativas da População Ante a Implantação do Reservatório

As expectativas da população da área pesquisada, representada pelos 26 chefes de famílias entrevistados, confirmam a precariedade das condições de vida vigentes na área. A principal aspiração da população da área é a obtenção de condições mais dignas,

buscando solucionar os problemas de escassez de recursos hídricos, desemprego, saúde e educação.

No que diz respeito à implementação da Barragem Frecheirinha é unânime o conhecimento da obra na região. Todos os entrevistados já ouviram falar do projeto e o nível de aceitação da obra é bastante satisfatório, visto que 88,46% destes declararam estar de acordo com a construção do empreendimento, pois acreditam que este garantirá o acesso a água nos períodos de estiagem, possibilitando o desenvolvimento da irrigação e da pesca, gerando muitas oportunidades de emprego na região. O percentual de entrevistados insatisfeitos ou contrários à implantação do empreendimento perfaz 11,54%, tendo como principal motivo alegado o temor pelo pagamento de indenizações não condizentes com o valor dos bens desapropriados e a insatisfação em ter suas atividades produtivas suspensas (**Quadro 3.46**).

Quadro 3.46 - Expectativa Ante a Implantação da Barragem

Estrato de Área (ha)	Já ouviu falar do projeto?		Tipo de Opinião	
	Sim	Não	Favorável	Desfavorável
< 10	100,00	-	85,71	14,29
10-50	100,00	-	81,82	18,18
50-100	100,00	-	100,00	-
> 100	100,00	-	100,00	-
Total	100,00	-	88,46	11,54

Fonte: TPF, Pesquisa de Campo, 2018.

É interessante observar-se que paira na área um otimismo com relação à construção da Barragem Frecheirinha e a execução das demais medidas complementares, tais como o Plano de Reassentamento da População. Existe a esperança que a formação do lago seja a redenção das condições climáticas e econômicas atuais e que o pagamento das indenizações e o trabalho social sejam realizados dentro do respeito devido, com resultados que possam configurar-se, de fato, como medidas compensatórias para os atingidos pelo barramento.

Quando indagados sobre a forma mais adequada ou desejada para execução do reassentamento da população a ser desalojada, 76,92% dos entrevistados optaram por receber indenizações pelas terras e benfeitorias atingidas para se estabelecerem como melhor lhes aprouver. Os demais (23,08%) optaram por serem contemplados por uma das possíveis opções de reassentamento a serem executadas pela SRH (**Quadro 3.47**).

Quadro 3.47 - Opções para a Relocação da População

Estrato de Área (ha)	Nº de Famílias Pesquisadas	Opção de Saída da Área			
		Reassentamento		Indenização	
		Nº	%	Nº	%
< 10	7	6	85,71	1	14,29
10-50	11	9	81,82	2	18,18
50-100	6	4	66,67	2	33,33
> 100	2	1	50,00	1	50,00
Total	26	20	76,92	6	23,08

Fonte: TPF, Pesquisa de Campo, 2018.

Na análise do tipo de atividade que gostariam de desenvolver após a desapropriação manifestam-se, com clareza, as raízes e o universo cultural da população pesquisada. O incremento das atividades agrícola e pecuária é o desejo de 73,08% dos entrevistados. Trata-se de continuar na terra, trabalhando no que gosta, mas com chances de ganhar dinheiro, de melhorar de vida através do uso da irrigação. Outro tipo de atividade que gostariam de desenvolver é a piscicultura no reservatório.

Atualmente, o Projeto de Reassentamento da população atingida pela implantação da Barragem Frecheirinha encontra-se em fase de elaboração pela TPF Engenharia. De acordo com dados do levantamento cadastral e do relatório preliminar do Projeto de Reassentamento foram atingidas 73 propriedades pertencentes a 45 proprietários e 28 espólios. Na área a ser desapropriada residem 47 famílias, sendo 12 destas pertencentes a proprietários de terra, 10 moradores com benfeitorias, 14 moradores sem benfeitorias e 11 benfeitores.

Considerando essa repartição, serão beneficiários do plano de reassentamento, devendo ser contemplados com lote agrícola e casa na agrovila, as 14 famílias de

moradores sem benfeitorias. Também podem optar, ainda, pelo auto-reassentamento em área rural, podendo neste caso a habitação ser construída na área remanescente da propriedade, mediante acordo firmado com o proprietário do imóvel. Os demais grupos de atingidos serão contemplados com indenização total ou parcial de terras e benfeitorias, compensação financeira, auto-reassentamento e permuta, conforme cada caso específico.

4 - ZONEAMENTO AMBIENTAL

4 - ZONEAMENTO AMBIENTAL

4.1 - GENERALIDADES

Tendo como finalidade subsidiar as decisões de planejamento e de implantação das obras da Barragem Frecheirinha, no extremo sul da Região Hidrográfica do Coreaú, de modo que o uso do território da área de influência deste empreendimento seja promovido em bases sustentáveis foram apropriadas informações constantes no zoneamento elaborado, em meados de 2009, pela FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos para esta região, no âmbito do estudo que trata da Compartimentação Geoambiental do Estado do Ceará.

O zoneamento se constitui num instrumento político e técnico de planejamento, que tem como finalidade otimizar o uso do espaço e as políticas públicas, promovendo a gestão integrada do território na perspectiva do desenvolvimento sustentável. Tem como objetivos específicos:

- Subsidiar a elaboração de planos, programas e projetos e propor alternativas aos tomadores de decisão, segundo o enfoque da compatibilização das atividades econômicas com o meio ambiente;
- Conjuguar os elementos de diagnóstico físico-biótico e socioeconômico, para estabelecer macrocenários exploratórios com vistas a apresentar alternativas ao desenvolvimento social, ambientalmente sustentável;
- Propor as diretrizes legais e programáticas de caráter preservacionista, de desenvolvimento econômico e social para cada sistema ambiental identificado e, quando for o caso, de ações voltadas à mitigação ou correção de impactos ambientais adversos, porventura ocorridos.

É, portanto, de suma importância que a espacialização das obras preconizadas no âmbito do Projeto da Barragem Frecheirinha, tenha sido efetuada levando em conta as normas e diretrizes preconizadas no zoneamento elaborado para esta região. Apresenta-se nos itens a seguir uma síntese do estudo desenvolvido pela FUNCEME, com ênfase específica para a área de influência da Barragem Frecheirinha.

4.2 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Numa visão holística considera-se o ambiente como um sistema integrado composto de vários elementos, interligados com constantes fluxos de matéria e energia. Esse sistema expressa-se na superfície terrestre como unidade de organização espacial do meio ambiente físico.

Representados por dados ecológicos resultantes, inicialmente, de combinações parciais de fatores morfoestruturais e climatohidrológicos, os espaços homogêneos, assim configurados, correspondem a sistemas ambientais, cujos atributos físico-bióticos relacionam-se harmonicamente e reagem de forma específica às pressões antrópicas numa variação temporo-espacial.

As diversificações do quadro natural e as potencialidades de seus recursos sempre se constituíram nos fatores fundamentais condicionadores dos sistemas ambientais. Assim sendo, a compartimentação dos sistemas ambientais procura ordenar o território segundo suas características abióticas e bióticas básicas, através do agrupamento de áreas cujos conjuntos formam unidades relativamente homogêneas, de modo a facilitar a análise integrada da paisagem. Embasa-se, portanto, nos estudos setoriais, integrando-os de forma descritiva. Além disso, deve proporcionar resultantes analíticas e normativas.

Os estudos integrados do meio ambiente tomaram forma a partir do início do século, seguindo-se o trabalho de BOURNE (1931), o qual reconhecendo a necessidade de dividir a superfície da terra em regiões naturais com características uniformes definiu o “unit site”, agrupando-os em “unit regions”, dando início às classificações hierárquicas sistemáticas.

Os métodos empregados, ao grosso modo, dividem-se em objetivos (estudos paramétricos) e subjetivos, estes últimos contando com um ou mais fatores básicos de integração, ou apenas conceituando emocionalmente a paisagem, não considerando parâmetro integrador definido.

O aspecto essencial do “holistic approach” é o seu reconhecimento de áreas com padrões característicos, refletindo processos e atividades relacionados, proposta preconizada pela UNESCO para o planejamento do uso racional da terra (SAVIGEAR, 1976).

Para cada nível de percepção abrangido pela compartimentação do território (região/sistema), as unidades devem ter uma coerência tal que sua análise permita a avaliação da situação atual de forma sintética, assim como o planejamento da ocupação racional do território (este último já na fase de zoneamento), levando-se em consideração o necessário desenvolvimento econômico, sustentado por meio da preservação das qualidades ambientais e recuperação destas quando degradadas.

Assim sendo, para a execução de toda e qualquer setorização espacial de um determinado território em sistemas ambientais, faz-se necessário, a princípio, a realização de diversos estudos básicos, visando a caracterização do meio ambiente, de modo a conhecer as diferentes estruturas existentes e a dinâmica do ambiente.

No estudo da Compartimentação Geoambiental do Estado do Ceará desenvolvido pela FUNCEME, em meados de 2009, os levantamentos pertinentes aos estudos básicos abrangeram tanto os fatores biogeofísicos (geologia, geomorfologia, solos, recursos hídricos, clima e flora) quanto os fatores socioeconômicos.

Com base nas informações reunidas no decorrer dos estudos básicos, executados por equipe multidisciplinar, foi procedida a elaboração de um diagnóstico dos componentes ambientais, visando a obtenção de seu conhecimento detalhado. Mais do que uma descrição do território estudado, o diagnóstico apresentou um caráter voltado para a análise e correlação entre os diversos componentes dos meios abiótico, biótico e antrópico. Desta forma, permitiu conhecer as diferentes condições ambientais que ocorrem no território e que são determinantes na caracterização dos sistemas ambientais e no fornecimento de subsídios para a execução do zoneamento.

Concluída a caracterização dos fatores biogeofísicos e socioeconômicos, passou-se a setorização espacial do território propriamente dita. Neste estudo, foi feita a opção pela adoção de um método subjetivo, fortemente interpretativo de imagens e mapas temáticos, muito mais adequado a um zoneamento. O referido método utiliza a geomorfologia como fator básico de integração, uma vez que esta reflete as qualidades mais estáveis do meio e sintetiza, em primeira instância, o resultado da dialética ambiental.

A adoção da compartimentação geomorfológica como critério fundamental para identificação e delimitação dos geossistemas se justifica pela maior facilidade de se identificar, delimitar e interpretar os compartimentos topográficos e as feições de modelados neles contidos.

Os compartimentos geomorfológicos, no entanto, não possuem uma homogeneidade fisionômica, sendo o resultado da combinação dinâmica e instável de elementos climáticos, hidrológicos, fitogeográficos e antrópicos. Assim sendo, os Domínios Naturais se subdividem em unidades fisionômicas mais homogêneas, denominadas de Sistemas Ambientais.

Em suma, fundamentando-se nas condições morfoestruturais e morfopedológicas, aliadas aos demais componentes de enfoque climático, hidrológico, fitogeográfico e de uso/ocupação do solo, os Sistemas Ambientais são delimitados, tendo como base a combinação de um conjunto de elementos naturais e socioeconômicos.

Após a identificação e mapeamento dos Sistemas Ambientais foi definido o seu enquadramento em uma categoria de meio ecodinâmico, com base nos critérios propostos por TRICART (1977). Propicia-se desta forma a definição da vulnerabilidade ambiental das unidades territoriais delimitadas, de acordo com as categorias apresentadas no **Quadro 4.1**.

Quadro 4.1 - Classificação Ecodinâmica do Ambiente

Categoria dos Ambientes	Condições de balanço entre Morfogênese e Pedogênese	Vulnerabilidade Ambiental
Ambientes Estáveis	Estabilidade morfogenética antiga; solos espessos e bem evoluídos; franca predominância da pedogênese sobre os processos morfogenéticos; cobertura vegetal em equilíbrio.	Nula ou Muito baixa
Ambientes de Transição	Ação simultânea dos processos morfogenéticos e pedogenéticos; incidência moderada das ações areolares; predominância de pedogênese indica tendência à estabilidade; predominância de morfogênese indica tendência à instabilidade.	Moderada a Forte
Ambientes Instáveis	Morfogênese intensificada; relevos fortemente dissecados e vertentes com declividades elevadas; condições climáticas agressivas e baixa capacidade protetora exercida pela vegetação; solos erodidos; nítida predominância da morfogênese sobre a pedogênese.	Forte
Ambientes Fortemente Instáveis	Pedogênese praticamente nula; ausência ou extrema rarefação de cobertura vegetal; incidência acentuada dos processos erosivos.	Muito Forte

Fonte: Tricart, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro, IBGE/SUPREN, 1977. 97p.

Com o enquadramento dos sistemas/sub-sistemas em uma determinada categoria de meio ecodinâmico, viabiliza-se a possibilidade de detectar o grau de vulnerabilidade do ambiente e sua sustentabilidade futura tendencial e desejada. Um quadro sinóptico dos sistemas ambientais foi elaborado, contemplando, hierarquicamente, as regiões naturais, os sistemas ambientais (geossistemas) e os sub-sistemas (geofácies).

4.3 - IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS AMBIENTAIS

O zoneamento do território da Área de Influência da Barragem Frecheirinha, efetuado com base na compartimentação geoambiental desenvolvida pela FUNCEME, que considera como fator básico de integração a geomorfologia, permitiu a divisão da

região do estudo em cinco Domínios Naturais, que representam geossistemas nitidamente diferenciados. Foram identificados na área do estudo os seguintes Domínios Naturais:

- Altos Planaltos Sedimentares: são formados pelos sedimentos pertencentes ao Grupo Serra Grande, os quais se encontram associados a zonas do topo e vertentes do Planalto da Ibiapaba. Formam um ressalto topográfico de topo aplainado composto por sedimentos do Grupo Serra Grande, delineado por escarpas abruptas, de contornos irregulares e desníveis consideráveis. Encontram-se representado pelo Planalto da Ibiapaba;
- Sertões: Corresponde a uma superfície de aplainamento, desenvolvida sobre rochas sedimentares pertencentes aos Grupos Ubajara e Jaibaras. Apresenta formas deprimidas com superfícies erosivas planas ou ligeiramente dissecadas. É a unidade de maior expressão territorial da área do estudo, tendo a maior parte da bacia hidráulica da Barragem Frecheirinha aí posicionada;
- Maciços Residuais e Inselbergues: são relevos que se encontram distribuídos de forma esparsa no domínio da Depressão Sertaneja, sendo resultantes da erosão diferencial. Encontram-se representados por áreas serranas e morros isolados (inselbergues) secos e sub-úmidos (serras da Penanduba, do Carnutim, do Rosário, etc.), bem como pelas vertentes e topos de sotavento (secos) das serras úmidas (Serra da Meruoca);
- Tabuleiros: pequenas mesetas compostas por sedimentos coluviais distribuídas ao longo da base da Ibiapaba e dos maciços, na forma de tabuleiros, os quais ocupam notadamente as porções inter-fluviais da Depressão Sertaneja. São compostas por sedimentos argilo-arenosos e areno-argilosos, que se apresentam, em certos locais, cascalhosos e laterizados na base;
- Vales: São superfícies baixas compreendendo várzeas parcialmente inundáveis. Correspondem às faixas de acumulação aluvial das planícies formadas pelo rio Coreaú e seus tributários, merecendo destaque o vale formado pelo rio Caiçara, que será barrado para formação da Barragem Frecheirinha.

A integração dos componentes biogeofísicos e socioeconômicos permitiu a definição de facetas em cada Domínio Natural dando origem a cinco sistemas ambientais (Planalto Cuestiforme da Ibiapaba, Depressão Sertaneja, Maciços Residuais e Inselbergues, Tabuleiros e Planície Fluvial) e cinco subsistemas ambientais, conforme pode ser visualizado no **Quadro 4.2** que apresenta as categorias espaciais de ambiente identificadas, as características dos componentes geoambientais e a ecodinâmica da paisagem.

O **Desenho 15/16 do Volume II** apresenta o zoneamento ambiental da área do empreendimento e região circunvizinha.

Quadro 4.2 – Categorias Espaciais de Ambiente Identificadas e Ecodinâmica da Paisagem

Categorias Espaciais de Ambientes		Características Naturais Dominantes	Potencialidades e Limitações do Ambiente	Condições Ecodinâmicas e Vulnerabilidade	Uso Compatível
Domínios Naturais	Sistemas Ambientais				
Altos Planaltos Sedimentares	Planalto Cuestiforme da Ibiapaba	Superfície cuestiforme parcialmente coincidente com a estrutura sub-horizontal, limitada por escarpas erosivas festonadas e dissecadas em cristas. escoamento superficial no reverso da cuesta com rios de padrões paralelos e escoamento intermitente. Ocorrências de cascatas obsequentes nos rebordos. Clima Úmido e Sub-Úmido com precipitações entre 1100 – 1400mm. Predomínio de solos Latossolos e Argissolos Vermelho-Amarelos nas áreas do reverso imediato e rebordo úmido. Cobertura vegetal de Matas Úmidas	Zona com potencialidade alta para o desenvolvimento do sistema agropecuário diversificado (policultura / gado). Potencial edáfico, topográfico e climático favorável no topo úmido. Boa disponibilidade de recursos hídricos superficiais e subterrâneos.	Ambiente estável e de transição	Áreas propícias ao uso agrícola com policultura (horticultura, fruticultura e lavouras comerciais) e pecuária semi-intensiva
Sertões Ocidentais e dos Pés de Serra do Planalto da Ibiapaba	Depressão Sertaneja	Superfície pediplanada truncando variados tipos de rochas sedimentares pertencentes ao Grupo Ubajara (Formações Trapiá, Caiçaras - Frecheirinha e Coreau) e ao Grupo Jaibaras (Formações Massapê, Aprazível e Pacujá). em pedimentos predominantemente conservados e com eventuais setores de relevos dissecados em colinas rasas e em interflúvios tabulares. Apresenta relevo plano ou levemente ondulado com cotas topográficas entre 100 e 200 m. Apresenta drenagem moderada com padrão subdendrítico e cursos d'água de regime intermitente sazonal. Solos rasos a moderadamente profundos revestidos por caatinga arbustiva/arbórea densa relativamente degradada.	Áreas propícias ao uso agrícola e a pecuária extensiva. Limitações naturais impostas pela irregularidade do regime pluviométrico. Baixo potencial de águas subterrâneas. Baixa capacidade de suporte dos recursos naturais renováveis. Exploração indiscriminada da caatinga lenhosa para fins energéticos. Poucas restrições a expansão urbana e da rede viária.	Ambiente de transição com tendência à instabilidade	Áreas propícias às atividades agropastoril, agroextrativismo vegetal e ao extrativismo mineral com utilização controlada de rochas para material de construção. Exploração de calcário no domínio da Formação Frecheirinha do Grupo Ubajara. Nesta os calcários distribuem-se em faixas irregulares na região compreendida entre a vertente leste da Ibiapaba e o maciço da Meruoca, na área a jusante da Barragem Frecheirinha.
Maciços Residuais e Inselbergs	Serras Secas e Sub-úmidas	Superfícies serranas interiores (serras e morros isolados) ou encostas de sotavento das serras úmidas, com vertentes íngremes e dissecadas em cristas, lombadas, colinas e interflúvios semi-tabulares. Compostas por litotipos variados do embasamento cristalino. escoamento superficial com rios de padrões dendríticos e escoamento intermitente sazonal. Apresentam solos rasos a medianamente profundos e afloramentos rochosos, revestidos por vegetação de matas secas e caatinga.	Potencial edáfico favorável em determinados trechos, com limitações de natureza climática e topográfica. Ambientes muito vulneráveis aos efeitos da erosão acelerada.	Ambiente de transição com tendência a instabilidade nas vertentes mais íngremes e com vulnerabilidade moderada a forte. Tendência de estabilidade nos setores de topografia mais suave ou plana.	Áreas favoráveis e parcialmente favoráveis à silvicultura e às lavouras de ciclo longo.

Categorias Espaciais de Ambientes		Características Naturais Dominantes	Potencialidades e Limitações do Ambiente	Condições Ecodinâmicas e Vulnerabilidade	Uso Compatível
Domínios Naturais	Sistemas Ambientais				
		Destacam-se entre as serras secas da região as serras da Penamduba, do Carnutim e do Rosário, além do topo e vertentes secas da Serra da Meruoca com altitudes entre 600 e 900m.			
Tabuleiros	Tabuleiros Interiores com coberturas Colúvicas Detríticas	Rampas de acumulação interiores em depressão periférica de planalto sedimentar, dissecada em interflúvios tabulares. Composta por coberturas colúvio-eluvionais (areias sílticas, argilosas, localmente laterizadas). Escoamento intermitente sazonal e rede de drenagem com padrões sub-dendríticos. Predomínio de solos Argissolo Vermelho-Amarelo e Latossolos revestidos pela vegetação de caatinga.	Potencial edáfico e topográfico favorável às atividades agrícolas e a pecuária com limitações de natureza climática.	Ambiente estável.	Áreas favoráveis às atividades agropecuária e extrativismo vegetal.
Vales	Planícies Fluviais	Ocorrem como feições azonais, ocupando faixas de deposição aluvial bordejando as calhas fluviais do rio Coreaú e outros cursos d'água de menor caudal, com destaque para o rio Caiçaras, que será barrado pela Barragem Frecheirinha. Superfícies baixas compreendendo várzeas parcialmente inundáveis com sedimentos aluviais. Predomínio de solos Neossolos Flúvicos profundos e mal drenados, revestidos por matas ciliares, com trechos degradados pela agricultura de subsistência praticada nestas áreas. Nos tributários, o pequeno porte da rede de drenagem não favorece a formação de áreas de várzeas, sendo a cobertura vegetal representada pelo mesmo tipo de vegetação que ocorre nas áreas periféricas a estes cursos d'água.	Potencial edafoclimático e topográfico favorável às atividades agrícolas. Bom potencial de recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Áreas sujeitas a alagamentos periódicos, além de apresentarem drenagem imperfeita com riscos de salinização dos solos. Limitadas com relação à expansão urbana nos baixos níveis de terraços fluviais devido aos riscos de enchentes. Alta vulnerabilidade à poluição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Restrições legais visando à preservação das matas ciliares.	Ambientes de transição com tendência a estabilidade em condições de equilíbrio natural. Baixa vulnerabilidade a ocupação.	Áreas favoráveis às atividades agropecuária, agroextrativismo, pesca artesanal, atividades ligadas ao lazer e mineração controlada. Faz-se necessário o respeito aos limites das faixas de preservação permanente estabelecidas por lei.

5 - INSTRUMENTOS DE GESTÃO E CONTROLE AMBIENTAL

5 - INSTRUMENTOS DE GESTÃO E CONTROLE AMBIENTAL

5.1 - COMPATIBILIZAÇÃO DO PROJETO COM A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL VIGENTE

O Estado do Ceará vem sendo constantemente assolado por secas periódicas, razão pela qual o aproveitamento dos seus recursos hídricos é de fundamental importância para o seu processo de desenvolvimento. Tendo em vista que o problema da escassez de água, associado ao crescimento acelerado da população, vem provocando o aparecimento de regiões cujas potencialidades hídricas estão esgotadas ou sujeitas a racionamento do uso da água nos períodos de estiagens prolongadas, torna-se necessária a implantação de reservatórios para o atendimento da demanda. No entanto, faz-se necessária a implementação de um planejamento que considere em seu bojo os efeitos ambientais decorrentes da construção deste tipo de empreendimento.

Desta forma é de suma importância o conhecimento dos instrumentos legais existentes, com os quais o empreendimento deverá estar em conformidade, visando a proteção do meio ambiente de sua área de influência, tendo para tanto sido elaboradas sínteses dos aspectos legais que regem a legislação ambiental vigente, as quais são esboçadas a seguir agrupadas por temas ou recursos ambientais sobre as quais dispõem:

Preceito Constitucional

- Artigo 225 da Constituição Federal: reza que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações;
- Constituição Estadual;
- Leis Orgânicas dos municípios de Frecheirinha, Coreaú, Ubajara e Mucambo.

Política Nacional do Meio Ambiente

- Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, alterada pelas Leis nº 7.804/89 e 8.028/90 e regulamentada pelos Decretos nº 97.632/1989, 99.274/1990, 4.297/2002 e 5.975/2006: dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, definindo diretrizes gerais de

conservação ambiental, compatibilizando o desenvolvimento das atividades econômicas com a preservação do meio ambiente. Institui, ainda, o licenciamento ambiental;

- Lei Federal nº 8.028, de 12 de abril de 1990: dá nova redação ao Art. 1º, aos incisos I, II e III do Art. 6º, ao Art. 8º da Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981;
- Lei Federal nº 7.804, de 18 de julho de 1989: altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, a Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989, a Lei nº 6.803, de 2 de julho de 1980;
- Lei Federal nº 9.960, de 28 de janeiro de 2000: Institui a Taxa de Serviços Administrativos - TSA, em favor da Superintendência da Zona Franca de Manaus - Suframa, estabelece preços a serem cobrados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - Ibama, cria a Taxa de Fiscalização Ambiental – TFA;
- Lei Federal nº 9.966, de 28 de abril de 2000: dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências;
- Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000: regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências;
- Lei Federal nº 10.165, de 27 de dezembro de 2000: altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação;
- Lei Federal nº 11.105, de 24 de março de 2005: em seu Art. 37 altera a descrição do Código 20 do Anexo VIII da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, acrescido pela Lei nº 10.165, de 27 de dezembro de 2000 e dá outras providências;
- Lei Federal nº 11.284, de 02 de março de 2006: dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui, na estrutura do Ministério do Meio

Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro - SFB; cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal - FNDF; altera as Leis nºs 10.683, de 28 de maio de 2003, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, 4.771, de 15 de setembro de 1965, 6.938, de 31 de agosto de 1981, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973;

- Lei Federal nº 11.941, de 27 de maio de 2009: altera a legislação tributária federal relativa ao parcelamento ordinário de débitos tributários; concede remissão nos casos em que especifica e dá outras providências;
- Lei Complementar nº 140, de 08 de dezembro de 2011: Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981;
- Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012: dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996 e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965 e 7.754, de 14 de abril de 1989 e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências;
- Lei Federal nº 12.727, de 17 de outubro de 2012: altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.

Política Estadual do Meio Ambiente

- Lei Estadual nº 11.411, de 28 de dezembro de 1987 e suas modificações posteriores (regulamentada pelo Decreto nº 20.067/89): dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente e cria a Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE) e o Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA);

- Lei Estadual nº 12.274, de 05 de abril de 1994: altera a redação dos artigos que especifica da Lei nº 11.411, de 28 de dezembro de 1987, acrescenta outros e dá outras providências;
- Lei Estadual nº 12.413, de 10 de janeiro de 1995 - Altera a Alínea "e" e acrescenta as Alíneas "v" "x" e "z" ao parágrafo único do artigo 3º da Lei Nº 11.411, de 28 de dezembro de 1987;
- Lei Estadual nº 12.910, de 09 de junho de 1999 - Altera o Art. 3º, seu parágrafo único e o Art. 4º da Lei nº 11.411, de 28 de dezembro de 1987 e dá outras providências;
- Lei Estadual nº 15.773, de 10 de Março de 2015 - Extingue o Conselho de Políticas e Gestão do Meio Ambiente – CONPAM e cria a Secretaria do Meio Ambiente – SEMA e estabelece a vinculação da Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE à SEMA;
- Lei Estadual nº 15.798, de 01 de junho de 2015 – Define em seu Artigo 3º as competências da SEMA.

Licenciamento Ambiental

- Decreto Federal nº 99.274, de 06 de junho de 1990: Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938/81 e estabelece no seu Capítulo IV os critérios para licenciamento das atividades modificadoras do meio ambiente;
- Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986 (modificada no seu Artigo 2º pela Resolução CONAMA nº 011, de 18/03/86): estabelece definições, responsabilidades, critérios básicos e diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente;
- Resolução CONAMA nº 006, de 24 de janeiro de 1986: institui e aprova modelos para publicação de pedidos de licenciamento, sua renovação e respectiva concessão;

- Resolução CONAMA nº 011, de 18 de março de 1986: altera e acrescenta incisos na Resolução CONAMA nº 001/86 que torna obrigatória a elaboração de estudos de impacto ambiental para determinados tipos de empreendimentos;
- Resolução CONAMA nº 009, de 03 de dezembro de 1987: regulamenta a questão das audiências públicas;
- Resolução CONAMA nº 005, de 15 de junho de 1988: exige o estabelecimento de processo licenciatório para as obras de captação de projetos de sistemas de abastecimento d'água, cuja vazão seja acima de 20,0% da vazão mínima da fonte hídrica, no ponto de captação, e que modifiquem as condições físicas e/ou bióticas dos corpos d'água;
- Resolução CONAMA nº 002, de 16 de abril de 1996: determina a implantação de unidade de conservação de domínio público e uso indireto, preferencialmente, Estação Ecológica a ser exigida em licenciamento de empreendimentos de relevante impacto ambiental, como reparação de danos ambientais causados pela destruição de florestas e outros ecossistemas. Revoga a Resolução CONAMA nº 10/87;
- Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997: revisa os procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental;
- Portaria SEMACE nº 201, de 13 de outubro de 1999: Estabelece normas técnicas e administrativas necessárias à regulamentação do sistema de licenciamento de atividades utilizadoras de recursos ambientais no território do Estado do Ceará. Revoga a Portaria SEMACE nº 201/96;
- Resolução COEMA nº 09, de 29 de maio de 2003: institui o Termo de Compromisso de Compensação Ambiental, e estabelece normas e critérios relativos a fixação do seu valor, modo, lugar e tempo do pagamento, bem como a quem deve ser pago e a aplicação desses recursos à gestão, fiscalização, monitoramento, controle e proteção do meio ambiente no Estado do Ceará;
- Instrução Normativa SEMACE nº 01/2010: define normas a serem seguidas pela SEMACE nas diversas etapas e fases do procedimento licenciamento ambiental

dos empreendimentos, obras ou atividades utilizadoras de recursos ambientais, potencial ou efetivamente poluidoras, bem como aqueles que causem, sob qualquer forma, degradação ambiental;

- Lei Estadual nº 15.093, de 29 de dezembro de 2011: institui o cadastro técnico estadual de atividades potencialmente poluidoras ou utilizadoras de recursos ambientais, a taxa de controle e fiscalização ambiental do Estado do Ceará;
- Lei Estadual nº 16.444, de 12 de dezembro de 2017: Altera o anexo II da Lei Estadual nº 15.093, de 29 de dezembro de 2011;
- Resolução COEMA nº 01, de 01 de fevereiro de 2018: estabelece revisão dos procedimentos para o Licenciamento Ambiental Simplificado das obras emergenciais necessárias ao enfrentamento da seca no Estado Ceará;
- Instrução Normativa IBAMA nº 12, de 13 de abril de 2018: Institui o Regulamento de Enquadramento de pessoas físicas e jurídicas no Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais;
- Resolução COEMA nº 02, de 11 de abril de 2019: dispõe sobre os procedimentos, critérios, parâmetros e custos aplicados aos processos de licenciamento e autorização ambiental no âmbito da SEMACE.

Proteção do Meio Ambiente de Forma Abrangente

- Decreto Federal nº 84.426, de 24 de janeiro de 1980: dispõe sobre erosão, uso e ocupação do solo, poluição da água e poluição do solo;
- Portaria Interministerial nº 917, de 06 de junho de 1982: dispõe sobre a mobilização de terra, poluição da água, do ar e do solo;
- Lei Federal nº 7.347, de 24 de julho de 1985: disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico, e dá outras providências;
- Resolução CONAMA nº 03/87: dispõe sobre o ressarcimento de danos ambientais causados por obras de grande porte;

- Decreto-Lei Federal nº 95.733, de 12 de fevereiro de 1988: dispõe sobre a inclusão no orçamento dos projetos e obras federais, de recursos destinados a prevenir ou corrigir os prejuízos de natureza ambiental, cultural e social decorrentes da execução desses projetos e obras;
- Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998: denominada de “Lei dos Crimes Ambientais”. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente;
- Portaria SEMACE nº 202, de 13 de outubro de 1999: estabelece normas administrativas necessárias à regulamentação do procedimento de fiscalização, autuação e prazos, concedidos pelos Departamentos Técnicos e Florestal e Procuradoria Jurídica para comparecimento à SEMACE, aos responsáveis por infração ambiental;
- Portaria SEMACE nº 117, de 22 de junho de 2007: dispõe sobre os procedimentos administrativos aplicáveis às condutas e atividades lesivas ao meio ambiente no âmbito de competência da SEMACE;
- Decreto Federal nº 6.514, de 22 de julho de 2008: dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências.

Compensação Ambiental

- Resolução COEMA nº 09, de 29 de maio de 2003: Institui no âmbito da Política Estadual do Meio Ambiente do Estado do Ceará o compromisso de compensação ambiental por danos causados ao meio ambiente e pela utilização de recursos ambientais;
- Resolução CONAMA nº 371, de 05 de abril de 2006: estabelece diretrizes aos órgãos ambientais para o cálculo, cobrança, aplicação, aprovação e controle de gastos de recursos advindos de compensação ambiental, conforme a Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza-SNUC

- Resolução COEMA nº 06, de 06 de abril de 2017: altera dispositivo da Resolução COEMA nº 09, de 29 de maio de 2003 e dá outras providências;
- Resolução COEMA nº 11, de 04 de setembro de 2014: cria no âmbito do Estado do Ceará, a metodologia de cálculo do grau de impacto ambiental para fixação do percentual de valoração da compensação ambiental;
- Resolução COEMA nº 26, de 10 de dezembro de 2015: altera no âmbito do Estado do Ceará, a metodologia de cálculo do grau de impacto ambiental para fixação do percentual de valoração da compensação ambiental.

Proteção dos Recursos Hídricos

- Decreto Federal nº 24.643, de 10 de julho de 1934: decreta o Código das Águas;
- Decreto Federal nº 28.481, de 07 de dezembro 1940: dispõe sobre a poluição das águas;
- Lei Federal nº 3.824, de 23 de novembro de 1960: exige o desmatamento da área da bacia hidráulica de reservatórios;
- Decreto Federal nº 30.877, de 20 de junho de 1961: dispõe sobre o lançamento de resíduos tóxicos ou oleosos nas águas interiores ou litorâneas do país, e dá outras providências;
- Portaria MINTER nº 124, de 20 de agosto de 1980: baixa normas no tocante à prevenção de poluição hídrica;
- Lei Estadual nº 10.148, de 02 de dezembro de 1977 (regulamentada pelo Decreto nº 14.535, de 02/06/81): dispõe sobre a preservação e controle dos recursos hídricos existentes no Estado do Ceará e dá outras providências;
- Lei Estadual nº 12.217, de 18 de novembro de 1993: Cria a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará – COGERH;
- Lei Estadual nº 12.522, de 15 de dezembro de 1995: define como áreas especialmente protegidas as nascentes e olhos d'água e a vegetação natural no seu entorno e dá outras providências;

- Portaria SEMACE nº 097, de 03 de abril de 1996: estabelece padrões de lançamentos nos corpos receptores para efluentes industriais e de outras fontes de poluição hídrica;
- Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997: institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- Portaria nº 518, de 25 de março de 2004: estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências;
- Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005: dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Revoga, em seu Artigo 50, a Resolução CONAMA nº 020, de 18 de junho de 1986;
- Lei Estadual nº 14.844, de 28 de dezembro de 2010: dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos (SIGERH) no Estado do Ceará, o qual está a cargo da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH). Revoga a Lei Estadual nº 11.996, de 24 de julho de 1992;
- Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010: estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais. Cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do Art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do Art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000;
- Resolução COEMA nº 20, de 28 de outubro de 2010: estabelece procedimentos para a exigência do documento de outorga do uso da água no curso do licenciamento ambiental;

- Resolução CNRH nº 143, de 10 de julho de 2012: estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo volume do reservatório, em atendimento ao Art. 7º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010;
- Resolução CNRH nº 144, de 10 de julho de 2012: estabelece diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, em atendimento ao Art. 20 da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que alterou o Art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997;
- Decreto Estadual nº 31.076, de 12 de dezembro de 2012: regulamenta os artigos 6º a 13º da Lei nº 14.844/2010, na parte referente à outorga de direito de uso dos recursos hídricos e de execução de obras e serviços de interferência hídrica. Cria o Sistema de Outorga para Uso da Água e de Execução de Obras e dá outras providências. O pedido de outorga de direito de uso de águas deverá ser encaminhado a SRH através do preenchimento de formulário padrão fornecido por esta, na qual deverá constar informações sobre destinação da água; fonte onde se pretende obter a água; vazão máxima pretendida; tipo de captação da água, equipamentos e obras complementares, bem como informações adicionais para a aprovação do pedido. Quando a outorga envolver obras ou serviços de oferta hídrica sujeitos à licença prévia da SRH (açudes, transposição de água bruta, barragem de derivação ou regularização de nível d'água e poços), será obrigatória a apresentação desta, aproveitando-se sempre que possível os dados e informações já apresentados para o licenciamento;
- Decreto Estadual nº 31.077, de 12 de dezembro de 2012: regulamenta a Lei nº 14.844/2010, que dispõe sobre a Política Estadual dos Recursos Hídricos, no que diz respeito a conservação e a proteção das águas subterrâneas no Estado do Ceará e dá outras providências;
- Lei Complementar nº 162, de 20 de junho de 2016: Institui a Política Estadual de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário no Estado do Ceará, institui o Sistema Estadual de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário, o Sistema

Estadual de Informações em Saneamento, e cria o Fundo Estadual de Saneamento;

- Decreto Estadual nº 32.032, de 02 de setembro de 2016: dispõe sobre a cobrança pelo uso dos Recursos Hídricos superficiais e subterrâneos de domínio do Estado do Ceará ou da União por delegação de competência, e dá outras providências;
- Lei Estadual nº 16.033, 20 de junho de 2016: dispõe sobre a política de reuso de água;
- Lei Estadual nº 16.096, 27 de julho de 2016: dispõe sobre publicidade das outorgas de uso de Recursos Hídricos;
- Lei Estadual nº 16.103, 02 de setembro de 2016: cria a tarifa de contingência pelo uso dos Recursos Hídricos em período de situação de escassez hídrica;
- Resolução COEMA nº 02, de 02 de fevereiro de 2017: dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras. Revoga as Portarias SEMACE nº 154, de 22 de julho de 2002 e nº 111, de 05 de abril de 2011, e altera a Portaria SEMACE nº 151, de 25 de novembro de 2002.
- Portaria SRH/CE Nº 2.747, de 19 de dezembro de 2017: Estabelece o cadastro estadual de barragens e a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do plano de segurança da barragem, das inspeções de segurança regular e especial, da revisão periódica de segurança de barragem e do plano de ação de emergência, conforme art. 8º, 9º, 10, 11 e 12 da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB;
- Lei Estadual nº 16.693, de 14 de dezembro de 2018: altera o artigo 7º da Lei Estadual nº 12.217, de 18 de novembro de 1993;
- Lei Estadual nº 16.852, de 20 de março de 2019: altera a Lei Estadual nº 14.844, de 28 de dezembro de 2010, acrescentando novos parágrafos;

- Decreto Estadual N° 33.024, de 27 de março de 2019: Dispõe sobre a cobrança pelo uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos de domínio do Estado do Ceará ou da união por delegação de competência.

Proteção da Flora e da Fauna

- Lei Federal n° 5.197, de 03 de janeiro de 1967: dispõe sobre a proteção à fauna;
- Portaria SUDEPE n° N-0001, de 04 de janeiro de 1977: dispõe sobre a observância de medidas de proteção à fauna aquática nos projetos de construção de barragens;
- Decreto Federal n° 89.336, de 31 de janeiro de 1984: dispõe sobre reservas ecológicas e áreas de relevante interesse ecológico e dá outras providências;
- Resolução CONAMA n° 004, de 18 de setembro de 1985 (alterada pela Lei n° 7.803/89): define critérios, normas e procedimentos gerais para a caracterização e estabelecimento de reservas ecológicas;
- Lei Federal n° 7.754, de 14 de abril de 1989: estabelece medidas para proteção das florestas existentes nas nascentes dos cursos d'água.
- Resolução CONAMA n° 013, de 06 de dezembro de 1990: estabelece normas referentes ao entorno de unidades de conservação;
- Lei Federal n° 6.902, de 27 de abril de 1991: dispõe sobre a criação de estações ecológicas e áreas de proteção ambiental;
- Lei Estadual n° 12.488, de 13 de setembro de 1995: dispõe sobre a Política Florestal do Estado do Ceará;
- Resolução CONAMA n° 002, de 16 de abril de 1996: determina a implantação de unidade de conservação de domínio público e uso indireto, preferencialmente, Estação Ecológica a ser exigida em licenciamento de empreendimentos de relevante impacto ambiental, como reparação de danos ambientais causados pela destruição de florestas e outros ecossistemas. Revoga a Resolução CONAMA n° 10/87;

- Decreto Estadual nº 24.221, de 12 de setembro de 1996: regulamenta a Lei nº 12.488, de 13 de setembro de 1995, que dispõe sobre a Política Florestal do Estado do Ceará;
- Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000 (regulamentada pelo Decreto nº 4.340, de 22/08/02 e alterada pelo Decreto nº 5.566, de 26/10/05): regulamenta o Art. 225, parágrafo 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal e institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão de unidades de conservação;
- Resolução CONAMA nº 302, de 20 de março de 2002: dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de entorno;
- Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002: dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente;
- Resolução CONAMA nº 369, de 28 de março de 2006: dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP;
- Lei Estadual nº 14.198, de 5 de agosto de 2008: institui a Política Estadual de Combate e Prevenção à Desertificação e dá outras providências;
- Resolução CONAMA nº 428, de 17 de dezembro de 2010: dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o § 3º do Artigo 36 da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências". Alterada pela Resolução CONAMA nº 473/2015 (altera o §2º do Art. 1º e o inciso III do art. 5º). Revoga as Resoluções CONAMA nº 10/1988, nº 11/1987, nº 12/1988, nº 13/1990 e altera as Resoluções nº 347/2004 e nº 378/2006;

- Lei Estadual nº 14.950, de 27 de junho de 2011: institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação do Ceará - SEUC, e dá outras providências;
- Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012: dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996 e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965 e 7.754, de 14 de abril de 1989 e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências;
- Lei Federal nº 12.727, de 17 de outubro de 2012: altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o Item 22 do Inciso II do Art. 167 da Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do Art. 4º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012;
- Resolução COEMA nº 18, de 12 de setembro de 2013: dispõe sobre as normas e critérios relativos às intervenções em APP's;
- Instrução Normativa ICMBio nº 7, de 10.11.2014: estabelece procedimentos para licenciamento e autorização de pesquisa em Unidades de Conservação Federais e suas Áreas de Amortecimento, incluindo cavernas;
- Instrução Normativa IBAMA nº 21, de 24 de dezembro de 2014: institui o Sinaflor, em observância dos arts. 35 e 36 da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012;
- Resolução CONAMA nº 473, de 14 de dezembro de 2015: prorroga os prazos previstos no §2º do Art. 1º e Inciso III do Art. 5º da Resolução CONAMA nº 428/2010;
- Resolução COEMA nº 10, de 11 de junho de 2015: dispõe sobre a atualização dos procedimentos, critérios, parâmetros e custo aplicados aos processos de licenciamento e autorização ambiental no âmbito da Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE;

- Resolução COEMA nº 22, de 03 de dezembro de 2015: dispõe no âmbito do licenciamento ambiental, sobre a autorização para fins de licenciamento ambiental do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), para empreendimentos com diferentes graus de impacto ambiental;
- Resolução COEMA nº 25, de 10 de dezembro de 2015: aprova alteração da Resolução COEMA nº 10/2015 para acréscimo das atividades 03.20 e 03.21, sujeitas a licenciamento simplificado, ao Grupo de Atividade 03.00 – Coleta, Transporte, Armazenamento e Tratamento de Resíduos Sólidos e Produtos;
- Resolução COEMA nº 1, de 04 de fevereiro de 2016: dispõe sobre a definição de impacto ambiental local e regulamenta o cumprimento ao disposto no Art. 9º, XIV, a, da Lei Complementar nº 140, de 08 de dezembro de 2011
- Resolução COEMA nº 02, de 03 de março de 2016: aprova alteração da Resolução COEMA nº 10/2015 para acréscimo da atividade 03.22, sujeita a licenciamento simplificado, ao Grupo de Atividade 03.00 – Coleta, Transporte, Armazenamento e Tratamento de Resíduos Sólidos e Produtos;
- Lei nº 16.002, de 02 de maio de 2016: Cria o Programa de Valorização das Espécies Vegetais Nativas;
- Resolução COEMA nº 10, de 01 de setembro de 2016: aprova alteração dispositivo da Resolução COEMA nº 22, de 03 de dezembro de 2015 no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização para fins de licenciamento ambiental do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC) para empreendimentos com diferentes graus de impacto ambiental;
- Resolução COEMA nº 13, de 15 de dezembro de 2016: revoga o Parágrafo 1º do Artigo 6º da Resolução COEMA nº 10, de 11 de junho de 2015;
- Resolução COEMA nº 14, de 15 de dezembro de 2016: revoga o Parágrafo Único do Artigo 19º e altera os Anexos I e IV, Tabela I, da Resolução COEMA nº 10, de 11 de junho de 2015;
- Resolução COEMA nº 11, de 1º de junho de 2017: altera os Anexos I e II da Resolução COEMA nº 10, de 11 de junho de 2015;

- Resolução COEMA nº 07, de 06 de abril de 2017: altera os Códigos 05.01, 05.02, 05.04 e 05.08 da Resolução COEMA nº 10, de 11 de junho de 2015;
- Resolução COEMA nº 03, de 12 de abril de 2018: estabelece prazo para que os municípios que já executaram as atividades de licenciamento e autorização ambiental, anteriormente à publicação da Resolução nº 01/2016 se adequem aos critérios e parâmetros nela estabelecidos;
- Resolução COEMA nº 02, de 11 de abril de 2019: dispõe sobre os procedimentos, critérios, parâmetros e custos aplicados aos processos de licenciamento e autorização ambiental no âmbito da Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE.

Controle e Disciplinamento da Exploração Minerária

- Decreto-Lei Federal nº 227 de 28 de fevereiro de 1967 (alterado pelas Leis nº 6.567, de 24/09/78 e nº 7.805, de 18/06/89): institui o Código de Mineração;
- Lei Federal nº 6.403, de 15 de dezembro de 1976: modifica dispositivos do Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração), alterado pelo Decreto-Lei nº 318, de 14 de março de 1967;
- Lei Federal nº 6.567, de 24 de setembro de 1978: dispõe sobre o regime especial para exploração e o aproveitamento das substâncias minerais que especifica e dá outras providências;
- Decreto Federal nº 97.632 de 10 de abril de 1989: regulamenta o Art. 2º Inciso VIII da Lei nº 6.938 de 31/08/81 (Política Nacional do Meio Ambiente), no que se refere à recuperação de áreas degradadas pela atividade minerária;
- Resolução CONAMA nº 010, de 06 de dezembro de 1990: estabelece critérios específicos para o licenciamento ambiental de extração mineral da Classe II;
- Lei nº 7.805, de 18 de junho de 1989 (regulamentada pelo Decreto nº 98.812, de 09/01/90): altera o Decreto-Lei nº 227, de 28/02/67, institui o regime de lavra garimpeira, extingue o regime de matrícula e dá outras providências;

- Portaria DNPM nº 26, de 31 de janeiro de 1990: regulamenta o procedimento de habilitação a outorga da permissão de lavra garimpeira de que trata a Lei nº 7.805, de 18/06/89;
- Lei Federal nº 8.982, de 24 de janeiro de 1995: dá nova redação ao Art. 1º da Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978, alterado pela Lei nº 7.312, de 16 de maio de 1985;
- Lei nº 9.827, de 27 de agosto de 1999 (regulamentada pelo Decreto nº 3.358, de 02/02/2000): dispõe sobre a extração de substâncias minerais para uso exclusivo em obras públicas;
- Portaria DNPM nº 155, de 12 de maio de 2016: Aprova a Consolidação Normativa do DNPM e revoga os atos normativos consolidados;
- Medida Provisória nº 790, de 25 de julho de 2017: altera o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 - Código de Mineração, e a Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978, que dispõe sobre regime especial para exploração e aproveitamento das substâncias minerais que especifica e dá outras providências;
- Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017: cria a Agência Nacional de Mineração (ANM); extingue o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM); altera as Leis nº 11.046/2004 e 10.826/2003; e revoga a Lei nº 8.876/1994 e dispositivos do Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração).

Proteção do Patrimônio Histórico e Cultural

- Decreto-Lei nº 4.146, de 04 de março de 1942: dispõe sobre a proteção dos depósitos fossilíferos;
- Lei nº 3.924, de 26 de julho de 1961: dispõe sobre a proteção dos monumentos arqueológicos e pré-históricos;
- Lei nº 7.347, de 24 de julho de 1985: disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico e dá outras providências;

- Resolução CONAMA nº 005, de 06 de agosto de 1987: aprova o Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico;
- Portaria nº 07, de 01 de dezembro de 1988, da Secretaria do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional: estabelece os procedimentos necessários para pesquisa e escavações em sítios arqueológicos;
- Portaria IBAMA nº 887, de 15 de junho de 1990: dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico nacional;
- Decreto nº 99.556, de 01 de outubro de 1990: dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no Território Nacional e dá outras providências;
- Portaria IBAMA nº 57, de 05 de junho de 1997: institui o Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas - CECAV, que tem por finalidade normatizar, fiscalizar e controlar o uso do patrimônio espeleológico brasileiro;
- Decreto nº 6.640, de 07.11.2008: dá nova redação ao Decreto nº 99.556/1990.
- Resolução CONAMA nº 347, de 10 de setembro de 2004: dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico. Revoga a Resolução CONAMA nº 005, de 06 de agosto de 1987;
- Portaria MMA nº 358, de 30.09.2009: institui o Programa Nacional de Conservação do Patrimônio Espeleológico.
- Instrução Normativa IPHAN nº 001, de 25 de março de 2015: estabelece procedimentos administrativos a serem observados pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional nos processos de licenciamento ambiental dos quais participe;
- Instrução Normativa FUNAI nº 2, de 27 de março de 2015: estabelece procedimentos administrativos a serem observados pela Fundação Nacional do Índio - FUNAI nos processos de licenciamento ambiental dos quais participe;

- Instrução Normativa PALMARES nº 001, de 25 de março de 2015: estabelece procedimentos administrativos a serem observados pela Fundação Cultural Palmares nos processos de licenciamento ambiental dos quais participe;
- Portaria nº 137, de 28 de abril de 2016: que estabelece diretrizes de Educação Patrimonial no âmbito do IPHAN e das Casas de Patrimônio;
- Portaria nº 196, de 18 de maio de 2016: dispõe sobre os procedimentos e recomendações para conservação de bens arqueológicos móveis.

A penalização pelo não cumprimento da legislação pertinente ao patrimônio pré-histórico citada é prevista no Código Penal Brasileiro (Parte especial, Título II - Dos crimes contra o patrimônio, Capítulo IV - Do dano).

Desapropriações

- Normas do Governo do Estado e da SRH-CE.

Ressalta-se que a desapropriação deverá ser efetivada através de Decreto Estadual específico, ficando a cargo do órgão empreendedor, no caso, a SRH-CE, a negociação e aquisição parcial ou total dos imóveis que são abrangidos em parte, ou na sua totalidade pela área de inundação máxima futura e pela faixa de proteção do reservatório.

Reassentamento de População

- Normas do Governo do Estado e da SRH-CE;
- Lei nº 12.524, de 19 de dezembro de 1995: considera impacto socioambiental relevante em projetos de construção de barragens, o deslocamento das populações habitantes na área a ser inundada pelo lago formado e dá outras providências;
- Resolução nº 04, de 18 de julho de 1996 - Considera impacto ambiental relevante sobre o meio socioeconômico em projetos de construção de barragens no Estado do Ceará, o deslocamento de populações que habitam a área a ser inundada pelo lago formado pela respectiva obra, acrescida das suas respectivas faixas de proteção e dá outras providências.

Controle da Disposição de Resíduos Sólidos

- Lei nº 12.225, de 06 de dezembro de 1993: considera a coleta seletiva e a reciclagem do lixo como atividades ecológicas de relevância social e de interesse público no Estado do Ceará;
- Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002: estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil;
- Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010: institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências;
- Resolução nº 448, de 18 de janeiro de 2012: altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10º e 11º da Resolução CONAMA nº 307/2002;
- Lei Estadual nº 16.032, de 20 de junho de 2016: institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos no âmbito do estado do Ceará. Revoga a Lei Estadual nº 13.103, de 24 de janeiro de 2001.

No âmbito municipal figuram, ainda, como dispositivos legais os Códigos de Obras e Posturas dos municípios de Frecheirinha, Coreaú, Ubajara e Mucambo. Merece, ainda, menção, embora não constitua dispositivo legal, o Plano Estadual de Recursos Hídricos, elaborado pela Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH), em meados de 1991.

5.2 - COMPATIBILIZAÇÃO DO PROJETO COM PLANOS E PROGRAMAS CO-LOCALIZADOS

Objetivando verificar a inserção regional do Projeto da Barragem Frecheirinha foram levantados os planos e projetos governamentais implementados ou projetados que exerçam influência sobre a área do projeto, ou que sejam por este influenciados.

Conforme o Plano de Ações Estratégicas de Recursos Hídricos do Ceará de 2018, a Barragem Frecheirinha está classificada como empreendimento estratégico para a Bacia do Coreaú, dado os vazios hídricos ainda existentes na bacia. A implantação desse reservatório contempla, a princípio, o reforço e ampliação da malha de abastecimento de água da cidade de Frecheirinha, além da possibilidade de se estabelecer um polo de

desenvolvimento agrícola na região do baixo Coreaú, área que apresenta uma razoável disponibilidade de solos irrigáveis, submetida a uma maior regularidade de chuvas.

Com o enfoque de garantir a segurança hídrica para o Estado mediante a implantação de adutoras de água tratada oriunda de reservatórios estratégicos, citamos o Projeto Malha d'Água. O referido projeto contempla a implantação de 34 sistemas adutores e quatro eixos de integração abrangendo um total de 179 municípios e beneficiando 6.297.383 habitantes. A região do Coreaú, onde será construída a Barragem Frecheirinha, deverá contar com quatro sistemas adutores abrangendo 14 municípios e beneficiando uma população de 350.716 habitantes.

Não foram constatados projetos que exerçam ou sofram influências do Projeto da Barragem Frecheirinha decorrentes de intersecções com as áreas das obras ou da bacia hidráulica deste reservatório.

Quanto à ocorrência de projetos ou empreendimentos implementados ou projetados que exerçam influência em termos de concorrência sobre o Projeto da Barragem Frecheirinha, não foram identificados, a priori, a existência de projetos que concorram para os mesmos objetivos pleiteados pelo projeto deste reservatório.

5.3 - SITUAÇÃO DO PROCESSO DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL DO PROJETO

O pedido de licenciamento ambiental da Barragem Frecheirinha ora em análise, ainda não foi encaminhado à SEMACE - Superintendência Estadual do Meio Ambiente pelo órgão empreendedor do projeto, devendo dentro em breve ser enviado a este órgão a documentação necessária.

5.4 - INSTITUIÇÕES INTEGRANTES DA MATRIZ INSTITUCIONAL DO PROJETO

O arranjo institucional existente na área de influência do Projeto da Barragem Frecheirinha vinculado aos setores de recursos hídricos e meio ambiente com destaque para os aspectos que têm incidência direta ou indireta na implantação e operação do referido reservatório é composto por instituições federais, estaduais e municipais.

Dentre as instituições federais que tem atuação na área do estudo, o IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis atuará na

concessão da licença de desmatamento da faixa de domínio da área das obras e da bacia hidráulica do reservatório.

O IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional e a ANM – Agência Nacional de Mineração terá sua atuação vinculada à proteção dos patrimônios arqueológico e paleontológico, respectivamente, tendo em vista que a Barragem Frecheirinha será implantada sobre coberturas sedimentares de idade quaternária, representadas pelos sedimentos aluvionares, onde os riscos de ocorrências de fósseis são enquadrados como de baixo a médio.

No âmbito estadual, a SRH – Secretaria dos Recursos Hídricos do estado do Ceará desenvolve ações voltadas para a construção de obras hídricas, sendo responsável pela implantação das obras da Barragem Frecheirinha. Assim sendo, funcionará como concedente dos recursos hídricos represados, que garantirá a oferta de água na Bacia do Coreaú.

A COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará participará do gerenciamento dos recursos hídricos represados e na concessão das outorgas de uso da água aí captada, além de efetuar a sua operação e manutenção.

A SEMACE, por sua vez, atuará no licenciamento ambiental da implantação do referido reservatório, bem como das jazidas de empréstimos a serem exploradas. Definirá, também, a compensação ambiental exigida pela legislação ambiental para a implantação de projetos de grande porte, a ser paga pelo órgão empreendedor.

Com a formação do reservatório diversas infraestruturas de uso público serão submersas fazendo-se necessário suas relocações, estando estas representadas principalmente por estradas municipais e redes elétricas. Assim sendo, deverão ser estabelecidos contatos com os governos municipais de Frecheirinha, Coreaú, Mucambo e Ubajara, bem como com a ENEL Distribuição Ceará, visando definir as medidas a serem adotadas.

Por último, o IDACE - Instituto do Desenvolvimento Agrário do Ceará será envolvido na regularização do processo de desapropriação das áreas necessárias para implantação das obras preconizadas.

