

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	1
LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE TABELAS.....	9
4. ÁREA DE INFLUÊNCIA.....	11
4.1. DEFINIÇÃO E DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO EMPREENDIMENTO E TEMAS DE ANÁLISE.....	12
4.1.1. Definições das Áreas de Influência.....	12
4.2. DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DO EMPREENDIMENTO.....	15
4.2.1. Delimitação da Área Diretamente Afetada – ADA.....	15
4.2.2. Área de Influência Direta - AID.....	19
4.2.3. Área de Influência Indireta.....	20
5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA.....	22
5.1. MEIO FÍSICO.....	22
5.1.1. CLIMA E CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS.....	22
5.1.1.1. Metodologia.....	22
5.1.1.2. Clima.....	23
5.1.1.3. Precipitação.....	25
5.1.1.4. Ventos.....	27
5.1.1.5. Temperatura.....	35
5.1.1.6. Umidade Relativa.....	37
5.1.1.7. Insolação - Fotoperíodo Mensal.....	38
5.1.1.8. Balanço Hídrico.....	40
5.1.1.8.1. Principais Usos.....	42
5.1.1.8.2. Síntese das Demandas Hídricas.....	43
5.1.1.8.3. Barragem Aramado Ribeiro Gonçalves.....	44
5.1.1.8.4. Vazão Regularizada da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves.....	45
5.1.1.8.5. Balanço Hídrico Quantitativo para Barragem Armando Ribeiro Gonçalves.....	46
5.1.1.8.5.1. Projeções das Demandas de Água.....	47
5.1.1.8.6. Síntese das Demandas Hídricas da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves.....	50
5.1.1.8.7. Estimativa de Demanda Hídrica do Empreendimento em Relação ao Reservatório Armando Ribeiro Gonçalves.....	51
5.1.1.8.8. Projeções da Oferta Hídrica Futuras.....	51
5.1.2. GEOLOGIA.....	54

5.1.2.1. Geologia Regional.....	54
5.1.2.1.1. Domínio Geológico do Rio Grande Do Norte	55
5.1.2.1.2. Litoestratigrafia	57
5.1.2.1.2.1. Complexo Caicó	58
5.1.2.1.1.2. Grupo Seridó	59
5.1.2.1.1.3. Suíte Magmática Poço da Cruz	60
5.1.2.1.1.4. Formação Equador.....	61
5.1.2.1.1.5. Formação Serra dos Quintos.....	61
5.1.2.1.1.6. Formação Jucurutu	62
5.1.2.1.1.7. Formação Seridó e Grupo Seridó Indiferenciado	63
5.1.2.1.1.8. Mapa Geológico do Rio Grande do Norte – CPRM (2006)	64
5.1.2.3. Geologia Local	66
5.1.2.3.1. Magnetito	67
5.1.2.3.2. Itabiritos.....	69
5.1.2.3.3. Colúvio	72
5.1.2.3.4. Quartzito Ferruginoso	73
5.1.2.3.5. Gnaiss	74
5.1.2.3.6. Xistos.....	76
5.1.2.3.7. Mármore Calcítico.....	76
5.1.2.2. Geologia Estrutural.....	79
5.1.2.3.8. Mapeamento Geológico Atual e Integração de Dados	82
5.1.2.3.9. Sondagem	85
5.1.2.3.9.1. Primeira Campanha de Sondagem – Ano 2004	86
5.1.2.3.9.2. Segunda Campanha de Sondagem – Anos 2007 a 2009	86
5.1.2.3.10. Estimativa da Reserva de Minério de Ferro da Mina do Bonito.....	88
5.1.2.3.10.1. Considerações sobre o Relatório Gemcom – Ano 2012.....	88
5.1.2.4. Caracterização dos Aspectos da Geodiversidade na ADA do Empreendimento	88
5.1.2.4.1. Geodiversidade <i>In Situ</i> e <i>Ex Situ</i>	90
5.1.2.4.2. Recursos Naturais	91
5.1.2.4.3. Proposta de Roteiro Geoturístico para Jucurutu.....	91
5.1.2.4.3.1. Geossítios de Jucurutu e da Área de Influência de Empreendimento	92
5.1.2.4.4. Quadro Síntese.....	105
5.1.3. GEOMORFOLOGIA	107
5.1.4 SOLO	114
5.1.4.1. <i>Introdução</i>	114
5.1.4.2. <i>Objetivos</i>	114
5.1.4.2.1. Objetivo Geral	114
5.1.4.2.2. Objetivos Específicos.....	115
5.1.4.3. <i>Materiais e Métodos</i>	115

5.1.4.3.1. Coleta dos Solos	116
5.1.4.3.2. Análises Realizadas	118
5.1.4.3.2.1. Comportamento Laterítico - Classificação MCT	118
5.1.4.4. Caracterização Química e Mineralógica.....	119
5.1.4.5. Estudo das Propriedades Físicas	120
5.1.5. Estudos Pedológicos	124
5.1.6. Resultados	124
5.1.6.1. Comportamento Laterítico – Classificação Mct	124
5.1.6.2. Caracterização Química E Mineralógica	125
5.1.6.2.1. Determinação de pH	125
5.1.6.2.2. Ensaio de Fluorescência de Raios-X (FRX) com perda ao fogo e Ensaio de Difração de Raios-X (DRX) com identificação de fases cristalinas	126
5.1.6.2.2. Estudo Das Propriedades Físicas	127
5.1.6.2.2.1. Massa específica dos sólidos	127
5.1.6.2.2.2. Análise Granulométrica	128
5.1.6.2.2.3. Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade	129
5. Permeabilidade a carga constante (Taxa de Absorção)	129
5.1.6.3. Ensaio de compactação Proctor	130
5.1.7. Estudos do Solos na área	132
5.1.7.4. Neossolos Litólicos.....	136
5.1.7.5.1. Características Morfológicas do Solo	139
5.1.7.5.2. Características Físicas do Solo	140
5.1.7.5.3. Características Químicas do Solo	140
5.1.8. Considerações Finais.....	141
5.1.9. Levantamento Fotográfico	142
5.1.10. RECURSOS HÍDRICOS	150
5.1.10.1. Águas Superficiais.....	152
5.1.10.2. Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açú	154
5.1.11. Águas Subterrâneas.....	160
5.1.11.1. Reservas Renováveis e Disponibilidade Hídrica	160
5.1.11.2. Qualidade das Águas Superficiais.....	164
5.1.11.3. O Problema do Esgotamento Sanitário e Cargas Poluidoras	166
5.1.12. Cargas Poluidoras Provenientes dos Esgotos Domiciliar Urbano.....	168
5.1.13. Qualidade das Águas Subterrâneas.....	172
5.1.14. Balanço Hídrico de Qualidade de Água	173
5.1.15. Hidrogeologia	175
5.1.15.1. Domínio Hidrogeológico da Área de Influência do Empreendimento	176
5.1.16. Qualidade da Água	185
5.1.16.1. Introdução.....	185

5.1.16.2. Procedimentos Metodológicos para determinação da Qualidade da Água na Barragem Armando Ribeiro Gonçalves	186
5.1.16.3. Serviços Executados	187
5.1.16.3.1. Pontos de Amostragem.....	187
5.1.16.4. Análises de Campo (<i>in situ</i>)	190
5.1.16.5. Análises Laboratoriais	191
5.1.16.5.1. Ensaio Químicos e Microbiológicos.....	191
5.1.16.6. Ensaio de Toxicidade	198
5.1.16.6.1. Balneabilidade da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves	198
5.1.16.7. Qualidade das águas Subterrâneas.....	200
5.1.16.8. Considerações Finais.....	200
5.1.17. Usos das Águas.....	202
5.1.17.1. Abastecimento Doméstico e Industrial	202
5.1.17.2. Relação com Preservação da Flora Fauna	203
5.1.17.3 A Fauna de Peixes	205
5.1.17.4. Preservação da flora e fauna da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves e outros reservatórios	205
5.1.18. Os problemas ambientais da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves no Vale do Açú	207
5.1.18.1. Impactos na Biodiversidade.....	209

LISTA DE FIGURAS

Figura 4-1. Área de Influência.....	12
Figura 4-2. Área Direta Afetada pelo empreendimento está inserida no interior do Processo ANM Nº 848.211/2003, local conhecido como Bonito, município de Jucurutu/RN.	16
Figura 4-3. Detalhe da Área de Influência Afetada a partir da área requerida ao DNPM, Processo 848.211/2003.	18
Figura 4-4. Delimitação da Área de Influência Direta – AID do empreendimento envolvendo os cinco municípios da bacia hidrográfica do rio Piranhas Açú.	21
Figura 5.1-6. Direção predominante dos Ventos no Rio Grande do Norte. Fonte: SRTM (topodata) UFRN: Sudene (1990).	33
Figura 5.1-7. Velocidade média horária do vento (linha cinza escura), com faixas do 25º ao 75º e 10º ao 90º Percentil. Fonte: WEATHERSPARK, 2020.	34
Figura 5.1-8. Direção média horária predominante dos ventos em Jucurutu/RN. Fonte: WEATHERSPARK, 2020.	35
Figura 5.1-9. Temperaturas máximas e mínimas no município de Jucurutu. Fonte: WEATHERSPAR, 2020.	36
Figura 5.1-10. Caracterização compactada das temperaturas médias em Jucurutu/RN. Fonte: WEATHERSPAR, 2020.	37
Figura 5.1-11. A porcentagem de tempo passado nos vários níveis de conforto de umidade, categorizada pelo ponto de orvalho. Fonte: WEATHERSPAR, 2020.	38
Figura 5.1-12. Horas de luz solar e crepúsculo em Jucurutu/RN. Fonte: WEATHERSPAR, 2020.	39
Figura 5.1-13. Nascer e pôr do sol com crepúsculo em Jucurutu/RN. Fonte: WEATHERSPAR, 2020.	39
Figura 5.1-14. Localização da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu. Fonte: ANA, 2016.	41
Figura 5.1-15. Bacias hidrográficas do Rio Grande do Norte. Fonte: Secretaria de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (SEMARH, 2017).	42
Figura 5.1-16. Composição relativa das demandas hídricas setoriais (Vazões de Retirada e de Consumo). Fonte: ANA, 2018.	44
Figura 5.1-17. Bacias Hidrográficas, reservatórios e áreas de influência do Rio Grande do Norte. Fonte: SEMARH, 2017.	45
Figura 5.1-18. Evolução das demandas totais (m³/s) por uso na bacia (Cenário Tendencial e Crítico). Fonte: ANA, 2018.	48
Figura 5.1-19. Evolução das demandas hídricas totais (m³/s) por uso na bacia (Cenário Normativo). Fonte: ANA, 2018.	49
Figura 5.1-20. Comparação entre as demandas hídricas totais nos diferentes cenários. Fonte: ANA, 2018.	49
Figura 5.1-21. Mapa Geológico do Rio Grande do Norte - Jardim de Sá (1994).	54
Figura 5.1-22. Mapa Geológico Simplificado da Folha Jaguaribe/SE, ilustrando as Feições Estruturais que limitam o Domínio Rio Grande do Norte.	55
Figura 5.1-23. Limites dos terrenos tectono-estratigráficos no mapa aeromagnético do campo total.	57
Figura 5.1-24. Mapa Geológico do Rio Grande do Norte (CPRM, 2006).....	65
Figura 5.1-25. Perfil esquemático com as principais litologias aflorantes na Mina do Bonito.	66
Figura 5.1-29. A e B: Afloramentos de Itabirito.	71
Figura 5.1-30. A: Afloramento de Itabirito; B: Itabirito com estrutura bandada e dobrada.	72

Figura 5.1-31. A e B: Colúvio.....	73
Figura 5.1-32. Testemunho de sondagem de Quartizito Ferruginoso.	74
Figura 5.1-33. Gnaiss do Complexo Caicó.....	75
Figura 5.1-34. Gnaiss do Complexo Caicó aflorante na área do empreendimento.	75
Figura 5.1-35. A: Contato do Xisto com o Itabirito; B: Vista parcial do contato.	76
Figura 5.1-36. Fotomicrografia de Mármore Calcítico com Tremolita.	77
Figura 5.1-37. Afloramento de Mármore Calcítico (A) e (B).	78
Figura 5.1-38. Estruturas Dúcteis com Ênfase na Foliação Principal (Sn) presentes nos Litotipos da Mina do Bonito.	80
Figura 5.1-39. Estruturas Rúpteis com ênfase aos grupos de fraturas presentes nos Litotipos da Mina do Bonito.	81
Figura 5.1-40. Principais estruturas planares presentes na Mina do Bonito. Estruturas Dúcteis (foliações): Sn (dobrada) e Sn+1 (clivagem de crenulação).	81
Figura 5.1-41. Principais estruturas planares presentes na Mina do Bonito. Estruturas Rúpteis: Fraturas.....	82
Figura 5.1-42. Mapa integrado de exploração mineral.	83
Figura 5.1-43. Mapa geológico da área de influência da Portaria de Lavra nº 237/2006.....	84
Figura 5.1-44. Sonda rotativa da marca Maquesonda - Modelo Mach 700 utilizada na primeira campanha de sondagem da Serra do Bonito. Fonte: Acervo da Mhag Serviços e Mineração S/A.	86
Figura 5.1-45. Rota de processo somente com separação magnética como método de concentração.	87
Figura 5.1-46. Desenho esquemático do município de Jucurutu com base hidrográfica e com a localização de alguns geossítios. Fonte: GALVÃO (2017).	93
Figura 5.1-47. Geossítio Casa de Pedras. Fonte: GALVÃO (2017).	94
Figura 5.1-48. Mapa do município de Jucurutu RN com detalhes da inserção dos sítios arqueológicos identificados até 2015. Fonte: SANTOS JÚNIOR (2015); Mapa elaborado por Getúlio Moura (2014).....	96
Figura 5.1-49. Gravuras bem marcadas pelo contraste da raspagem. Fonte: SPENCER (2007), in: EIA RIMA, Mhag, p.19.	97
Figura 5.1-50. Vista do Riacho do Chaves. Fonte: Acervo da Mhag Serviços e Mineração S/A., SPENCER (2007): in EIA RIMA, Mhag, p.8.....	98
Figura 5.1-51. Geossítio Mirantes Serra de João do Vale. Fonte: GALVÃO (2017).	99
Figura 5.1-52. Serra de João do Vale. Fonte: Acervo da Mhag Serviços e Mineração S/A., SPENCER (2007): in EIA RIMA, Mhag, p.8.....	100
Figura 5.1-53. Serra de João do Vale, vista de Jucurutu. Fonte: Acervo Florescer (2020).	100
Figura 5.1-54. Área da Mina de Sheelita desativada. Fonte: Acervo da Mhag Serviços e Mineração S/A. SPENCER (2007): in EIA RIMA, Mhag, p.16.	101
Figura 5.1-55. A e B: Furnas, cheias de água. Fonte: Acervo da Mhag Serviços e Mineração S/A., SPENCER (2007): in EIA RIMA, Mhag, p.13.....	102
Figura 5.1-56. Barragem Oiticica. Fonte: Acervo Florescer (2016).	103
Figura 5.1-57. Vista da Mina do Bonito e Serra da Caiçarinha ao fundo. Fonte: Acervo Florescer, 2020.....	104
Figura 5.1-58. Paisagem do lago formado pela Armando Ribeiro, com destaque para as dezenas de ilhotas, vista da Mina do Bonito. Fonte: Acervo Florescer, 2020.	105
Figura 5.1-59. Vista aérea do relevo regional, na área do empreendimento em Jucurutu/RN.	108

Figura 5.1-60. Mapa geomorfológico de Jucurutu. Fonte: Diagnóstico Técnico Participativo – Jucurutu – 2019. Elaborado pela Equipe de Apoio Técnico da UFRN, 2019.	109
Figura 5.1-61. Local da retirada do solo, coleta 01. Coordenadas geográficas: 5°52'52.7"S 36°58'59.3"W	116
Figura 5.1-62. Local da retirada do solo, coleta 02. Coordenadas geográficas: 5°52'26.0"S 36°59'36.4"W	117
Figura 5.1-63. Local da retirada do solo, coleta 03. Coordenadas geográficas: 5°52'28.3"S 36°58'03.1"W	117
Figura 5.1-64. Difratograma da amostra de solo.	126
Figura 5.1-65. Curva granulométrica para o solo.	128
Figura 5.1-66. Curvas de compactação obtidas nas três energias para o solo.	131
Figura 5.1-67. Vista frontal da jazida principal da Mina do Bonito. – Formações rochosas da mina do Bonito.	143
Figura 5.1-68. Vista panorâmica da Mina do Bonito e entorno.	143
Figura 5.1-69. Aspecto geral das rochas da mina do Bonito.	144
Figura 5.1-70. Solo Luvisso Crômico em área de relevo ondulado.	144
Figura 5.1-71. Foto de um local onde foi retirado material contendo minério de ferro.	145
Figura 5.1-72. Luvisso crômico de coloração vermelho escura, decorrente dos altos teores de óxidos de ferro.	145
Figura 5.1-73. Perfil pedológico de um Luvisso Crômico típico, demonstrando o solo e o subsolo.	146
Figura 5.1-74. Solo Luvisso crômico típico, demonstrando seus horizontes e as camadas saprolíticas semidecompostas e as rochas matrizes.	146
Figura 5.1-75. Aspecto geral do solo Luvisso na mina do Bonito.	147
Figura 5.1-76. Luvisso crômico lítico raso, com seu material originário.	147
Figura 5.1-77. Solo Neossolo lítico como vista do material saprolítico de rochas semidecompostas.	148
Figura 5.1-78. Neossolo lítico raso, em relevo suave ondulado, no entorno da mina do Bonito.	148
Figura 5.1-79. Solo Luvisso crômico raso, pouco intemperizado.	149
Figura 5.1-80. Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu.	150
Figura 5.1-81. Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas Açu no RN. Fonte: Secretaria de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos.	153
Figura 5.1-82. Hidrografia, Reservatórios Estratégicos e Unidades de Planejamento Hidrológico. Fonte: Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu, ANA (2016).	155
Figura 5.1-83. Vista parcial da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, foto tirada do Morro da Mina do Bonito – Jucurutu/RN. Fonte: Acervo Florescer, 2020.	156
Figura 5.1-84. Mapa da Planície de inundação do Rio Piranhas Açu, a partir da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves. Fonte: Oliveira, 2016.	159
Figura 5.1-85. Aquíferos da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu. Fonte: CPRM (2007).	163
Figura 5.1-86 Rede de monitoramento de qualidade de água atual e proposta. Fonte ANA (2018).	165
Figura 5.1-87 Cargas remanescentes nas sedes urbanas da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu: Fósforo (E) e DBO (D). Fonte ANA, 2018.	171
Figura 5.1-88. Sólidos Totais Dissolvidos nas águas subterrâneas.	172
Figura 5.1-89. Testemunhos dos furos de sonda na ADA, detalhe das profundidades variando entre 73,20 m a 80,90 m, primeira caixa e 127,59 m a 135,41 m na segunda caixa, mostra que o calcário se encontra bastante coeso sem fraturas.	176

Figura 5.1-90. Tipos de pontos d'água cadastrados no município de Jucurutu/RN.	178
Figura 5.1-91. Natureza da propriedade dos terrenos onde existem poços tubulares.	178
Figura 5.1-92. Finalidade do abastecimento dos poços.	179
Figura 5.1-93 . Situação dos poços cadastrados.	180
Figura 5.1-94. Uso da água.	180
Figura 5.1-95. Relação entre poços em uso e desativados.	181
Figura 5.1-96. Qualidade das águas subterrâneas do município.	182
Figura 5.1-97 Área de realização de pesquisa e amostragem de água. Fonte: Google Earth, 2020.	189
Figura 5.1-98. A e B: Protocolo de amostragem. Fonte: NUPPRAR, 2020.	190
Figura 5.1-99. A e B – Análises de campo realizada com auxílio de sonda multiparamétrica. Fonte: NUPPRAR, 2020.	191
Figura 5.1-100. Ponto 1 – Captação da CAERN – Sítio Itans, Jucurutu/RN. Fonte NUPPRAR, Florescer, 2020.	193
Figura 5.1-101. Ponto 2 – Comunidade Lagoa Seca, Jucurutu/RN. Fonte NUPPRAR, Florescer, 2020.	194
Figura 5.1-102. Ponto 3 - Entre a comunidade Lagoa Seca e a Mina Velha, Jucurutu/RN. Fonte NUPPRAR, Florescer, 2020.	195
Figura 5.1-103. Ponto 4 - Mina Velha de Cheelita, Jucurutu/RN. Fonte NUPPRAR, Florescer, 2020.	195
Figura 5.1-104. Ponto 5 - Comunidade Mutamba, Jucurutu/RN. Fonte NUPPRAR, Florescer, 2020.	196
Figura 5.1-105. Visão parcial da Caatinga e das áreas desnudas que circundam as margens da Barragem ARG. No detalhe na parte central da foto, observa coivaras de desmatamentos na área ciliar do corpo d'água. Fonte: Acervo da Florescer, 2020.	207

LISTA DE TABELAS

Tabela 4-1. Coordenadas da Poligonal do Processo ANM nº 848.211/2003.	16
Tabela 5.1-1. Precipitação mensal e total anual (mm) em Jucurutu, no período de 1985 a 2020.	26
Tabela 5.1-2. As estimativas das demandas hídricas Armando Ribeiro Gonçalves.	46
Tabela 5.1-3. Demandas (m³/s) por uso na barragem Armando Ribeiro (Cenário Tendencial/Crítico). Fonte: ANA, 2018.	50
Tabela 5.1-4. Demandas (m³/s) por uso na barragem Armando Ribeiro (Cenário Normativo). Fonte: ANA, 2018.	50
Tabela 5.1-5. Demandas (vazões de retirada) da Barragem Armada Ribeiro Gonçalves. Fonte: Adaptado de ANA (2016). ...	51
Tabela 5.1-6. Coluna Estratigráfica Simplificada da Mina do Bonito.	85
Tabela 5.1-7. Quadro síntese dos valores e classificações da geodiversidade <i>in situ</i> e <i>ex situ</i> das áreas de influências do empreendimento.	106
Tabela 5.1-8. Intervalo aproximado do coeficiente de permeabilidade (k), para diversos tipos de solos. Fonte: Modificado de Marsal & Reséndiz (1975).	123
Tabela 5.1-9. Resumo dos coeficientes obtidos através do ensaio de Mini-MCV e Perda de Massa por Imersão.	124
Tabela 5.1-10. Resultado da análise química semiquantitativa da amostra de solo.	126
Tabela 5.1-11. Resumo das massas específicas dos sólidos.	128
Tabela 5.1-12. Resumo dos coeficientes de permeabilidade e demais parâmetros relevantes.	129
Tabela 5.1-13. Resultados dos ensaios de compactação.	130
Tabela 5.1-14. Análises Físicas e Químicas do Luvissoilo na Mina do Bonito.	134
Tabela 5.1-15. Análises Físicas e Químicas do Luvissoilo na Mina do Bonito. (continuação).	135
Tabela 5.1-16. Análises Físicas e Químicas do Neossoilo na Mina do Bonito.	139
Tabela 5.1-17. Participação das unidades da federação na bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu.	151
Tabela 5.1-18. Situação Volumétrica de Reservatórios com capacidade superior a 5.000.000 m³ monitorados na Bacia do Piranhas Açu no Rio Grande do Norte. Fonte: Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte.	157
Tabela 5.1-19. Disponibilidade Hídrica Subterrânea por UPH.	160
Tabela 5.1-20. Aquíferos da bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu. Fonte: CPRM (2007).	162
Tabela 5.1-21. Índices urbanos de coleta e tratamento de esgotos por UPH.	167
Tabela 5.1-22. Estimativa da carga de Fósforo (P) – produzida, abatida e remanescente – dos efluentes domésticos, por UPH.	169
Tabela 5.1-23. Estimativa da carga orgânica em termos de DBO – produzida, abatida e remanescente – dos efluentes domésticos, por UPH.	170
Tabela 5.1-24. Situação dos poços cadastrados conforme a finalidade do uso.	180
Tabela 5.1-25. Classificação das águas considerando STD (Sólidos Totais Dissolvidos).	182
Tabela 5.1-26. Qualidade das águas subterrâneas no município conforme a situação do poço.	182
Tabela 5.1-27. Situação atual dos poços cadastrados no município de Jucurutu/RN.	183
Tabela 5.1-28. Planilha de dados das fontes de abastecimento.	184
Tabela 5.1-29. Localização dos Pontos de Amostragem.	188
Tabela 5.1-30. Metodologias utilizadas.	192
Tabela 5.1-31. Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas nas amostras coletadas nos 5 pontos deste monitoramento.	196

Tabela 5.1-32. Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas nas amostras coletadas nos 5 pontos deste monitoramento. (Continuação)	197
Tabela 5.1-33. Comparação da Vazão de Outorga com o consumo de água no processo industrial e doméstico do empreendimento.	202

4. ÁREA DE INFLUÊNCIA

A definição das áreas de influência consiste em uma das etapas mais importantes e complexas de uma avaliação de impacto ambiental, repercutindo diretamente na identificação dos impactos, na abrangência do diagnóstico ambiental, na adequação das medidas de mitigação propostas, no custo do estudo ambiental etc.

Segundo a Resolução CONAMA 001/86, nas diretrizes gerais apresentadas no artigo 5º, item III, estabelece a necessidade de “definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do qual o empreendimento está circunscrito, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza”. Este critério mostra-se o mais adequado, sob o aspecto teórico, por constituir-se numa área do sistema natural bem delimitada, onde os processos ambientais e as interações físicas, biológicas e humanas podem ser melhor analisados e compreendidos.

Segundo a resolução CONAMA 001/86, publicado em 17 de fevereiro de 1986, o licenciamento das atividades geradoras de impactos ambientais, dependem da elaboração e aprovação de Estudos de Impactos Ambientais (EIA) e do seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

O estudo das bacias hidrográficas permite conhecer e avaliar as interações e os processos existentes entre os seus diversos componentes. Nesse sentido, a visão sistêmica e integrada do ambiente está implícita na adoção desta unidade fundamental de análise. Dessa forma, entende-se a bacia hidrográfica como sendo a célula básica de uma análise ambiental.

A análise dos impactos ambientais em bacias hidrográficas possibilita uma série de interferência de causa e efeitos, visto que o uso das áreas de entorno, assim como nas microbacias tributárias influenciam diretamente na qualidade e quantidade de suas águas.

4.1. DEFINIÇÃO E DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO EMPREENDIMENTO E TEMAS DE ANÁLISE

A área de influência de um “empreendimento” é definida como o espaço suscetível de sofrer alterações como consequência da sua implantação, manutenção e operação ao longo de sua vida útil.

4.1.1. DEFINIÇÕES DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA

Usualmente, tal como prevê a legislação, a área de influência é delimitada em três âmbitos – **Área de Influência Indireta (AII)**, **Área de Influência Direta (AID)** e **Área Diretamente Afetada (ADA)**. Cada um desses subespaços recebe impactos nas fases de construção e operação do empreendimento, ora com relações causais diretas, ora indiretas, daí a denominação.

Na **ADA**, se localiza o empreendimento propriamente dito, muitas vezes chamada de área de intervenção, conforme a Figura 4-1 abaixo.

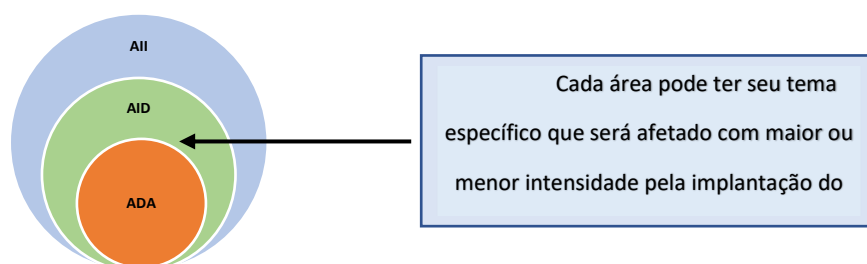


Figura 4-1. Área de Influência.

Em termos da legislação aplicável, de acordo com o artigo 2º da Resolução CONAMA 349 - considera-se a **Área Diretamente Afetada – ADA** – a área necessária para a implantação do empreendimento, incluindo suas estruturas de apoio, vias de acesso privativas que

precisarão ser construídas, ampliadas ou reformadas, bem como todas as demais operações unitárias associadas exclusivamente à infraestrutura do projeto, ou seja, de uso privativo do empreendimento. Em poucas palavras, a **ADA**, é o local onde ocorrem as intervenções relacionadas ao empreendimento.

A **Área de Influência Direta – AID** – é a área geográfica diretamente afetada pelos impactos decorrentes do empreendimento/projeto, corresponde ao espaço territorial contíguo e ampliado da ADA, em que deverá sofrer impactos, tanto positivos quanto negativos. Tais impactos devem ser mitigados, compensados ou potencializados (se positivos) pelo empreendedor. Os impactos e efeitos são induzidos pela existência do empreendimento, não como consequência de uma atividade específica dele. Resumindo, a AID, está sujeita aos impactos diretos proveniente da implantação e operação do empreendimento, além da ADA.

A delimitação **AID** é função das características físicas, biológicas e socioeconômicas dos ecossistemas do campo e das características da atividade.

Por fim, a **Área de Influência Indireta – AII** – abrange o território que é afetado pelo empreendimento, mas no qual os impactos e efeitos decorrentes do empreendimento são considerados menos significativos do que nos territórios das outras duas áreas de influência (ADA e a AID). Nessa área tem-se como objetivo analítico propiciar uma avaliação da inserção regional do empreendimento. É considerado um grande contexto de inserção da área de estudo propriamente dita. Em resumo, na **AII** os impactos provenientes da implantação e operação do empreendimento se fazem sentir de maneira indireta e com menor intensidade em relação à área de influência direta.

Área de influência indireta - pode ser definida também como: área real ou potencialmente ameaçada pelos impactos indiretos da atividade, abrangendo os ecossistemas e os meios físico, biológico e socioeconômico que podem ser impactados por alterações ocorridas na área de influência direta, assim como áreas susceptíveis de serem impactadas por possíveis acidentes na atividade.

Essas configurações territoriais, na verdade, são sínteses de rebatimentos de impactos que poderão ocorrer nos meios físico, biótico, socioeconômico, cultural e institucional. Mais que isso, há situações em que uma dada área de influência, por exemplo a AID, se diferencia para cada meio na ambiência local e/ou regional, desenhando contornos próprios, tendo-se dessa forma mais que três áreas que se superpõem.

A definição da área de influência do empreendimento foi realizada considerando-se dois enfoques, trabalhados concomitantemente. O primeiro foi dirigido para a análise dos impactos decorrentes da implantação e operação do referido projeto; o segundo foi voltado para a avaliação do passivo ambiental, ou seja, para os impactos que surgirão em decorrência da implantação e operação da Mina do Bonito em Jucurutu e das ações pretéritas, portanto, originadas desde a fase inicial de implantação do projeto até os dias atuais.

Assim, para a definição da área de influência, foram considerados os impactos decorrentes da implantação do projeto de exploração e beneficiamento do minério de ferro para produzir 2,0 MTPA de Pellet Feed, incluído todas as etapas de processo, da mina do Bonito em Jucurutu/RN, impactos que em relação ao meio ambiente ocorrerão direta ou indiretamente. E, paralelamente, foi definida durante análise retrospectiva as intervenções e ações, caracterizadas pelas obras já realizadas, e a serem realizadas, que impactarão negativamente o ambiente, de forma a garantir a mitigação dos impactos, e reduzir os passivos ambientais. A delimitação dessa área visa, ainda, possibilitar uma melhor análise das medidas a serem tomadas, de modo propor correções ou compensação em seu devido tempo, relacionados as intervenções a serem desenvolvidas, e aos respectivos impactos e medidas adotadas.

Portanto, a definição da área de influência é destinada a servir de limite geográfico para o estudo e avaliação dos impactos ambientais, tanto decorrentes das obras ora propostas quanto aos passivos ambientais a surgirem. Com isso, buscou-se propor, ao longo do desenvolvimento dos estudos, as medidas mitigadoras, preventivas e compensatórias ou potencializadoras, estas últimas quando os impactos forem identificados como positivos.

Por outro lado, além de uma etapa de suma importância, a definição da área de influência, enquanto uma determinação legal contida no art.5º, inc. III, da Resolução CONAMA nº001/86, pode implicar na exacerbação dos impactos, no caso da área de influência restrita (área diretamente afetada), ou na diluição deles, no caso de uma área de influência por demais ampliada.

Assim, com essas considerações, as áreas definidas como áreas de influência do Projeto da Mina do Bonito são:

- ▶ Área diretamente afetada, (área das intervenções, área do passivo ambiental);
- ▶ Área de influência direta;
- ▶ Área de influência indireta.

4.2. DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DO EMPREENDIMENTO

4.2.1. DELIMITAÇÃO DA ÁREA DIRETAMENTE AFETADA – ADA

Para os meios físico e biótico a Área Diretamente Afetada – ADA – corresponde à área da poligonal do Processo ANM – 848.211/2003, correspondente a área de 425,49 hectares, local ocupado pelo empreendimento propriamente dito, envolverá toda infraestrutura necessária a implantação e operação do empreendimento, cuja o uso e ocupação do solo se dá através das estradas e vias acesos a Mina do Bonito, cava da mina propriamente dita, área de beneficiamento do minério, pátio de estocagem de minério, pilhas de minério, pilha de estéril, pilha de rejeito, oficina, canteiro de obras e área administrativa.

Geograficamente, como pode ser observado nas Figuras 4-2 e 4-3, a área de diretamente afetada da mina do Bonito está situada no município de Jucurutu/RN. No interior da área requerida ao ANM do Processo nº 848.211/2003 e da Portaria de Lavra nº 237 de 31/07/2006, publicado Diário Oficial da União - DOU em 07/08/2006, cuja área corresponde

a 425,49 ha, delimitada por um polígono que tem um vértice a 1.725,38 m, no rumo verdadeiro de 90°00'NE, do ponto de Coordenadas Geográficas do vértice (V1) de Latitude 05°51'58"766 S e Longitude 36°58'55"297, conforme Tabela 4-1 que segue.



Figura 4-2. Área Direta Afetada pelo empreendimento está inserida no interior do Processo ANM Nº 848.211/2003, local conhecido como Bonito, município de Jucurutu/RN.

Tabela 4-1. Coordenadas da Poligonal do Processo ANM nº 848.211/2003.

Vértice	Sentido	Coordenadas Geográficas		Distância (m)	Coordenadas UTM	
		Latitude (S)	Longitude (E)		Longitude (X - E); (m)	Latitude (Y - S); (m)
01	01 - 02	05°51'58"766	36°58'55"297	1.725,38	723.427,278	9.351.169,974
02	02 - 03	05°51'58"765	36°57'59"219	1.709,51	725.152,658	9.351.163,759
03	03 - 04	05°52'54"404	36°57'59"218	2.800,61	725.146,493	9.349.454,244
04	04 - 05	05°52'54"405	36°59'30"245	1.215,26	722.345,883	9.349.464,358
05	05 - 06	05°52'14"852	36°59'30"244	1.075,23	722.350,268	9.350.679,613
06	06 - 07	05°52'14"852	36°58'55"297	494,24	723.425,497	9.350.675,737
07	07 - 01	05°51'58"766	36°58'55"297	-	723.427,278	9.351.169,974

Em relação à área diretamente afetada do meio socioeconômico, foram consideradas os imóveis que apresentam parcelas de terras localizadas na área de implantação da Mineração.

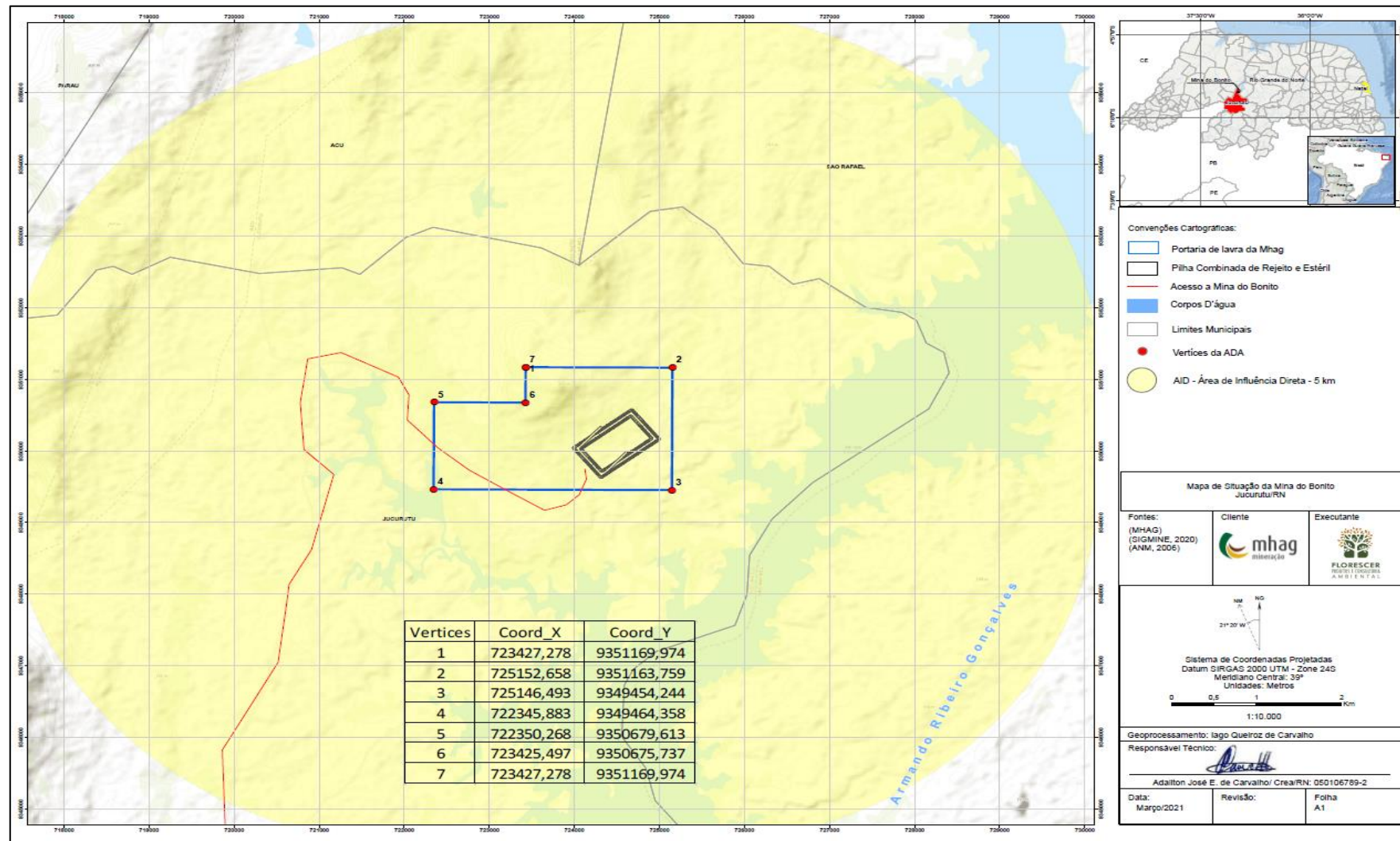


Figura 4-3. Detalhe da Área de Influência Afetada a partir da área requerida ao DNPM, Processo 848.211/2003.

4.2.2. ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA - AID

Na Área de Influência Direta abrange o espaço compreendido pela implantação e funcionamento do empreendimento, estando incluídos os meios físico, biológico e socioeconômico, adotou-se um buffer de 5 km (Figura 4-4), a partir da área diretamente afetada, levando-se em conta a direção dos ventos e as comunidades do entorno. Para a socioeconomia, o buffer se estendeu aos cinco municípios circunscritos ao empreendimento, são eles: Jucurutu, São Rafael, Triunfo Potiguar, Paraú e Açu. Todos inseridos na área de influência da bacia hidrográfica do rio Piranhas Açu.

A área de influência direta foi delimitada considerando-se: os meios físico e biológico, por refletirem os impactos mais significativos, podem ocorrer além dos limites da área de diretamente afetada, principalmente, durante a fase de implantação e operação do empreendimento. Esta área inclui as atividades de lavra, beneficiamento, pilha de rejeito e transporte do minério na área da mina do Bonito em Jucurutu/RN.

Em relação ao meio antrópico, na medida em que a área de influência direta ganha novo contorno, extrapola os limites das atividades em Jucurutu, incluindo as comunidades e as populações inseridas no contexto da bacia hidrográfica do rio Piranhas Açu, acarreta impactos de baixa magnitudes, no uso do solo e nos componentes de ordem econômico e cultural, ao mesmo tempo, gera impactos positivos na ocupação territorial e na renda, tanto na população em si, como para os municípios envolvidos, que poderão ser afetados, também, em termos de receitas pública e demandas de infraestrutura e serviços.

Em relação à área de influência direta do meio socioeconômico, a sede municipal de Jucurutu poderá ser a mais impactada em detrimento do aumento da demanda pela infraestrutura de serviços. Além da sede municipal de Jucurutu, as comunidades de Lagoa Seca e Mutamba foram consideradas como área de influência direta por estarem localizadas à 1,0 km e 8,0 Km, respectivamente de distância da sede da Mina do Bonito. Parte das estradas dos

acessos que ligam o empreendimento à Jucurutu e as comunidades também foram inseridas na área de influência direta.

4.2.3. ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA

Em Conformidade com as normas do CONAMA expressa na Resolução 001/86, e tendo por base os estudos sobre as bacias hidrográficas, adotou-se o médio curso da bacia do Piranhas Açu, o município de Jucurutu como sendo a área de influência indireta para os meios físico, biológico. E estando a área do empreendimento muito próxima dos municípios vizinhos de São Rafael, Triunfo Potiguar, Paraú e Açu, gerando influências de diversos níveis para o meio socioeconômico em relação aos cinco municípios acima citados Figura 4-4. Assim, foram considerados os limites desses municípios como área de influência indireta.



4-5.1 | 21

5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA

5.1. MEIO FÍSICO

5.1.1. CLIMA E CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

O Seridó do Rio Grande do Norte tem aspectos físico-climáticos bastante específicos. Do ponto de vista hidrográfico, por dispor de uma rede fluvial constituída por rios não-perenes. Excetuados os anos de seca, eles apresentam dois ciclos perfeitamente caracterizados: um, com escoamento, durante o período chuvoso, e outro, sem escoamento ou seco, na época de estiagem, tão logo cessam as chuvas.

5.1.1.1. METODOLOGIA

A metodologia usada neste capítulo visou descrever e analisar os fatores ambientais e as suas interações, caracterizando a situação ambiental da área de influência antes e durante a fase de instalação e operação do empreendimento.

Assim, este diagnóstico envolve os fatores susceptíveis a sofrer, direta ou indiretamente, os efeitos dos possíveis impactos durante as fases de implantação e operação do empreendimento. Para isto, foram utilizados imagens de satélites, sobrevoo, inúmeras visitas à área para reconhecimento e coleta de dados, incluindo os dados disponíveis nos documentos existentes, além de planos governamentais, de órgãos oficiais, de entidades públicas e da própria empresa MHAG, bem como legislação, cartas, ortofotocartas, fotografias, pesquisas tecnocientíficas e entrevistas, somando-se aos registros por fotos e medições de determinados fatores, de modo a melhor caracterizar e compreender a área de análise.

No entanto, o obstáculo da falta de dados, principalmente para o período que antecede a implantação do Projeto no estado, existiu, o que dificultou a análise comparativa.

Por outro lado, pela peculiaridade de cada fator ambiental estudado, por comportarem abordagem específica, está sendo oferecida a metodologia utilizada para cada um deles, separadamente, no momento da apresentação das respectivas avaliações.

A metodologia utilizada aborda os seguintes aspectos:

1. O levantamento de dados foi realizado com base na consulta dos principais bancos disponíveis no acervo da empresa MHAG Serviços e Mineração S/A e de instituições como: IDEMA, EMPARN, SUDENE, UFRN, DNOCS, DNPM, e dados da própria equipe, relativos a elementos que compõem os estudos apresentados;
2. O processamento dos dados coletados foi realizado, por meio do cálculo de médias, determinação de valores externos, padronização de unidades, construção de séries históricas, normatização e estimativas, através dos dados não disponíveis;
3. As visitas técnicas, realizadas através do contato com instituições, técnicos e pessoas, cujas atividades se desenvolvem na área e próximo do empreendimento, visando complementar com informações os resultados obtidos com o emprego de modelos matemáticos/físicos utilizados; e
4. A elaboração do relatório final, realizado com base nas observações e informações coletadas no campo e nos resultados dos modelos matemáticos empregados.

Ressalta-se que a análise inclui as atividades decorrentes do processo de lavra e beneficiamento de minério na Mina do Bonito em Jucurutu/RN.

5.1.1.2. CLIMA

A região de Jucurutu/RN está enquadrada na porção semiárida do sertão nordestino, caracterizada por possuir um clima muito quente e semiárido, a estação chuvosa se atrasa para o outono, enquadrando-se no tipo BSw'h' da classificação de Köppen (Figura 5.1-1),

caracterizado por apresentar grande irregularidade no seu regime pluviométrico, que depende de massas de ar vindas do litoral e do Oeste.

Pela classificação de Gaussen, é do tipo 4aTh, clima tropical quente de seca acentuada, com índice xerotérmico superior a 150 e inferior a 200, com 7 meses secos.

As variações anuais de temperatura variam de 25 a 38°C com médias de 28°C. As chuvas são irregulares e mal distribuídas, com média em torno do 500 mm, principalmente entre janeiro e maio, meses em que há maior pluviosidade.

Salientando a caracterização dos ventos, na maior parte do ano, com direção NNE, média intensidade e baixa frequência com dependência da época do ano e das condições climáticas.

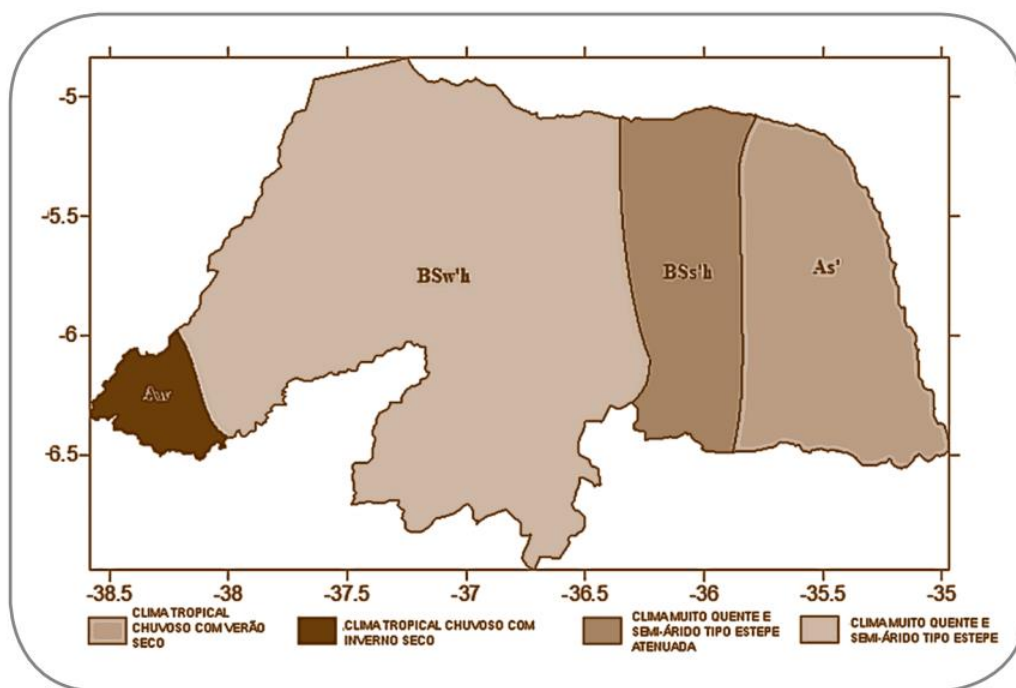


Figura 5.1-2. Mapa climático do estado do Rio Grande do Norte, segundo Köppen.

5.1.1.3. PRECIPITAÇÃO

As precipitações pluviométricas anuais do município são irregulares e mal distribuídas, com média histórica para um período de 35 anos, levantada pela EMPARN, em torno de 715 mm. Chuvas concentradas nos meses de janeiro a junho, sendo os meses em que há maior pluviosidade, irregularmente distribuídas, destacando-se os meses de março e abril como mais chuvosos, sendo os maiores volumes observado no mês de abril. A partir de julho, inicia o período de estiagem que se estende até dezembro (Figura 5.1-2).

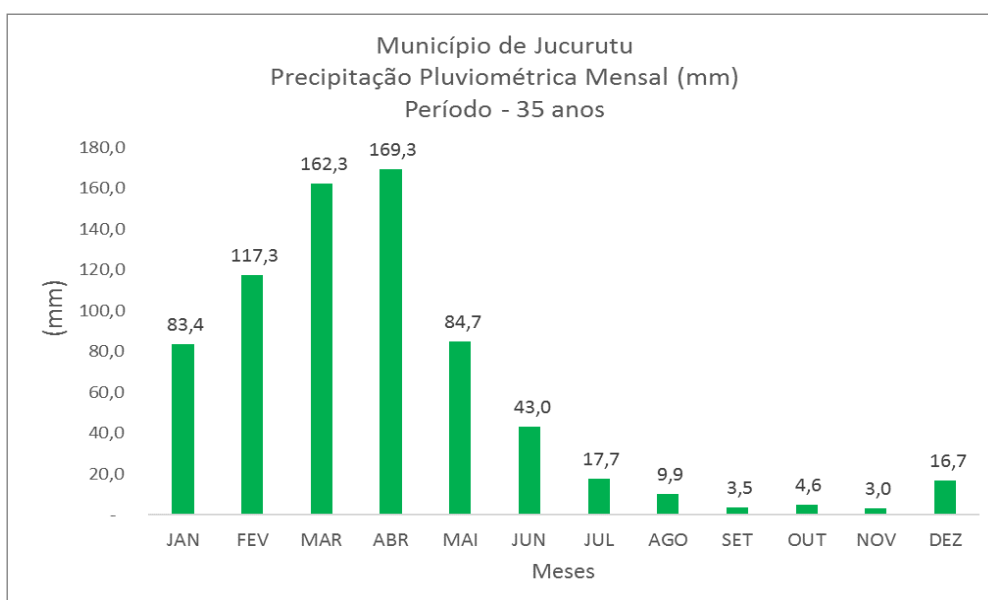


Figura 5.1-3. Precipitação média mensal para um período de 35 anos, no município de Jucurutu/RN.

Em seguida, tabela 5.1.1, apresenta os dados de precipitação em Jucurutu/RN, para o período de 35 anos. Os anos de 1985, 1986, 1989, 1994, 1996, 2002, e 2011 tiveram precipitações acima dos 1.000 mm anuais, com destaque para 1985 que foi um ano excepcional, onde houve precipitação de 1.556,4 mm (Figura 5.1-3).

Tabela 5.1.4. Precipitação mensal e total anual (mm) em Jucurutu, no período de 1985 a 2020.

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
1985	183,2	362,4	180,8	463,8	133,0	84,4	53,6	13,9	-	-	-	81,3	1.556,4
1986	137,6	171,2	326,0	230,4	83,2	61,0	15,2	3,1	8,0	11,0	-	-	1.046,7
1987	20,6	170,4	186,2	90,4	13,2	39,6	-	-	-	-	-	-	520,4
1988	59,2	60,0	320,6	236,6	108,2	32,8	21,2	13,6	3,4	-	2,6	35,0	893,2
1989	36,2	79,8	213,2	358,8	108,2	14,8	67,2	4,8	1,6	-	12,2	159,2	1.056,0
1990	14,4	98,2	52,6	52,2	34,2	29,4	16,8	21,0	16,2	-	-	-	335,0
1991	6,4	50,8	104,6	51,2	115,6	7,8	-	16,0	-	-	-	-	352,4
1992	150,7	205,2	124,4	73,2	21,4	47,0	7,6	12,0	-	-	-	-	641,5
1993	79,0	23,0	20,8	20,0	47,4	6,0	13,0	-	3,6	3,6	-	-	216,4
1994	129,8	154,0	357,2	307,8	163,6	170,4	10,6	25,0	2,0	-	12,2	42,2	1.374,8
1995	44,4	94,0	98,4	300,0	171,2	53,4	15,8	6,2	-	-	21,2	1,6	806,2
1996	156,0	72,2	240,9	411,6	82,1	8,0	45,0	14,6	8,8	-	18,6	6,4	1.064,2
1997	21,6	13,0	208,8	118,6	117,4	-	5,0	-	-	-	-	36,8	521,2
1998	77,8	42,4	105,6	8,4	-	-	8,6	7,6	-	-	3,6	-	254,0
1999	58,8	61,8	53,1	52,8	126,7	9,5	-	-	10,6	-	-	50,6	423,9
2000	98,2	236,6	80,8	128,5	46,2	50,7	9,3	125,3	43,8	-	-	12,4	831,8
2001	13,0	28,8	163,5	116,1	-	73,8	5,5	-	-	29,0	-	30,5	460,2
2002	209,1	203,4	243,8	207,9	103,9	10,9	12,0	-	-	-	-	13,8	1.004,8
2003	73,0	198,6	239,2	81,2	123,8	43,8	-	-	-	-	-	-	759,6
2004	316,7	183,7	93,5	44,7	75,0	120,8	31,4	-	-	-	-	-	865,8
2005	28,5	48,0	154,5	19,0	121,6	26,5	-	5,0	-	-	-	-	403,1
2006	-	220,4	187,2	328,3	70,0	114,0	-	-	-	-	-	-	919,9
2007	38,8	109,8	58,0	190,6	14,9	25,4	-	-	2,9	-	-	-	440,4
2008	36,1	25,5	414,6	175,4	48,0	43,3	-	9,2	14,2	-	-	-	766,3
2009	10,5	145,6	221,5	163,3	221,8	94,2	36,5	70,2	-	-	-	17,3	980,9
2010	89,4	16,0	113,0	76,0	15,5	138,3	8,8	-	-	103,6	-	-	560,6
2011	262,3	128,1	107,8	298,8	302,6	14,0	108,8	-	-	19,3	-	-	1.241,7
2012	48,6	171,5	70,5	25,0	9,2	16,4	4,8	-	-	-	-	-	346,0
2013	32,9	25,8	54,3	165,9	54,7	50,5	10,3	9,7	4,7	-	18,3	59,3	486,4
2014	29,1	130,9	129,6	276,6	151,5	25,4	8,7	-	5,5	-	12,0	-	769,3
2015	3,0	95,6	149,3	122,3	24,7	25,2	22,5	-	-	-	-	16,4	459,0
2016	179,1	80,2	68,9	57,1	59,9	14,3	-	-	-	-	-	7,6	467,1
2017	26,7	138,4	261,8	87,7	2,7	10,6	35,1	-	-	-	-	7,0	570,0
2018	27,7	126,4	120,4	371,0	68,1	11,6	9,5	-	-	-	-	8,0	742,7
2019	281,2	55,3	190,5	150,6	84,2	6,5	-	-	-	-	6,8	-	775,1
2020	23,0	196,1	126,3	233,7	125,5	69,2	55,0	-	-	-	-	-	828,8
Média	83,4	117,3	162,3	169,3	84,7	43,0	17,7	9,9	3,5	4,6	3,0	16,7	715,1

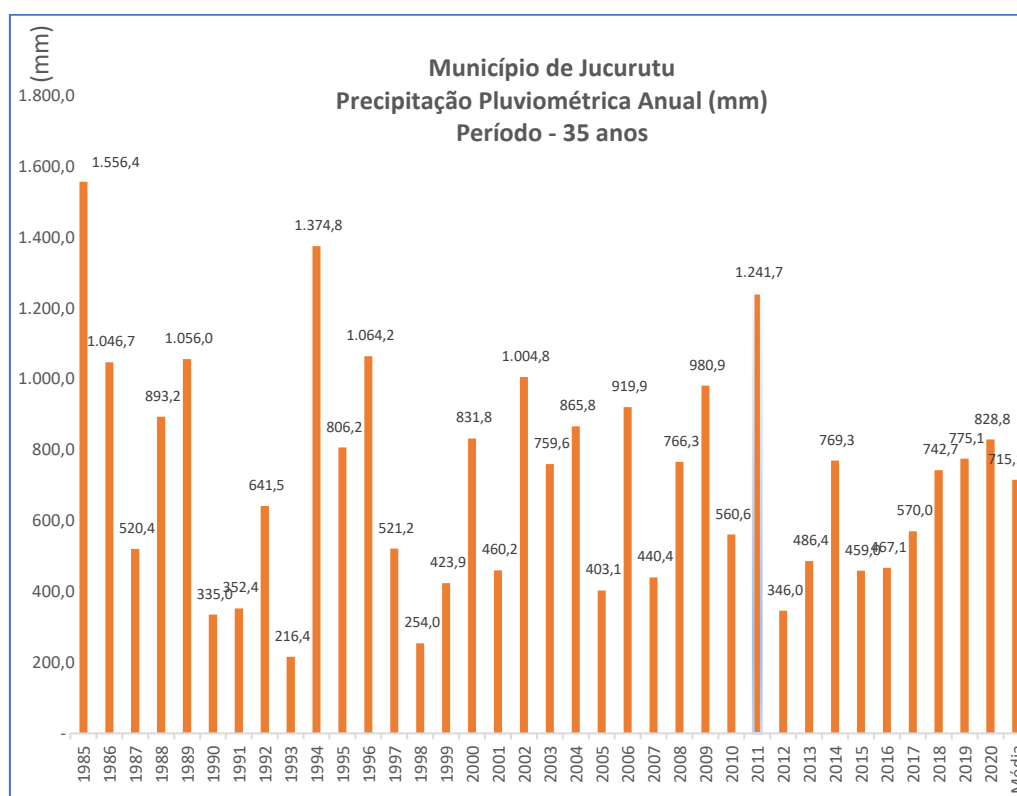


Figura 5.1-5. Gráfico da Precipitação Pluviométrica Anual (mm), no município de Jucurutu/RN, entre os anos de 1985 e 2020.

5.1.1.4. VENTOS

O regime de ventos que predomina no Rio Grande do Norte é resultante da atuação de mecanismos atmosféricos sinóticos de escala planetária, mais precisamente, da influência dos ventos alísios. Esses ventos se originam nos trópicos, nas proximidades dos paralelos 30º Norte e 30º Sul, e se dirigem para o Equador no sentido Leste-Oeste (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). Eles são secos ao se formarem sobre os continentes, porém “adquirem considerável umidade atmosférica ao se deslocarem sobre os oceanos tropicais” (MENDONÇA; DANNI OLIVEIRA, 2007, p. 89).

A convergência desses ventos provenientes do Sudeste e Nordeste ao longo das áreas de baixas pressões equatoriais dá origem à formação da Zona de Convergência Intertropical

(ZCIT). Formada em baixas latitudes, essa zona “limita a circulação atmosférica entre o hemisfério Norte e o hemisfério Sul” (MENDONÇA; DANNI OLIVEIRA, 2007, p. 90). Sua posição geográfica é móvel, uma vez que se desloca mais ao Norte e mais ao Sul a depender da época do ano.

Depois de atingirem as áreas equatoriais e serem responsáveis pela constituição da ZCIT, os alísios de Sudeste e de Nordeste ascendem até as zonas subtropicais e descendem até a superfície, retornando à ZCIT, dando início a um novo ciclo (CHRISTOPHERSON, 2012). Dentro da zona, os ventos são “calmos e levemente variáveis por causa do suave gradiente de pressão e da ascendência vertical do ar” (CHRISTOPHERSON, 2012, p. 152). No Rio Grande do Norte, a atuação da ZCIT é responsável, por exemplo, pelo maior volume de chuvas registradas durante o primeiro semestre de cada ano.

Além desse sistema de grande escala, mecanismos de mesoescala também influenciam o regime de ventos que circula no estado, em especial, as brisas terramar. Elas ocorrem nas linhas de costa e se originam das diferenças de aquecimento entre a terra e as águas do mar. Durante o dia, conforme Christopherson (2012, p. 161), a terra absorve calor mais rápido e torna-se mais quente que a água costeira [...]. Como o ar morno é menos denso, ele se eleva e dispara um fluxo de ar mais fresco do mar para repor o ar que se eleva – esse fluxo geralmente é mais forte durante a tarde; à noite as áreas em terra resfriam (irradiam calor) mais rápido do que as áreas sobre o mar. Como resultado, o ar mais fresco sobre a terra subsidie e flui para o mar, sobre águas mais aquecidas, onde o ar se eleva. Esse padrão noturno reverte o processo que se desenvolveu durante o dia.

No estado potiguar, essas brisas atuam fortemente nas porções oriental e setentrional de seu litoral. Como é possível observar na Figura 5.1-4, sucede ao longo do litoral oriental a convergência dos alísios de Leste-Sudeste com a brisa terrestre de Oeste. Por sua vez, no litoral setentrional, esses mesmos alísios de Leste Sudeste se encontram com as brisas diurnas de Sul e de Sudoeste (DINIZ; PEREIRA, 2015).

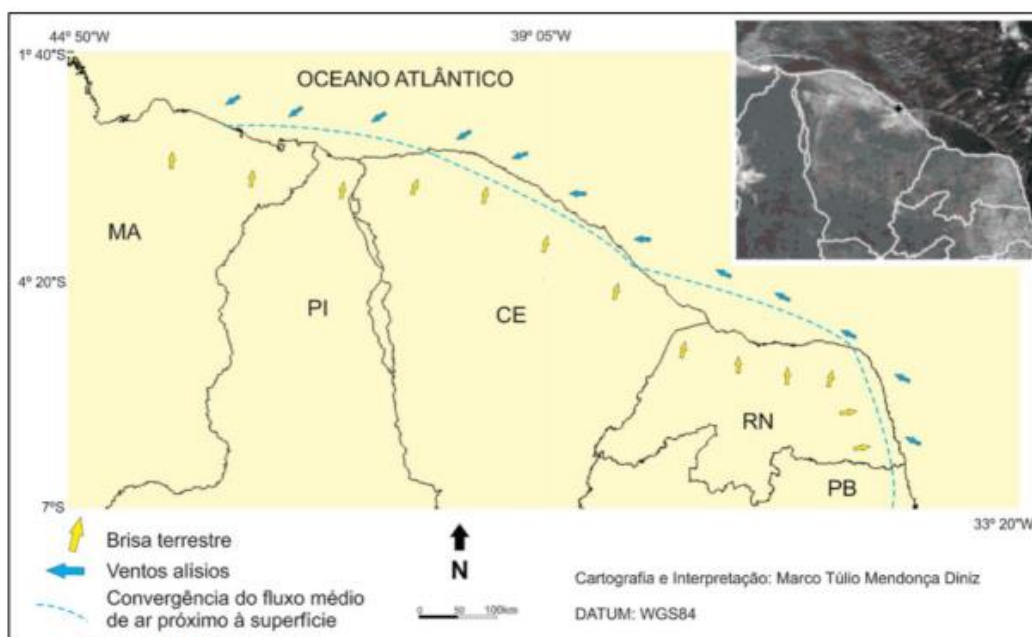


Figura 5.1-6. Interações das brisas terra-mar no litoral oriental e setentrional do Rio Grande do Norte.
Fonte: DINIZ; PEREIRA, 2015.

Essa combinação resulta em ventos médios anuais oscilantes entre 6 m/s a 9 m/s. Contudo, eles tendem a ser mais fortes e intensos no litoral setentrional, a partir do Cabo de São Roque, no município de Maxaranguape, em razão dos “menores índices de vegetação e de umidade do solo, fazendo com que a superfície do solo atinja temperaturas mais elevadas durante as horas de sol e, conseqüentemente, acentuando o contraste de temperaturas terra-mar e as brisas marinhas resultantes” (AMARANTE; ZACK; SÁ, 2001, p. 23).

Vale salientar que essa área é o trecho mais seco do litoral potiguar, cujo clima é do tipo tropical semiárido e a cobertura vegetal predominante é a caatinga. Por outro lado, o litoral Sul oriental se constitui na porção mais úmida do litoral e de todo o estado, caracterizada pelo clima tropical úmido e subúmido e vegetação de mata atlântica. Os ventos mais intensos sopram no litoral setentrional, contudo, eles perdem força à medida que se deslocam da costa para o interior, em virtude do “aumento de atrito e rugosidade da superfície e do enfraquecimento da contribuição das brisas marinhas” (AMARANTE; ZACK; SÁ, 2001, p. 24).

A rugosidade do solo é “fator redutor da velocidade dos ventos em superfície, uma vez que desempenha um efeito de fricção sobre os ventos” (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 77). Assim, diferente dos oceanos, os quais contribuem para a formação de ventos com velocidades médias elevadas, os continentes tendem a reduzi-la, em decorrência da presença de obstáculos naturais (serras, morros, chapadas, vegetação) ou artificiais (cidades, plantações).

A atuação desses mecanismos de microescala pode resultar em regimes de vento bastante particulares, podendo influenciar – além da velocidade – na direção dos ventos. Se, por um lado, a presença de elevações geomorfológicas, como serras, dificulta a circulação dos ventos nas áreas de barlavento e de sota-vento, por outro, ela possibilita a existência de velocidades médias altas em seus cumes e cristas, “onde o efeito de compressão do escoamento atmosférico é mais acentuado” (COSERN, 2003, p. 25). Nesses lugares, ocorrem importantes “acelerações orográficas e ocasionais canalizações do escoamento entre passos de montanhas, bem como uma variada e complexa interação entre o deslocamento atmosférico e as formações montanhosas” (COSERN, 2003, p. 25).

No Rio Grande do Norte, a orografia desempenha papel importante na distribuição dos ventos. As maiores elevações estão localizadas no interior do estado e estão assentadas sobre um substrato cristalino: serra de São José (831 m), serra das Queimadas (807 m), serra de Martins (760 m), serra Bico da Arara (754 m), serra da Garganta (719), serra do João do Vale (715 m), serra da Coruja (704 m), serra de Portalegre (703 m), serra de Santana (702 m), serra de Patu (699 m), serra de Jaçanã (662 m), serra de São Bernardo (638 m), serra do Panati (607 m), serrote Barriguda (602 m), pico do Cabugi (590 m) e serra de Marcelino Vieira (585 m) (FELIPE; CARVALHO; ROCHA, 2006).

Apesar das modestas altitudes, essas elevações influenciam no aumento e na diminuição da velocidade média dos ventos que sopram no estado, assim como em sua direção. As variações de velocidade e de direção dos ventos no território potiguar, decorrentes da atuação dos mecanismos de mesoescala e microescala, podem ser notadas nas rosas dos ventos apresentadas na Figura 5.1-5, construídas a partir de dados coletados

entre 24/03/2018 e 23/03/2019 pelas oito Estações Meteorológicas de Observação de Superfície Automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizadas em regiões distintas do estado.

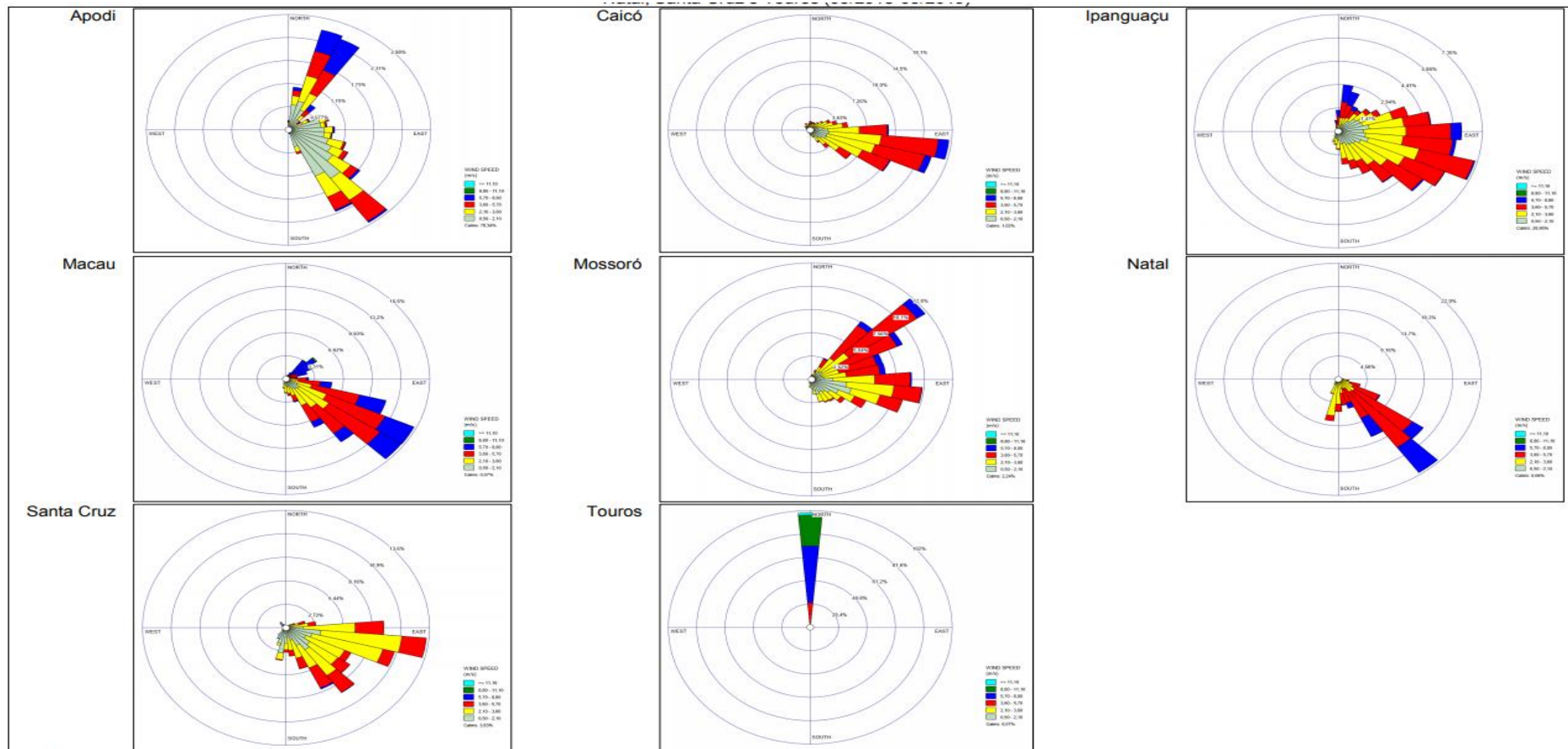


Figura 5.1-7. Rio Grande do Norte – Rosa dos ventos das estações Meteorológicas de observação de Superfície Automática do INEMET, localizadas em Apodi, Caicó, Ipanguaçu, Macau, Mossoró, Natal, Santa Cruz, e Touros (03/2018 a 03/2019). Fonte: INEMET-2019.

Analisando a rosa dos ventos (Figura 5.1-5), conclui-se que a caracterização dos ventos, na maior parte do ano, segue a direção SE-NW, Figura 5.1-6, em seis das oitos estações meteorológicas do Estado.

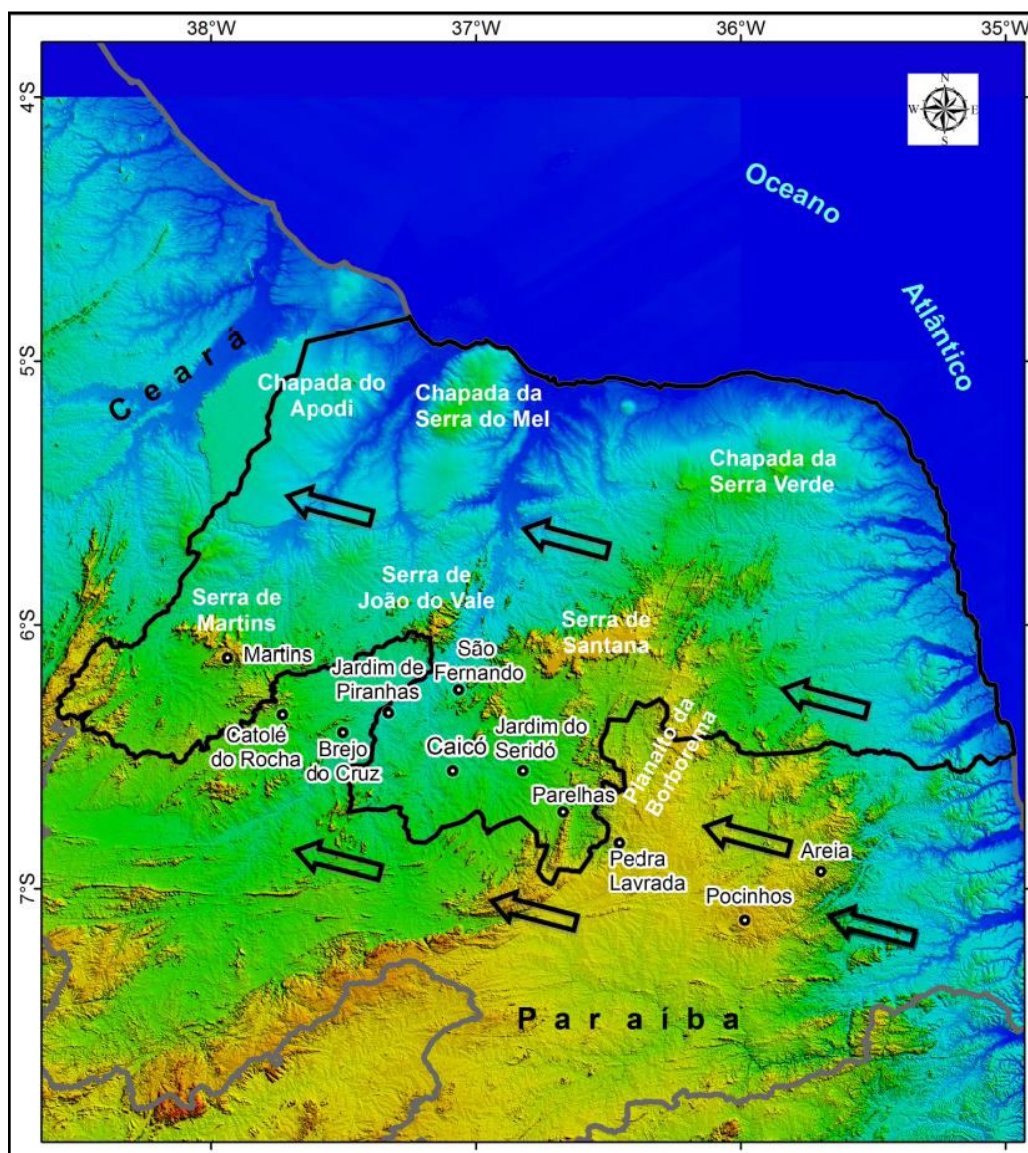


Figura 5.1-5. Direção predominante dos Ventos no Rio Grande do Norte. Fonte: SRTM (topodata) UFRN: Sudene (1990).

A velocidade horária média do vento em Jucurutu passa por variações sazonais significativas ao longo do ano. A época de mais ventos no ano dura 6,4 meses, de 1 de julho a 15 de janeiro, com velocidades médias do vento acima de 18,2 quilômetros por hora. O dia de

ventos mais fortes no ano é 22 de outubro, com 23,6 quilômetros por hora de velocidade média horária do vento.

A época mais calma do ano dura 5,6 meses, de 15 de janeiro a 1 de julho. O dia mais calmo do ano é 3 de abril, com 12,8 quilômetros por hora de velocidade horária média do vento, Figura 5.1-7.

A Figura 5.1-8, aponta a direção média horária predominante dos ventos em Jucurutu, proveniente do Leste durante todo o ano.

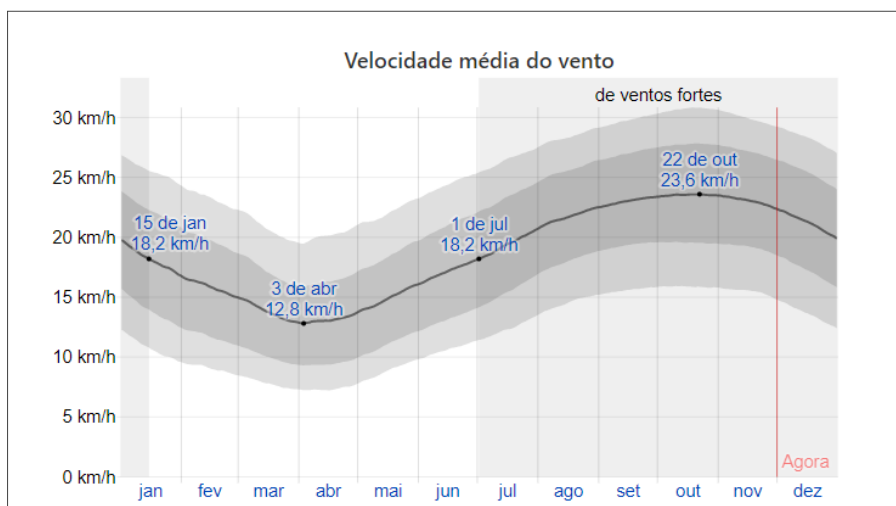


Figura 5.1-6. Velocidade média horária do vento (linha cinza escura), com faixas do 25º ao 75º e 10º ao 90º Percentil. Fonte: WEATHERSPARK, 2020.

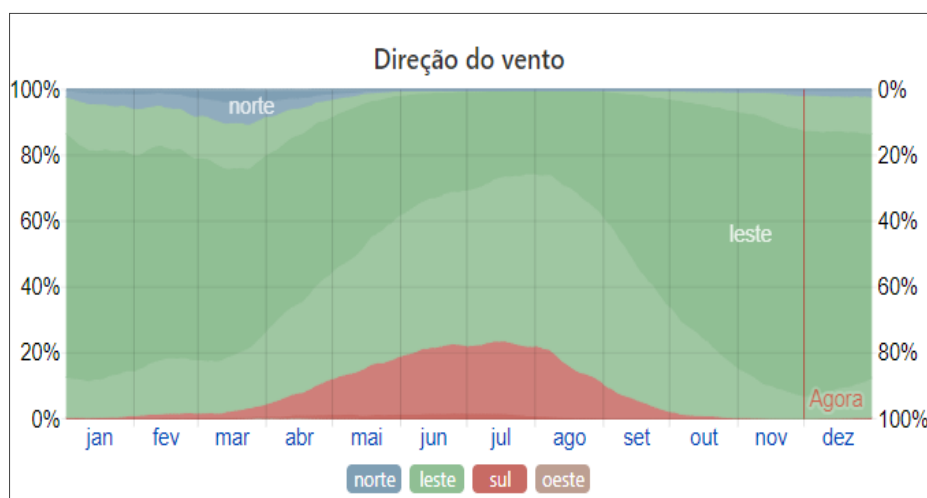


Figura 5.1-7. Direção média horária predominante dos ventos em Jucurutu/RN. Fonte: WEATHERSPARK, 2020.

A porcentagem de horas em que o vento tem direção média de cada uma das quatro direções cardeais de vento, exceto nas horas em que a velocidade média do vento é inferior a 1,6 km/h. As áreas mais esmaecidas nas interseções indicam a porcentagem de horas passadas nas direções intermediárias implícitas (nordeste, sudeste, sudoeste e noroeste).

5.1.1.5. TEMPERATURA

As variações anuais de temperatura variam de mínima 20°C, máxima 38°C, com médias de 28,1°C. As menores temperaturas ocorrem em junho, julho e agosto, marcando a estação considerada inverno. Enquanto, as temperaturas mais elevadas se observam no final da primavera e verão austral, desde novembro a fevereiro.

A estação quente permanece por 3,3 meses, de 19 de setembro a 28 de dezembro, com temperatura máxima média diária acima de 38°C. O dia mais quente do ano é 29 de outubro, cuja temperatura máxima média é de 39°C e a mínima média é de 23°C.

A estação fresca permanece por 4,3 meses, de 19 de março a 27 de julho, com temperatura máxima diária em média abaixo de 34°C. O dia mais frio do ano é 1 de agosto, com média de 20°C para a temperatura mínima e 35°C para a máxima, Figura 5.1-9.

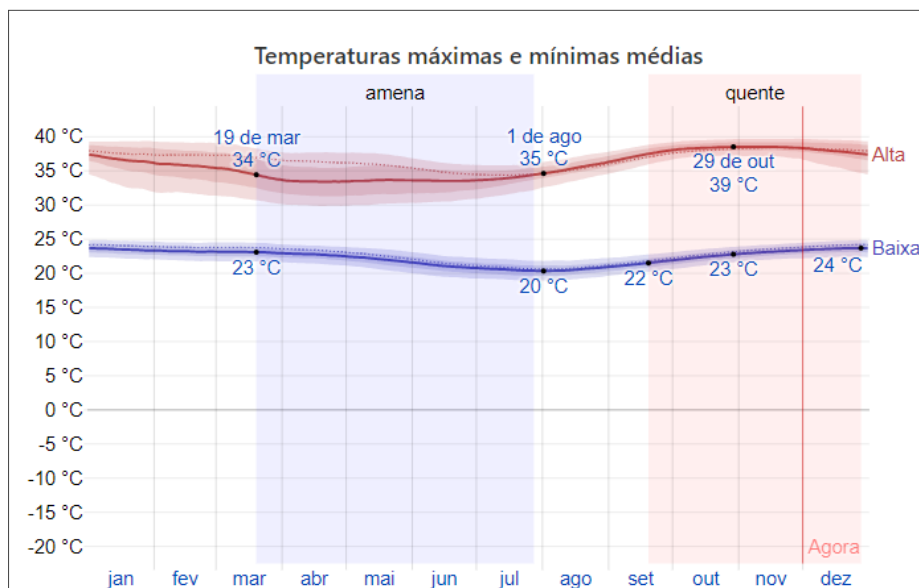


Figura 5.1-8. Temperaturas máximas e mínimas no município de Jucurutu. Fonte: WEATHERSPAR, 2020.

Temperatura máxima (linha vermelha) e mínima (linha azul) médias, com faixas do 25º ao 75º e do 10º ao 90º percentil. As linhas finas pontilhadas são as temperaturas médias percebidas correspondentes.

A Figura 5.1-10, mostra uma caracterização compacta das temperaturas médias horárias para o ano inteiro. O eixo horizontal indica o dia do ano e o eixo vertical indica a hora do dia. A cor é a temperatura média para aquele horário naquele dia. A temperatura horária média, codificada em faixas coloridas. O crepúsculo civil e a noite são indicados pelas áreas sombreadas.

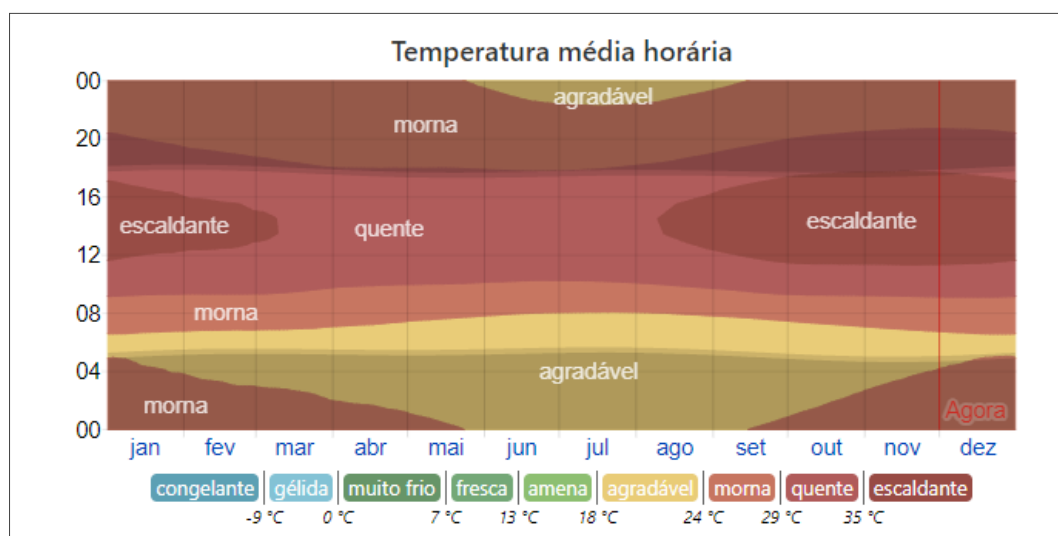


Figura 5.1-9. Caracterização compactada das temperaturas médias em Jucurutu/RN. Fonte: WEATHERSPAR, 2020.

5.1.1.6. UMIDADE RELATIVA

Baseamos o nível de conforto de umidade no ponto de orvalho, pois ele determina se a transpiração vai evaporar da pele e, conseqüentemente, esfriar o corpo. Pontos de orvalho mais baixos provocam uma sensação de mais seca. Pontos de orvalho mais altos provocam uma sensação de maior umidade. Diferente da temperatura, que em geral varia significativamente do dia para a noite, o ponto de orvalho tende a mudar mais lentamente.

Assim, enquanto a temperatura pode cair à noite, um dia abafado normalmente é seguido por uma noite abafada. Jucurutu tem variação sazonal extrema na sensação de umidade com média anual em torno de 70%.

O período mais abafado do ano dura 8 meses, de 21 de novembro a 22 de julho, em que o nível de conforto é abafado, opressivo ou extremamente úmido pelo menos em 42% do tempo. O dia mais abafado do ano é 8 de abril, com condições abafadas durante 93% do tempo.

O dia menos abafado do ano é 26 de agosto, com condições abafadas durante 25% do tempo, Figura 5.1-11.

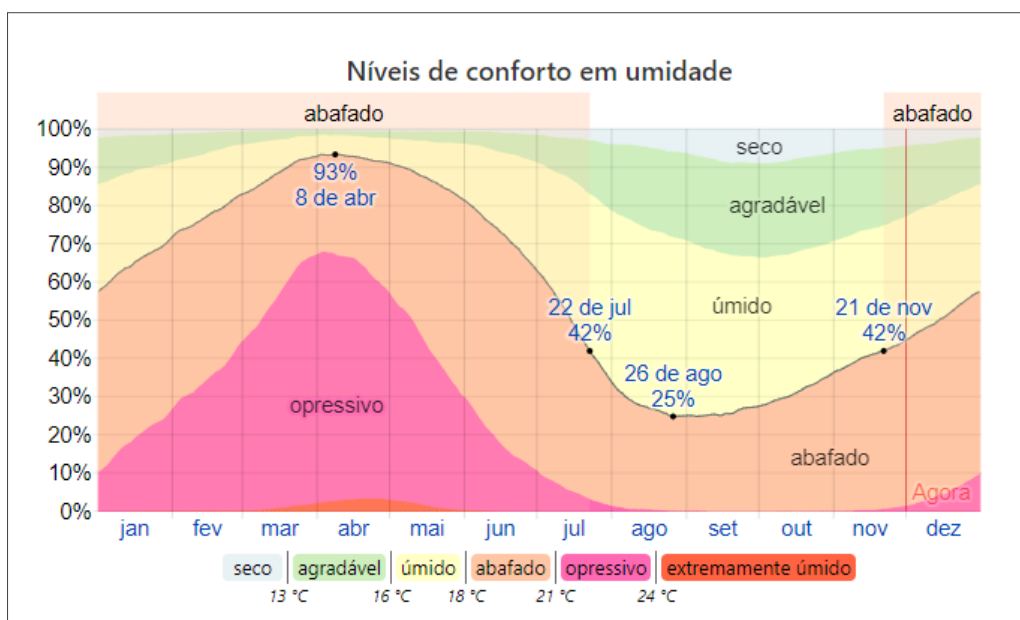


Figura 5.1-10. A porcentagem de tempo passado nos vários níveis de conforto de umidade, categorizada pelo ponto de orvalho. Fonte: WEATHERSPAR, 2020.

5.1.1.7. INSOLAÇÃO - FOTOPERÍODO MENSAL

A duração do dia em Jucurutu não varia significativamente durante o ano, cerca de 28 minutos a mais ou a menos de 12 horas no ano inteiro. Em 2020, o dia mais curto é 20 de junho, com 11 horas e 46 minutos de luz solar. O dia mais longo será 21 de dezembro, com 12 horas e 29 minutos de luz solar (Figura 5.1-12), em geral, o município apresenta, em média, um fotoperíodo anual de 2.700 horas de insolação.

A figura 5.1-12, mostra o número de horas em que o sol é visível (linha preta). De baixo (mais amarelo) para cima (mais cinza), as faixas coloridas indicam: luz solar total, crepúsculo (civil, náutico e astronômico) e noite total.

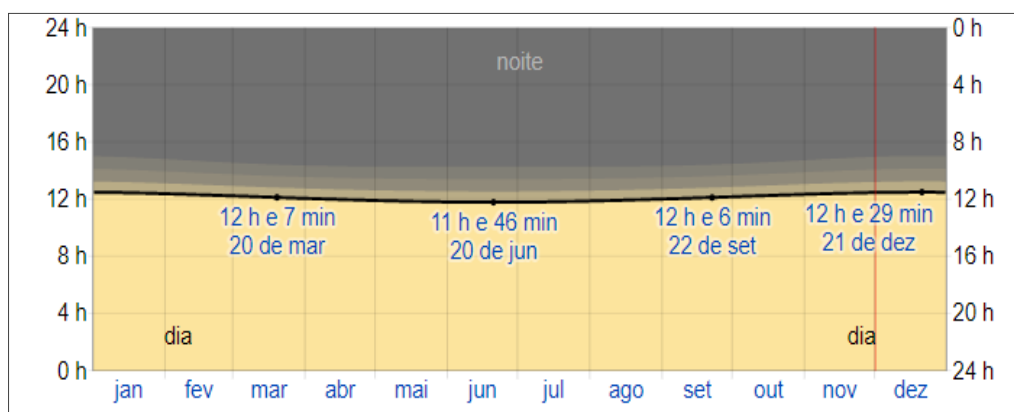


Figura 5.1-11. Horas de luz solar e crepúsculo em Jucurutu/RN. Fonte: WEATHERSPAR, 2020.

O dia em que o sol nasce mais cedo é 12 de novembro, às 05:00. O nascer do sol mais tarde ocorre 39 minutos depois, às 05:40 em 16 de julho. O dia em que o sol se põe mais cedo é 22 de maio, às 17:19. O dia em que o sol se põe mais tarde ocorre 33 minutos depois, às 17:52 em 1 de fevereiro (Figura 5.1-13).

Dia solar durante o ano de 2020. De baixo para cima, as linhas pretas são a meia-noite solar anterior, o nascer do sol, o meio-dia solar, o pôr do sol e a meia-noite solar seguinte. O dia, os crepúsculos (civil, náutico e astronômico) e a noite são indicados pelas faixas coloridas que vão do amarelo ao cinza.

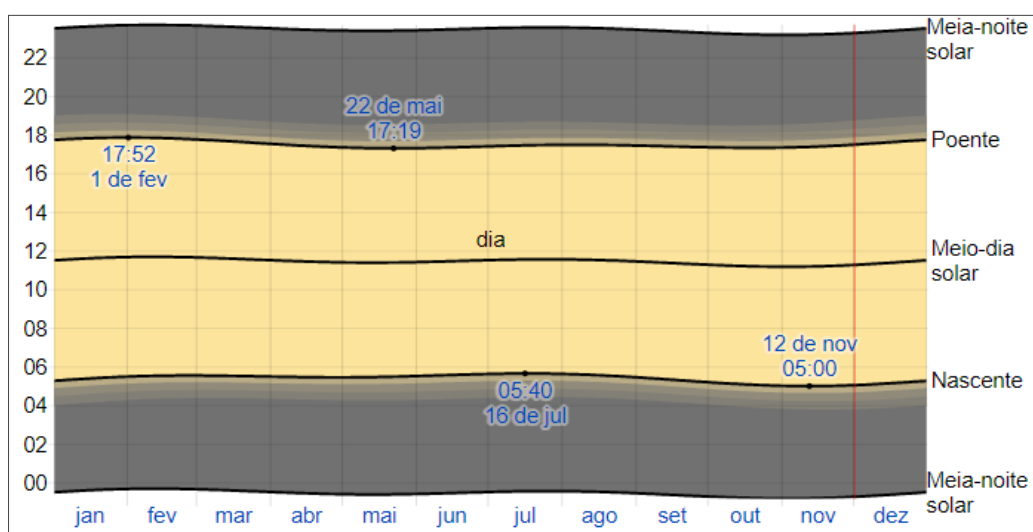


Figura 5.1-12. Nascer e pôr do sol com crepúsculo em Jucurutu/RN. Fonte: WEATHERSPAR, 2020.

5.1.1.8. BALANÇO HÍDRICO

Este estudo, teve como base as informações do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu: Resumo Executivo, elaborado pela Agência Nacional de Águas – ANA (2016 e 2018), está fundamentado na Política Nacional de Recursos Hídricos, que instrumentaliza a política de recursos hídricos quanto a gestão da bacia dos rios Piancó-Piranhas-Açu, destacando-se três princípios balizadores:

1. O uso prioritário dos recursos hídricos, em situações de escassez, é o consumo humano e a dessedentação de animais.
2. A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas.
3. A gestão deve ser descentralizada e contar com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades.

No caso específico, o empreendimento está situado na área de influência da bacia hidrográfica da do Rio Piranhas Açu. A bacia Piranhas – Açu é a maior bacia hidrográfica do estado do Rio Grande do Norte, ocupando uma área de 43.681,50 Km².

A bacia hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu está localizada no semiárido do Nordeste do Brasil (Figura 5.1-14), possui uma área total de drenagem de 43.681,50 Km², sendo 26.183,00 km², correspondendo a 60% da área no Estado da Paraíba; e 17.498,50 Km², correspondendo a 40% da área no Estado do Rio Grande do Norte. No caso, ocupa cerca de 15% do território da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental (Figura 5.1-15). Portanto, suas águas têm domínio estadual e Federal. Contempla 147 municípios, englobando, 100 municípios no estado da Paraíba e 47 no Rio Grande do Norte, onde vivem aproximadamente 1.552.000 mil habitantes, (ANA, 2018).

A bacia está totalmente inserida em território semiárido, com precipitações médias variando entre 400 e 800 mm anuais concentradas entre os meses de fevereiro e maio.

A Barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves é o maior reservatório de água doce do Rio Grande do Norte, com capacidade de 2,4 bilhões de metros cúbicos. Está localizada no Rio Piranhas-Assú, entre os municípios de Assú, Itajá, São Rafael e Jucurutu. Foi construído em 1980, pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), administrador da barragem.



Figura 5.1-13. Localização da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu. Fonte ANA, 2016.

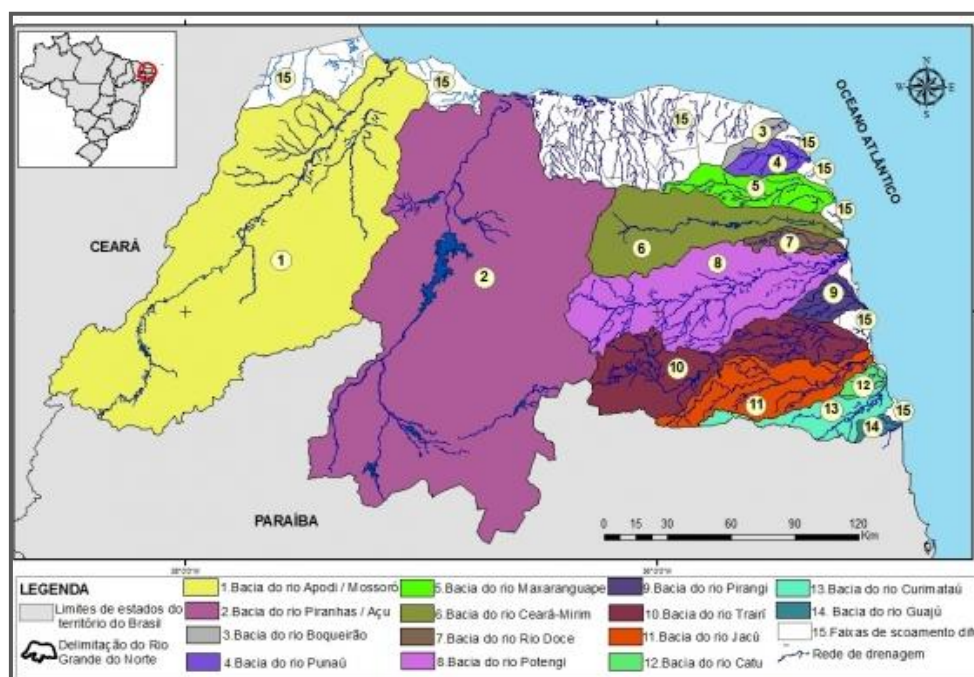


Figura 5.1-14. Bacias hidrográficas do Rio Grande do Norte. Fonte: Secretaria de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (SEMARH, 2017).

5.1.1.8.1. PRINCIPAIS USOS

As demandas hídricas da bacia se dar através dos seguintes usos:

- Abastecimento humano, dividido entre os usos urbano e rural, a demanda (vazão de retirada) para abastecimento humano (urbano e rural) na bacia é de 3,23 m³/s. Os reservatórios com maior demanda para abastecimento humano são os dois principais reservatórios da bacia, de onde partem também algumas das principais adutoras: o Curema/Mãe-D'água, com 0,823 m³/s, e Armando Ribeiro Gonçalves, com 0,860 m³/s.
- A agricultura irrigada é umas das principais atividades econômicas da bacia, responde pela maior parte da demanda hídrica total, ocupando uma área total de 54.385 ha em 2011. A demanda hídrica para irrigação que é atendida pelos reservatórios estratégicos, seja localmente ou por meio de canais, alcança 26,25 m³/s. Em relação ao setor da pecuária, a avicultura se destaca fortemente, ultrapassando a marca de 2

milhões de animais, seguida pela criação de bovinos com 967 mil cabeças. Ovinos, caprinos e suínos aparecem na sequência com 391 mil, 270 mil e 113 mil cabeças, respectivamente (IBGE, 2011). A demanda (retirada) para dessedentação animal na bacia é de 0,57 m³/s.

- Setor industrial da bacia compreende essencialmente a exploração mineral, especialmente de sal, petróleo, ferro e gás. A demanda industrial (vazão de retirada) na bacia é de cerca de 0,60 m³/s.
- A aquicultura e a pesca se concentram principalmente nas UPHs Bacias Difusas do Baixo Açu, Seridó e Piancó. A demanda hídrica para aquicultura é de 9,74 m³/s.

5.1.1.8.2. SÍNTESE DAS DEMANDAS HÍDRICAS

A vazão de retirada total para atendimentos dos diversos usos presentes na bacia é de 40,51 m³/s, enquanto a vazão de consumo totaliza cerca de 23,30 m³/s.

Setorialmente, a atividade de irrigação demanda (vazão de retirada) 26,25 m³/s, ou seja, cerca de 65,0% da água potencialmente captada na bacia (Figura 5.1-16). A segunda maior demanda, com vazão de retirada, com a participação de 24,0%, é a do setor de aquicultura (9,74 m³/s), seguida pelo abastecimento humano, que responde por 8,0% do total.

Em relação a demanda hídrica da Barragem Armando Ribeiro, a vazão de retirada é de 16,72 m³/s, que corresponde a 41,27% da vazão de retirada total da bacia hídrica.

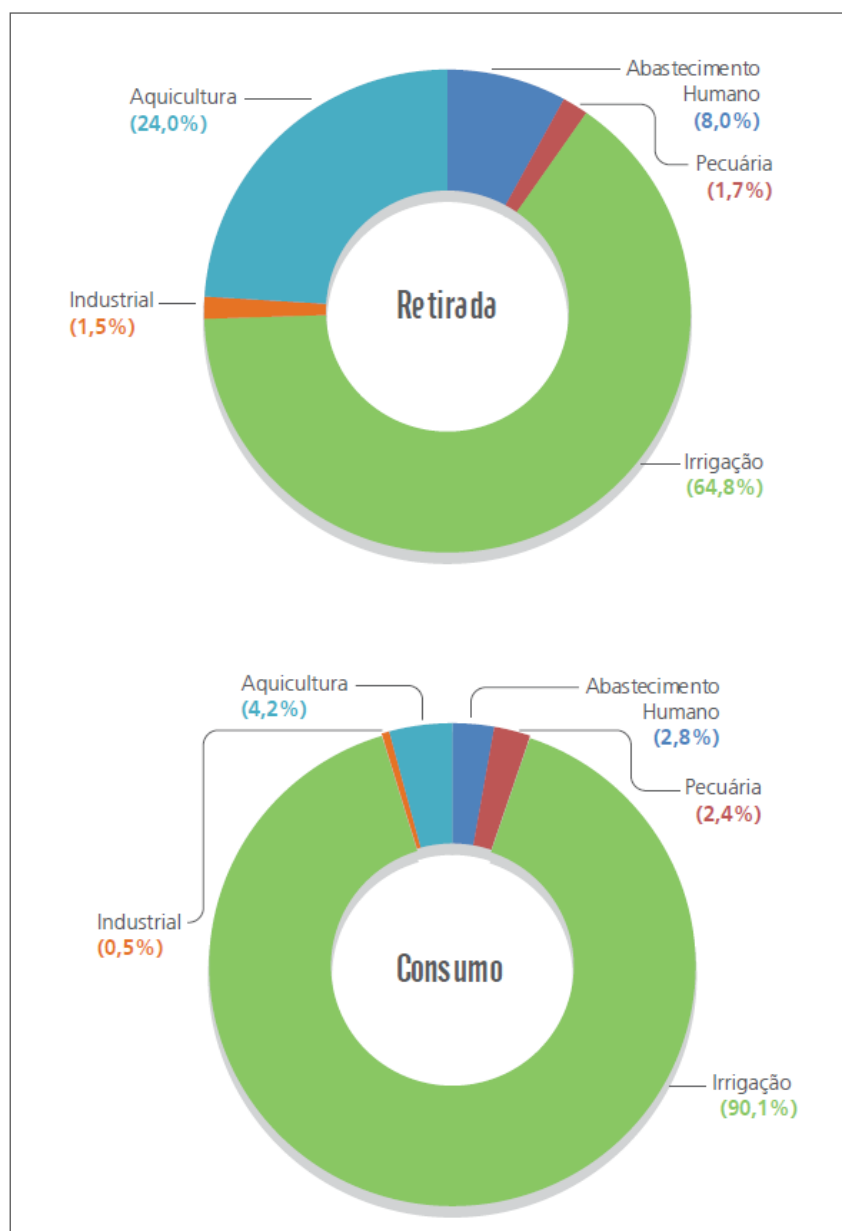


Figura 5.1-15. Composição relativa das demandas hídricas setoriais (Vazões de Retirada e de Consumo). Fonte: ANA, 2018.

5.1.1.8.3. BARRAGEM ARAMADO RIBEIRO GONÇALVES

A Barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves é o maior reservatório de água do Rio Grande do Norte, com capacidade de 2,4 bilhões de metros cúbicos. Está localizada no Rio

Piranhas-Assú, sua área de influência abrange os municípios de Assú, Itajá, Ipanguaçu, São Rafael e Jucurutu. Foi construída em 1980, pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), administrador da barragem (Figura 5.1-17).

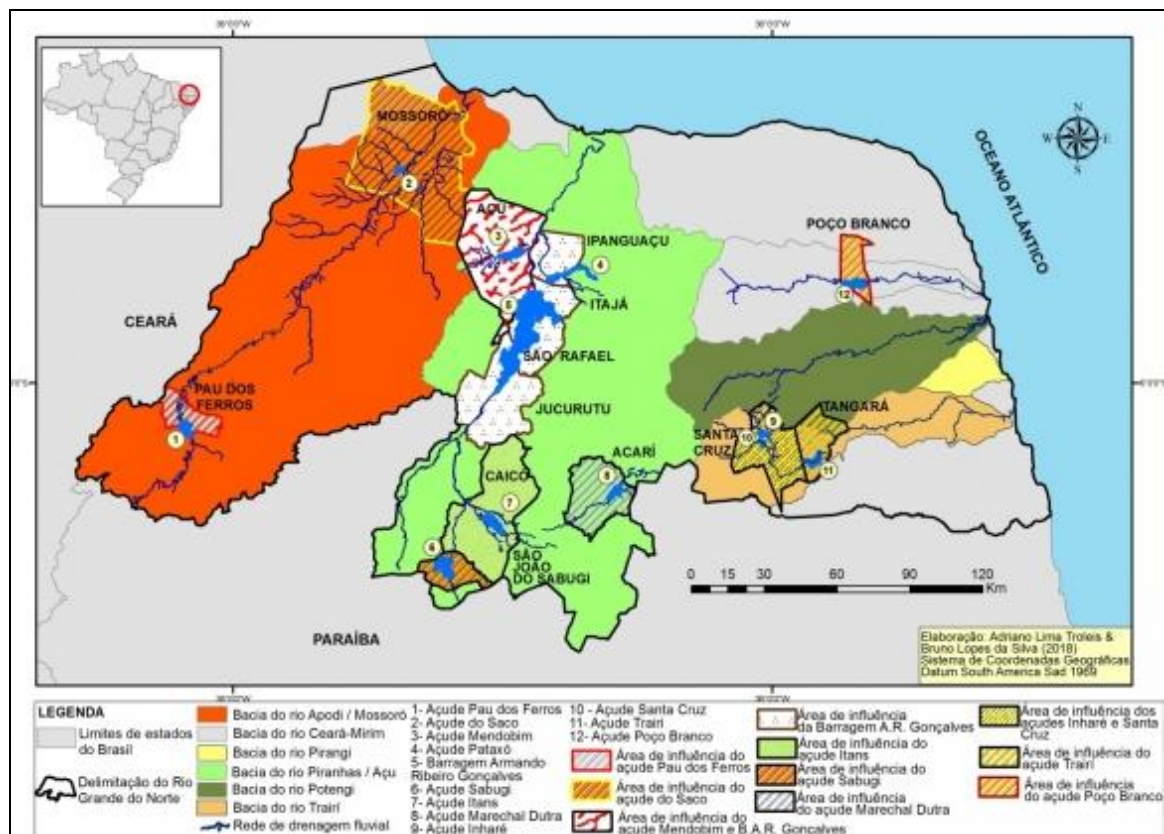


Figura 5.1-16. Bacias Hidrográficas, reservatórios e áreas de influência do Rio Grande do Norte. Fonte: SEMARH, 2017.

5.1.1.8.4. VAZÃO REGULARIZADA DA BARRAGEM ARMANDO RIBEIRO GONÇALVES

A capacidade de regularização do reservatório foi estimada para garantias de 90, 95 e 99%, com vistas a considerar as faixas normalmente empregadas como apoio ou referência para a gestão dos recursos hídricos (Tabela 5.1-2).

Tabela 5.1.8. As estimativas das demandas hídricas Armando Ribeiro Gonçalves.

Capacidade de Acumulação	Vazões Regularizadas e Garantias (m³/s)			Demandas (m³/s)	Balanço (m³/s)			Balanço (%)		
	Q99%	Q95%	Q90%		Q99%	Q95%	Q90%	Q99%	Q95%	Q90%
(hm³)				16,72						
2.400,0	19,42	20,26	22,21		2,70	3,54	5,49	86,10	82,53	75,28

Os resultados do balanço hídrico do reservatório apresentado na tabela acima, indicam que a situação do reservatório não é menos crítica do os outros reservatórios situados na área bacia, por não apresentar déficit no atendimento. Porém, ações estruturantes devem ser propostas para que o balanço permaneça sempre positivo.

5.1.1.8.5. BALANÇO HÍDRICO QUANTITATIVO PARA BARRAGEM ARMANDO RIBEIRO GONÇALVES

Conforme informações contidas no diagnóstico do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu, (ANA, 2016), as estimativas das demandas hídricas na Barragem Armando Ribeiro Gonçalves para o balaço hídrico do reservatório compreendem informações e projeções de demanda abrangendo três cenários: **tendencial**, **crítico** e **normal**, em diferentes premissas a considerar:

- As estimativas das demandas futuras de água na Bacia, considerando padrões de crescimento demográfico, econômico e de medidas para racionalização do uso da água, e.
- nas intervenções setoriais relacionadas aos recursos hídricos, que representarão mudanças na oferta de água atual para o atendimento das diferentes demandas futuras.

5.1.1.8.5.1. Projeções das Demandas de Água

Conforme detalha o Plano, as demandas futuras de água foram estimadas a partir da análise dos padrões de crescimento demográfico e de setores econômicos estabelecidos, observados nos últimos 10 anos na bacia e dos reservatórios nos seguintes cenários.

1. No **cenário tendencial**, foi considerado que as políticas irão permanecer como estabelecidas no diagnóstico. Desse modo, as evoluções das demandas foram construídas a partir das tendências e taxas de crescimento apresentadas;
2. No **cenário crítico** considera que as demandas crescem como no cenário tendencial;
3. No **cenário normativo**, as demandas também crescem com as mesmas taxas dos cenários anteriores, porém com aumento da eficiência no uso da água para abastecimento urbano, indústria e irrigação.

Para o **abastecimento urbano**, no cenário normativo, o Plano prevê medidas de controle de perdas nos sistemas de abastecimento de água, reduzindo-as para 35%, em vez dos 40% adotados nos cenários tendencial e crítico.

Para **irrigação** no cenário normativo, foi prevista a racionalização do uso da água por meio da adoção de métodos mais eficientes. Nesse caso, a lâmina média de irrigação adotada será reduzida de 0,50 para 0,40 L/s.ha.

A mesma premissa será adotada para as **indústrias**, considerando que a incorporação de tecnologias de uso racional da água permitirá a redução da demanda industrial em torno de 10%.

Para **aquicultura**, nos cenários tendencial e crítico, foi considerada que a atividade se manterá estável, ou seja, os volumes outorgados, adotados no diagnóstico, serão mantidos. No cenário normativo, por outro lado, foi considerada a possibilidade de uma pequena

expansão da demanda, de 0,5% ao ano, e que se estabelecerá a partir de um cenário interno e externo favorável à comercialização de camarão e peixe.

As Figuras 5.1-18 e 5.1-19 representam as demandas hídricas totais projetadas, conforme os horizontes do PRH, por usos, para os cenários tendencial/crítico e normativo, respectivamente que se aplica a bacia hidrográfica e ao Reservatório Armando Ribeiro Gonçalves.

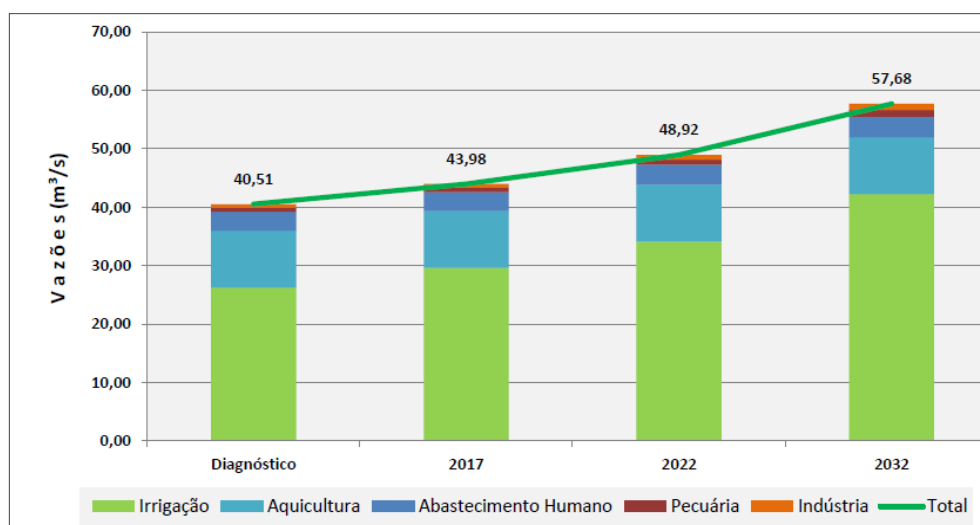


Figura 5.1-17. Evolução das demandas totais (m^3/s) por uso na bacia (Cenário Tendencial e Crítico).
Fonte: ANA, 2018.

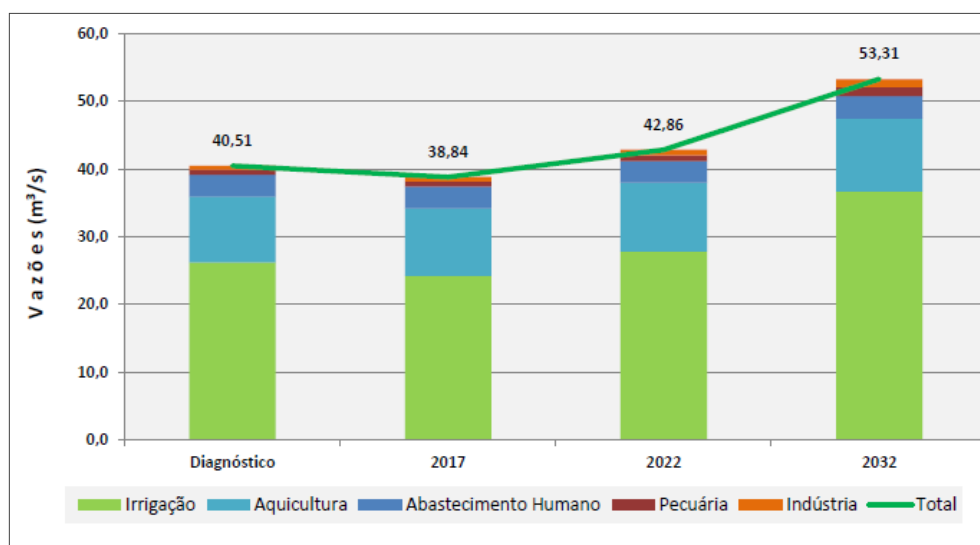


Figura 5.1-18. Evolução das demandas hídricas totais (m^3/s) por uso na bacia (Cenário Normativo).
Fonte: ANA, 2018.

A Figura 5.1-20, apresenta uma análise comparativa dos cenários de demandas projetados. Pode-se observar a tendência de aumento das demandas, sobretudo devido aos usos para abastecimento humano e irrigação. As medidas propostas para redução das perdas no abastecimento humano e para maior eficiência no uso da água para irrigação implicam menores demandas futuras na bacia como um todo (cenário normativo).

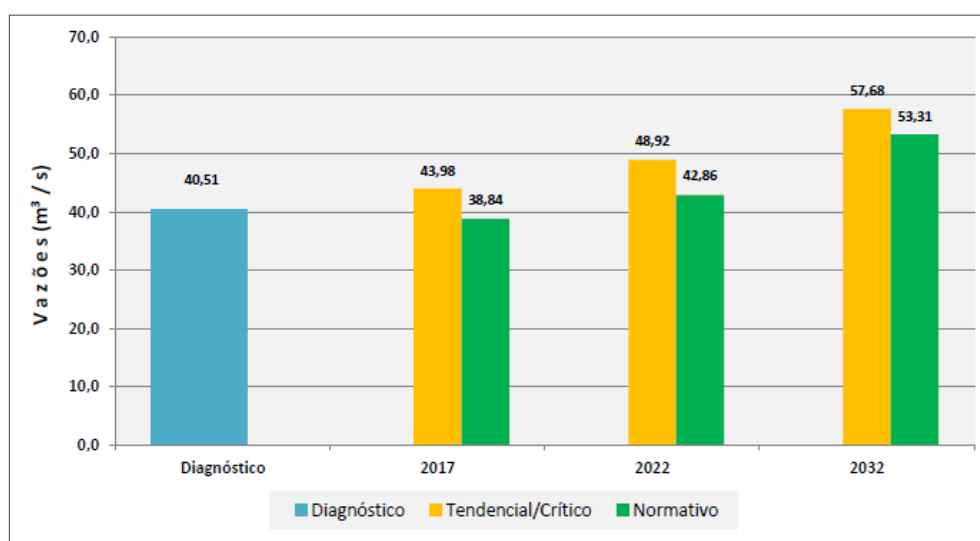


Figura 5.1-19. Comparação entre as demandas hídricas totais nos diferentes cenários. Fonte: ANA, 2018.

Nas Tabelas 5.1-3 e 5.1-4, encontram-se detalhadas as demandas projetadas por uso, para o reservatório, nos cenários tendencial/crítico e normativo, respectivamente.

Tabela 5.1-3. Demandas (m³/s) por uso na barragem Armando Ribeiro (Cenário Tendencial/Crítico).
Fonte: ANA, 2018.

Demandas (m ³ /s)																	
Abastecimento Humano			Pecuária			Irrigação			Industrial			Aquicultura			Total		
2017	2022	2032	2017	2022	2032	2017	2022	2032	2017	2022	2032	2017	2022	2032	2017	2022	2032
0,876	0,489	0,501	0,068	0,087	0,136	7,960	9,187	12,121	0,140	0,169	0,240	8,420	8,420	8,420	17,464	18,352	21,418

Tabela 5.1-4. Demandas (m³/s) por uso na barragem Armando Ribeiro (Cenário Normativo). Fonte: ANA, 2018.

Demandas (m ³ /s)																	
Abastecimento Humano			Pecuária			Irrigação			Industrial			Aquicultura			Total		
2017	2022	2032	2017	2022	2032	2017	2022	2032	2017	2022	2032	2017	2022	2032	2017	2022	2032
0,815	0,817	0,853	0,069	0,087	0,136	6,410	7,362	9,652	0,140	0,169	0,240	8,634	8,851	9,304	16,068	17,286	20,185

Analisando as tabelas acima, ressalta-se que as demandas associadas do reservatório variam ligeiramente nos diferentes cenários.

5.1.1.8.6. SÍNTESE DAS DEMANDAS HÍDRICAS DA BARRAGEM ARMADO RIBEIRO GONÇALVES

As demandas de vazão de retirada para atendimento dos diversos usos presentes na Barragem Armando Ribeiro totalizam 16,718 m³/s, enquanto a vazão de retirada do setor industrial é cerca de 0,119 m³/s, o que corresponde a 0,71% da vazão de retirada, Tabela 5.1.5.

Tabela 5.19. Demandas (vazões de retirada) da Barragem Armada Ribeiro Gonçalves. Fonte: Adaptado de ANA (2016).

Vazões de retirada	Demandas					
	Abastecimento Humano	Pecuária	Irrigação	Industrial	Aquicultura*	Total
(m³/s)	0,860	0,06	7,259	0,119	8,420	16,718
%	5,14	0,36	43,42	0,71	50,36	100,00

5.1.1.8.7. ESTIMATIVA DE DEMANDA HÍDRICA DO EMPREENDIMENTO EM RELAÇÃO AO RESERVATÓRIO ARMANDO RIBEIRO GONÇALVES

Por situa-se na área de influência da barragem Armada Ribeiro Gonçalves, a demanda hídrica do empreendimento provém deste manancial. Em 2011, a Mhag Serviços e Mineração S/A., obteve outorga de água da Agência Nacional de Águas – ANA para exercer suas atividades de mineração, através do Processo de Outorga nº 025501.000452/2009-12, com validade até maio de 2021, para uma demanda de vazão de 0,06 m³/s, equivalente a 200 m³/h, esta vazão de demanda equivale a 0,36% do volume total da demanda atual do reservatório que é de 16,72 m³/s, e 50,42% da demanda de retirada do setor industrial.

5.1.1.8.8. PROJEÇÕES DA OFERTA HÍDRICA FUTURAS

Para solucionar os problemas de déficit hídrico crítico da bacia, está sendo disponibilizado e incrementado um volume hídrico significativo, por meio do aporte das águas provenientes do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as bacias do Nordeste Setentrional – PISF ou, localmente, a partir da construção de novos reservatórios, como por exemplo a barragem de Oiticica localizada à montante da cidade e de Jucurutu, aportará quando estiver concluída um volume de 500 milhões de m³, beneficiando aproximadamente 330 mil pessoas, e regularizando com 95% de garantia, uma vazão estimada de 8,72 m³/s.

O mais importante é que este volume entrará na barragem Armando Ribeiro Gonçalves, contribuindo para regularizar a vazão desse reservatório no médio e longo prazo.

Outro aporte importante do ponto de vista da sustentabilidade hídrica da bacia, com a conclusão da construção do eixo norte do PISF prevê mais dois pontos de entrega de água para a bacia: um pelo rio Piranhas, a montante do açude Engenheiro Ávidos, e outro pelo açude Lagoa do Arroz, por meio do riacho Cacaré.

A vazão, firme, total prevista para esses dois pontos de entrada será de 2,7 m³/s, dos quais 1,0 m³/s é destinado para o abastecimento da Paraíba e 1,7 m³/s para o abastecimento do Rio Grande do Norte.

A incorporação do PISF no prognóstico do Plano ocorre considerando a operação da obra no horizonte de curto prazo nos cenários tendencial e normativo, enquanto no cenário crítico, isso se daria somente no horizonte intermediário (2022).

No horizonte de 2032, no cenário Normativo, foi prevista a operação de uma terceira entrada do PISF, com aporte pelo açude Condado, na UPH Piancó, com vazão de 3,0 m³/s. Essas águas seriam utilizadas prioritariamente para suprir os déficits de abastecimento para usos domésticos na UPH Piancó (em torno de 0,20 m³/s) e induzirão a recuperação e complementação dos vários projetos de perímetros irrigados nessa UPH, para os quais é necessária uma vazão de aproximadamente 0,90 m³/s. Outra parte dessas águas fluirá normalmente para a divisa entre os dois estados.

As taxas de crescimento aplicadas às demandas de água do diagnóstico para a condição atual, permitiram estabelecer projeções futuras para os resultados dos balanços hídricos quantitativo e qualitativo na bacia e nos mananciais reforçando a importância de se priorizar a garantia da oferta de água para o atendimento de todos os usos e o aumento dos esforços relacionados ao controle da poluição, para assegurar padrões de qualidade da água compatíveis com os usos preponderantes em cada reservatório e trecho perenizado baseado na premissas futuras.

Segundo o diagnóstico apresentado, os resultados do balanço hídrico quantitativo apresentaram baixo nível de segurança hídrica para diversos reservatórios, entre eles, o reservatório Armando Ribeiro. Bem como estabelecer sistemas de abastecimento que devem ser operados de forma integrada, indicando a necessidade de aprimoramento dos mecanismos de alocação de água e de revisão de valores historicamente empregados, tendo em vista a consolidação de novos dados sobre demanda e disponibilidade hídrica nos reservatórios.

5.1.2. GEOLOGIA

5.1.2.1. GEOLOGIA REGIONAL

O empilhamento estratigráfico da área estudada está em consonância com os trabalhos existentes para a Faixa Seridó e Complexo Caicó, de Ferreira e Albuquerque (1969), Jardim de Sá (1984), Jardim de Sá (1994) e baseado com o Mapa Geológico do Rio Grande do Norte (escala de 1:500.000) elaborado no convenio CPRM – FAERN de Angelim *et al.* (2006) (Figura 5.1-21).

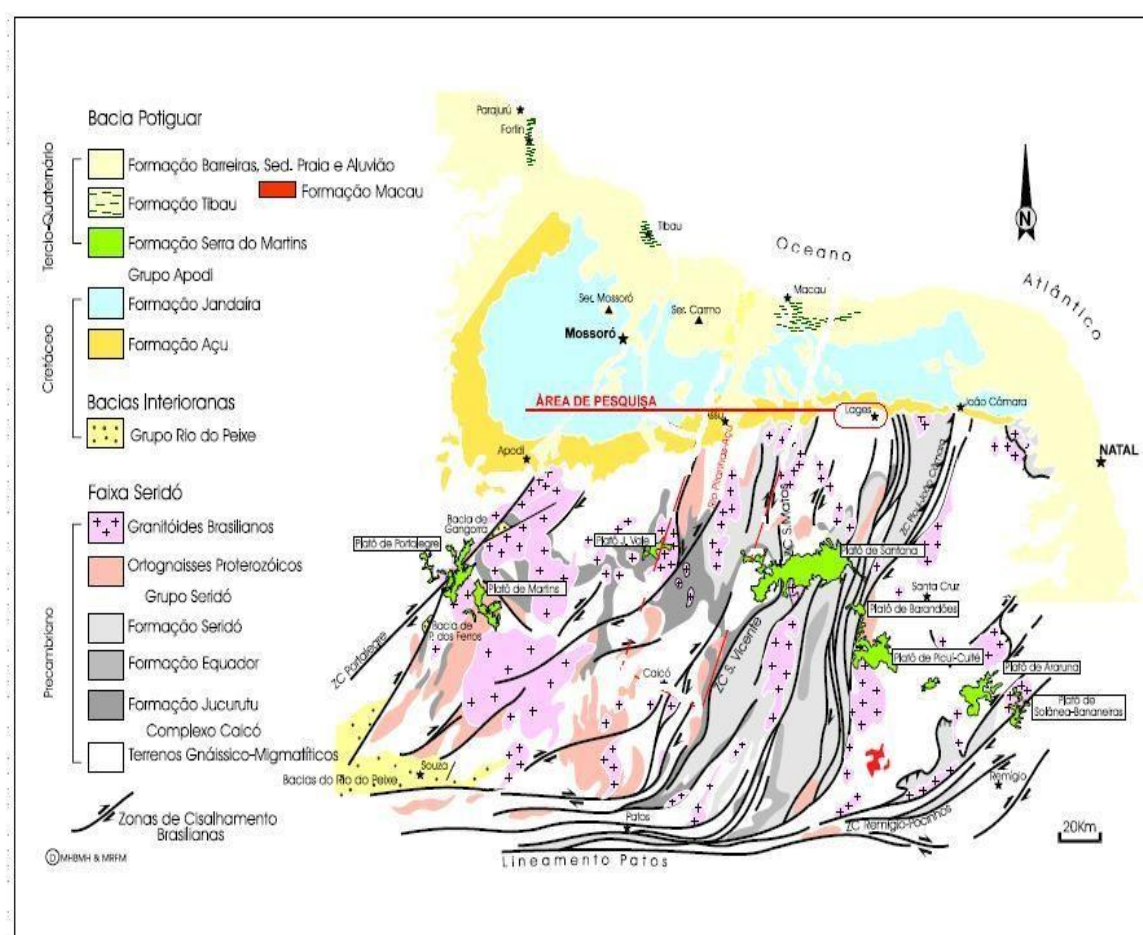


Figura 5.1-20. Mapa Geológico do Rio Grande do Norte - Jardim de Sá (1994).

neoproterozóica, ocorrida provavelmente em dois episódios: um plataformais mais antigo e outro marinho profundo.

Jardim de Sá et al. (1997), consideram que os terrenos Rio Piranhas e Seridó fazem parte de um único terreno, a denominada Faixa Seridó, argumentando que relações de inconformidade estratigráfica normais entre cobertura e embasamento estão preservadas. Isso é parcialmente verdadeiro, pois grande parte desse contato é também alóctone entre esses dois terrenos. O limite entre a Faixa Seridó e o Terreno Rio Piranhas é a Zona de Cisalhamento contracional de São Vicente e sua extensão ao longo da Zona de Cisalhamento contracional cedo-brasiliana Serra da Formiga/São Fernando, que envolve parte do embasamento paleoproterozóico.

O Terreno São José do Campestre inclui a mais antiga crosta da Plataforma Sul-Americana, o núcleo arqueano de Bom Jesus (situado a leste da folha), com idades superiores a 3.4Ga (Dantas et al., 1995; Dantas, 1997). O cinturão de cisalhamento principal do domínio é constituído pela Zona de Cisalhamento Patos-Malta, com mais de 55 km de largura na parte oeste da folha, a qual se ramifica em um leque de zonas de cisalhamento na Faixa Seridó. O limite entre a Faixa Seridó e o Terreno São José do Campestre é a Zona de Cisalhamento Picuí-João Câmara, de rejeito oblíquo, com transporte à direita e para noroeste.

O limite entre a Faixa Seridó e o Terreno Granjeiro é supostamente uma zona de cisalhamento contracional cedo-brasiliana, fortemente dobrada pelo feixe de zonas de cisalhamento transcorrentes NNESSW da Faixa Seridó. De acordo com os padrões aeromagnéticos, provavelmente a extensão do Terreno Granjeiro sob a cobertura do Grupo Seridó estende-se por mais de 15 km para o norte, em relação ao contato exposto na superfície, na região de Parelhas, justificando, assim, uma superfície de baixo ângulo entre esses dois compartimentos. O limite entre os terrenos Rio Piranhas e Granjeiro é a Zona de Cisalhamento Malta, que é bem marcado geofisicamente, pelo contraste de padrões magnéticos (Figura 5.1-23).

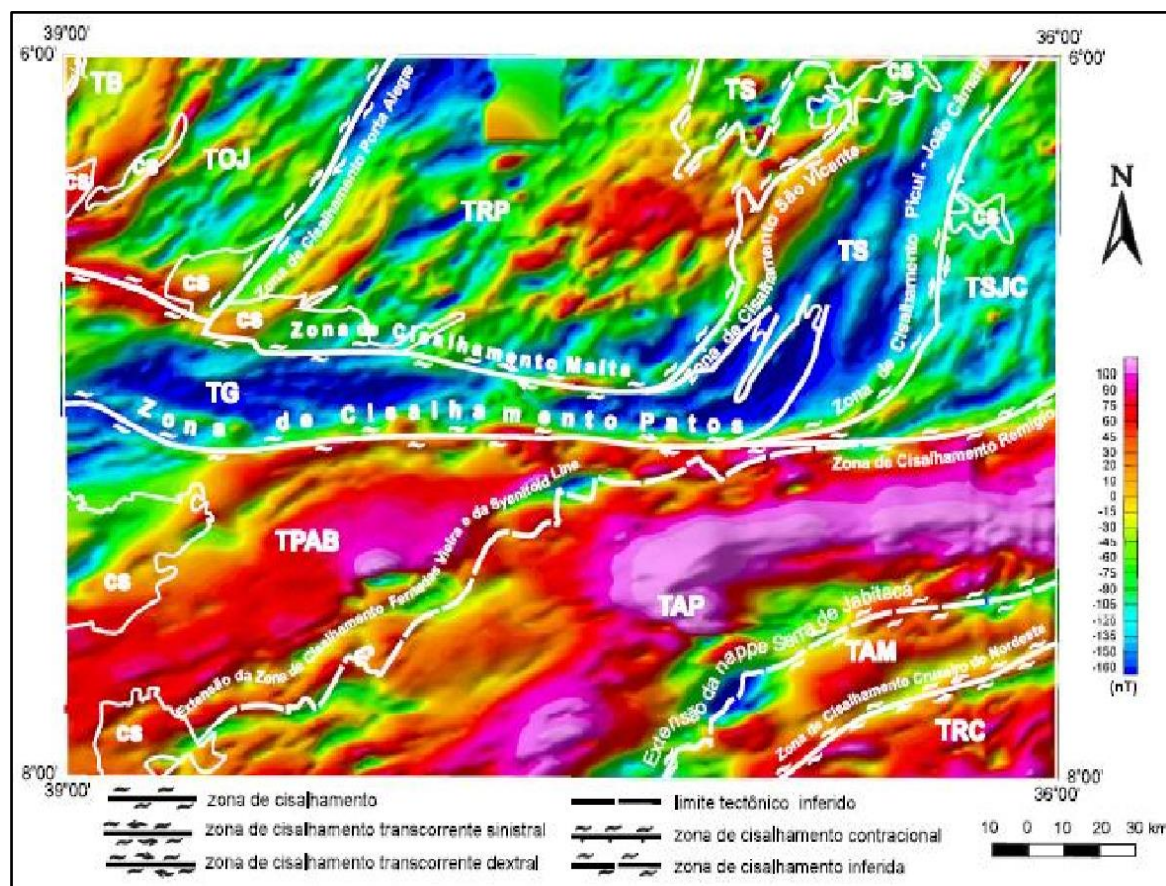


Figura 5.1-22. Limites dos terrenos tectono-estratigráficos no mapa aeromagnético do campo total.

Terrenos: TB – Banabuiú, TOJ – Orós-Jaguaribe, TRP – Rio Piranhas, TS – Seridó, TSJC – São José do Campestre; TPAB – Piancó-Alto Brígida, TAP – Alto Pajeú, TAM – Alto Moxotó, TRC – Rio Capibaribe. Coberturas Fanerozóicas: CS.

5.1.2.1.2. LITOESTRATIGRAFIA

O Domínio Rio Grande do Norte possui uma ampla variedade litoestratigráfica em função de sua estruturação, por isso, serão abordados neste estudo: o Complexo Caicó, Suíte Intrusiva Poço da Cruz e o Grupo Seridó, que é representativo da Faixa ou Terreno Seridó, onde a área do empreendimento está inserida.

5.1.2.1.2.1. Complexo Caicó

Unidade dominante no domínio Rio Piranhas, usualmente referida como complexo gnáissicomigmatítico. Constituído predominantemente por ortognaisses bandados félsico-máficos, ortognaisses maciços e migmatitos, com intercalações de rochas máficas e supracrustais metassedimentares. A ocorrência de rochas supracrustais no Complexo Caicó e o alto grau metamórfico dessas rochas torna complexa uma distinção entre essas supracrustais e aquelas do Grupo Seridó.

O Complexo Caicó foi definido segundo concepção de Jardim de Sá (1984, 1994), em duas associações litoestratigráficas distintas: 1- unidade inferior de origem vulcanossedimentar; 2-unidade metaplutônica mais jovem correspondente aos *granitóides G1*. Parte do Complexo Caicó foi subdividido cartograficamente em duas unidades, a *Unidade metavulcanossedimentar* (PP2caivs) e a *Unidade de ortogneisse* (PP2(cai) e, outra parte do complexo continuou indivisa, a *Unidade indivisa* (PP2cai).

As duas primeiras unidades coincidem com as associações litoestratigráficas desses autores, enquanto a terceira corresponde a uma associação litológica de mapeamento que inclui indistintamente as duas unidades litoestratigráficas referidas, além dos gnaisses bandados (PP2caib), das rochas anfibolíticas (PP2caia) e das lentes de mármore (PP2caim), que constituem litotipos mapeáveis de posicionamento estratigráfico duvidoso.

Ferreira e Santos (2000) descrevem este complexo como uma associação de ortognaisses bandados félsico-máficos, ortognaisses dioríticos a graníticos e migmatitos, com intercalações de rochas metamáficas e subordinadamente rochas supracrustais constituídas principalmente por biotita paragneisses.

Devido às suas caracterizações petrotectônicas e geocronológicas, este complexo ocupa a parte basal da coluna estratigráfica proposta por Campos *et al.* (1981). Já as interpretações obtidas do acervo geocronológico permitem posicioná-lo no Paleoproterozóico, com isócronas situadas nesta faixa de idade.

Estruturalmente, o Complexo Caicó é caracterizado por um sistema antigo de dobras intrafoliais e bandeamento de transposição, deformado por outra fase posterior, segundo Jardim de Sá (1979) *in* RADAMBRASIL (1981). Esta fase mais antiga, segundo este autor, é acompanhada de um metamorfismo de alto grau, com intrusões de corpos graníticos, agora extensivamente gnaissificados e dobrados.

O estilo de dobramento da unidade é bastante variável, cujos parâmetros mudam constantemente, não havendo assim um padrão dominante. Podem ser encontrados braquidobramentos, microdobramentos nos flancos de dobras maiores, *dragfolds*, terminações periclinais e acentuada tendência nos planos axiais estarem inclinados para um mesmo lado ou subverticalizados, com desenvolvimento de acentuada lineação. O trend de fraturamento desenvolve-se segundo a direção NE-SW, com pequenas variações para N-S na porção mais a norte de Caicó.

O Complexo Caicó foi definido litologicamente como uma sequência constituída de gnaisses variados, incluindo lentes de metarcósios, anfíbolitos, quartzitos e calcários cristalinos subordinados, além de migmatitos com estruturas diversas, desde as mais foliadas, próprias dos gnaisses, até as mais homogêneas, como a dos anatexitos.

Para Campos *et al.* (1976) *in* Braga *et al.* (1981) este mesmo complexo compreende litologias como gnaisses migmatíticos (com estrutura flebítica, estromática e oftálmica), migmatitos (com estruturas *schlieren*, nebulitos e anatexitos, dominantes) e granitóides variados com estruturas difusas e contatos transicionais.

5.1.2.1.1.2. Grupo Seridó

Unidade representativa da Faixa Seridó, ocorre em duas subfaixas, a de Currais Novos a leste, e a de Jucurutu a oeste, ambas separadas pelo Bloco de Lajes (embasamento). Essas duas subfaixas, aparentemente, correspondem a feixes de cisalhamento transcorrente.

O Grupo Seridó é constituído por rochas metassedimentares de natureza plataforma marinha e turbidítica profunda, e dividido nas formações Equador, Jucurutu e Seridó, existindo divergência entre autores quanto ao posicionamento da Formação Equador. Ferreira (1998) consegue separar da Formação Jucurutu a Formação (Complexo) Serra dos Quintos, baseado na análise de associação de fácies.

O metamorfismo do Grupo Seridó varia da fácies xisto-verde a anfibolito alto, num regime bórico de pressão intermediária, tendo sido alvo de três fases de deformação:

- I. Responsável pelo bandamento composicional (S1//S0), melhor preservado nas fácies xistoverde de Cruzeta e Curral Novo (sub-faixa Jucurutu);
- II. Com características contracionais, é representada pelos empurrões e dobramentos recumbentes e/ou isoclinais com transporte de massa para NW (S2//S1);
- III. Representada pela verticalização dos estratos, dobramentos abertos, por vezes isoclinais inclinadas e zonas de cisalhamento transcorrentes, ora dextrais, ora sinistrais. Hackspacher & Sá (1984) definiram uma quarta fase de fraca penetratividade, com *trend* NW-SE.

5.1.2.1.1.3. Suíte Magmática Poço da Cruz

Originalmente referida como granitos G₂ por Jardim de Sá *et al.* (1981), definida por uma associação de metagranitoides geralmente de textura augen, de composição granítica a quartzo-monzonítica. Ocorrem expressivamente na parte leste do Terreno Rio Piranhas, na forma de intrusões alongadas e irregulares que acompanham os trends do episódio contracional que afetou grande parte dos complexos São Vicente e Caicó.

Segundo Ferreira (1998), esta suíte tem assinatura gravimétrica distinta dos complexos São Vicente e Caicó, correspondendo a baixos gravimétricos que marcam o seu limite com as

demais unidades, definindo o seu caráter de crosta félsica leve. As anomalias aeromagnéticas indicam a presença de rochas não magnéticas, o que presumivelmente é atribuído a esta suíte. Os padrões petrográficos e geoquímicos são similares aos dos granitos crustais. Caby e Arthauld (1986) defendem a origem anarogênica paleoproterozóica, cuja deformação teria ocorrido durante a Orogênese Brasileira.

5.1.2.1.1.4. Formação Equador

Representa a sedimentação siliciclástica de plataforma, acima do embasamento paleoproterozóico na subfaixa de Jucurutu, representando provavelmente espécies de cordões arenosos litorâneos. Essa sedimentação siliciclástica mostra recorrência na margem oeste da subfaixa Currais Novos, aparecendo acima da sedimentação grauváquico-carbonática, sugerindo episódios de transgressão e regressão.

O metaconglomerado Parelhas ocorre acima do horizonte quartzítico na subfaixa de Currais Novos e possui seixos de itabiritos da Formação Serra dos Quintos, sugerindo uma inconformidade estratigráfica entre as formações Serra dos Quintos + Equador e a Formação Seridó. Este litotipo mostra lineação de estiramento NNE-SSW dada pelo alinhamento do eixo maior dos seixos (elipsóides tipo prolato), atribuída à fase de deformação transcorrente (Hackspacher & Souza, 1982). As deformações anteriores à transcorrência são documentadas por faixas miloníticas de baixo ângulo, com indicação de transporte para NNW desenvolvida no contato com a Formação Seridó e por padrões de interferência das fases de deformação tangencial (F2) e transcorrente (F3).

5.1.2.1.1.5. Formação Serra dos Quintos

Compreende uma associação litológica metassedimentar grauváquica, carbonática-calciossilicática, associada a quartzitos, formações ferríferas e a rochas metamáfico-ultramáficas, que foi considerada por muitos autores, anteriormente, como Formação

Jucurutu. Ótimas exposições desta unidade ocorrem na serra da Formiga, em alóctones desta unidade sobre o embasamento paleoproterozóico, descritas por Hackspacher & Osório (1981).

Nessa área, a formação contém abundantes horizontes de calcário, rochas metamáfico-ultramáfica e formações ferríferas. A associação litológica desta unidade sugere tratar-se de uma sequência vulcano-sedimentar formada por sedimentos clásticos imaturos associados a sedimentos químico-exalativos e rochas vulcânicas provavelmente toleíticas de arco magmático.

5.1.2.1.1.6. Formação Jucurutu

Constituída por uma sequência metassedimentar, com pequena contribuição vulcânica máfica. Os paragneisses com níveis e nódulos de rocha calcissilicática têm características de uma metagrauvaca, pelo conteúdo expressivo de feldspato e pelo aspecto maciço. A associação litológica com abundância de sedimentos clásticos, grauváquicos e quartzosos, e com uma extensiva ocorrência de calcários sugere uma associação tipo QPC, em ambiente de plataforma carbonática de margem passiva.

É caracterizada por paragneisses quartzo-feldspáticos com pouca biotita $\pm$ muscovita $\pm$ epidoto. Lentes ricas em epidoto devem corresponder a antigos nódulos margosos (inferida assim, uma deposição marinha). Intercalações de anfibolito, mármore, quartzitos, micaxistos, rochas calciossilicáticas, formações ferríferas, metavulcânicas e metaconglomerados, intercalados em biotita gnaisses e gnaisses quartzofeldspáticos. Em alguns setores, esses gnaisses apresentam-se muito deformados, com intensa transposição e lineação proeminente, e em outros, apresentam-se migmatizados e deformados. Em ambos os casos, formam-se gnaisses bandados, preservando-se as lentes de epidoto. É considerado para esses gnaisses, origem metassedimentar (xistos, arcósios e subgrauvacas), ou metaígneia (para as vulcânicas félsicas, veios de aplito ou granitos deformados). Os anfibolitos homogêneos com

hornblenda e plagioclásio representam antigos derrames basálticos (ou andesitos basálticos). As rochas calciossilicáticas foram originadas a partir de margas.

A Formação Jucurutu precede a deposição da Formação Seridó, havendo indícios de interdigitação na região de Jucurutu. O paragnaisse Parelhas, correlacionado à Formação Jucurutu, ocorre abaixo e acima do quartzito na serra das Umburanas.

5.1.2.1.1.7. Formação Seridó e Grupo Seridó Indiferenciado

Unidade principal da Faixa Seridó, é representada por um espesso pacote de metapelitos de fácies predominantemente anfibolito, contendo raras intercalações de metacalcários, rochas calcissilicáticas e anfibolito. Na parte oeste da subfaixa Currais Novos e na região central da subfaixa de Jucurutu, ocorrem xistos da fácies xisto-verde, às vezes interpretados como uma unidade distinta, à Sequência Cruzeta (FERREIRA, 1998).

Nessas áreas, o S0 é facilmente reconhecido, observando-se uma estrutura típica de ritmitos, às vezes com gradação sugestiva de turbiditos. Assim, na evolução dos tectono-fácies do grupo, a Formação Seridó, provavelmente, representa a fácies marinho distal da bacia, cuja sedimentação está associada a depósitos de talude, alimentados por correntes de turbidez.

O zoneamento metamórfico observado na Formação Seridó na subfaixa Currais Novos, com decréscimo do metamorfismo para a base do grupo, a oeste na faixa de Cruzeta, sugere a existência de zoneamento inverso, típico de regime de *thrusts*, com transporte para W-NW (HACKSPACHER & DANTAS, 1997). Isso corroboraria com a ascensão da Formação Equador à zona central da subfaixa, assim como do soerguimento do embasamento na região de Santa Luzia e sua extensão para o norte, como demonstrado através de dados aeromagnéticos.

O evento contracional é importante na estruturação do terreno, embora mascarado pela extensiva tectônica transcorrente, que atravessam toda a subfaixa Currais Novos, sendo

uma extensão da Zona de Cisalhamento Patos-Malta, produzindo uma rede de transcorrências dextrais em échelon.

Dados geocronológicos U-Pb (concórdia em zircão) indicam uma idade neoproterozóica para a Formação Seridó (VAN SCHMUS et al., 1996), o que caracteriza uma sequência extremamente jovem dentro do Ciclo Brasileiro.

5.1.2.1.1.8. Mapa Geológico do Rio Grande do Norte – CPRM (2006)

A Figura 5.1-24, Mostra o Mapa Geológico do Rio Grande do Norte elaborado pelo CPRM, (2006).



5.1.2.3. GEOLOGIA LOCAL

Os primeiros estudos geológicos realizados na Mina do Bonito tiveram como foco o magnetitito para produção de Lump Ore e Sinter Feed e, posteriormente, o itabirito. A partir da execução dos trabalhos de geologia de campo, mapeamento geológico e integração das informações, podemos dividir de forma simplificada a geologia local da Mina do Bonito nas litologias de minério e de estéril.

As principais litologias de minério são: magnetitito, itabiritos, colúvio e quartzito ferruginoso. Ocorrem também cangas lateríticas e rolados de ferro. As principais litologias de estéril são: granito gnaiss, xisto, mármore calcítico.

As principais litologias aflorantes estão na Figura 5.1-25 e Figura 5.1.26.

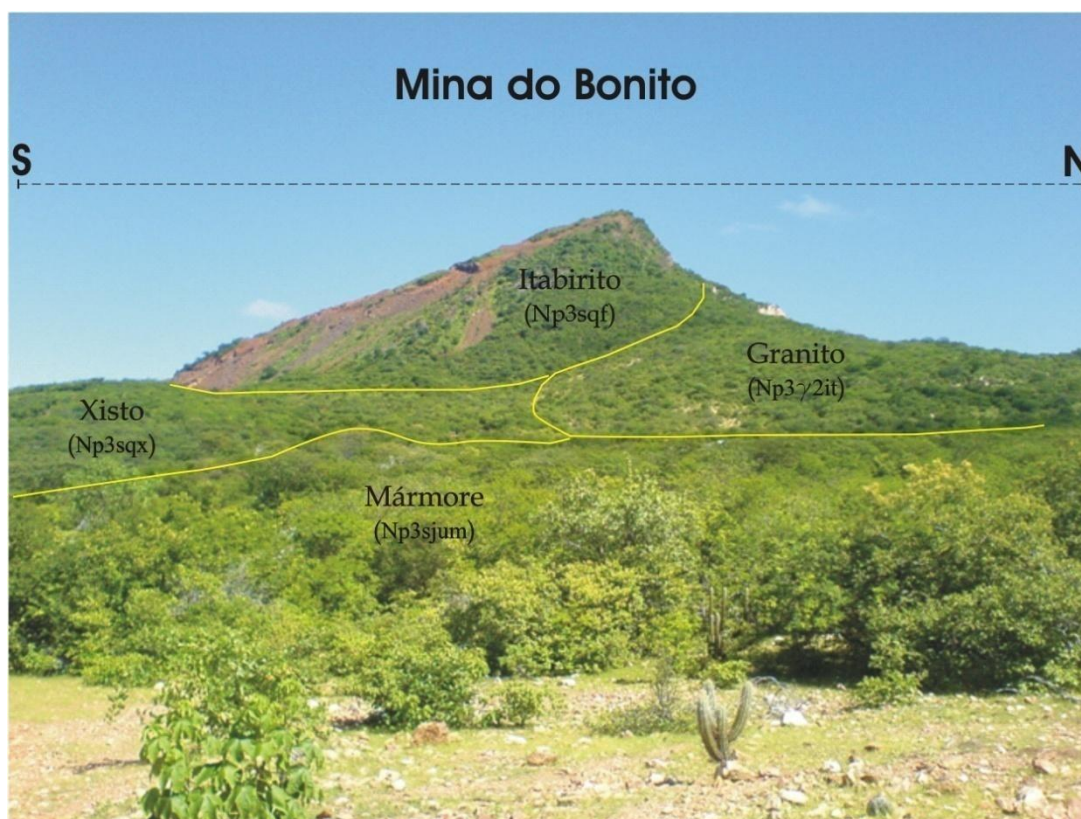


Figura 5.1-24. Perfil esquemático com as principais litologias aflorantes na Mina do Bonito.

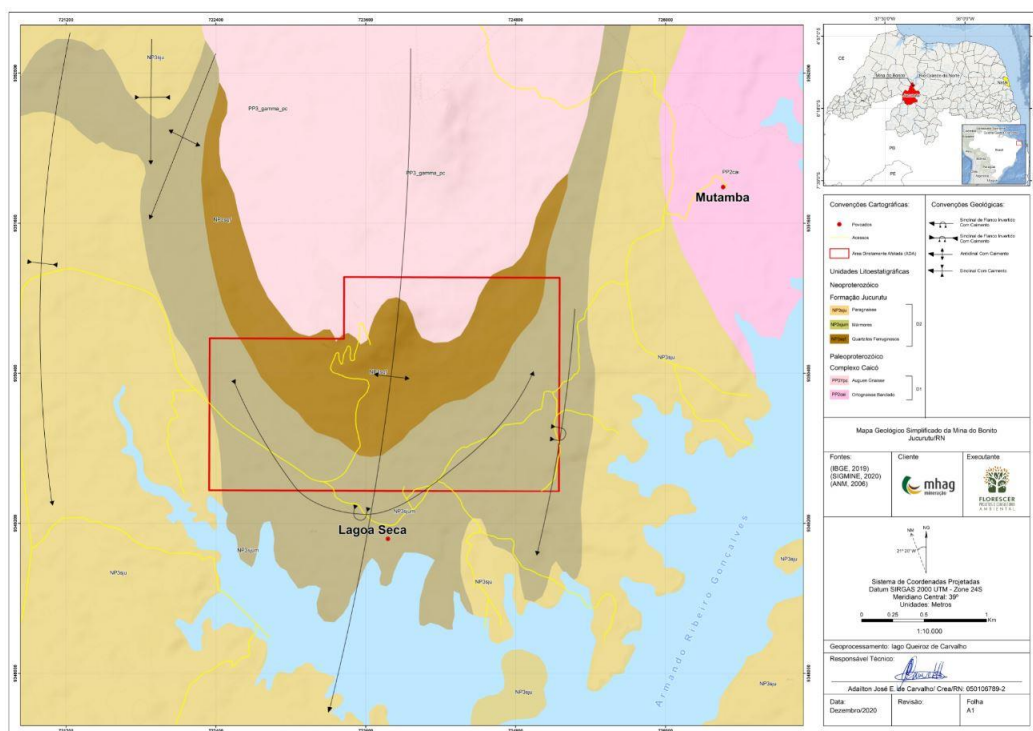


Figura 5.1-26. Mapa geológico de detalhes da área do empreendimento.

5.1.2.3.1. MAGNETITITO

Este litotipo encontra-se situado entre a crista e a aba esquerda (sentido de sul para norte) do antiforme que compõe a morfologia da Serra do Bonito. Apresenta teores de Fe total variando de 60% a 68%. Apresenta-se em superfície encaixado nos itabiritos, mostrando-se bastante fragmentado. O corpo apresenta uma forma alongada assemelhando-se a um grande boudan e/ou charuto e está associado a zonas de cisalhamento.

É do conhecimento geral na geologia do grande potencial tanto para concentração quanto para dispersão mineral, associado as zonas de cisalhamento que ocorrem em ambientes no qual estão envolvidos frequentemente fatores como: temperatura, pressão, compressão ductibilidade, profundidade; e que são responsáveis principais pela entrada e/ou saída de fluidos mineralizados deste ambiente.

No caso da Serra do Bonito, ocorreu um processo de concentração mineral do magnetitito pela atuação dos fatores citados no parágrafo anterior, porém não podemos afirmar se o processo atuante na deposição foi o de mobilização (onde a fonte dos fluidos mineralizados não está próxima a zona de concentração mineral, podendo ter vindo de pontos profundos da crosta terrestre atingida pela zona de cisalhamento e, desta forma, já contendo ou não teores de ferro, reagiu também com os itabiritos que são anteriores a formação do magnetitito) ou de remobilização (onde a fonte dos fluidos mineralizados está próxima a zona de concentração mineral, neste caso podendo ter sido gerada em função da grande temperatura provocada pela atuação da compressão; que reagiu com os itabiritos, sendo estes a fonte do ferro do magnetitito).

O magnetitito é uma rocha típica de ambientes onde estão envolvidos fatores como alta pressão, temperatura e circulação de fluidos, pois a magnetita é um mineral formado da evolução de outros minerais ferrosos (a hematita, por exemplo) que necessita da atuação dos parâmetros anteriormente citados. A magnetita é um dos óxidos mais abundantes e de ocorrência generalizada nas rochas ígneas e metamórficas e é o principal minério magnético. Também se encontra quantidades variáveis em sedimentos que sofreram metamorfismo térmico, sendo qualquer cimento de óxido de ferro hidratado ou pigmento limonítico reduzido primeiro para hematita e depois, em grau de metamorfismo mais elevado para magnetita.



Figura 5.1-27. Exemplo de bloco de magnetitito encontrado nos poços e trincheiras da zona Mineralizada.

5.1.2.3.2. ITABIRITOS

Os itabiritos que compõem a morfologia da Serra do Bonito são rochas heterogêneas. Macroscopicamente, em geral, apresentam-se com estrutura bandada, com espessura milimétrica a centimétrica, onde as faixas de cinza à preta (mineral ferromagnético - magnetita e hematitas) alternam com níveis milimétricos esbranquiçados quartzosos. Estes minerais apresentam variação nas suas proporções.

Os itabiritos provavelmente tiveram uma origem em ambiente sedimentar; podemos afirmar isto em função da presença na área de litotipos típicos desta origem primária (grande quantidade de mármore, originariamente rochas carbonáticas, por exemplo).

Itabiritos, por definição, fazem parte de um grupo de rochas que chamamos metamórficas. Estas rochas se formam pela transformação de uma rocha originariamente ígnea, sedimentar e/ou mesmo outra metamórfica. Neste processo de mudança, são de fundamentais importâncias fatores como variação de temperatura e pressão.

Os itabiritos passaram por intensos e complexos processos de deformação geológica. Desta forma é bastante normal a variabilidade encontrada nos itabiritos da Serra do Bonito.

Os corpos de itabirito mergulham por debaixo das camadas de mármore que afloram a partir da quebra negativa do relevo local.

Levando-se em consideração os processos geológicos atuantes como parâmetro, podemos classificá-los como itabiritos cisalhados e/ou itabiritos metassomatizados. Se considerarmos como parâmetro a mineralogia pode-se classificá-los como itabiritos hematíticos e/ou itabiritos magnetítico; se tomarmos como parâmetros o magnetismo, como itabiritos magnéticos e itabiritos não magnéticos e por fim se tomarmos para parâmetro o teor de ferro total contido, podemos classificar os itabiritos como ricos (apresentando teores médios de ferro total contido variando entre 40% e 50%) e itabiritos pobres (apresentando teores médios de ferro total contido abaixo de 40%).

Por se tratar de uma zona de cisalhamento, normalmente se esperar um comportamento plástico (dúctil) da rocha que juntamente com a atuação de forças compressivas, geram um padrão tanto orientado (dado pelos cristais de quartzo) que classificamos como itabiritos cisalhados, quanto também sem apresentar forma alguma (em função da movimentação de fluidos em correntes convectivas) que classificamos como itabiritos metassomáticos.



Figura 5.1-28. Exemplo de Blocos de Itabirito Encontrado nos Afloramentos na Serra do Bonito.

De uma forma geral os itabiritos apresentam composições do tipo: quartzo e opacos, que correspondem a magnetita e hematita. O quartzo ocorre em cristais xenomórficos, contatos curvos ou amebóides e tamanho entre 0,3-3,0 mm.

Os opacos (hematita, magnetita) são xenomórficos, contatos curvos ou amebóides e tamanho entre 0,3-3,0 mm. Ocorrem como cristais dispersos numa matriz quartzosa ou como agregados, em faixas, as quais se alternam com o quartzo, conferindo a rocha um aspecto de bandas, cujas espessuras oscilam entre 1-6 mm. São também encontrados ao longo de microdobras, ou de microfraturas formando vênulas de 0,1-5 mm.

Em seções polidas observam-se cristais de hematita substituindo magnetita e distribuídos conforme estas feições citadas, fato este devido a matização de tal mineral. Esta descrição pode ter variações faciológicas.



Figura 5.1-25. A e B: Afloramentos de Itabirito.



Figura 5.1-26. A: Afloramento de Itabirito; B: Itabirito com estrutura bandada e dobrada.

5.1.2.3.3. COLÚVIO

A deposição do colúvio ocorre, principalmente, na porção centro-leste da Mina do Bonito e encobre uma porção do corpo itabirítico e dos xistos. São representados por camadas com espessura média de 3,50 m, formadas principalmente por blocos de itabiritos e, secundariamente, por blocos de quartzitos, mármore dolomíticos e xistos, imersos em matriz silicosa.

A espessura tende a aumentar em direção ao sopé das serras e a composição é diretamente proporcional ao tipo de rocha que se encontra nas proximidades, indicando distância de transporte do material pouco significativa. Os blocos que o compõe apresentam dimensões variáveis ocorrendo desde blocos centimétricos até métricos, porém com predomínio de blocos decimétricos.



Figura 5.1-27. A e B: Colúvio.

5.1.2.3.4. QUARTZITO FERRUGINOSO

Os quartzitos são rochas homogêneas, apresentam-se em cores branca-avermelhados com alto grau de oxidação. Em análises aos furos de sonda, quando estão associados aos itabiritos sofrem influência dos fluídos ricos em ferro e posterior intemperismo, denominando-os de quartzitos ferruginosos, com alto teor de sílica e baixo teor de ferro. A composição mineralógica é simples, constituído basicamente de quartzo. Ocorrem somente em profundidade e numa região localizada não havendo afloramentos.



Figura 5.1-28. Testemunho de sondagem de Quartzito Ferruginoso.

5.1.2.3.5. GNAISSE

Os granito-gnaisses correspondem aos granitos metamorfizados. São paraderivados, geralmente cinza rosados, granulometria grosseira, caracterizados por uma textura tipo “*augen*”, conferida por porfiroblastos de K-feldspato de plagioclásio. Possuem também na sua composição quartzo, muscovita, biotita e granada incipiente. Em porções desta litologia podem-se observar ainda cristais a pirita, pirrotita e molibdenita disseminados na rocha. Os minerais encontram orientados segundo a foliação regional. Esta unidade ocorre na porção NW e NE da Mina do Bonito, apresentando expressão topográfica.



Figura 5.1-29. Gnaiss do Complexo Caicó.

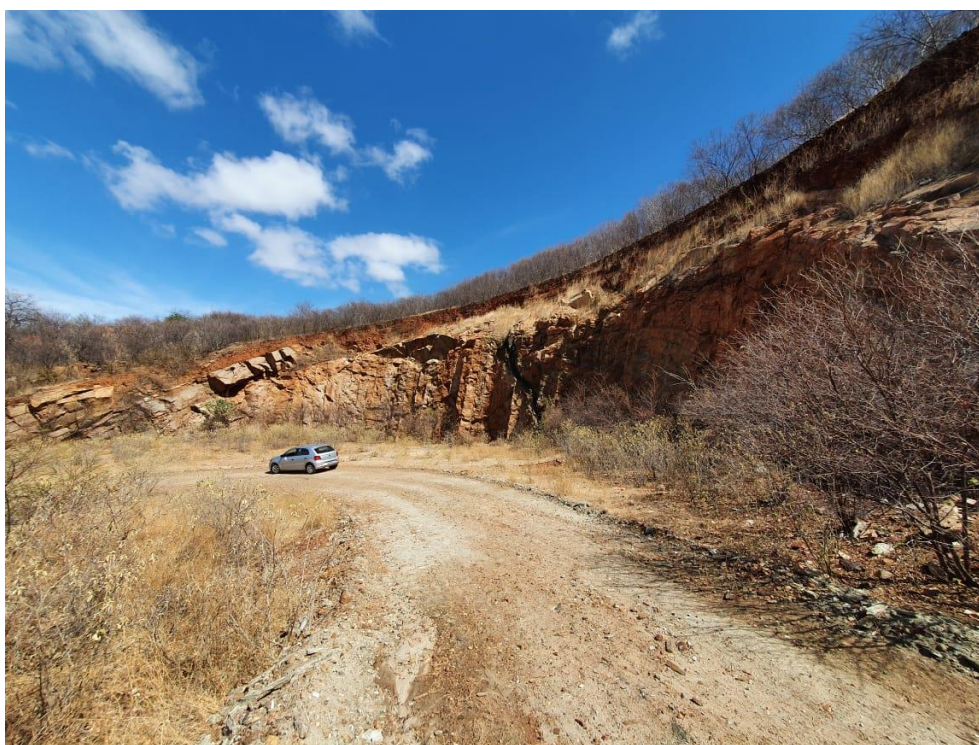


Figura 5.1-30. Gnaiss do Complexo Caicó aflorante na área do empreendimento.

5.1.2.3.6. XISTOS

O xisto é caracterizado como quartzo muscovita xisto de coloração esbranquiçada a cinza amarronzada com intercalações avermelhadas, com coloração verde escura, com veios e vênulas de quartzo. A rocha é constituída por quartzo, muscovita, raros cristais de biotita, porções enriquecidas com magnetita e às vezes granada e galena. Esta unidade aflora na parte sul da área onde é observada em topografia levemente plana a ondulada.

A rocha apresenta textura metassomática e é composta de hornblenda, epidoto, grunerita, carbonato, pouco quartzo e opacos.

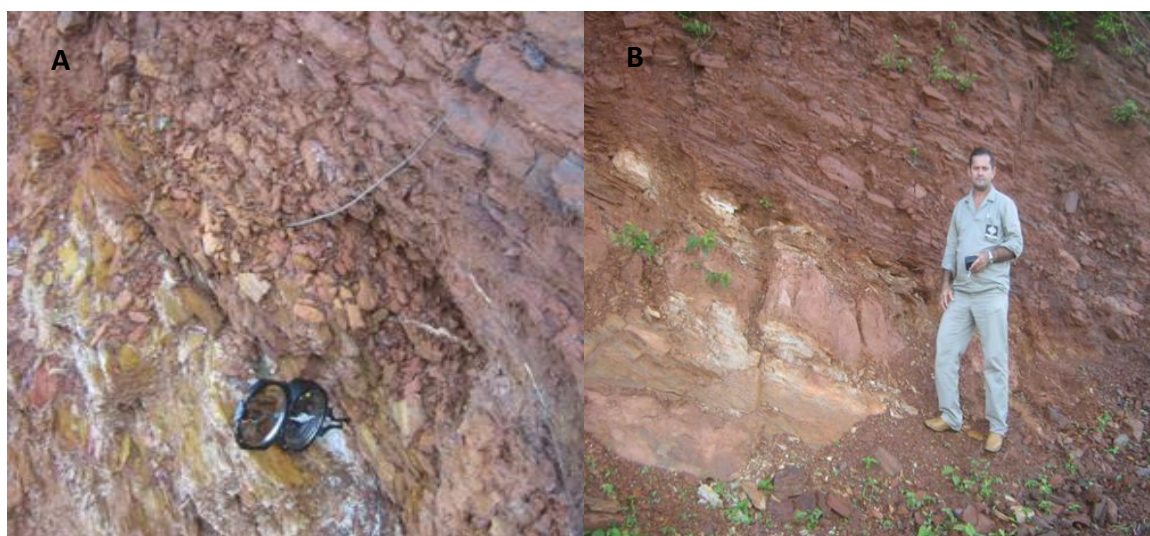


Figura 5.1-31. A: Contato do Xisto com o Itabirito; B: Vista parcial do contato.

5.1.2.3.7. MÁRMORES CALCÍTIOS

O mármore possui coloração cinza escuro, em nível contínuo, atravessa toda área, posicionando-se entre os granito-gnaisses mais basais e os do topo. Na zona de fechamento do antiforme da Mina do Bonito, apresentam-se dando a impressão de um posicionamento em dois níveis, no entanto tal feição deve-se a interferência das dobras de F2 sobre F1, produzindo padrões do tipo 3 de Ramsay (1967).

São rochas de cor cinza ou branca, maciças ou com intercalações micáceas que as confere um aspecto de bandas, e granulação fina a média. Suas composições são variáveis, caracterizando desde mármore puros os quais com maior frequência, tendo como constituinte principal a calcita, até mármore impuros, cujas composições os levam a ser classificados como flogopita-mármore e tremolitamármore.

Esta rocha foi analisada em lâmina, e foi descrita petrograficamente como rocha metacarbonática de coloração cinza, textura nematoblástica incipiente, e granulometria fina a média. Já em lâmina a rocha é composta essencialmente por calcita (99%). Os acessórios são tremolita (<1%) e opacos (<1%). A calcita é xenoblástica, exibindo arranjo em agregados nematoblásticos com "trama de forma". A extinção ondulante é fraca a moderada, sendo raras as inclusões de opacos. O tamanho dos cristais é inferior a 3,0 mm.

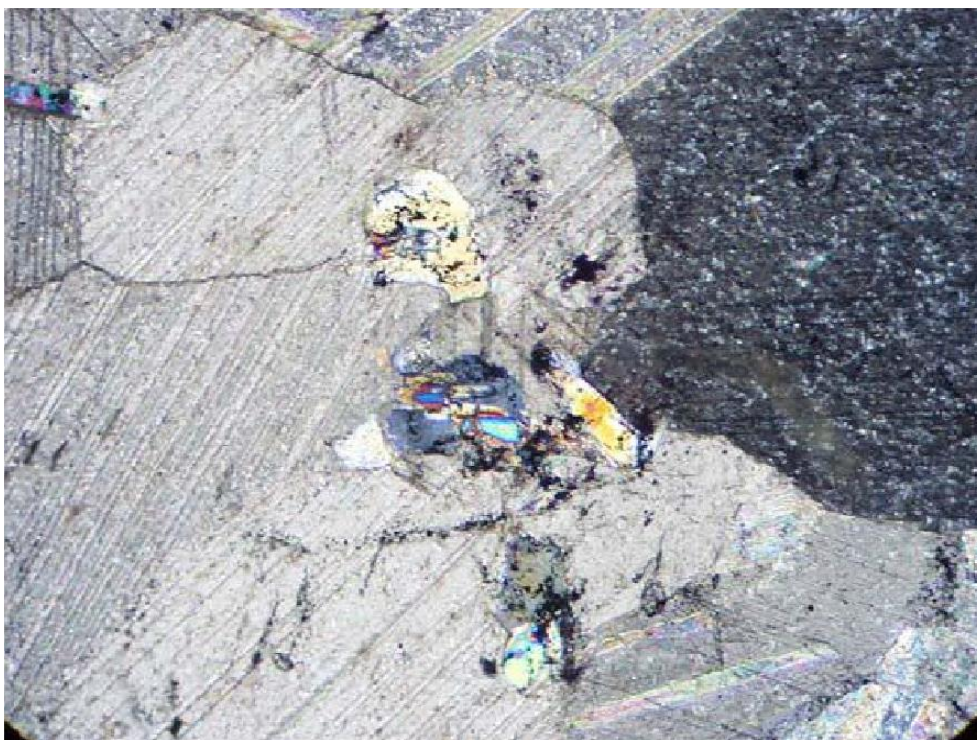


Figura 5.1-32. Fotomicrografia de Mármore Calcítico com Tremolita.

A tremolita é ripiforme e sua maioria está orientada seguindo/definindo a foliação incipiente da rocha. O tamanho das ripas não ultrapassa 0,5 mm de eixo maior.

O opaco é xenoblástico a hipidioblástico e ocorre nos limites dos grãos, na forma de inclusões e neocristalizando-se nas raras microfissuras da rocha. O tamanho é inferior a 0,2 mm. A rocha exibe foliação razoavelmente penetrativa, denotada pelo arranjo granonematoblástico da calcita e tremolita gerado sob condições das fácies xisto verde superior ao anfibolito inferior.

O mármore sobrepõe-se a formação ferrífera bandada e se posiciona nas porções rebaixadas do relevo, porém realçando expressão topográfica junto aos planos axiais dos dobramentos. É constituído predominantemente por cristais medianos de calcita pura. A composição química é calcítico, ou seja, o teor de $MgO < 1\%$. A rocha possui coloração cinza azulada. Mais a leste da área quando em contato com granitos tardi-magmáticos observa-se skarnitos mineralizados em schellita.



Figura 5.1-33. Afloramento de Mármore Clacítico (A) e (B).

5.1.2.2. GEOLOGIA ESTRUTURAL

Como principal estrutura regional, podemos citar o grande dobramento regional que envolve a Serra do Bonito, que se trata de um anticlinal com a cota superior em torno de 410 m e a cota da base em torno de 90 m (ambas em relação ao nível médio do mar), com caimento para sul e ambos os flancos aparentemente mergulhando para Leste.

Esta estrutura encontra-se afetada por uma zona de cisalhamento, afetando principalmente o seu flanco leste no qual encontramos o corpo de magnetitito encaixado nos itabiritos. Esta zona de cisalhamento foi detectada através da análise de imagens de satélite Landsat-TM e confirmada em campo principalmente pelo alinhamento que esta apresenta com o flanco leste da grande dobra regional que é representada pelos mármores.

Na Mina do Bonito em si, as principais estruturas materializam-se como foliações, lineações, dobras, zonas de cisalhamento, falhas, fraturas e juntas que funcionam como descontinuidades e anisotropias (Figura 5.1-38).

As principais estruturas planares presentes na Mina do Bonito podem ser divididas em: (a) S_n – foliação principal, definida pelo bandamento composicional e xistosidade; (b) S_{n+1} – foliação plano-axial associada às clivagens de crenulação dos dobramentos; (c) uma estrutura antiformal quilométrica, com plano axial N-S e eixo mergulhando para sul; e (d) estruturas ruptéis fraturas, juntas e falhas (Figura 5.1-39).

Na conformação estrutural da Mina do Bonito, a foliação principal S_n tem direção dominante nordeste, chegando por vezes a Leste-Oeste, e mergulha preferencialmente para sudeste ou sul. A foliação S_{n+1} corresponde a uma clivagem de crenulação e fratura gerada ao longo dos planos axiais dos dobramentos mesoscópicos que configuram a megaestrutura antiformal da mina de Bonito. Além das estruturas dúcteis, ocorrem na mina, sistemas de fraturas subparalelos às direções de S_n e S_{n+1} , respectivamente, com mergulhos em direção oposta a S_n e subverticais, além de outro sistema de fraturas de cisalhamento menos penetrativo.

Os resultados permitiram diferenciar conjuntos de estruturas dúcteis e rúpteis geradas durante a história de evolução da jazida e classificar as gerações e famílias (direção e mergulho). (Figura 5.1-40).

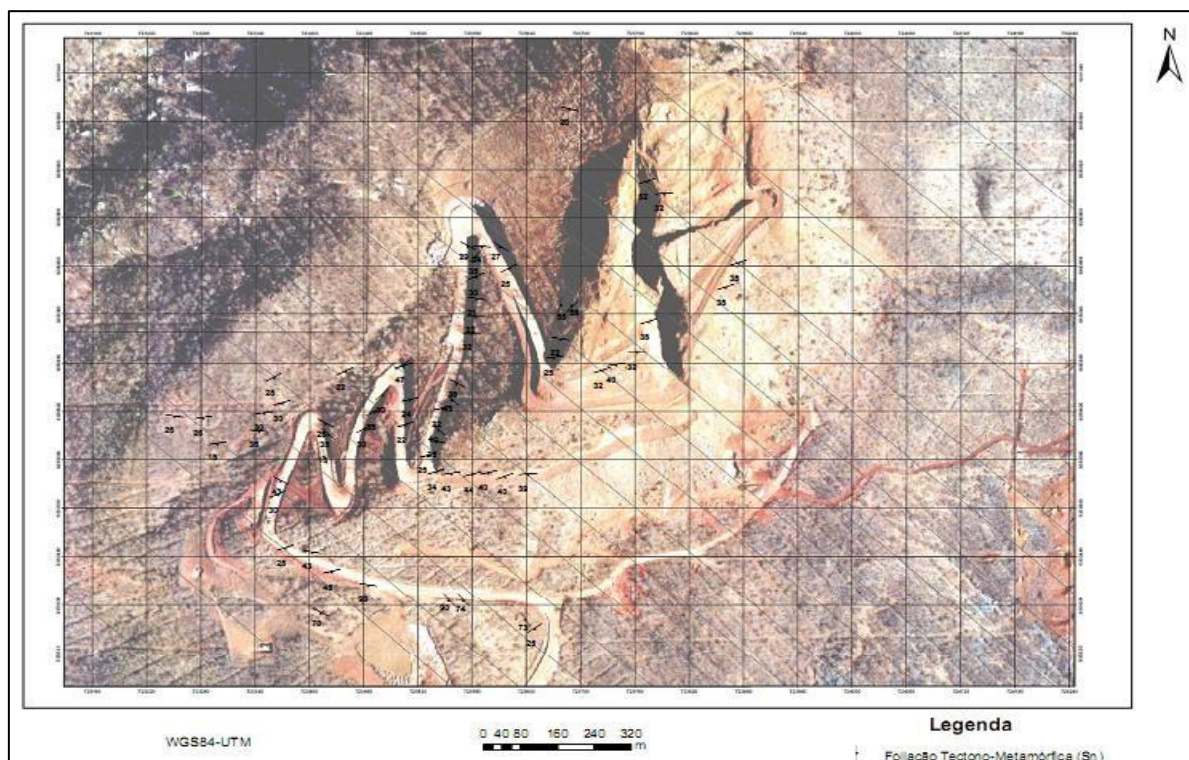


Figura 5.1-34. Estruturas Dúcteis com Ênfase na Foliação Principal (Sn) presentes nos Litotipos da Mina do Bonito.

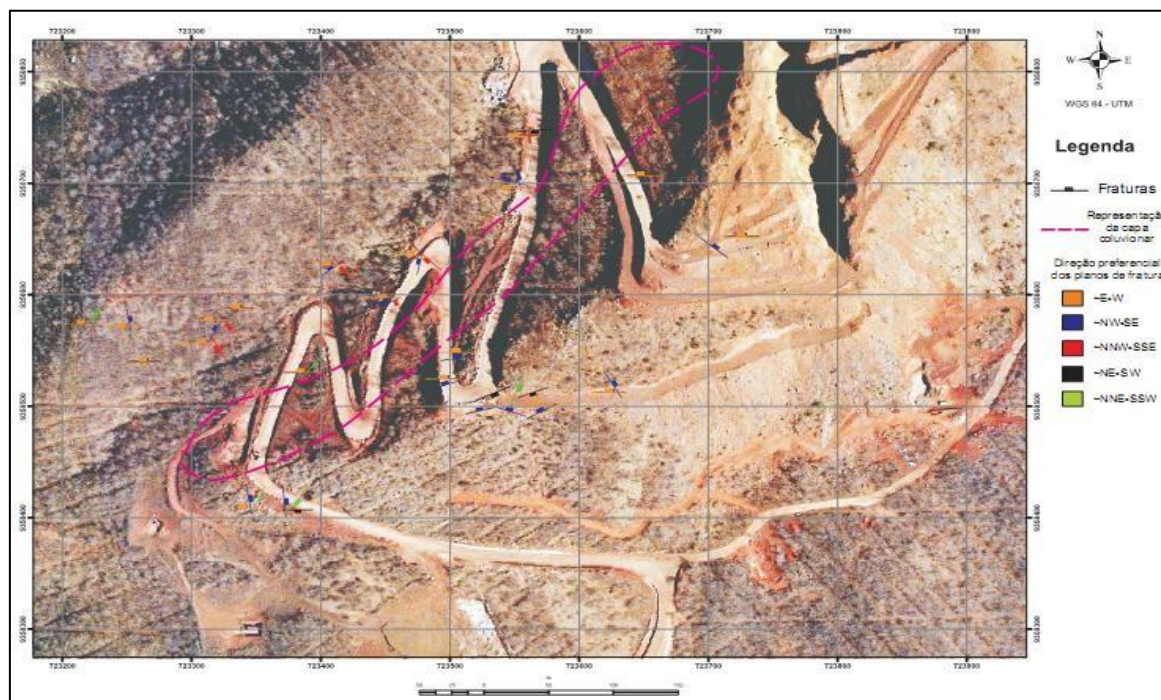


Figura 5.1-35. Estruturas Rúpteis com ênfase aos grupos de fraturas presentes nos Litotipos da Mina do Bonito.



Figura 5.1-36. Principais estruturas planares presentes na Mina do Bonito. Estruturas Dúcteis (foliações): Sn (dobrada) e Sn+1 (clivagem de crenulação).



Figura 5.1-37. Principais estruturas planares presentes na Mina do Bonito. Estruturas Rúpteis: Fraturas.

5.1.2.3.8. MAPEAMENTO GEOLÓGICO ATUAL E INTEGRAÇÃO DE DADOS

Com a execução e obtenção do resultado da segunda campanha de sondagem rotativa, em integração com as informações anteriores existentes (dados de geofísica aérea, geofísica terrestre e execução da checagem em campo), foi definido o atual mapa integrado de exploração mineral (Figura 5.1-42) e mapa geológico da Mina do Bonito e adjacências (Figura 5.1-43).



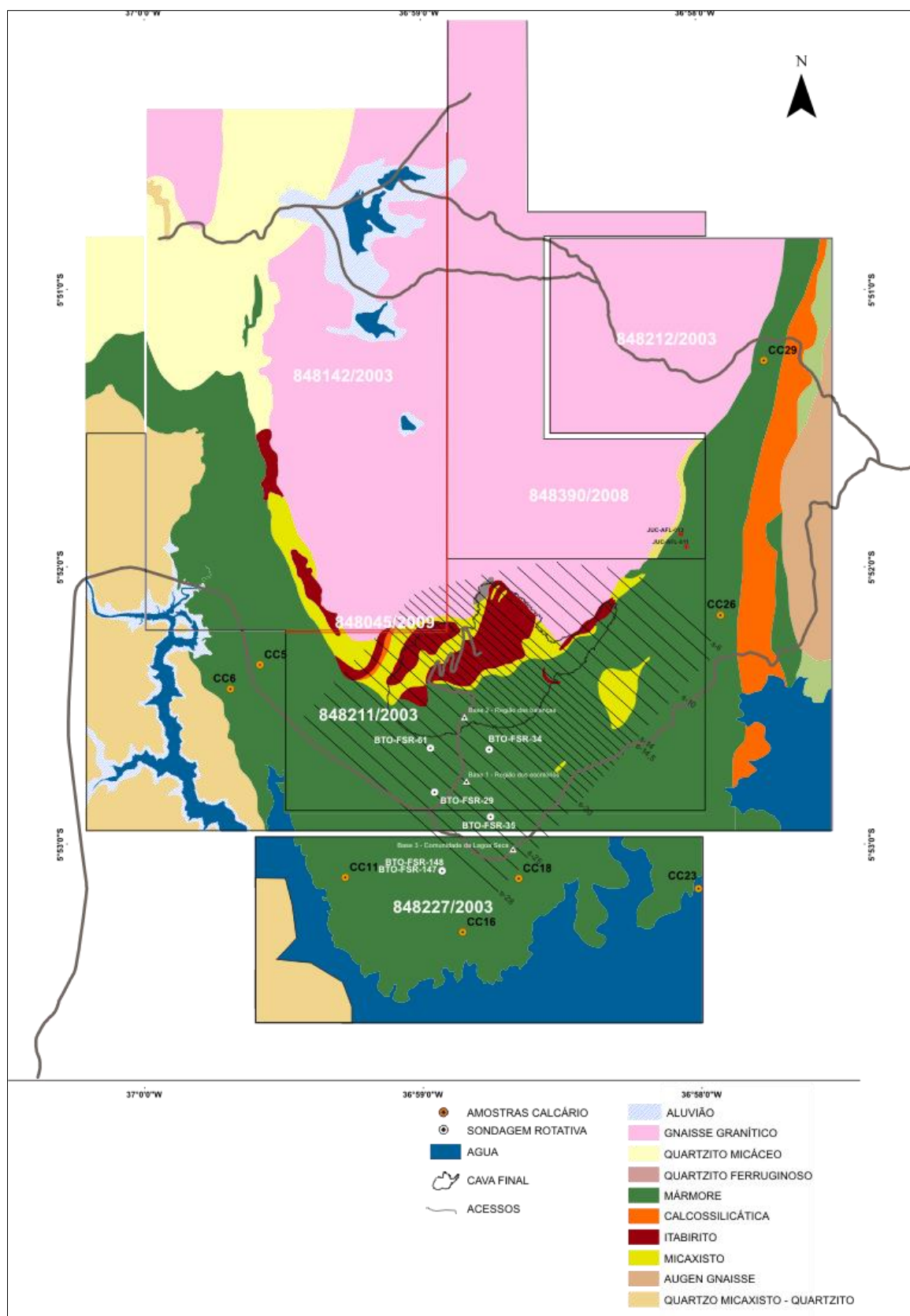
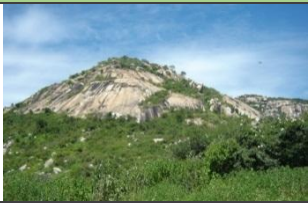


Figura 5.1-39. Mapa geológico da área de influência da Portaria de Lavra nº 237/2006.

Com a integração dos dados de exploração mineral e da geologia local foi possível definir a coluna estratigráfica simplificada da Mina do Bonito, demonstrada na Tabela 5.1-6.

Tabela 5.1-10. Coluna Estratigráfica Simplificada da Mina do Bonito.

Idade	Grupos	Formações	Figura	Litologia
EOPROTEROZOICO	Granitóides Brasilianos			Granitóides diversos de quimismo não determinado. (Suíte Intrusiva Itaporanga 580-535 Ma U-Pb). Figura: granitóides da Serra do João do Vale.
	Seridó	Jucurutu		Biotita gnaisses e biotita anfibólitos gnaisses predominantes, calcossilicáticas, mármore, metaandesitos, formações ferríferas, metacherts e metaconglomerado polimíticos próximos à base. (634 Ma – SHRIMP).
		Serra dos Quintos		Micaxisto, metagneisse, formações ferríferas (itabiritos), xistos máficos, quartzito ferruginoso. Figura: itabirito da Mina do Bonito.
PALEOPROTEROZOICO	São José	Suíte Poço da Cruz		Biotita Gnaiss graníticos, Augen Gnaiss, etc. (1.934 Ma U-Pb). Figura do granito da Serra da Caiçarina – norte da Mina do Bonito.
	Complexo Caicó			Ortogneisses com lentes de metabasitos, anfibolitos, quartzitos ferruginosos, gnaisses bandados, migmatitos, etc. (2.240-2078 Ma U-Pb).

5.1.2.3.9. SONDAGEM

Os furos de sondagem da Mina do Bonito foram realizados com sondagem rotativa diamantada, pelo método *wireline* em diâmetros de furo HQ e NQ, com a obtenção final de testemunhos de sondagem. Os furos foram executados em duas campanhas distintas.

5.1.2.3.9.1. Primeira Campanha de Sondagem – Ano 2004

A primeira campanha de sondagem feita pela Mhag Serviços e Mineração S/A., foi programada e executada no período de outubro de 2004 até maio de 2005 pela empresa Minas Trading, de Nova Lima/MG, utilizando-se uma sonda rotativa da marca Maquesonda Modelo Mach 700, conforme mostrado na Figura 5.1-44. Foram executados 17 furos de sondagem rotativa, num total de 742,31 metros perfurados, com utilização do método wireline com diâmetro de furo NQ. O foco da sondagem na época foi o magnetitito para a produção de produtos do tipo lump ore e sinter feed.



Figura 5.1-40. Sonda rotativa da marca Maquesonda - Modelo Mach 700 utilizada na primeira campanha de sondagem da Serra do Bonito. Fonte: Acervo da Mhag Serviços e Mineração S/A.

5.1.2.3.9.2. Segunda Campanha de Sondagem – Anos 2007 a 2009

A segunda campanha de sondagem na Mina do Bonito teve como foco o itabirito para a produção de pellet feed e foi programada e executada no período de novembro de 2007 a

abril de 2009. Foram perfurados 16.489,27 m se sondagem rotativa, distribuídos em 125 furos. Utilizou-se o método *wireline* e equipamentos de diâmetro HQ-NQ.

O plano de sondagem inicial de sondagem da Serra do Bonito foi projetado em malha de 200 x 200 m e 200 x 100 m nos perfis da área de lavra, tendo o eixo principal de sondagem a direção N42E-S42W orientado segundo a direção do plano axial das placas de mineralização. As transversais, coincidentes com as das seções, foram orientadas segundo a direção N48W-S48E.

Na fase inicial foram programados 83 furos de sondagem dos quais os primeiros 30 furos BTO-FSR022 até BTO-FSR-051 foram distribuídos e executados de forma prospectiva, para se conhecer a abrangência da mineralização da Serra do Bonito. Posteriormente a malha foi adensada e novos furos foram programados e executados até o mês de abril de 2009.

Foi definido então o fluxograma da nova rota de processo para produção de pellet feed com a retirada da flotação e utilizando somente a separação magnética como método de concentração, conforme mostrado na Figura 5.1-45

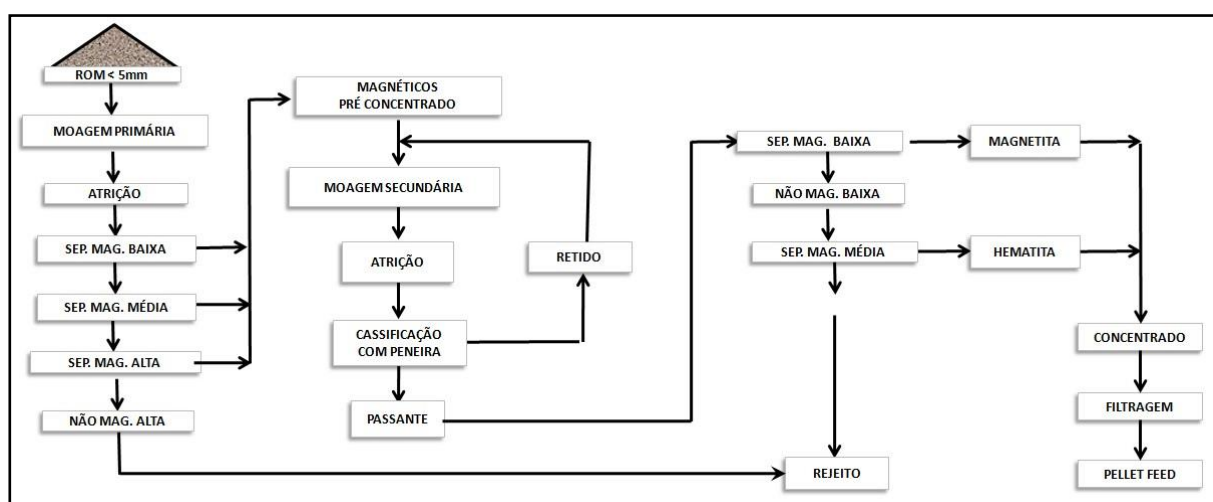


Figura 5.1-41. Rota de processo somente com separação magnética como método de concentração.

5.1.2.3.10. ESTIMATIVA DA RESERVA DE MINÉRIO DE FERRO DA MINA DO BONITO

5.1.2.3.10.1. Considerações sobre o Relatório Gemcom – Ano 2012

O atual relatório com as estimativas históricas de recursos de minério de ferro da Mina do Bonito foi feito pela empresa Gemcom do Brasil, de Belo Horizonte/MG, no ano de 2012, com a modificação e atualização de alguns parâmetros de processo e custo em relação ao trabalho feito em 2011.

Este relatório é parte do trabalho denominado de “Relatório Final - Modelamento geológico, estimativa e classificação de recursos, otimização de cava e planejamento de lavra da Mina do Bonito - Jucurutu/RN – Brasil”. Com a realização deste trabalho, os resultados obtidos em relação aos recursos de minério de ferro da Mina do Bonito foram os mesmos do trabalho do ano de 2011 e permaneceram com os seus valores finais de 247 milhões de toneladas com teores médios globais de 25,75% de Fe, 54,18% de SiO₂, 1,09% de Al₂O₃, 0,32% de Mn, 0,04% de P e 0,58% de PF.

Após a otimização de cava, foi totalizada a reserva de minério de ferro da Mina do Bonito com valor total de 111,5 Mt (base seca), com teores médios globais de 27.47% de Fe, 53.30% de SiO₂, 0.89% de Al₂O₃, 0.04% de P, 0.31% de Mn e 0.81% de PF. A Relação Estéril Minério obtida na otimização de cava foi de 1,07 t/t.

5.1.2.4. CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS DA GEODIVERSIDADE NA ADA DO EMPREENDIMENTO

Segundo Silva (2016), um dos principais enfoques da aplicação dos conceitos da Geodiversidade é a conservação da natureza, em suas características abióticas, de forma a promover um consumo sustentável dos recursos naturais

Sob a perspectiva de análise dos elementos da natureza, tendo em vista promover a ocupação ordenada dos territórios, a presente discussão resulta de preocupações pautadas

na abordagem da geodiversidade, em que se enfatizam as paisagens naturais dos municípios de Currais Novos, Acari, Lagoa Nova e Cerro Corá, localizados no Seridó Potiguar, Rio Grande do Norte.

A geodiversidade de uma área é compreendida por todos os recursos abióticos que compõem a natureza: solos, minerais, rochas, rios, lagoas, paisagens e fenômenos naturais como o intemperismo e magmatismo (Gray, 2004). A partir disto, pesquisadores têm focado seus estudos, sob esta nova óptica das geociências, desde a década de 1990, se aproveitando também da multidisciplinaridade permitida pela geodiversidade e divulgando os conteúdos geológicos pela sociedade.

Em Jucurutu, além das belas paisagens - formadas pela vegetação da Caatinga, pelas serras, a bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Açú, das águas da barragem Armando Ribeiro -, existem diversos registros de usos dos recursos da geodiversidade. Sobretudo, de rochas e formações que formam as belas paisagens do município, formadas a partir da era Neoproterozóica, onde surgiu a Formação Jucurutu pertencente ao grupo Seridó. Observa-se uma variedade de rochas ígneas, que dão um embelezamento especial a paisagem da região, a exemplo das várias serras, como a serra do João do Vale, Serra da Caiçarinha, especialmente o Pico de Bonito, que desponta imponência e beleza na majestosa paisagem que o circunda, destacando-se as dezenas de ilhotas que formam o lago imponente da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves.

Ao longo de toda a história geológica da região que perpassa milhões de anos, a geodiversidade mostrou-se sempre presente, influenciada principalmente pela variação do relevo local. Remonta ao período histórico de sua formação, em que as condições do ambiente natural fora se modificando à medida que o modelamento da paisagem fora sendo formado pelas condições orogênicas.

As informações relatadas neste estudo abordam a geodiversidade da área que ocorre de forma natural, *in situ*, ou aliada ao patrimônio cultural local, *ex situ*, da área de influência do empreendimento. São feitas descrições dos valores da geodiversidade, de acordo com os serviços ecossistêmicos, além da classificação das ocorrências dos fenômenos naturais ou não,

em acordo com seus valores e extensão. Neste estudo, serão ainda apresentadas considerações sobre as principais ameaças que afetam a geodiversidade e que podem culminar na remoção ou mudanças de suas características.

5.1.2.4.1. GEODIVERSIDADE *IN SITU* E *EX SITU*

No caso específico, a geodiversidade da área de influência do empreendimento é representada por todos os componentes da natureza abiótica, como minerais, rochas, solos, rios, paisagens e as relações e processos naturais envolvidos por esses recursos. A geodiversidade, portanto, está presente em todos os ambientes do planeta, ocorrendo nas mais diversas formas e extensões.

Este capítulo faz uma análise dos recursos que compõem a geodiversidade no âmbito da área de influência do empreendimento e que nela ocorrem de forma natural, ou seja, de forma *in situ* e *ex situ*, como definido por Brilha (2015). Após comentários acerca do registro histórico, são feitas descrições geológico-geomorfológicas pertinentes a cada lugar identificado. Em seguida, são valorados os locais de acordo com as definições de Gray (2013), com base nos serviços ecossistêmicos da geodiversidade, como apresentado a seguir.

A valoração dos processos será qualitativa, em substituição aos índices quantitativos que serão aplicados, o que pode provocar sub ou supervalorização de um quesito, como um valor com teor científico. Isso pode ser modificado, a posteriori, em trabalhos que façam a quantificação dos valores por meio de diversos modelos consolidados na literatura.

Após a identificação dos valores de forma qualitativa, cada sítio será classificado de acordo com os parâmetros apresentados por Brilha (2015), a partir dos valores identificados, e por Fuertes-Gutiérrez e Fernández-Martínez (2010), de acordo com a extensão areal de cada sítio.

Por último, será apresentado um quadro síntese contendo os locais de geodiversidade *in situ*, da área de influência do empreendimento juntamente com os valores identificados e as classificações empregadas neste trabalho, e um mapa de localização das ocorrências analisadas.

5.1.2.4.2. RECURSOS NATURAIS

A vocação mineira e energética sempre colocou o Município de Jucurutu na vanguarda da produção mineral e energética do Estado. Atualmente, o município tem nos recursos naturais e minerais uma das principais atividades do município.

5.1.2.4.3. PROPOSTA DE ROTEIRO GEOTURÍSTICO PARA JUCURUTU

A proposta de um roteiro geoturístico em Jucurutu está sendo pensada a partir da observação de sua rica geodiversidade. A proposta é que o roteiro se inicie na área urbana da cidade expandindo-se às áreas mais afastadas do município. Nesse contexto, o geoturismo pode ser tanto urbano como rural, considerando alguns critérios, como a história local, geografia, geodiversidade. Observando também as relações da sociedade com o meio, destacando a presença de geossítios no território. Trazendo como resultados a utilização da geodiversidade com enfoque na demanda turística, com grande potencial de movimentação das economias locais e regionais no Brasil.

Para isso, se faz necessário o planejamento de uma infraestrutura turística adequada (transporte, alimentação, hospedagem...), proximidade geográfica aos grandes centros populacionais e acesso aos sítios a serem visitados. Com base nesses critérios, o roteiro está sendo pensado para que possa ser feito de maneira simples por qualquer pessoa que deseje

conhecer a região. Seu traçado será de fácil acesso e está sendo pensado como estratégia para o geoturismo no Município. Entre os vários sítios destacam-se.

5.1.2.4.3.1. Geossítios de Jucurutu e da Área de Influência de Empreendimento

Geoparque é um território de limites bem definidos com uma área suficientemente grande para servir de apoio ao desenvolvimento socioeconômico local (UNESCO). Deve abranger um determinado número de sítios geológicos de relevo ou um mosaico de entidades geológicas de especial importância científica, raridade e beleza, que seja representativa de uma região e da sua história geológica, eventos e processos. Poderá possuir não só significado geológico, mas também ao nível da ecologia, arqueologia, história e cultura.

O município de Jucurutu possui, em abundância, todas as características mencionadas acima. Assim, entendendo que a interiorização do geoturismo, especialmente aplicado ao município, trará investimentos, geração de emprego, renda e, conseqüentemente, movimentação da economia local atrelada à conservação do patrimônio natural, além de educação ambiental, bem como a valorização e divulgação dos pontos turísticos. A Prefeitura Municipal de Jucurutu iniciou a identificação dos geossítios no município como forma de integrá-los ao conceito de Geoparque. Alguns dos geossítios identificados e descritos até o momento são (Figura 5.1-46):

1. Caverna Casa de Pedras, localizada na comunidade de Pedra do Navio, cerca de 3 km a NW da cidade de Jucurutu;
2. Sítio Arqueológico Pedra Ferrada, com gravuras rupestres dos Sítios Arqueológicos do Riacho do Chaves;
3. Riacho do Chaves e do Olho d'água do Gonçalo Dias;
4. Mirantes da Serra de João do Vale;
5. Mina de Scheelita desativada;
6. Furnas;

7. Barragem de Oiticica; e
8. Serra da Caiçarinha, Leste da Mina do Bonito.

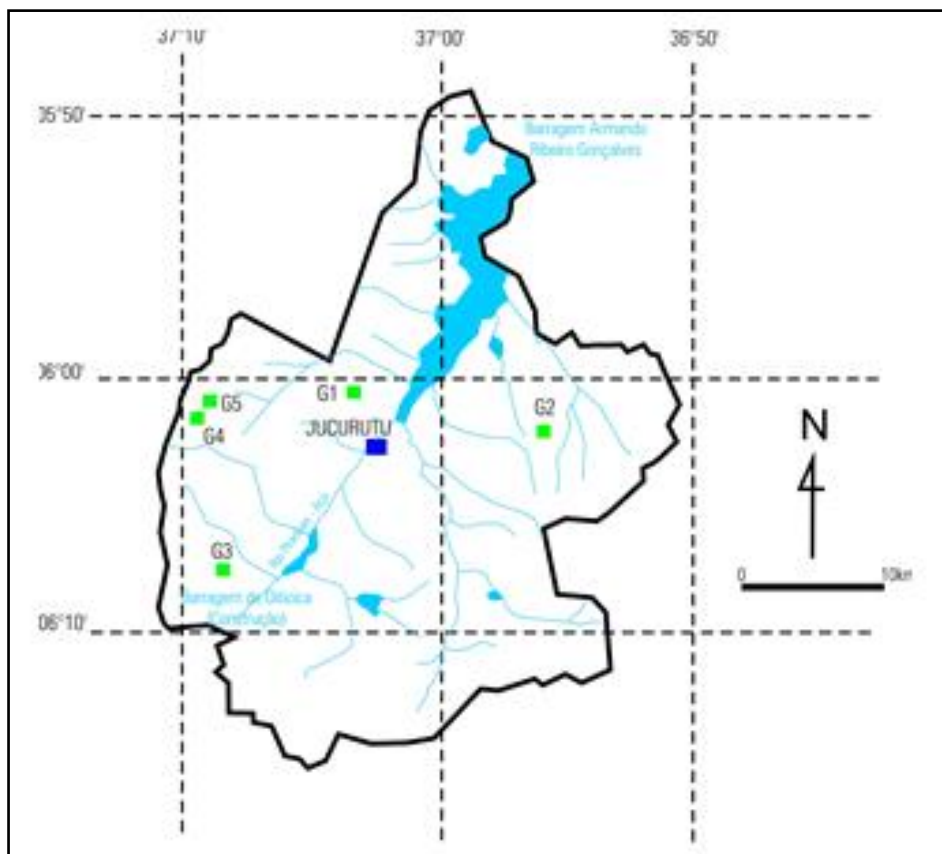


Figura 5.1-42. Desenho esquemático do município de Jucurutu com base hidrográfica e com a localização de alguns geossítios. Fonte: GALVÃO (2017).

1- Casa de Pedra

A casa de Pedra é um atrativo natural, são mármore com textura rugosa, do grupo Seridó, formação Jucurutu. Está localizada no Sítio Pedra do Navio a 8 km da sede da cidade, com acesso de alta dificuldade por meio de estrada de barro. Não há taxa de visitação e é de propriedade do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS).

O atrativo é denominado “Casa de Pedra” devido a existências de formações rochosas que simbolizam partes de uma casa, como, por exemplo, o salão principal, com geoformas que representam mesas, cadeiras, “quartos escuros”, dentre outros fatores. A Casa de Pedra

possui raio de aproximadamente 300 m. No seu topo, há vista panorâmica para a cidade de Jucurutu, formando um mirante natural. É possível observar em seu entorno a vegetação da caatinga, com plantas como a macambira, cactos, coroa de frade, dentre outras (Inventário Turístico, 2018).



Figura 5.1-43. Geossítio Casa de Pedras. Fonte: GALVÃO (2017).

2- Sítio Arqueológico Pedra Ferrada

O sítio arqueológico da Pedra Ferrada apresenta as gravuras rupestres dos sítios arqueológicos localizados às margens do Riacho do Chaves, já na divisa entre os municípios de Jucurutu de Açu (Figura 5.1-48), desagua no rio Piranhas-Açu.

Em relação ao empreendimento, localiza-se na área de influência direta, constituído por oito sítios arqueológicos. Em termos quantitativos, é um sítio com gravuras rupestres do Rio Grande do Norte com maiores dimensões e que possui maior potencial sobre informações pretéritas da fauna, flora, representações antropomorfas. O acesso ao local é livre. Este

conjunto de sítios arqueológicos está inserido num mesmo contexto ambiental, onde é possível observar uma variedade de incisões representando os grafismos simbólicos nos suportes marmorizados.

A geomorfologia da área é formada por afloramentos marmorizados, o relevo constituído por serrotes e serras com cotas altimétricas entre 50 a 320 metros.

As primeiras descrições arqueológicas sobre esses lugares, com registros rupestres no Riacho do Chaves, constam do Relatório Privado de Impacto Ambiental para atividades da Empresa MHAG Serviços e Mineração S/A (em poder do IPHAN RN) realizado em abril de 2007, pelo arqueólogo Walner Barros Spence.

“As rochas nas margens do riacho estão repletas de gravuras, cuja cor esbranquiçada - marcas da abrasão contrasta com o azulado escuro da rocha calcária. As gravuras diferem na profundidade de suas incisões, algumas são mais profundas, até 05 cm, e outras com uma raspagem rasa da superfície” (SPENCER, 2007, p.14).

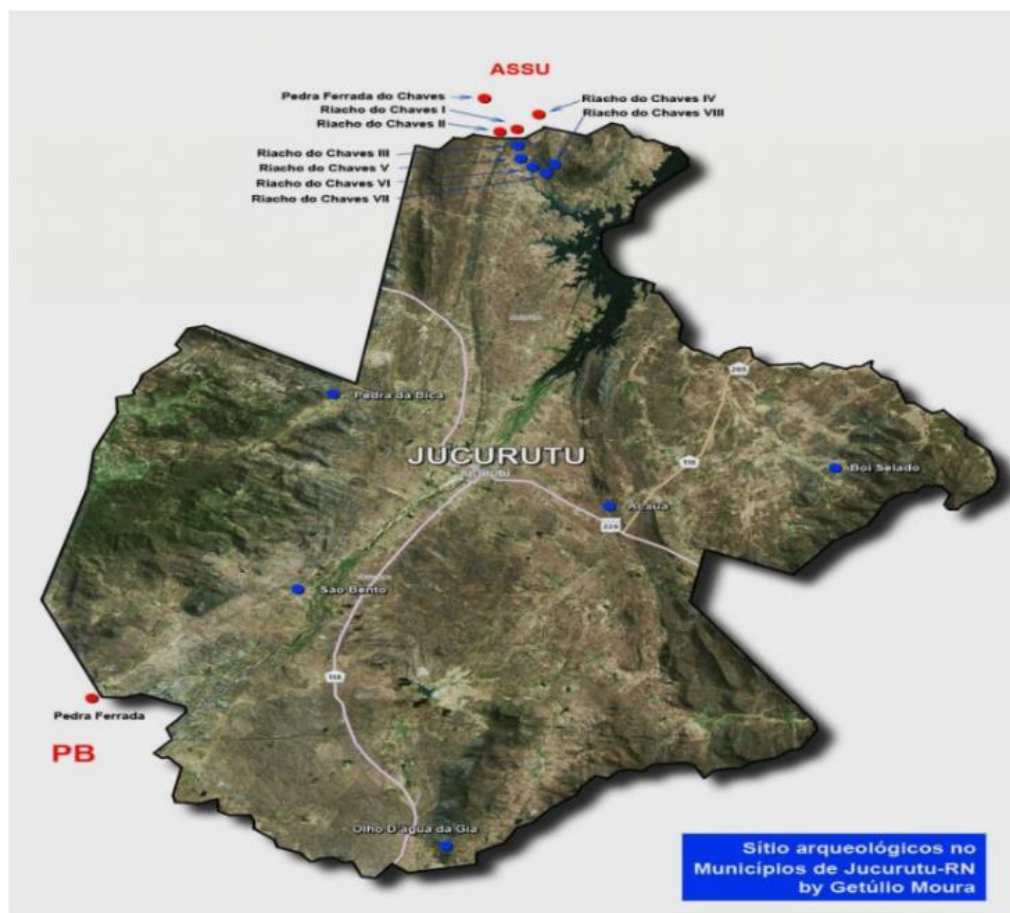


Figura 5.1-44. Mapa do município de Jucurutu RN com detalhes da inserção dos sítios arqueológicos identificados até 2015. Fonte: SANTOS JÚNIOR (2015); Mapa elaborado por Getúlio Moura (2014)

A rocha apresentada na Figura 5.1-49, possui coloração vermelha-escura, ferruginosa, tem aproximadamente 10 metros de comprimento por 1,5 metros de altura, apresenta gravuras bem marcadas pelo contraste da raspagem. A temática é a tradicionalmente encontrada em incisões do tipo, como demonstrado na Figura 5.1-49, mas já apresenta vestígios de vandalismo, isto é, uma intervenção lúdica moderna, representado por raspagem e pintura com tinta branca de nomes pessoais.



Figura 5.1-45. Gravuras bem marcadas pelo contraste da raspagem. Fonte: SPENCER (2007), in: EIA RIMA, Mhag, p.19.

Conforme os estudiosos que fizeram as descobertas dos sítios, nos registros rupestres dos sítios arqueológicos do Riacho do Chaves, foram utilizadas duas técnicas de execução: a raspagem e a picotagem.

3- Riacho do Chaves e do Olho d'água do Gonçalo Dias

O Riacho do Chaves e do Olho d'água do Gonçalo Dias, embora pouco conhecido, situa-se na área de influência do empreendimento, se destaca pela beleza paisagística e os locais de rocha com inscrições rupestres incisas – itacoatiaras - deitada sobre o leito do riacho do Chaves, é um lugar de paisagem agradável pelo frescor incomum em meio à caatinga.



Figura 5.1-46. Vista do Riacho do Chaves. Fonte: Acervo da Mhag Serviços e Mineração S/A., SPENCER (2007): in EIA RIMA, Mhag, p.8.

4- Serra de João do Vale

O município é favorecido por um relevo de serranias, como a Serra de João do Vale (Figura 5.1-51 a 5.1-52). Trata-se de um maciço serrano localizado entre os municípios de Jucurutu, Triunfo Potiguar, Campo Grande e Belém do Brejo do Cruz na Paraíba. Consiste num complexo orográfico que compreende uma área de 277 km², inserida no bioma Caatinga, plantas frutíferas (cajueiros) e comunidade residente com cerca de 2.000 habitantes. Há no local mirantes naturais com vista panorâmica da região, com destaque para os aspectos geológicos, geográficos e biodiversidade regional. Este complexo possui clima semiárido e se apresenta praticamente úmido o ano todo, graças às elevadas altitudes, variando entre 200 a 700 m (Inventário Turístico, 2018).

A serra de João do Vale possui um passado que transcende a história local, em que o relevo acidentado serviu de refúgio aos indígenas quando acossadas por portugueses. O

conhecimento das trilhas, dos alimentos naturais e dos pontos onde existia água dava-lhes grandes vantagens sobre as tropas forasteiras.



Figura 5.1-47. Geossítio Mirantes Serra de João do Vale. Fonte: GALVÃO (2017).



Figura 5.1-48. Serra de João do Vale. Fonte: Acervo da Mhag Serviços e Mineração S/A., SPENCER (2007); in EIA RIMA, Mhag, p.8.



Figura 5.1-49. Serra de João do Vale, vista de Jucurutu. Fonte: Acervo Florescer (2020).

5- Mina de Sheelita desativada.

Na área a leste da Mina do Bonito (Figura 5.1-54), com distância de 4 km, existe uma mina desativada, que sofreu fortes impactos ambientais, devido aos trabalhos de mineração de sheelita em alta escala de produção, pela Mineração Sertaneja, desde as primeiras décadas do século XX até ser desativada em razão de perda de competitividade do produto no mercado internacional.



Figura 5.1-50. Área da Mina de Sheelita desativada. Fonte: Acervo da Mhag Serviços e Mineração S/A. SPENCER (2007): in EIA RIMA, Mhag, p.16.

A não ser o fato de que as ruínas da antiga mina (historicamente recentes) sejam consideradas arqueologicamente importantes, a área, pelos fatores assinalados acima, encontra-se completamente descaracterizada e descontextualizada em relação ao interesse arqueológico. Assim, embora os diversos prédios da mineradora se encontrem, em sua maior parte, em níveis de altura acima de 50 metros, ficando fora, portanto, da quota delimitadora do projeto de salvamento arqueológico que foi realizado na região, quando da construção da barragem Armando Ribeiro Gonçalves, o interesse cultural-patrimonial é quase que irrisório.

6- Furnas

As furnas, localizadas a partir de 3 km da mina do Bonito, ao longo do Riacho do Chaves, tem uma beleza que se destaca pela erosão natural diferenciada do calcário que em contato com a água, formou pequenas cavidades que estão localizadas no leito do riacho. São baixas e encontravam-se cheias de água durante boa parte do ano, quando cheias mal se pode notar sua existência, mais de uma beleza sutil.

As rochas nas margens do riacho estão repletas de gravuras, cuja cor esbranquiçada – marcas da abrasão - contrasta com o azulado-escuro da rocha calcária. As gravuras diferem na profundidade de suas incisões, algumas são mais profundas, até 05 cm, e outras com uma raspagem rasa da superfície.

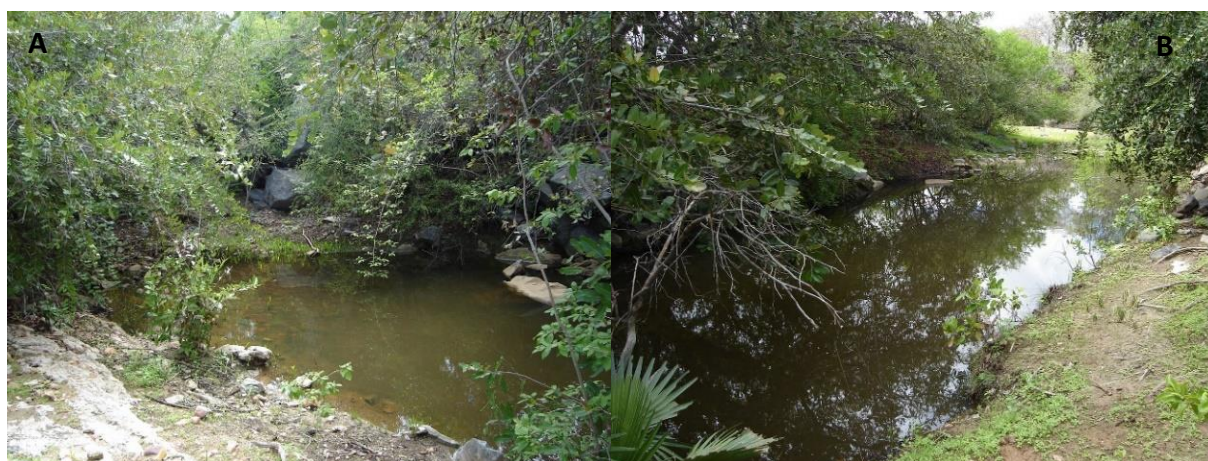


Figura 5.1-51. A e B: Furnas, cheias de água. Fonte: Acervo da Mhag Serviços e Mineração S/A., SPENCER (2007): in EIA RIMA, Mhag, p.13.

7- Barragem de Oitica

A Barragem Oitica está sendo construída pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) para barrar as águas do Rio Piranhas, regularizando seu fluxo e integrando ao sistema de bacias da transposição do Rio São Francisco. A barragem está situada

na Fazenda Oitica, aproximadamente 17 km da sede do município de Jucurutu. Quando concluída, o reservatório será o 3º maior do Estado, comportando uma capacidade de 556 milhões de metros cúbicos, beneficiará 500 mil habitantes de 17 cidades do Rio Grande do Norte.

A Barragem Oitica além de beneficiar a região com abastecimento humano e irrigação, possibilitará o desenvolvimento do lazer e de atividades recreativas, elementos que fomentarão o turismo na região. No entorno da barragem, pode-se visualizar um belo cenário, adornado por serras e com a presença da mata nativa com predominância de espécies como: craibeira, faveleiras, juremas e cactáceas. A estrada que dá acesso ao atrativo, apesar de ser estrada de chão, encontra-se em bom estado de uso, o local não possui sinalização de acesso e turística.

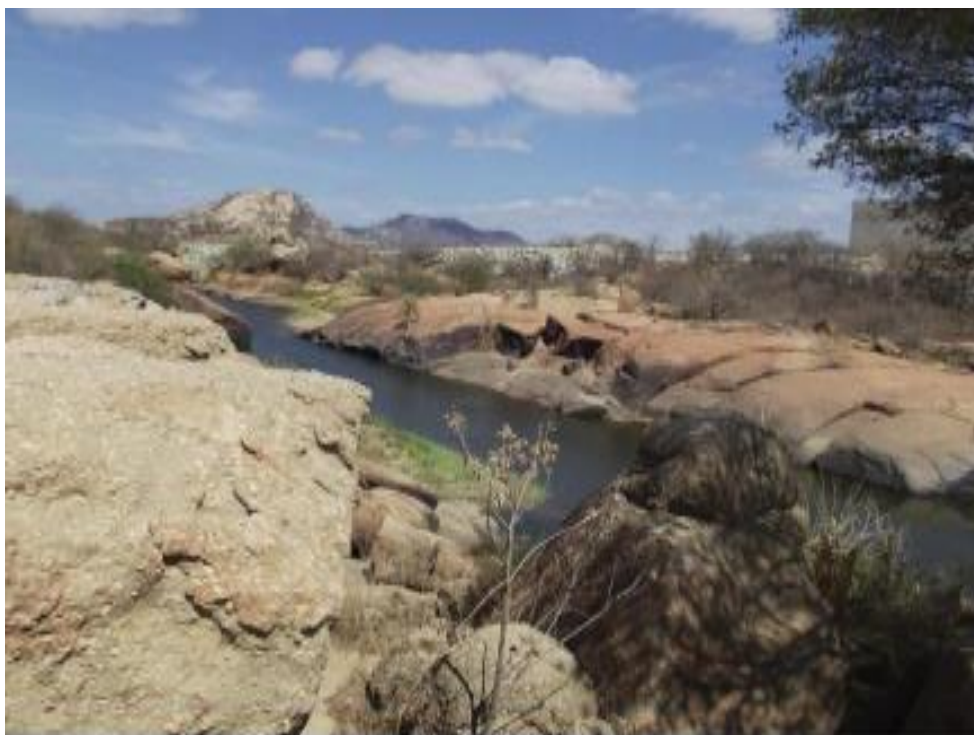


Figura 5.1-52. Barragem Oitica. Fonte: Acervo Florescer (2016).

8- Serra da Caiçarinha

A oeste da Represa Armando Ribeiro Gonçalves, partindo da comunidade Mutamba cerca de 3 km, encontra-se as serras do Meio e de Caiçarinha. São prolongamentos da Serra do Bonito, situadas entre as partes altas importantes, os olhos d'águas que impressionam pela beleza e conservação da vegetação da caatinga, bastante preservada. Do alto da serra, embora a estrada de acesso ao local seja precária, com devida manutenção, daria acesso a um dos mais belos cartões postais da paisagem formada pelo Reservatório da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves.

Nas vizinhanças, a comunidade da Mutamba, situada às margens da Armando Ribeiro, dispõe de infraestrutura de apoio ao que poderia ser um polo de visitação e gastronomia para o local com desfrute na gastronomia local (peixe, camarão e a boa comida sertaneja). Além disso, poderia ser desenvolvido um pequeno balneário para desfrute das pessoas locais e visitantes.



Figura 5.1-53. Vista da Mina do Bonito e Serra da Caiçarinha ao fundo. Fonte: Acervo Florescer, 2020.



Figura 5.1-54. Paisagem do lago formado pela Armando Ribeiro, com destaque para as dezenas de ilhotas, vista da Mina do Bonito. Fonte: Acervo Florescer, 2020.

5.1.2.4.4. QUADRO SÍNTESE

As análises realizadas neste capítulo permitiram a construção de um quadro síntese dos valores e classificações identificados para cada local de geodiversidade observado, que é apresentada na Tabela 5.1-6.

Tabela 5.1-6. Quadro síntese dos valores e classificações da geodiversidade *in situ* e *ex situ* das áreas de influências do empreendimento.

Local	Valores e Serviços	Classificação por Valor	Classificação por Extensão
1. Casa de Pedras	Serviço de Conhecimento	Serviço Cultural Lugar de Geodiversidade	Áreas
2. Sítio Arqueológico Pedra Ferrada	Serviço de Conhecimento	Geossítio, Serviço Cultural Lugar de Geodiversidade	Áreas
3. Riacho do Chaves e do Olho d'água do Gonçalves Dias	Serviço de Conhecimento	Geossítio, Serviço Cultural Lugar de Geodiversidade	Áreas
4. Mirantes da Serra de João do Vale	Valor Intrínseco Serviço Cultural	Lugar de Geodiversidade	Ponto e Panorama
5. Mina de Sheelita Desativada	Valor Intrínseco Serviço de Suporte Serviço Cultural	Lugar de Geodiversidade	Ponto e Panorama
6. Furnas	Serviço de Conhecimento	Geossítio, Serviço Cultural Lugar de Geodiversidade	Áreas
7. Barragem de Oiticica	Valor Intrínseco Serviço de Suporte Serviço de Provisão	Lugares de Geodiversidade	Ponto e Panorama
8. Serra da Caiçarinha	Valor Intrínseco Serviço Cultural	Lugar de Geodiversidade	Ponto e Panorama

A tabela acima, foi elaborada com base nos estudos de Gray (2013), Brilha (2015) e Fuertes-Gutiérrez & Fernández-Martínez (2010).

As atividades desenvolvidas neste trabalho enfocam apenas a valoração qualitativa dos locais de geodiversidade, é possível que um valor científico tenha sido super ou subvalorizado.

5.1.3. GEOMORFOLOGIA

A morfologia dos terrenos é irregular e está enquadrada geograficamente na Depressão Nordestina. Com grandes porções arrasadas pela erosão, de onde se destacam granitos, migmatitos e gnaisses. Sendo, estes, formadores da Serra do Bonito, com cota máxima aproximada de 350 m, conforme mapa geomorfológico das áreas de influências, em anexo.

A dinâmica dos processos geomorfológicos como ocorrência e ou propensão de processos erosivos, movimentos de massa, inundações, assoreamentos, entre outros, são de baixa magnitude e despreocupantes já que serão planejadas pilhas de estéril de forma necessária à prevenção e controle desta dinâmica.

Além disso, estes mecanismos de transportes da mina ao meio ambiente estão diretamente relacionados: ao regime pluviométrico, que na região é bastante baixo e de curto período; à temperatura, que na região é alta, mantendo o material/resíduo seco e compacto; à umidade, que também é baixa; e à direção dos ventos.

Vale salientar que o manancial mais próximo à área do empreendimento, é a barragem Armando Ribeiro Gonçalves, situada à aproximadamente 3 km de distância. Não havendo, portanto, problemas de assoreamentos pelos processos erosivos e de movimentos de massa.

O relevo da região e da área caracteriza-se por ser uma área rebaixada, com topografia predominante suave ondulada, limitada a leste e oeste por grandes elevações (altitudes entre 500 e 800 m). O relevo da região, em geral, é constituído por colinas de topos achatados e arredondados, apresentando vertentes curtas ou médias, onde as declividades variam de 3 a 10% e vales em forma de “V” ou abertos. Em menor proporção, ocorre o relevo ondulado e plano. As altitudes variam de 50 a 300 m.

Destaca-se a presença de um alinhamento de serras, na parte central da área, no sentido norte-sul (altitude entre 500 e 700 m), e distribuídas pela área, isoladamente ou formando alinhamentos, elevações testemunhas – os inselbergues – representados sob a

forma de afloramentos de rochas (principalmente granito) com vertentes abruptas e topo em forma de cristas ou arredondados (Figura 5.1-59).



Figura 5.1-55. Vista aérea do relevo regional, na área do empreendimento em Jucurutu/RN.

As características do relevo na região revelam três áreas de domínio de diferenciação geomorfológica, ligadas às Serras do Martins-Portalegre e João do Vale, Depressão Sertaneja Setentrional e Serras Ocidentais do Planalto da Borborema. Estas, por sua vez, são resultados das ações de agentes climáticos sobre as rochas da região, em diferentes períodos geológicos, até a formação dos depósitos sedimentares do quaternário, fato que produziu características peculiares a este relevo (IBGE, 2006a), conforme pode ser observado na Figura 5.1-60, que segue.

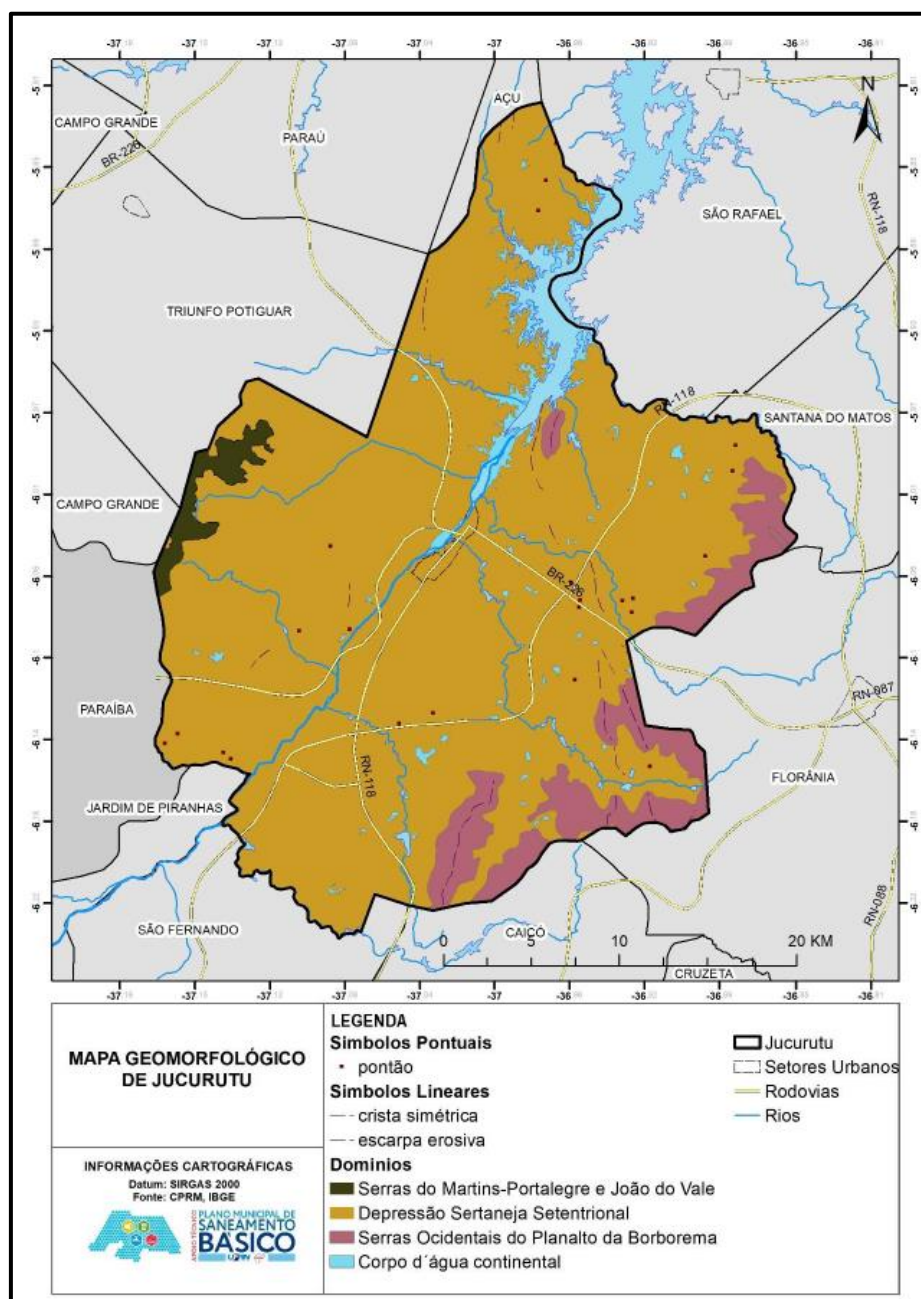


Figura 5.1-56. Mapa geomorfológico de Jucurutu. Fonte: Diagnóstico Técnico Participativo – Jucurutu – 2019. Elaborado pela Equipe de Apoio Técnico da UFRN, 2019.

A **Serra de Martins – Portalegre e João do Vale** se encontra no domínio morfoestrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozoicas e região geomorfológica dos Aplanamentos Residuais do Domo da Borborema. Constitui-se de um modelado de

aplanamento que forma um pediplano degradado inumado, contornado em seus limites por bordas em escarpas erosivas.

O relevo de pediplano degradado inumado são superfícies de aplanamento parcialmente conservada, tendo perdido a continuidade em consequência de mudança do sistema morfogenético. Geralmente, apresenta-se conservada ou pouco dissecada e/ou separada por escarpas ou ressaltos de outros Modelados de aplanamento e de dissecação correspondentes aos sistemas morfogenéticos subsequentes. Aparece frequentemente mascarada, inumada por coberturas detríticas e/ou de alteração, constituídas de couraças e/ou Latossolos; às vezes, encontra-se desnudada em consequência da exumação de camada sedimentar ou remoção de cobertura preexistente. Ocorre nos topos de planaltos e chapadas, dominados por residuais ou dominando relevos dissecados (IBGE, 2009).

A **Depressão Sertaneja Setentrional** se encontra no domínio morfoestrutural dos Cinturões Móveis Neoproterozoicos e região geomorfológica da Depressão Sertaneja. Faz parte de um modelado de dissecação homogênea com formas de topo convexo e aprofundamento de incisões de até 50 m, em sua maioria, e entre 150 e 200 m, formas de topo aguçado e aprofundamento de incisões de até 150 m, e formas de topo tabular com aprofundamento de incisões de até 50 m, todos esses tipos apresentam densidade de drenagem baixa (IBGE, 2006a).

Sobre a depressão sertaneja potiguar é necessário considerar que:

“É uma região marcada pela baixa precipitação, solos litólicos e superfícies variadas da Depressão Sertaneja. O que individualiza essa unidade é que suas características não se compatibilizam com as unidades vizinhas. Do ponto de vista geomorfológico ela não se adequa ao Planalto da Borborema, nem Tabuleiro dos Ventos e Vales do Apodi e Assu” (AMORIM et al., 2018).

As **Serras Ocidentais do Planalto da Borborema** se encontram no domínio morfoestrutural dos Cinturões Móveis Neoproterozoicos e região geomorfológica do Planalto da Borborema. No município, faz parte de um modelado de dissecação homogênea com forma de topo aguçado apresentando densidade baixa de drenagem com aprofundamento de incisão entre 50 e 150 m e densidade média com aprofundamento de 50 a 100 m, e, também, topo convexo com densidade de drenagem muito baixa e aprofundamento de incisão entre 50 a 100m (IBGE, 2006a).

Acerca da Geomorfologia da Borborema Potiguar é possível compreender que a característica dessa unidade é sua diferenciação quanto ao relevo, um compartimento elevado do Estado, com relevos movimentados pertencentes ao Planalto da Borborema, com limites por uma série de desnivelamentos topográficos com amplitudes na ordem de 100 m ou superior em relação às áreas circundantes (CORRÊA et al., 2010; DINIZ et al. 2017).

“[...] o embasamento cristalino é capeado por uma cobertura de arenitos conglomeráticos da Formação Serra do Martins, com cerca de 30 m de espessura. Na área da Serra de Santana, as características topográficas aliadas ao capeamento arenítico são aproveitadas para cajucultura e outros tipos de cultivo que dependem de solos arenosos e profundos. Os limites dessa unidade são marcados por escarpa, que ressaltam de controles litológicos e estruturais os quais imprimem características de descontinuidade na topografia da região” (AMORIM et al. 2018).

Desta forma, compreende-se que as dinâmicas ambientais de relevo estão também conectadas às formas de uso e ocupação do solo no Município.

Os modelados de dissecação homogêneos se caracterizam pela dissecação fluvial em litologias diversas que não apresentam controle estrutural marcante, caracterizada predominantemente por colinas, morros e interflúvios tabulares (IBGE, 2009).

As formas de topos convexos são geralmente esculpidas em rochas ígneas e metamórficas e eventualmente em sedimentos, às vezes denotando controle estrutural. São caracterizados por vales bem-definidos e vertentes de declividades variadas, entalhadas por sulcos e cabeceiras de drenagem de primeira ordem (IBGE, 2009).

As formas de topos aguçados são conjuntos de formas de relevo de topos estreitos e alongados, esculpidas em rochas metamórficas e eventualmente em rochas ígneas e sedimentares, denotando controle estrutural, definidas por vales encaixados. Os topos de aparência aguçada são resultantes da interceptação de vertentes de declividade acentuada, entalhadas por sulcos e ravinas profundos (IBGE, 2009).

As formas de topos tabulares delineiam feições de rampas suavemente inclinadas e lombadas, geralmente esculpidas em coberturas sedimentares inconsolidadas e rochas metamórficas, denotando eventual controle estrutural. São, em geral, definidas por rede de drenagem de baixa densidade, com vales rasos, apresentando vertentes de pequena declividade. Resultam da instauração de processos de dissecação, atuando sobre uma superfície aplanada (IBGE, 2009).

Em Jucurutu ainda são verificadas feições de crista simétrica, escarpa erosiva e pontões. As cristas simétricas são formas de relevo residual alongadas, isoladas, com vertentes de declividade forte e equivalentes que se interceptam formando uma linha contínua. Ocorre em rochas metamórficas e intrusivas ou em outras litologias mais resistentes do que as circunvizinhas, por isso, taxadas como de gênese indiferenciada. A escarpa erosiva é um desnível abrupto limitando um tipo de modelado ou forma individualizada decorrente da atuação dos processos erosivos com o recuo das vertentes resultantes das alternâncias climáticas. Ocorre de forma indistinta em diversos tipos de modelados e litologias.

Já o pontão são formas de relevo residual que apresenta feições variadas, tais como: topos aguçados, encostas íngremes e predominantemente convexas, desnudadas por esfoliação esferoidal. Ocorre em áreas de relevos dissecados de feição residual constituídos por rochas metamórficas e/ou intrusivas diaclasadas (IBGE, 2009).

Destaca-se, no município de Jucurutu, a presença de corpo hídrico significativo no norte do município, oriundo da construção da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves em 1980, construída pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS). A Barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves é o maior reservatório de água do Rio Grande do Norte, com capacidade de 2,4 bilhões de metros cúbicos (DNOCS, 2018).

5.1.4 SOLO

5.1.4.1. INTRODUÇÃO

O estudo em foco foi realizado no município de Jucurutu-RN, para atender as solicitações técnicas especificadas pelo IDEMA, para elaboração do estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental - EIA/RIMA, referente à extração e beneficiamento de minério de ferro.

Portanto, são apresentados os aspectos gerais das principais unidades de solos existentes na área da Mina da Bonita e do entorno, destacando suas características morfológica, físicas e químicas, relativo à gênese, morfologia e classificação, além dos estudos geotécnicos para caracterizar as taxas de absorção de água no solo.

5.1.4.2. OBJETIVOS

5.1.4.2.1. OBJETIVO GERAL

O presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial pedológico e geotécnico, além das taxas de absorção dos solos da Mina do Bonito e seu entorno que é composta pela bacia do Rio Piranhas. Os resultados alcançados fornecerão subsídios para uma extração e beneficiamento eficiente do minério de ferro no local, além de contribuírem no estudo detalhado para a preservação da fauna, da flora e dos corpos d'águas, o lençol freático e o solo da região.

5.1.4.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A fim de alcançar o objetivo geral, faz-se necessário alcançar os objetivos específicos mencionados:

- Realizar os ensaios da metodologia MCT para classificar o solo segundo o seu comportamento laterítico;
- Realizar os ensaios de determinação de pH, fluorescência de raios-X e difração de raios-X para avaliar o comportamento químico e mineralógico;
- Realizar os ensaios de caracterização física de massa específica dos sólidos, granulometria, limite de liquidez, limite de plasticidade, permeabilidade (taxa de absorção) e compactação Proctor;
- Realizar a descrição morfológicas, com suas respectivas análises físicas e químicas dos solos; e
- Efetuar em termos pedológicos, a classificação taxonômica dos solos existentes na mina da Bonitas e na área de entorno.

5.1.4.3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o estudo dos solos da mina da Bonita, bem como os solos do entorno, recorreu-se ao Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado do Rio Grande do Norte (EMBRAPA-SNLCS, 1971), caracterização dos recursos naturais do município de Jucurutu (Cestaro e Dantas, 1988), bem como outros trabalhos pedológicos efetuados na região.

Os trabalhos de campo foram efetuados tomando como referência as unidades de mapeamento existentes nos municípios envolvidos. A metodologia básica empregada nas determinações das análises físicas e químicas (Embrapa 2017), e na descrição e coleta de solos no campo (Lemos e Santos, 2002), além das normas vigentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

A classificação taxonômica dos solos foi efetuada segundo Embrapa (2016), pelo Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS) e pela Metodologia Miniatura Compactada Tropical (MCT).

5.1.4.3.1. COLETA DOS SOLOS

Os solos foram retirados do entorno da Mina do Bonito que fica a cerca de 30 km do centro urbano do município de Jucurutu – RN. Os solos superficiais mais comuns encontrados na região são classificados como tropical rico em óxidos de ferro e alumínio que apresentam uma elevada capacidade de suporte. Nas Figuras 5.1-61 a 5.1-63 são apresentadas imagens do local da retirada dos solos, além das coordenadas geográficas do local de coleta apresentadas na legenda. Por meio das imagens fica evidenciado o clima seco, a Caatinga como vegetação predominante e a escassez de água na região que refletem diretamente no teor de umidade dos solos coletados.



Figura 5.1-57. Local da retirada do solo, coleta 01. Coordenadas geográficas: 5°52'52.7"S 36°58'59.3"W.



Figura 5.1-58. Local da retirada do solo, coleta 02. Coordenadas geográficas: 5°52'26.0"S 36°59'36.4"W



Figura 5.1-59. Local da retirada do solo, coleta 03. Coordenadas geográficas: 5°52'28.3"S 36°58'03.1"W

O solo estudado segundo a caracterização física possui 2,65 g/cm³ de massa específica dos sólidos; taxa de absorção de 1.10⁻⁴ (cm/s); índice de vazios de 0,34; porosidade de 0,25; é classificado como uma areia fina argilosa de acordo com a classificação SUCS. De acordo com a caracterização química e mineralógica, o pH do solo na água de 8,16; segundo o FRX e o DRX destacam-se SiO₂ (50,75%), Al₂O₃ (26,39%) e Fe₂O₃ (9,11%). De acordo com os ensaios

geotécnicos, levando em consideração a energia Proctor intermediária, o solo apresenta teor de umidade ótima de 10,32%; e massa específica aparente seca máxima de 2,06 g/cm³.

5.1.4.3.2. ANÁLISES REALIZADAS

As atividades desse estudo foram realizadas no Laboratório do Centro de Tecnologia do Gás e Energias Renováveis – CTGás Natal; no Laboratório de Mecânica dos Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Norte; no Laboratório de Solo, Água e Plantas, da Empresa de Pesquisa Agropecuárias do Rio Grande do Norte S/A - EMPARN.

O procedimento experimental foi desenvolvido em quatro etapas: a primeira etapa compreendeu a classificação MCT. A segunda etapa à caracterização química e mineralógica. A terceira representou os ensaios de caracterização física e geotécnicos. E, a quarta, os ensaios pedológicos.

5.1.4.3.2.1. Comportamento Laterítico - Classificação MCT

Com os ensaios de compactação Mini-MCV e perda de massa por imersão da metodologia MCT, é possível obter as curvas de deformabilidade do solo, a família de curvas de compactação assim como a curva de perda de massa por imersão. Com base nesses ensaios é possível determinar os parâmetros necessários para a classificação MCT, coeficientes c' , d' , a perda de massa por imersão P_i (%) e o índice de laterização e' .

5.5.4.3.2.2. Ensaio da Metodologia MCT

No intuito de classificar o solo da presente pesquisa de acordo com a metodologia MCT, foram realizados os ensaios de compactação Mini-MCV e perda de massa por imersão

de acordo com as normas ME 258 (DNER, 1994) e ME 256 (DNER, 1994). Segundo Nogami e Villibor (1995), essa metodologia permite classificar os materiais em função do seu desempenho tecnológico, diferentemente das classificações tradicionais que, por sua vez são baseadas na granulometria e nos limites de consistências dos materiais. O ensaio foi realizado em triplicata para o solo. Os corpos de prova foram moldados na energia intermediária.

5.1.4.4. Caracterização Química e Mineralógica

Esta etapa teve por objetivo a determinação das características químicas e mineralógicas do solo. Foram realizados ensaios de pH, fluorescência de raios-x e difração de raios-x. Os ensaios realizados permitem a classificação da amostra em solo laterítico ou solo não laterítico.

Segundo Campanha (2011) através dos ensaios de caracterização química e mineralógica são conhecidas as unidades que constituem as rochas definidas como sólidos homogêneos naturais com arranjo atômico ordenado e composição química definida. O arranjo cristalino característico de cada espécie mineral se apresenta em quantidade definidas e proporcionais de determinados elementos químicos.

5.1.4.4.1. Determinação de pH

O pH em água destilada das amostras de solos foram obtidas com o emprego de um pHmetro Hanna modelo HI 2216 e eletrodo combinado de vidro (modelo HI 1131B). Para os ensaios foram empregados 4 g da amostra e 10 mL de água deionizada, mantendo a proporção de 1:2,5 (peso/volume). As amostras ficaram em agitação por meia hora a baixa velocidade, num agitador horizontal IKA-Werke Modelo KS-501D, seguido de 30 min de repouso e separação do extrato líquido por centrifugação até concluir com a medição do pH. Os ensaios foram realizados em triplicata.

5.1.4.4.2. Ensaio de Fluorescência de Raios-X (FRX) com perda ao fogo e Ensaio de Difração de Raios-X (DRX) com identificação de fases cristalinas

Para esta análise, 10g de cada material foi passado na peneira #200 e quarteado. Em seguida, foi analisado pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu. Para a avaliação de perda ao fogo, o material primeiramente foi seco em estufa por 24h em temperatura de 110°C, posteriormente o mesmo material foi aquecido até 1000°C por 60 minutos.

Para identificação da mineralogia das amostras, parte do material foi submetida à análise de Difração de Raios-X (DRX) utilizando o equipamento XRD-6000 da Shimadzu. A amplitude angular usada foi de 2θ com um intervalo de medida entre 2-100°, uma velocidade de 0,05°/min e sob voltagem de 35 kV e 15 mA. A identificação mineralógica foi com os padrões de referência do banco de dados do *software* JADE 9.0.

A análise por fluorescência de raios-X pode objetivar tanto resultados qualitativos como quantitativos, embasados na medição da intensidade dos raios-X característicos emitidos pelos elementos químicos da amostra estudada, quando excitada por partículas como elétrons, prótons ou íons através de aceleradores de partículas ou de ondas eletromagnéticas, ou através de tubos de raios-X (Melo Júnior, 2007).

5.1.4.5. Estudo das Propriedades Físicas

Essa etapa teve por objetivo a determinação das características físicas do solo. A finalidade da caracterização física é obter valores de densidade real dos materiais, detalhes da textura, do tamanho das partículas e da indicação de um grande número de propriedades geotécnicas, como: permeabilidade, características de compactação e umidade ótima. Com os resultados alcançados é possível classificar os materiais conforme o Sistema Unificado de Classificação dos Solos.

5.1.4.5.1. Massa Específica dos Sólidos

Foram executados ensaios de massa específica dos sólidos, conforme a norma NBR 6508 (ABNT, 2016). Todos os ensaios foram realizados em triplicata. O equipamento utilizado foi um picnômetro DiogoLab com um auxílio de uma bomba de vácuo da marca Primatec.

O ensaio de determinação da massa específica dos sólidos (ρ_s), conforme a NBR 6508 (ABNT, 2016), visa determinar a densidade real dos grãos das partículas sólidas, ou seja, isenta de vazios. É a relação entre a massa das partículas sólidas e o seu volume.

5.1.4.5.2. Análise granulométrica

Foram realizados ensaios de granulometria baseados na norma NBR 7181 (ABNT, 2016) compreendendo tanto a parte do peneiramento, como a parte da sedimentação, devida à grande quantidade de finos encontrada em todas as amostras. Obtendo assim uma melhor representatividade dos resultados, além de possibilitar uma melhor identificação da heterogeneidade do material. Todos os ensaios foram realizados em triplicata.

O ensaio de granulometria possibilita o conhecimento das porcentagens das partículas em uma amostra em função de suas dimensões. Baseia-se em duas etapas: o peneiramento e a sedimentação. O ensaio de sedimentação se faz necessário quando existe uma porcentagem de finos (material passando na peneira nº 200, e abertura 0,075 mm) representativa maior que 5%, que influencia no comportamento do material (PINTO, 2006).

5.1.4.5.3. Limite de liquidez e limite de plasticidade

Foram realizados ensaios de limite de liquidez e ensaios de limite de plasticidade respectivamente conforme as normas NBR 6459 (ABNT, 2016) e NBR 7180 (ABNT, 2016). Todos os ensaios foram realizados em triplicata.

O ensaio para determinação do limite de liquidez é definido como o teor de umidade do solo com o qual uma ranhura padrão nele feita requer 25 golpes para se fechar (PINTO, 2006). O procedimento de ensaio é padronizado no Brasil pela NBR 6459 (ABNT, 2016).

Por sua vez, o limite de plasticidade é definido como o menor teor de umidade com o qual se consegue moldar um cilindro com três milímetros de diâmetro, rolando-o com a palma das mãos sobre uma placa de vidro rugosa. A norma NBR 7180 (ABNT, 2016) rege os ensaios de Determinação do Limite de Plasticidade.

5.1.4.5.4. Permeabilidade a Carga Constante – Taxa de Absorção

O ensaio de permeabilidade é realizado em laboratório no intuito de fornecer a taxa de absorção do solo, o corpo de prova é compactado para simular uma situação de campo. Os ensaios de permeabilidade a carga constante foram executados conforme NBR 13292 (ABNT, 1995). Todos os ensaios foram realizados em triplicata e todos os corpos de prova foram moldados na energia normal e na umidade ótima.

Cruz (1996) diferencia o termo condutividade hidráulica do termo permeabilidade, conceituando condutividade hidráulica como a facilidade ou dificuldade que apresenta um meio confinado à passagem de fluxo, a esse meio confinado faz referência às fraturas ou fissuras rochosas e as juntas presentes em maciços rochosos. No caso da permeabilidade, este meio se refere aos materiais porosos ou meios não confinados.

O coeficiente de permeabilidade k , pode ser interpretado fisicamente como a velocidade de descarga correspondente a um gradiente hidráulico unitário. São apresentados na Tabela 5.1-7, os intervalos aproximados de k para diversos solos. (MARSAL e RESÉNDIZ, 1975).

Tabela 5.1-7. Intervalo aproximado do coeficiente de permeabilidade (k), para diversos tipos de solos.

Fonte: Modificado de Marsal & Reséndiz (1975).

Tipos de solos	Intervalo k em (cm/s)
Pedregulhos	100 a 1
Areias limpas	1 a 10^{-3}
Areias muito finas, limos e misturas de areia e silte	10^{-3} a 10^{-7}
Argilas	10^{-7} a 10^{-9}

5.1.4.5.5. Ensaio de Compactação Proctor

Foram realizados nove ensaios de compactação nas energias normal (3), intermediária (3) e modificada (3). Sendo todos executados com reuso de material e segundo a NBR 7182 (ABNT, 2016).

Foram utilizados aproximadamente cinco quilos de material para cada ensaio de compactação. Os materiais, acondicionados nos sacos hermeticamente fechados, continham um teor de umidade inicial inferior a 1%, correspondente ao local onde estava armazenado próximo a mina. Foi adicionada água, até se atingir o teor de umidade de 5%. Esse foi o valor referente à umidade inicial para a realização dos ensaios. A cada novo ponto, adicionou-se uma quantidade de água, que correspondeu a 2% em peso do material.

A mistura do material a ser compactado se deu dentro de uma bandeja de plástico a fim de se evitar a perda de água. Além disso, enquanto o ensaio era realizado, o restante da mistura permanecia dentro da bandeja, vedado com papel filme para que a água contida na mistura não evaporasse. Entre cinco e sete pontos foram obtidos para cada ensaio realizado.

5.1.5. Estudos Pedológicos

Os estudos pedológicos seguiram as seguintes etapas:

- Reconhecimento geral da área;
- Sondagens a trado, averiguação de solos em cortes de estradas, barrancos, além de trincheiras já existentes, para identificar classes de solos distintas;
- Escolha de locais para abertura de perfis pedológicos representativos;
- Descrição morfológica e coleta de amostra de solo;
- Análises físicas e químicas dos solos; e
- Relatório técnico, com descrição dos solos e suas respectivas análises físicas e químicas.

5.1.6. RESULTADOS

5.1.6.1. COMPORTAMENTO LATERÍTICO – CLASSIFICAÇÃO MCT

A Tabela 5.1-8 apresenta o resumo dos coeficientes obtidos por meio do ensaio de mini-MCV e perda de massa por imersão para amostras de solo, que foram obtidos para os valores e Mini-MCV de 15, conforme preconiza a Norma ME 258 (DNER, 1994).

Tabela 5.1-11. Resumo dos coeficientes obtidos através do ensaio de Mini-MCV e Perda de Massa por Imersão.

Amostra	Pi (%)	c'	d'	e'	MCT
Solo	91,5	0,13	46	1,11	LA

Por meio dos coeficientes apresentados na Tabela 5.1-9, pode-se perceber que o solo é classificado como uma areia laterítica quartzosa para a camada superficial de

aproximadamente 20 cm, e para as camadas mais profundas o solo coletado apresentou um comportamento não-laterítico.

5.1.6.2. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E MINERALÓGICA

5.1.6.2.1. Determinação de pH

A acidez ou alcalinidade de um solo é medida através do potencial hidrogeniônico (pH) do material. Valores de pH menores que 7 indicam uma maior acidez, enquanto valores maiores indicam uma maior alcalinidade.

Bigarella *et al.* (1996) classifica os solos em função de seus valores de pH de acordo com a seguinte orientação:

- Solo ácido, pH menor que 5,5;
- Moderadamente ácido, com pH entre 5,5 e 6,4;
- Praticamente neutro, com pH variando de 6,5 a 6,9;
- Neutro, com pH igual a 7;
- Alcalino, com pH maior que 7.

O solo apresentou pH em H₂O médio na ordem de 7,2. Segundo Camapum de Carvalho *et al.* (1996) e Cardoso (1995, 2002), o pH dos solos finos está associado ao teor de argila que o compõe, sendo que a floculação dos minerais de argila é mais fácil quanto mais ácido é o pH do solo. Como o pH encontrado para o solo é alcalino, o solo encontra-se em princípio desagregado. Entretanto, a desagregação acontece de forma moderada.

5.1.6.2.2. Ensaio de Fluorescência de Raios-X (FRX) com perda ao fogo e Ensaio de Difração de Raios-X (DRX) com identificação de fases cristalinas

Nos resultados da análise química quantitativa das amostras de solo (Tabela 5.1-9) destacam-se principalmente: SiO_2 (50,75%), Al_2O_3 (26,39%) e Fe_2O_3 (9,11%) correspondendo aproximadamente a 86% dos óxidos. As fases mineralógicas presentes (Figura 5.1-64) em concordância com os valores referidos, apresentam silicatos como principais fases minerais, destacando o quartzo (SiO_2) e o plagioclásio cálcico (anortita). O mineral quartzo, segundo mineral mais abundante da crosta, é quimicamente inerte e não expansivo.

Tabela 5.1-12. Resultado da análise química semiquantitativa da amostra de solo.

Óxidos	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	CaO	MgO	TiO_2	ZrO_2	MnO	SrO	ZnO	Y_2O_3	P.F.
(%)	50,75	26,39	9,11	3,15	2,02	1,53	1,47	0,15	0,15	0,03	0,01	0,01	5,23

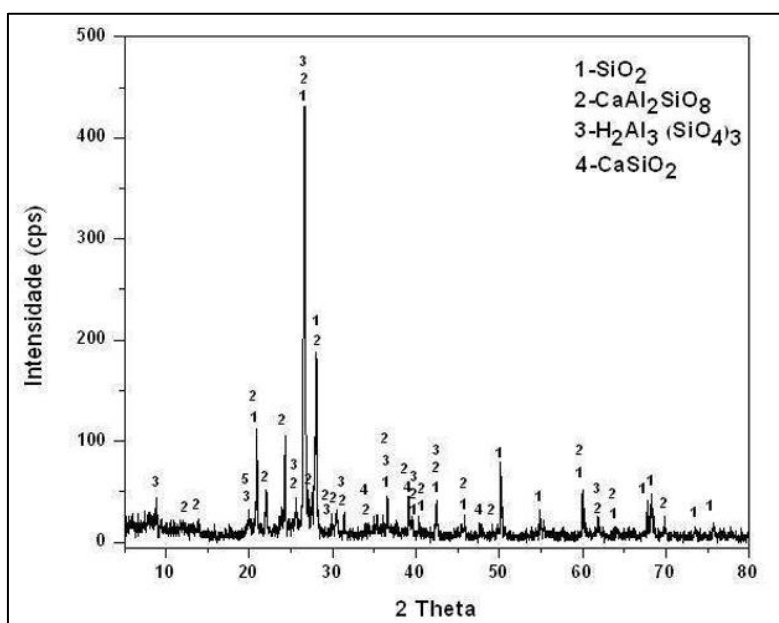


Figura 5.1-60. Difratograma da amostra de solo.

Os principais constituintes minerais dos solos são os argilominerais, óxidos e hidróxidos de ferro e/ou alumínio. De acordo com Borba (1981), os elementos Si, Fe, e Al são

considerados os elementos químicos mais importantes dos Solos Lateríticos. Isto corrobora como sendo possível inferir que os resultados da análise química por meio da fluorescência de raios-x (FRX) e de difração de raios-x (DRX), para a camada superficial coletada, o material analisado tem características de um solo laterítico.

A composição mineralógica corresponde à esperada no contexto geológico da região do Seridó no estado do Rio Grande do Norte. Assim, geologicamente, a área estudada se enquadra na denominada Formação Serra dos Quintos, dentro do Grupo Seridó, interpretada como uma sequência metavulcanossedimentar, composta principalmente por gnaisses e micaxistos, localmente migmatizados com formações ferríferas, anfibólitos e muscovita quartzitos (Angelim, 2007).

5.1.6.2.2. ESTUDO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS

Adiante são apresentados os resultados e as análises dos ensaios referentes as propriedades físicas que compreendem os ensaios de massa específica dos sólidos, granulometria, limite de liquidez, limite de plasticidade, permeabilidade à carga constante (taxa de absorção) e compactação proctor.

5.1.6.2.2.1. Massa específica dos sólidos

A massa específica dos sólidos é uma característica física em função dos seus constituintes mineralógicos. Segundo Campanha (2011) a massa específica dos sólidos é função dos minerais constituintes do solo e do percentual em que se apresentam. Simboliza o valor médio das massas específicas da fase sólida dos minerais, compostos orgânicos, sais precipitados e materiais não cristalinos. Na Tabela 5.1-10 é apresentado os valores das massas específicas dos sólidos do material estudado.

Tabela 5.1-13. Resumo das massas específicas dos sólidos.

Materiais Ensaçados	Amostra 01 ρ_s (g/cm ³)	Amostra 02 ρ_s (g/cm ³)	Amostra 03 ρ_s (g/cm ³)	Média Aritmética (ρ_s)	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
Solo puro	2,63	2,67	2,64	2,65	0,02	0,79%

Com relação ao valor encontrado para massa específica dos sólidos (ρ_s) do solo estudado, a ordem de grandeza média para composições de grãos de quartzo (areia) é da ordem de 2,65 g/cm³ (Campanha, 2011), o que reflete exatamente o valor encontrado para o solo analisado, pois de acordo com os resultados da caracterização química apresentados o material possui mais de 50% de quartzo, sendo o mineral predominante encontrado.

5.1.6.2.2.2. Análise Granulométrica

Na Figura 5.1-65, são apresentadas as curvas granulométricas médias encontradas com adição de defloculante e sem adição de defloculante para o solo.

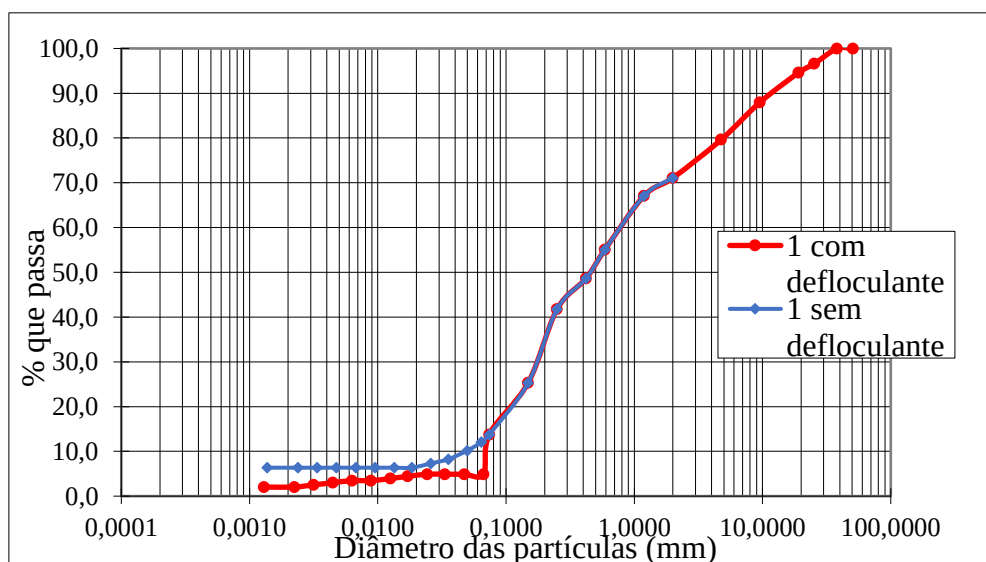


Figura 5.1-61. Curva granulométrica para o solo.

Nota-se que menos de 20% do material passa na peneira #200 (0,075mm) e segundo a classificação SUCS/USCS o material é classificado como uma **areia fina argilosa**.

5.1.6.2.2.3. Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade

Os limites de Atterberg refletem a influência dos argilominerais, composição química, agregação e textura nas propriedades do solo, considerando distintamente a influência do tipo e da quantidade dos argilominerais, elementos e compostos químicos presentes.

O solo apresentou um limite de liquidez na ordem de 24% e um limite de plasticidade de 17%, alcançando assim um índice de plasticidade no valor de 7%, classificando o solo como um **material pouco plástico**.

5. Permeabilidade a carga constante (Taxa de Absorção)

Na Tabela 5.1-11, estão apresentados os valores dos coeficientes de permeabilidade (taxa de absorção) obtidos para corpos de prova saturados na energia normal de compactação, determinados em laboratório por meio de ensaios de carga constante para o solo, conforme a NBR 13292 (ABNT, 1995). Além disso, são apresentados os valores de porosidade e índices de vazios, além da massa específica dos sólidos e da massa específica aparente seca máxima.

Tabela 5.1-14. Resumo dos coeficientes de permeabilidade e demais parâmetros relevantes.

Amostra	Massa Específica dos Sólidos (g/cm ³)	Massa Específica Aparente Seca Máx. (g/cm ³)	k – 20°C (cm/s)	Porosidade	Índice de Vazios
Solo	2,65	1,98	1.10 ⁻⁴	0,25	0,34

Considerando os resultados obtidos, fica evidenciado uma variação da permeabilidade em função dos diferentes valores de índices de vazios. A classificação proposta por Pinto (2006), o solo encontra-se no intervalo das areias finas siltosas e argilosas, e no intervalo dos siltes argilosos. Materiais estes que apresentam baixa permeabilidade. Portanto, a baixa permeabilidade alcançada em laboratório está diretamente relacionada com a baixa taxa de absorção do solo.

5.1.6.3. Ensaio de compactação Proctor

Os resultados dos ensaios de compactação Proctor nas energias normal, intermediária e modificada, e as respectivas massas específicas aparentes secas máximas, teores de umidade ótima, são apresentados na Tabela 5.1-12. A Figura 5.1-66, mostra as curvas de compactação obtidas para o solo.

Tabela 5.1-15. Resultados dos ensaios de compactação.

		Energias de Compactação		
		Normal	Intermediária	Modificada
Solo	Teor de umidade ótima (%)	11,0	9,6	8,4
	Massa esp. aparente seca máx. (g/cm ³)	1,985	2,043	2,106

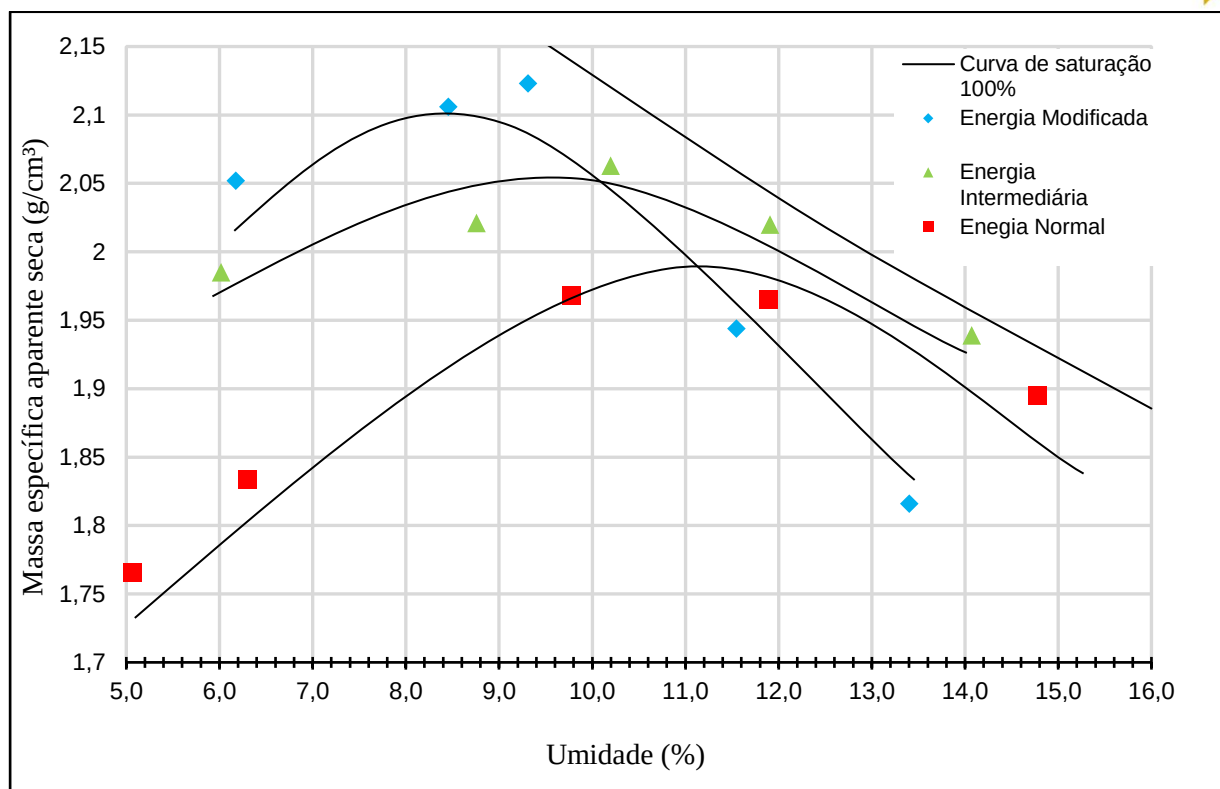


Figura 5.1-62. Curvas de compactação obtidas nas três energias para o solo.

De maneira geral, constata-se que os valores de umidade ótima para o solo tendem a se aproximar da linha de saturação, aparentemente, esta aproximação está ligada ao teor de argila presente no material estudado.

Ao analisar os parâmetros de compactação apresentados e os resultados da granulometria relacionados aos encaixes das partículas devido aos diferentes diâmetros e formas, a mineralogia, devido ao comportamento estrutural após a compactação e as análises químicas relacionadas aos minerais encontrados nos materiais estudados, nota-se que a mudança de comportamento na compactação se encontra associada a junção destes três parâmetros e não apenas a composição mineralógica.

Sendo assim, em conformidade com Nóbrega (1991) há diversos fatores que interferem no comportamento mecânico e hídrico dos solos, tais como a textura, a mineralogia, a sua forma de organização e a composição química dos mesmos. Os fatores

apresentados por Nóbrega (1991) foram evidenciados por meio dos ensaios químicos e mineralógicos realizados nesta pesquisa.

5.1.7. ESTUDOS DO SOLOS NA ÁREA

Tendo em vista que se trata de um estudo detalhado de solo na escala de 1:10.000, desta forma, foram identificadas e mapeadas três classes de solos distintas, considerando o quarto nível categórico:

- LUVISSOLOS CRÔMICOS Órticos típicos;
 - Solos com caráter crômico na maior parte do horizonte B (inclusive BA);
- LUVISSOLOS CRÔMICOS Órticos líticos;
 - Solos com contato lítico dentro de 50 cm a partir da sua superfície; e
- NEOSSOLO LITÓLICOS Eutróficos típicos.

5.1.7.1. Luvisolos

A classe dos Luvisolos compreende solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural com argila de atividade alta e saturação por bases alta, imediatamente abaixo de horizonte A ou horizonte E. Estes solos foram denominados “vermelho do sertão” e posteriormente por bruno não cálcicos, após a publicação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (Embrapa, 1999).

Segundo Coelho et al., (2002), os Luvisolos ocupam na região semiárida cerca de 107 mil km², o que corresponde a 89 % da área de Luvisolos do Nordeste brasileiro. As informações disponíveis sobre tais solos são pouco numerosas e encontram-se dispersas em alguns trabalhos que os identificam como Solos Brunos Não Cálcicos, mesmo porque a maior parte de tais trabalhos é anterior à publicação do SiBCS. No estado do Rio Grande do Norte,

esses solos localizam-se principalmente na região do Seridó, os quais estão presente em todos os municípios desta região.

Como os Luvisolos são formados de rochas relativas ao período do pré-cambriano, então normalmente estão associados aos solos denominados Neossolos litólicos. No município de Jucurutu-RN, os Luvisolos ocupam a maior área em termos proporcionais, quando comparado com outras classes de solos existentes.

Já na Mina da Bonita e nas áreas do entorno da mina, também predominam os Luvisolos, formados por materiais que apresentam elevados teores de óxidos de ferro.

5.1.7.2. Luvisolos Crômicos Órticos típicos

- Classificação: LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico A moderado, textura média/argilosa fase caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e ondulado.
- Localização: Estrada de entorno da mina (Coordenadas geográficas: 5°52'28.3"S 36°58'03.1"W).
- Situação, declividade e cobertura vegetal: área de relevo suave ondulado.
- Litologia e cronologia: Sedimentos relativos ao Pré-cambriano.
- Material de originário: Sedimentos argilo-arenosos.
- Pedregosidade: Superficial e interna: Muito pedregosa.
- Rochosidade: Superficial e interna: Muito rochosa.
- Relevo local: Suave ondulado.
- Relevo regional: Suave ondulado, ondulado e montanhoso.
- Erosão superficial: Laminar acentuada.
- Drenagem: Moderada.
- Vegetação primária: Caatinga hiperxerófila.
- Uso atual: Área de pousio e capoeira.
- Descrito e coletado por: José Dantas.

5.1.7.2.1. Descrição Morfológica

- [A] 0 – 15 cm; bruno-escuro (10 YR 3/3, úmido); franca argilosa; fraca, pequenos blocos subangulares; poroso; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
- [Bt1] 15 – 35 cm; bruno-escuro (5 YR 4/4, úmido); argila; fraca pequena e média blocos subangulares; muito poroso; muito plástico e muito pegajoso; transição gradual e plana.
- [Bt2] 35 – 70 cm; bruno muito escuro (7,5 YR 4/3, úmido); argila; fraca, pequeno bloco subangulares; poroso; duro, muito plástico e muito pegajoso; transição difusa e ondulada.
- [C₃/R] 70 – 80 cm+ cm; Material semidecomposto.
- Raízes – Poucas finas e médias ao longo de todo perfil.

Tabela 5.1-16. Análises Físicas e Químicas do Luvissole na Mina do Bonito.

Determinações	Resultados Analíticos		
	A (0-15 cm)	Bt1 (15-35 cm)	Bt2 (35-70 cm)
pH em água (1:2,5)	5,7	5,8	6,2
Cálcio (cmol _c .dm ⁻³)	1,75	1,71	1,01
Magnésio (cmol _c .dm ⁻³)	2,37	5,12	11,12
Alumínio (cmol _c .dm ⁻³)	0,1	0,3	0,2
Hidrogênio + Alumínio (cmol _c .dm ⁻³)	3,88	4,7	2,81
Fósforo (mg.dm ⁻³)	8	4	3
Potássio (cmol _c .dm ⁻³)	0,31	0,28	0,10
Sódio (cmol _c .dm ⁻³)	0,27	0,26	0,44
Soma por Bases (cmol _c .dm ⁻³)	4,70	7,37	12,66
CTC Efetiva (cmol _c .dm ⁻³)	8,58	12,07	15,47
Saturação por Bases (V%)	54,80	61,08	81,84

Tabela 5.1-17. Análises Físicas e Químicas do Luvissoilo na Mina do Bonito. (continuação)

Determinações	Resultados Analíticos		
	A (0-15 cm)	Bt1 (15-35 cm)	Bt2 (35-70 cm)
Saturação por Alumínio (SAI%)	1,17	2,48	1,29
Saturação por Sódio (SNa%)	3,19	2,16	2,84
Cond. Elétrica Extrato 1:5 (dS.m ⁻¹)	0,056	0,057	0,062
Densidade Global (kg.dm ⁻³)	1,26	1,00	1,19
Densidade das partículas (kg.dm ⁻³)	2,30	2,22	2,25
Porosidade (%)	45,22	54,95	47,11
Granulometria			
Areia (g.kg ⁻¹)	520	200	220
Argila (g.kg ⁻¹)	320	520	250
Silte (g.kg ⁻¹)	160	280	530
Relação silte/argila	0,5	0,54	0,47
Classificação Textural	Fr. Ar.	Argila	Argila

5.1.7.3. Luvissoilo Crômico Órtico Lítico

- Classificação: LUVISSOLOS CRÔMICOS Órticos líticos A fraco textura média/média-argilosa fase caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado.
- Localização: Estrada de entorno da mina (Coordenadas geográficas: 5°52'26.0"S 36°59'36.4"W).
- Situação, declividade e cobertura vegetal: área de relevo suave ondulado.
- Litologia e cronologia: Sedimentos relativos ao Pré-cambriano.
- Material de originário: Sedimentos areno-argilosos.
- Pedregosidade - Superficial e interna: Muito pedregosa.
- Rochosidade - Superficial e interna: Muito rochosa.
- Relevo local: Suave ondulado.
- Relevo regional: Suave ondulado, ondulado e montanhoso.
- Erosão superficial: Laminar e em sucros acentuada.
- Drenagem: Moderada.
- Vegetação primária: Caatinga hiperxerófila.

- Uso atual: Área de pousio e capoeira.
- Descrito e coletado por: José Dantas.

5.1.7.3.1. Descrição Morfológica

- [A] 0 – 12 cm; bruno-escuro (10 YR 4/3, úmido); franco arenoso; fraca muito pequena em blocos subangulares; muito poroso; ligeiramente duro, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e ondulada.
- [AB] 12 – 25 cm; bruno-escuro (7,5 YR 4/3, úmido); franco argiloso; fraca a moderada em blocos subangulares; poroso; duro, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.
- [C₂] 25 – 48 cm; bruno-escuro (10 YR 4/3, úmido); franco argilo arenosa; fraca pequena e média bloco subangulares; poroso; duro, plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e ondulada.
- [C₃/R] 48 – 60 cm+: Material semidecomposto.
- Obs.: Este perfil não foi coletado em decorrência de tratar de um solo transicional entre um Luvisolos e um Neossolo.

5.1.7.4. Neossolos Litólicos

Os Neossolos Litólicos são caracterizados como solos rasos ou muito rasos, comuns nas regiões áridas e semiáridas. São solos constituídos por material mineral ou orgânico, onde se destaca o horizonte A com 10 a 30 cm de espessura. Este horizonte faz contato direto com a rocha ou é seguido por um pequeno horizonte C, quando não mesmo, um horizonte B incipiente, sem desenvolvimento suficiente para enquadrar os solos em outra classe taxonômica.

Normalmente, estão associados aos afloramentos de rocha ou constituem inclusões em algumas unidades de mapeamento. O seu substrato está relacionado com rochas do Pré-Cambriano, principalmente, gnaisses, migmatitos, granitos e granodioritos. A textura do solo

normalmente é média com cascalho ou cascalhenta, quando não arenosa com cascalho. Os baixos teores de matéria orgânica, a pouca profundidade, a pedregosidade e rochosidade, constituem fortes restrições ao uso agrícola desses solos. No entorno da Mina do Bonita, os Neossolos normalmente estão associados aos Luvisolos.

Tanto os Neossolos litólicos como os Luvisolos Crômicos encontram-se em elevado estágio de degradação, decorrente da erosão laminar e em sucros. Existem locais que o horizonte A já foi totalmente erodido, restando apenas o horizonte C relativo a rochas semidecompostas ou até mesmo os próprios afloramentos de rochas.

5.1.7.5. Neossolo Litólico Eutrófico Típico

- Classificação: NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico A fraco textura média/média-argilosa fase caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e ondulado.
- Localização: Estrada de entorno da mina (Coordenadas geográficas: 5°52'52.7"S 36°58'59.3"W)
- Situação, declividade e cobertura vegetal: área de relevo ondulado.
- Litologia e cronologia: Sedimentos relativos ao Pré-cambriano.
- Material de originário: Sedimentos areno-argilosos.
- Pedregosidade: Superficial e interna: Muito pedregosa.
- Rochosidade: Superficial e interna: Muito rochosa.
- Relevo local: Suave ondulado.
- Relevo regional: Suave ondulado, ondulado e montanhoso.
- Erosão superficial: Laminar e em sucros acentuada.
- Drenagem: Moderada.
- Vegetação primária: Caatinga hiperxerófila.
- Uso atual: Caatinga hiperxerófila.
- Descrito e coletado por: José Dantas.

Descrição Morfológica

- [A] 0 – 10 cm; bruno-escuro (10 YR 4/3, úmido); franco arenoso; fraca pequena blocos subangulares; muito poroso; ligeiramente duro, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
- [C₁] 10 – 25 cm; bruno-escuro (7,5 YR 3/4, úmido); franco arenoso; fraca pequena blocos subangulares; muito poroso; duro, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- [C₁] 25 – 45 cm; bruno-amarelado-escuro (7,5 YR 4/4, úmido); franco argilo arenoso; fraca pequena blocos subangulares; muito poroso; duro, plástico e pegajoso; transição gradual e ondulada.
- [C/R] C₃/R 45 – 50 cm+; Material semidecomposto.
- Raízes – Poucas finas e médias ao longo do perfil.

Tabela 5.1-18. Análises Físicas e Químicas do Neossolo na Mina do Bonito.

Determinações	Resultados Analíticos		
	Ap (0-10 cm)	C1 (10-25 cm)	C2 (25-48 cm)
pH em água (1:2,5)	5,9	6,3	6,5
Cálcio (cmol _c .dm ⁻³)	1,42	1,18	0,9
Magnésio (cmol _c .dm ⁻³)	0,62	0,49	0,52
Alumínio (cmol _c .dm ⁻³)	0,0	0,0	0,0
Hidrogênio + Alumínio (cmol _c .dm ⁻³)	0,15	0,16	0,41
Fósforo (mg.dm ⁻³)	7	2	1
Potássio (cmol _c .dm ⁻³)	0,23	0,10	0,07
Sódio (cmol _c .dm ⁻³)	0,10	0,12	0,11
Soma por Bases (cmol _c .dm ⁻³)	2,37	1,89	1,60
CTC Efetiva (cmol _c .dm ⁻³)	3,36	2,88	3,01
Saturação por Bases (V%)	70,53	65,63	53,16
Saturação por Alumínio (SAI%)	0,0	0,0	0,0
Saturação por Sódio (SNa%)	1,96	1,60	1,64
Cond. Elétrica Extrato 1:5 (dS.m ⁻¹)	0,15	0,20	0,50
Densidade Global (kg.dm ⁻³)	1,53	1,60	
Retenção de Umidade (1/3 de atmosfera)	0,83	2,85	4,52
Retenção de Umidade (15 Atmosfera)	2,95	5,26	8,41
Granulometria			
Areia (g.kg ⁻¹)	800	700	550
Argila (g.kg ⁻¹)	160	200	350
Silte (g.kg ⁻¹)	40	100	100
Relação silte/argila	0,25	0,50	0,28
Classificação Textural	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Argilo Arenoso

5.1.7.5.1. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DO SOLO

Os solos mapeados na mina do Bonito e no entorno, tanto os Luvisolos Crômicos quanto os Neossolos Litólicos são solos rasos e pouco profundo; pouco intemperados; que apresentam grande quantidade de materiais grosseiro como cascalhos, calhaus e matacões, tanto na superfície como entrelaçado na massa do solo.

São originários de materiais areno-argilosos, referente ao período geológico de pré-cambriano. Situam-se em relevo que vai do suave ondulado a forte ondulado, apresentam erosão laminar e em sucros, das quais encontram-se solos onde a camada superficial foi

carreada, e como consequência a exposição de materiais de origem. Estes solos são bem característicos de regiões semiáridas, evidenciados pela vegetação caducifólia, denominada de Caatinga Hiperxerófila.

5.1.7.5.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO

Com relação às características físicas nos Luvisolos Crômicos (Tabela 5.1-16), constata-se uma granulometria franco-arenosa no horizonte superficial, e com predominância de materiais mais finos, como argila e silte, nos horizontes subsuperficiais. Portanto, estes solos apresentam horizontes B textural de acumulação de argila, bem como argila de atividade alta. Essas propriedades físicas evidenciam maior retenção de água nos horizontes subsuperficiais quando comparado com os horizontes superficiais, consequentemente, apresentam taxas de infiltração baixas.

Já os Neossolos Litólicos (Tabela 5.1-16), apresentam granulometria mais grosseira, tanto no horizonte superficial como nas camadas abaixo. Desta forma, são solos que apresentam uma drenagem mais acentuada que os Luvisolos, com menor retenção de água e maior velocidade de infiltração, ao longo do perfil pedológico.

5.1.7.5.3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO

Tanto os solos da classe dos Luvisolos Crômicos quando os Neossolos Litólicos apresentam soma de bases trocáveis, capacidade de troca de cátions e saturação por bases elevadas. Entretanto, esses valores são mais acentuados nos Luvisolos, decorrente destes solos apresentarem maior capacidade de retenção de água e de nutriente.

Assim, para efeito de utilização, como culturas agrícolas, não apresentam limitação químicas. As principais limitações são de ordem morfológica e físicas, principalmente pouca profundidade, bem como a pedregosidade e a rochosidade.

5.1.8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O solo da região apresenta comportamento laterítico para a camada superficial de aproximadamente 20 cm. Em sua composição, é encontrada sílica, óxidos de alumínio e ferro, típico de solos lateríticos. Para as camadas mais profundas, o solo estudado apresenta comportamento não-laterítico. A diferença do comportamento entre as camadas se dá devido a composição mineralógico encontrada, entretanto as características físicas encontradas nas diferentes camadas são semelhantes.

De acordo com a caracterização física e o Sistema Unificado de Classificação dos Solos, o solo é uma areia fina argilosa pouco plástica e se apresenta como um solo pouco intemperizado. Para o estudo da permeabilidade, o solo apresenta uma **baixa permeabilidade**.

A taxa de absorção dos solos é influenciada pela dimensão e pela forma dos vazios presentes, além dos minerais encontrados no local. De uma forma geral, pode-se prever que solos pouco porosos sejam menos permeáveis. Como o solo estudado apresenta pouca porosidade, fica comprovada a sua baixa taxa de absorção. Além disso, a presença dos óxidos de alumínio e ferro nas camadas superficiais dificulta a infiltração natural da água pois afeta diretamente as suas características hidromecânicas.

Já para os valores de índices de vazios, o resultado encontrado é um valor muito baixo, devido ao processo de compactação natural do solo e a variação dos diâmetros dos grãos, condição esta que contribui diretamente com a baixa taxa de absorção.

De acordo com os ensaios mecânicos de compactação Proctor, a utilização da técnica de compactação é essencial visando o aumento da resistência dos solos sob a ação de cargas externas, redução de possíveis variações volumétricas, impermeabilização dos solos, pela redução de coeficiente de permeabilidade, resultante do menor volume de vazios. Por isso, o ensaio de compactação é frequentemente utilizado como técnica de estabilização em estudos para melhoria de solos.

Através dos estudos pedológicos foram identificadas e mapeadas três classes de solos distintas, considerando o quarto nível categórico:

- I. LUVISSOLOS CRÔMICOS Órticos típicos
- II. LUVISSOLOS CRÔMICOS Órticos líticos
- III. NEOSSOLO LITÓLICOS Eutróficos típicos

As descrições morfológicas, e as análises físicas e químicas de três perfis pedológicos estão devidamente caracterizados no item 5.1.4.5.4. Já nos itens 5.1.4.5.5, 5.1.4.5.6 e 5.1.4.5.7, foram discutidas as principais propriedades morfológicas, físicas e químicas para melhor entendimento do estudo pedológico.

Finalmente, os estudos geotécnicos e pedológicos atenderam todas as especificações técnicas solicitadas no item 5.1.4. do Termo de Referência do IDEMA para realização de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental - EIA/RIMA.

5.1.9. LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO

Concomitantemente à visita técnica no local da mina, também foi realizado um levantamento fotográfico, apresentado a seguir.



Figura 5.1-63. Vista frontal da jazida principal da Mina do Bonito. – Formações rochosas da mina do Bonito.



Figura 5.1-64. Vista panorâmica da Mina do Bonito e entorno.

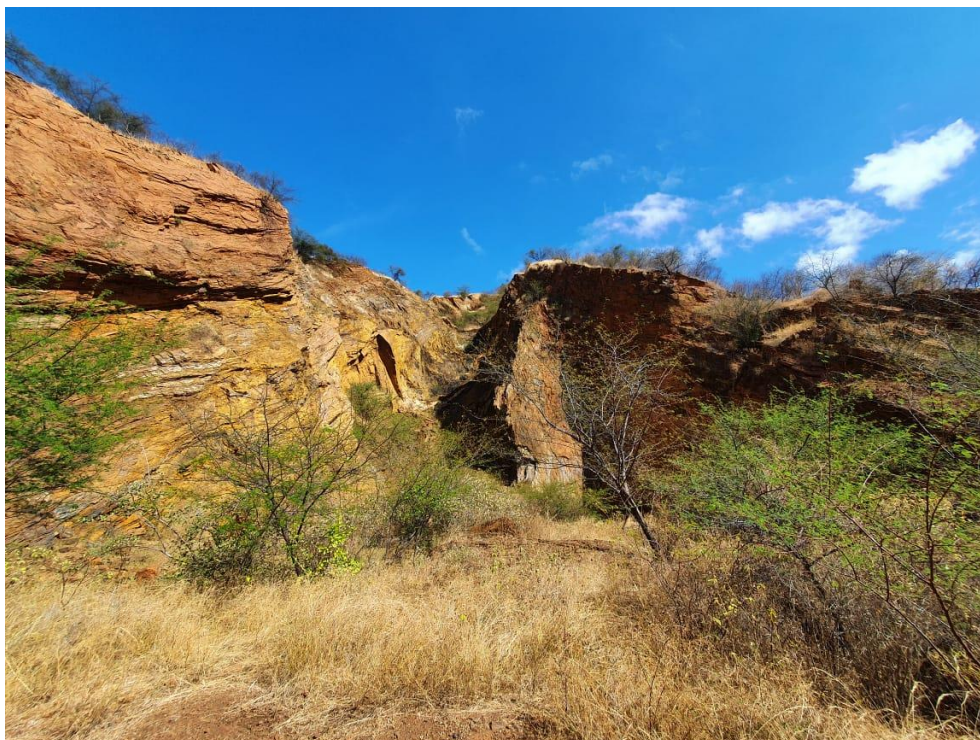


Figura 5.1-65. Aspecto geral das rochas da mina do Bonito.



Figura 5.1-66. Solo Luvisolo Crômico em área de relevo ondulado.

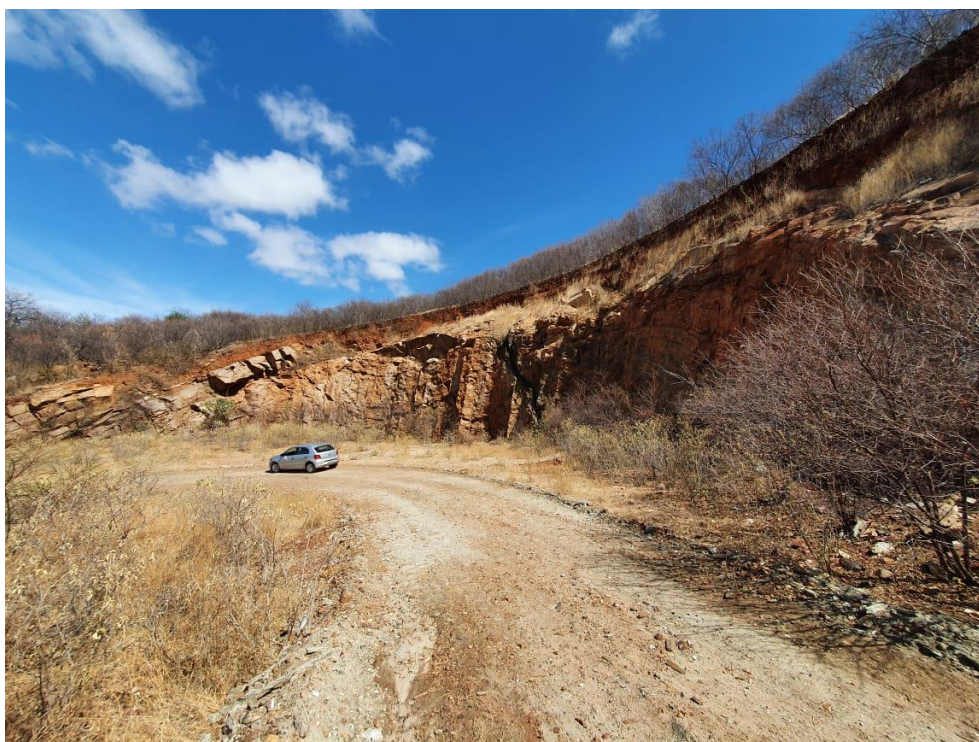


Figura 5.1-67. Foto de um local onde foi retirado material contendo minério de ferro.



Figura 5.1-68. Luvissoilo crômico de coloração vermelho escura, decorrente dos altos teores de óxidos de ferro.



Figura 5.1-69. Perfil pedológico de um Luvisso Crômico típico, demonstrando o solo e o subsolo.



Figura 5.1-70. Solo Luvisso crômico típico, demonstrando seus horizontes e as camadas saprolíticas semidecompostas e as rochas matrizes.



Figura 5.1-71. Aspecto geral do solo Luvisolo na mina do Bonito.



Figura 5.1-72. Luvisolo crômico lítico raso, com seu material originário.



Figura 5.1-73. Solo Neossolo litólico como vista do material saprolítico de rochas semidecompostas.



Figura 5.1-74. Neossolo litólico raso, em relevo suave ondulado, no entorno da mina do Bonito.



Figura 5.1-75. Solo Luvisol crômico raso, pouco intemperizado.

5.1.10. RECURSOS HÍDRICOS

Situada na região semiárida do Nordeste brasileiro, a bacia hidrográfica dos rios Piancó-Piranhas-Açu possui área de drenagem de 43.683 km², está parcialmente inserida nos Estados da Paraíba (60%) e do Rio Grande do Norte (40%) e ocupa cerca de 15% do território da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental (Figura 5.1-80).



Figura 5.1-76. Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu.

A bacia possui 147 municípios, dos quais, 100 pertencem ao Estado da Paraíba e 47 ao Estado do Rio Grande do Norte. Desse total, 132 municípios têm sua sede dentro dos limites da bacia (Tabela 5.1-17).

Tabela 5.1-19. Participação das unidades da federação na bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu.

Unidade da Federação	Área da bacia nos Estados		Área dos Estados na Bacia	Número de Municípios	
	km ²)	(%)	(%)	Total	Com sede na bacia
Paraíba	25.948	59,4	46,1	100	93
Rio Grande do Norte	17.735	40,6	33,4	47	39
Total	43.683	100	100	147	132

O mapa de Recursos Hídricos em anexo foi criado neste capítulo com base no Mapeamento do Sistema Hidrográfico e Divisão de Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Norte, realizado pela SERHID (1998) – Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte.

O sistema hidrográfico do município possui 100% do seu território inserido na Bacia Hidrográfica do rio Piranhas-Açu, sendo banhado pelo Rio Piranhas que o atravessa na direção SW/NE. O manancial hídrico mais importante da região é Barragem Armando Ribeiro Gonçalves que faz parte complexo hidrográfico. Compondo o sistema hidrográfico do município, encontra-se vários pequenos riachos que são:

- Norte - Riachos São José, do Alemão, Quixadá e das Poças;
- Sul - Riachos Pai Antônio, Carnaúba Torta, do Angico, da Cabra, Baixio, da Tapera, da Caieira e o Córrego do Pau-Ferro;
- Leste - Riachos Jangada, Capoeira, Boa Vista, Fechado e Pedra Branca; e
- Oeste – Os riachos Barro Branco, de João Grande, do Trema, da lagoa e do Angico.

Além dos riachos, conta-se com dezenas de pequenos açudes.

Na porção Norte do município, as águas do Rio Piranhas são represadas pela barragem de Açú, (Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, de grandes dimensões), formando um dos maiores açude do nordeste. Não há outros açudes com capacidade acima de 100.000 m³ no município. Todos os cursos d'água são intermitentes e o padrão de drenagem é o dendrítico.

5.1.10.1. ÁGUAS SUPERFICIAIS

A região onde está implantada o empreendimento encontra-se completamente inserida na Bacia Hidrográfica do médio Piranhas Potiguar, de acordo com a da Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (SERHID) e ANA (2016) (Figuras 5.1-81 e 82).

feitos a partir do Reservatório da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, que para este estudo será objeto detalhado.

5.1.10.2. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRANHAS-AÇÚ

A Bacia Hidrográfica do Piranhas-Açú estende-se aos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, pelo motivo de abranger mais de um estado, trata-se desta forma de uma bacia federal. As sub-bacias que compõem a porção paraibana são: Piancó, Alto Piranhas, Peixe, Espinhara, Médio Piranhas Paraibano, Médio Piranhas Paraibano potiguar; na porção potiguar temos: Seridó, Médio Piranhas potiguar, Parau, Pataxó e Baixo Piranhas (Figura 5.1-82).

Sua área total é de 17.735 km², sendo a maior bacia hidrográfica do Estado do Rio Grande do Norte. ocupando 33,4% da área total do Estado. O rio Piranhas-Açú nasce no estado da Paraíba, na Serra do Bongá. No lado paraibano, tem como afluentes os rios Piancó e Peixe, entrando no estado do Rio Grande do Norte pelo município de Jardim de Piranhas. Do lado do Rio Grande do Norte, o rio Piranhas-Açú recebe as águas de todos os rios que formam a bacia hidrográfica da região do Seridó.

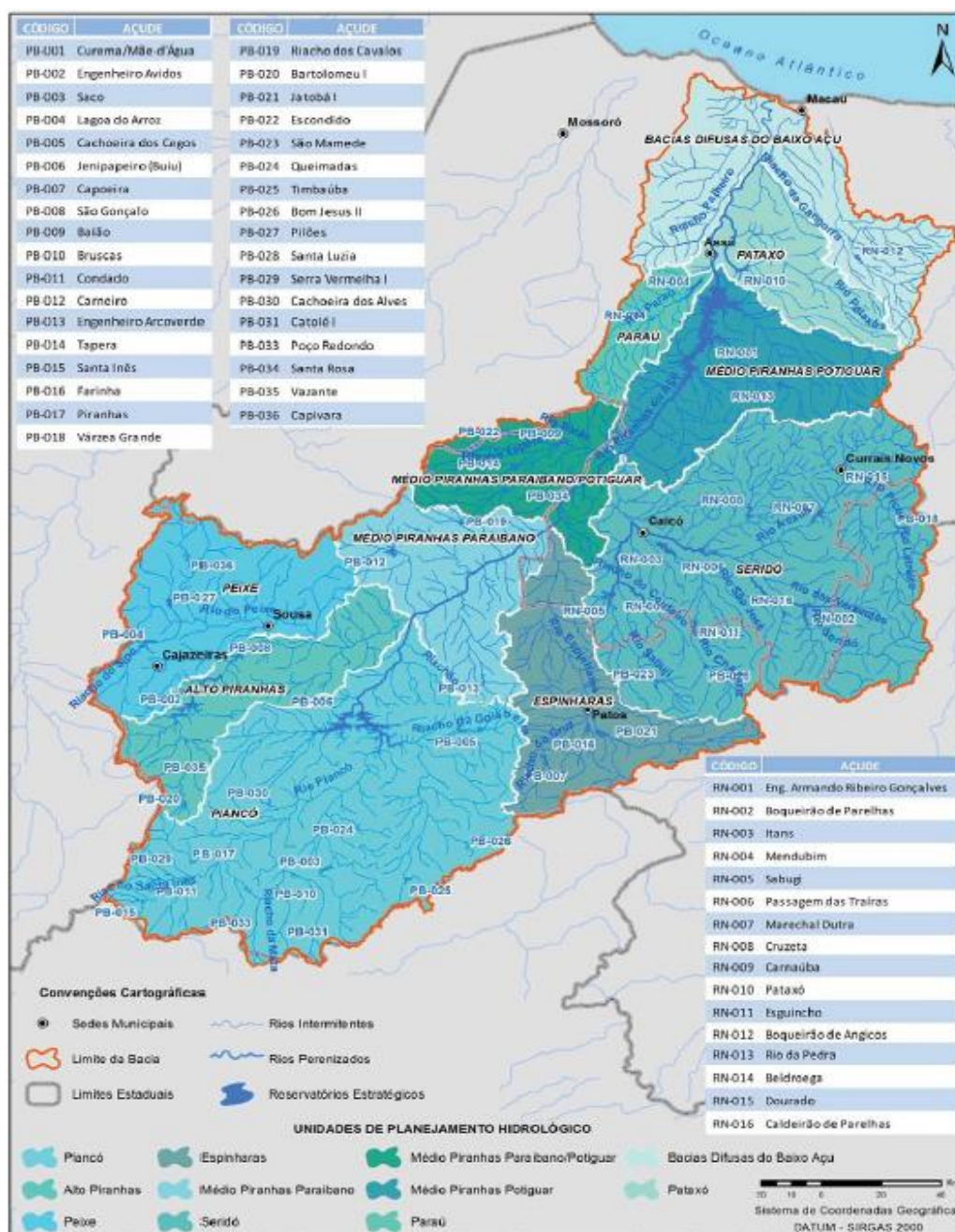


Figura 5.1-78. Hidrografia, Reservatórios Estratégicos e Unidades de Planejamento Hidrológico. Fonte: Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu, ANA (2016).

A construção da barragem Armando Ribeiro Gonçalves, nos anos 80, com 2,4 bilhões de m³ de água, constitui o elemento crucial para a garantia do abastecimento na região. A água acumulada na barragem Armando Ribeiro Gonçalves corresponde a aproximadamente 82% do total armazenado na bacia e a 68% do total acumulado no Estado (Figura 5.1-83).



Figura 5.1-79. Vista parcial da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, foto tirada do Morro da Mina do Bonito – Jucurutu/RN. Fonte: Acervo Florescer, 2020.

Entretanto, o estado do Rio Grande do Norte necessita garantir uma vazão mínima vinda do Estado da Paraíba de 4,5 m³/s, uma vez que a região do Seridó, as chuvas tendem a diminuir para montante, para garantir não só o abastecimento a montante da Armando Ribeiro, mas também o próprio volume de água armazenada na Barragem.

O Estado da Paraíba construiu, num dos principais afluentes do rio Piranhas, o rio Piancó, um reservatório - o Sistema Coremas - Mãe D'água - com capacidade para acumular 1,4 bilhões de m³, de forma a perenizar esse afluente e um trecho do rio Piranhas, garantindo assim a vazão mínima a entrar no Estado do Rio Grande do Norte. A Tabela 2 detalha a situação volumétrica dos reservatórios com capacidade superior a 5.000.000 m³, monitorados nesta bacia.

A porção relativa ao Baixo Piranhas Açú, situa-se no domínio centro-oeste do Estado, atingindo cotas de até 100 metros. A superfície da bacia nessa porção, ocupa cerca de 277,1 km² o que perfaz 0,52% da superfície do estado do Rio Grande do Norte.'

A caracterização dos corpos hídricos superficiais da bacia considerou como estratégicos 19 açudes com capacidade individual de acumulação superior a 5 milhões de metros cúbicos. O armazenamento de água para atendimento dos diversos usos é assegurado por esses reservatórios de maior porte, que conjuntamente alcançam 2.972,1 hm³. A Tabela 5.1-18 apresenta os açudes considerados estratégicos no âmbito do Unidade de Planejamento Hídrico (UPH) Piancó-Piranhas-Açu no Rio Grande do Norte.

Tabela 5.1-20. Situação Volumétrica de Reservatórios com capacidade superior a 5.000.000 m³ monitorados na Bacia do Piranhas Açu no Rio Grande do Norte. Fonte: Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte.

Reservatório	Unidade de Planejamento Hídrico (UPH)	Município	Capacidade (h/m ³)
Armando Ribeiro Gonçalves	Médio Piranhas Potiguar	Açu	2.400,0
Boqueirão de Parelhas	Seridó	Parelhas	84,8
Itans	Seridó	Caicó	81,8
Mendubim	Paraú	Assú	76,4
Sabugi	Seridó	São João do Sabugi	65,3
Passagem das Traíras	Seridó	Jardim do Seridó	49,7
Marechal Dutra	Seridó	Acari	44,4
Cruzeta	Seridó	Cruzeta	23,6
Carnaúba	Seridó	São João do Sabugi	25,7
Pataxó	Pataxó	Ipanguaçu	15,0
Esguicho	Seridó	Ouro Branco	27,9
Boqueirão de Angicos	Bacias Difusas do Baixo Açu	Angicos	16,0
Rio da Pedra	Médio Piranhas Potiguar	Santana do Mato	13,6
Beldroega	Paraú	Paraú	8,1
Dourado	Seridó	Currais Novos	10,3
Caldeirão de Parelhas	Seridó	Parelhas	9,3
Alecrim	Médio Piranhas Potiguar	Santana do Mato	7,0
Novos Angicos	Bacias Difusas do Baixo Açu	Angicos	5,3
Zangarellhas	Seridó	Jardim do Seridó	7,9
Total	-	-	2.972,1

Mesmo que o atendimento dos diversos usos em períodos de estiagem seja assegurado, pelos reservatórios de maior porte, cabe reconhecer que os reservatórios de pequeno porte cumprem o importante papel de fontes hídricas para diversas comunidades e propriedades rurais ao longo da bacia, nos períodos de estiagem ou nos primeiros meses de secas mais severas.

Além disso, considerando que os açudes menores tendem a estar vazios no começo do período de chuvas e que eles geralmente não dispõem de mecanismos de controle de vazão para jusante, a existência de um elevado número de pequenos açudes localizados a montante dos grandes reservatórios pode impactar sua operação, pois armazenam parte da água que iria ser acumulada nos reservatórios estratégicos.

Essas características sugerem a necessidade de se desenvolver estudos para identificar e quantificar os impactos da pequena reserva superficial difusa sobre a operação dos reservatórios estratégicos.

Outra característica dos corpos hídricos da região é que todos são intermitentes, com vazão ocorrendo estritamente apenas em período de chuvas, assim mesmo, restrito ao leito menor dos rios, por poucos dias. O histórico de cheias e inundações se restringe apenas a linha de talvegue dos rios, que dependendo da intensidade das chuvas sazonais dos anos em que há precipitações, restringe-se apenas a pequenas inundações de pouca significância.

Excepcionalmente, os leitos dos rios da região são ocupados por eventos de grandes inundações a depender dos eventos fluviais que podem ocorrer, restringe ao baixo curso do rio Piranhas-Açú, que compreende o corredor fluvial do conhecido “Baixo Açú”, o qual se estende do pós-barramento da barragem Armando Ribeiro Gonçalves, ao sul, até a foz do mesmo rio, entre os municípios de Macau e Porto do Mangue, ao norte. Todo trecho abrange o sistema de planície de inundação do rio Piranhas Açú, abrangendo territórios de vários municípios no sentido sul norte, conforme Oliveira (2016), Figura 5.1-84.

Vale destacar que os anos de maiores pulsos de inundações na região com registro meteorológicos, ocorreram a partir de 1974, 1977, 1985, 2008 e 2009, os índices pluviométricos alcançaram níveis próximos ou superiores aos 1.000 mm. INMET (2016).

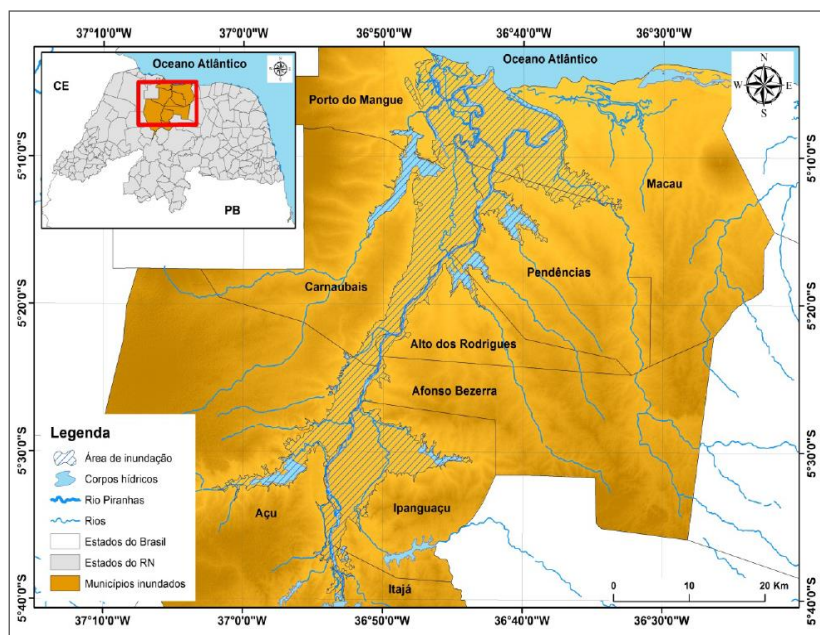


Figura 5.1-80. Mapa da Planície de inundação do Rio Piranhas Açu, a partir da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves. Fonte: Oliveira, 2016.

5.1.11. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

5.1.11.1. Reservas Renováveis e Disponibilidade Hídrica

De acordo com o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Piancó-Piranhas Açú, as reservas renováveis foram calculadas a partir das áreas de recarga dos aquíferos e de estimativas da parcela da precipitação pluviométrica anual que infiltra e efetivamente chega aos aquíferos.

A disponibilidade hídrica subterrânea é definida como o volume de água do aquífero obtido pela diferença entre a reserva renovável e a disponibilidade efetiva, que por sua vez é definida como o volume de água subterrânea efetivamente explorado, estimado por meio de levantamento das captações existentes e em funcionamento na área do aquífero considerado.

Os resultados por Unidades de Planejamento Hidrológico - UPH estão apresentados na Tabela 5.1-19. A UPH das Bacias Difusas do Baixo Açú apresenta a maior disponibilidade hídrica em razão de abranger os aquíferos mais importantes: o Açú e o Jandaíra.

Tabela 5.1-21. Disponibilidade Hídrica Subterrânea por UPH.

UPH	Área (km ²)	Reserva renovável (hm ³ /ano)	Disponibilidade Efetiva (hm ³ /ano)	Disponibilidade Hídrica (hm ³ /ano)
Piancó	9.207	53,9	15,2	38,7
Alto Piranhas	2.562	22,7	8,1	14,6
Peixe	3.428	59,2	16,1	43,1
Espinharas	3.291	20,6	5,5	15,1
Médio Piranhas Paraibano	2.894	18,0	3,8	14,2
Seridó	9.923	73,5	19,5	54,0
Médio Piranhas Paraibano/Potiguar	2.245	12,2	1,9	10,3
Médio Piranhas Potiguar	3.536	24,2	1,8	22,4
Paraú	974	7,6	0,6	7,0
Pataxó	1.954	38,4	7,5	30,9
Bacias Difusas do Baixo Açú	3.668	127,6	12,6	115,0
Total	43.683	457,8	92,6	365,2

Fonte: Plano de Recursos Hídricos da Bacia Piancó-Piranhas Açú – ANA 2018

Na bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu foram individualizados oito sistemas aquíferos principais, distribuídos em compartimentos geológicos diversos e divididos nos tipos fissural e poroso, conforme apresentado na tabela 5.1-20 e no mapa de aquíferos (Figura 5.1-85).

Tabela 5.1-22. Aquíferos da bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu. Fonte: CPRM (2007).

Tipo de Aquífero	Contexto Geológico	Sistemas Aquíferos	Descrição (adaptado de CPRM, 2007)
Poroso	Depósitos Litorâneos	Mangue (não aquíferos)	Aquíferos livres de extensão variável, formados por sedimentos clásticos não consolidados de idade quaternária, que recobrem as rochas mais antigas. A depender da espessura e da razão areia/argila podem ser produzidas vazões significativas. Exploração por meio de poços rasos, sendo, contudo, bastante comum que os poços tubulares localizados nesse domínio captem água dos aquíferos subjacentes. A qualidade das águas é, em geral, boa.
		Dunas	
	Depósitos Aluvionares	Aluvionar sobre bacia sedimentar e aluvionar sobre cristalino	
	Formações Cenozóicas Indiferenciadas	Coberturas detrítico-lateríticas	Aquíferos livres ou confinados de extensão regional e espessura limitados, de idade cretáceo-quaternária, formados por sedimentos clásticos consolidados, areno-argilosos.
	Depósitos tipo Barreiras	Barreiras	
		Serra dos Martins	
	Bacia Sedimentar do Rio do Peixe	Rio do Peixe (Antenor Navarro, Sousa e Rio Piranhas)	Aquíferos livres ou confinados formados por sedimentos clásticos consolidados, predominantemente argilosos e localmente areníticos.
Fissuro-cárstico	Bacia Sedimentar Potiguar	Açu	Aquífero livre ou confinado formados por sedimentos clásticos consolidados predominantemente arenosos. Em termos hidrogeológicos, esse aquífero tem alta favorabilidade para o armazenamento de água subterrânea e constitui o mais importante reservatório da bacia.
		Jandaíra	Aquíferos associados às zonas fraturadas de dissolução, representados por metassedimentos e calcários. A qualidade química das águas apresenta dureza e salinidade elevadas.
Fissural	Complexos ígneos e metamórficos da Província Borborema	Cristalino	Aquíferos restritos às zonas fraturadas, representados por litologias predominantemente de idades paleoproterozóicas a neoproterozóicas: rochas metaígneas, basicamente granitoides, gnaisses, granulitos, migmatitos, e básicas/ultrabásicas; rochas metassedimentares, que reúnem xistos, filitos, quartzitos e ardósias; e rochas metavulcânicas diversas. A ocorrência de água é condicionada por fraturas, o que se traduz por aquíferos heterogêneos, descontínuos e de pequena extensão. As vazões produzidas por poços são pequenas e a água é, na maior parte das vezes, salinizada.

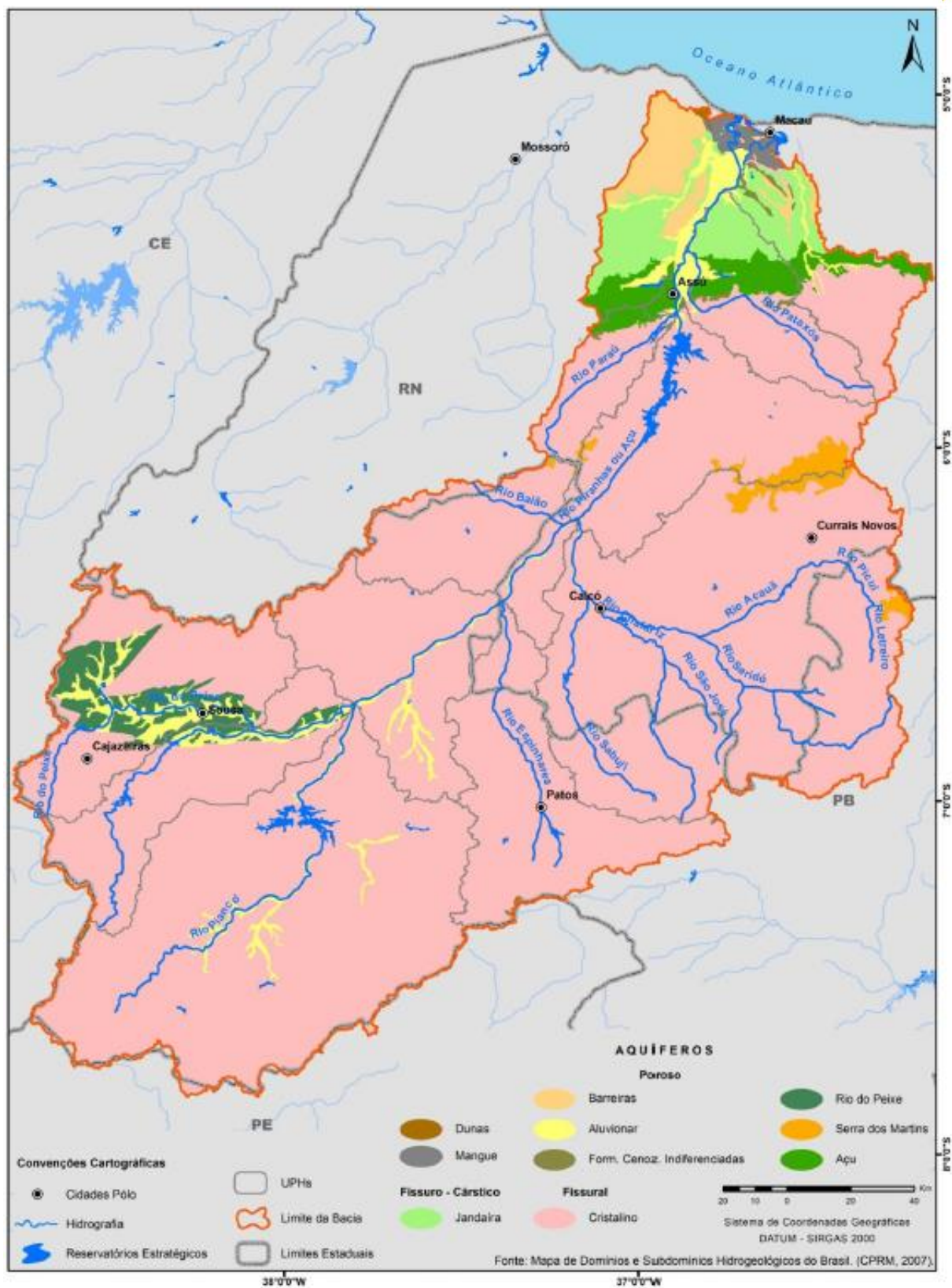


Figura 5.1-81. Aquíferos da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açú. Fonte: CPRM (2007).

5.1.11.2. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

Conforme o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu, elaborado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2018), o monitoramento de qualidade de água na bacia é realizado tanto pelo estado da Paraíba quanto pelo Rio Grande do Norte. As duas redes estaduais de monitoramento, operadas pela SUDEMA, na Paraíba, e pelo IDEMA, IGARN e EMPARN, no Rio Grande do Norte, somam 91 pontos de monitoramento da qualidade das águas situados dentro dos limites da bacia. Desses pontos, 69 estão localizados nos açudes e 22 nos rios da bacia (Figura 5.1-86). Segundo a Agência, há ainda importantes lacunas no monitoramento qualitativo, especialmente em relação à baixa frequência de coleta e a ausência de análise de alguns parâmetros importantes.

A falta de representatividade da série de dados e a ausência de alguns parâmetros limitam a possibilidade de identificação das fontes poluidoras, a caracterização mais detalhada dos problemas de qualidade de água na bacia e, consequentemente, a definição de ações de gestão a serem tomadas.

Em 2013, a ANA formalizou a Resolução nº 903/2013, para a criação da Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade das Águas (RNQA). A RNQA foi concebida em parceria com as instituições estaduais que realizam monitoramento de qualidade de água. Coincide em grande parte com as redes estaduais já existentes e atende aos critérios mínimos de padronização definidos no Programa Nacional de Avaliação de Qualidade das Águas (PNQA). A RNQA está sendo operada de forma descentralizada em parceria com os órgãos gestores estaduais e a ANA tem fornecido diversos equipamentos para auxiliar os estados nessa operação. Além disso, em 2014, foi criado também o Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água – QUALIAGUA (Resolução ANA nº 1.040/2014) visando auxiliar na sustentabilidade financeira da operação da Rede e na estruturação das instituições para manter essas atividades.

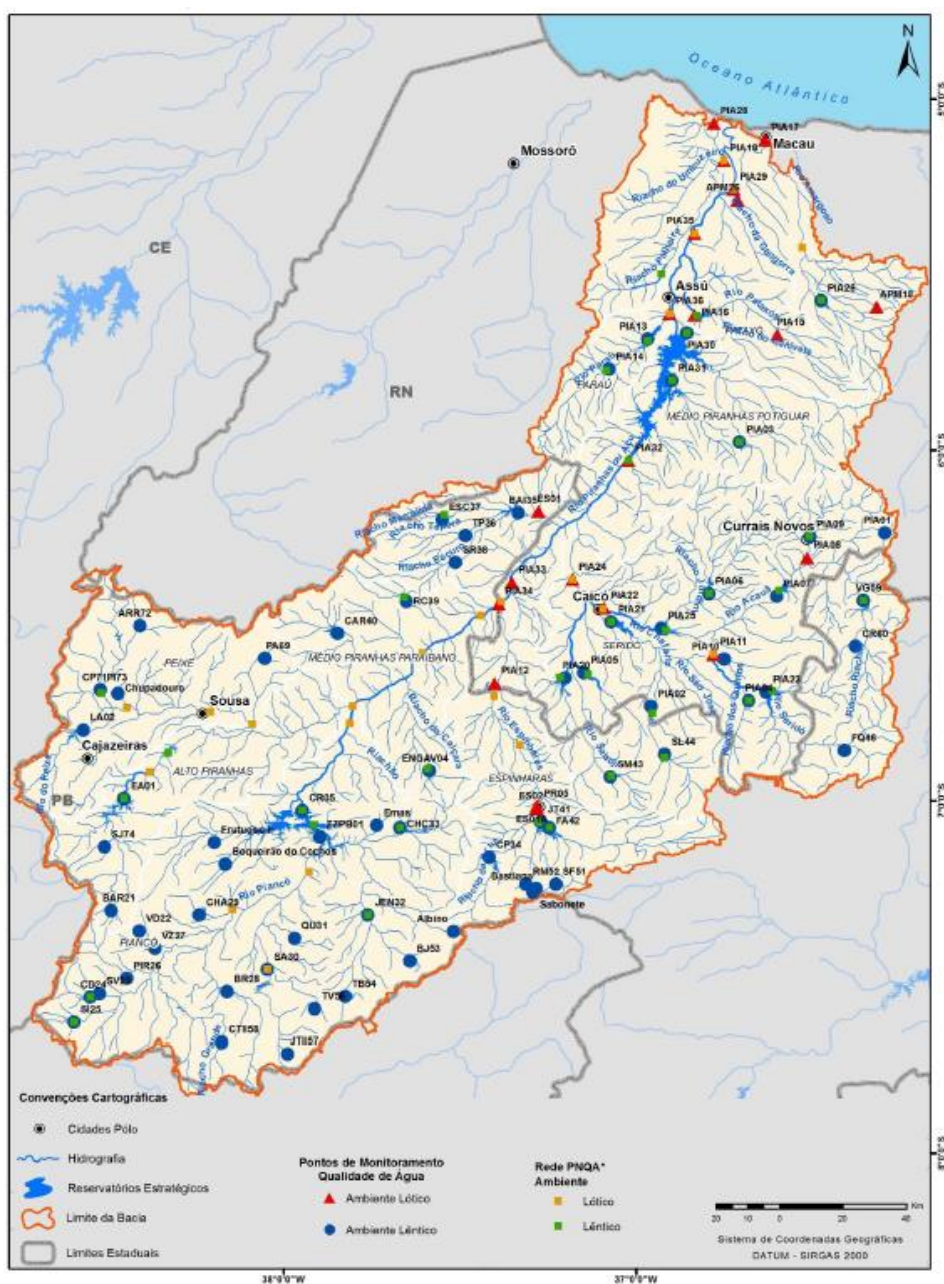


Figura 5.1-82 Rede de monitoramento de qualidade de água atual e proposta. Fonte ANA (2018).

Na bacia, a RNQA previu a operação de 59 pontos de monitoramento, sendo 31 na Paraíba e 28 no Rio Grande do Norte, contemplando a análise de 21 parâmetros e frequência amostral mínima trimestral. Importante destacar que os estados continuarão a operar suas redes de monitoramento de qualidade de água, composta atualmente por 55 pontos na Paraíba e 36 no Rio Grande do Norte, sendo que alguns desses pontos são incorporados à RNQA, assim como a própria RNQA pode levar à operação de novos pontos a serem

incorporados às redes dos estados. Os dados gerados para a RNQA são inseridos no sistema HidroWeb e divulgados por meio do Portal do SNIRH.

O diagnóstico da qualidade das águas da bacia do rio Piancó-Piranhas-Açu, realizado pela ANA, utilizou os dados de monitoramento entre aos 2007 a 2011. A frequência média das coletas de amostras para análise de qualidade de água no período foi de aproximadamente 2 por ano em cada ponto.

A partir dos dados de monitoramento disponíveis, foram calculados o Índice de Qualidade da Água (IQA) e o Índice de Estado Trófico (IET) e avaliados, entre outros parâmetros, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), o fósforo total e os coliformes termotolerantes. Completando as informações, o IGARN, avalia dados de cianobactérias e metais pesados.

Os resultados dos parâmetros analisados indicaram que a eutrofização dos açudes representa uma das maiores ameaças à qualidade de água na bacia. Praticamente todos os açudes apresentam altas concentrações de fósforo, o que implica grande potencial de eutrofização.

Outro ponto relevante é a ocorrência de valores médios de cobre dissolvido e chumbo total superiores aos limites da classe 2 do CONAMA em todos os açudes avaliados no Rio Grande do Norte entre setembro de 2008 e agosto de 2011. Há também estudos na região que registram a preocupação com o risco de contaminação das águas por metais pesados associado a atividades minerárias e industriais na bacia (PEREIRA, 2003; LIMA, 2010).

5.1.11.3. O Problema do Esgotamento Sanitário e Cargas Poluidoras

Reconhecidamente por todos, a situação da bacia hidrográfica em relação ao esgotamento sanitário é bastante crítica, uma vez que 58% da sua população urbana tem atendimento por rede exclusiva para a coleta de esgoto, mas apenas 29% possui cobertura de

tratamento dos efluentes produzidos (ANA 2018). A ausência de tratamento dos esgotos coletados implica despejo dos efluentes sanitários nos sistemas hídricos da bacia.

Dos 145 municípios que compõe a bacia, apenas 23 cidades possuem sistema de esgotamento sanitário, três possuem índices abaixo dos 30%. O processo de tratamento predominante é o de lagoas de estabilização e o índice de cobertura por fossa séptica é relativamente alto, podendo chegar a mais de 50% em algumas cidades (Pedra Branca/PB e São Fernando/RN). A tabela 5.1-21 apresenta os índices de coleta e tratamento de esgotos das sedes urbanas da bacia por UPH.

Tabela 5.1-23. Índices urbanos de coleta e tratamento de esgotos por UPH.

UPH	Nº de sedes municipais	% população atendida por rede coletora	% população atendida por rede coletora e tratamento	% fossa séptica (*)
Bacias Difusas do Baixo Açu	7	61,6	61,4	10,8
Pataxó	5	4,0	1,1	12,3
Paraú	3	5,8	0,0	16,1
Médio Piranhas Potiguar	5	48,4	26,1	11,2
Médio Piranhas Paraibano/Potiguar	9	35,8	15,8	10,0
Seridó	33	72,9	45,1	4,5
Peixe	19	59,9	18,2	5,4
Médio Piranhas Paraibano	11	58,6	0,0	3,9
Espinharias	16	80,5	62,4	2,5
Alto Piranhas	7	64,6	0,0	0,9
Piancó	30	49,9	8,0	5,0
Bacia	145	58,4	28,7	5,8

(*) Solução individual com tratamento. Fonte: ANA (2018)

Segundo o relatório da ANA (2018), apenas 23 cidades são atendidas com infraestrutura de coleta e tratamento de esgotos. No entanto, deste total, somente 17 cidades contam com cobertura superior a 50%. As UPHs Bacias Difusas do Baixo Açu e Espinharias apresentam o maior índice de atendimento por rede coletora de esgoto seguida de tratamento (acima de 60%). Os municípios das UPHs: Paraú, Médio Piranhas Paraibano e Alto Piranhas, não possuem sistemas de esgotamento sanitário (Tabela 5.1-21).

Em relação ao atendimento com fossas sépticas o problema é mais crítico, uma vez que em toda bacia, apresentou um índice baixíssimo de 5,8%. As áreas rurais é um problema sério, por não serem contempladas com programas ou orientações para a população menos esclarecidas terem em suas residências este sistema simples de coleta e tratamento de esgoto.

Assim, as políticas e ações para melhoria do saneamento na bacia se torna uma ferramenta de busca de equacionamento das questões de coleta e tratamento de esgotos e, conseqüentemente, da redução da carga poluidora proveniente dos esgotos que alcançam os corpos hídricos da bacia, por parte dos municípios para criarem Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) se torna fundamental com diretriz de planejamento na busca de melhoria de qualidade de vida das populações ao longo da bacia.

Conforme levantamento realizado (SNIS, 2013), apenas 3 municípios da Paraíba (Bernardino Batista, Catolé do Rocha e Santa Luzia) e 5 municípios do Rio Grande do Norte (Augusto Severo, Bodó, Caicó, Jucurutu e Lagoa Nova) possuem PMSB elaborado, totalizando 8 municípios que representam somente 5,4% do total de municípios na bacia dos rios Piancó-Piranhas-Açu. Destes, somente 4 (Catolé do Rocha, Augusto Severo, Caicó e Bodó) têm o serviço de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos abrangido pelo PMSB. Esse número reflete a precária capacidade operacional e de gestão dos serviços de saneamento nos municípios da bacia e corrobora a situação crítica da região em relação ao tema.

5.1.12. Cargas Poluidoras Provenientes dos Esgotos Domiciliar Urbano

Outro problema sério que abrange a bacia provém da carga poluidora proveniente das cargas de geração de esgotos domésticos domiciliar urbano e das pequenas indústrias instaladas ao longo dos municípios da bacia, com especial atenção para as pequenas indústrias têxteis e outras despejam suas cargas poluidoras muitas vezes diretamente nos mananciais sem qualquer tipo de tratamento, chama atenção especialmente para o fósforo e a Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO.

a) Fósforo

As estimativas da carga de fósforo remanescente do lançamento de esgotos domésticos foram realizadas considerando a população urbana existente nas Unidades de Planejamento Hidrológicos - UPHs, aplicando-se a geração per capita de 1g P/hab.dia (Figura 5.1-86).

Com base na carga total produzida nas UPHs, estimaram-se as cargas remanescentes. Nos casos em que o efluente coletado é tratado, foram consideradas no cálculo um abatimento de 20% na carga de fósforo. O mesmo abatimento foi aplicado em casos de efluente encaminhado para fossas sépticas/sumidouros.

A tabela 5.1-22, a seguir, apresenta as estimativas das cargas remanescentes de Fósforo provenientes de efluentes domésticos para cada UPH. As maiores cargas remanescentes foram observadas nas UPHs Seridó, Piancó e Peixe.

Tabela 5.1-24. Estimativa da carga de Fósforo (P) – produzida, abatida e remanescente – dos efluentes domésticos, por UPH.

UPH	P (ton/ano)	P Abatido (ton/ano)	P Remanescente (ton/ano)
Bacias Difusas do Baixo Açu	18,3	3,7	14,7
Pataxó	24,1	4,8	19,3
Paraú	2,0	0,4	1,6
Médio Piranhas Potiguar	11,0	2,2	8,8
Médio Piranhas Paraibano/Potiguar	19,0	3,8	15,2
Seridó	86,2	17,2	69,0
Peixe	52,0	8,4	43,6
Médio Piranhas Paraibano	22,2	4,4	17,7
Espinharas	46,8	9,3	37,5
Alto Piranhas	12,9	2,6	10,3
Piancó	61,4	12,3	49,2
Total	356,0	69,1	286,9

Fonte: ANA (2018)

b) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

As estimativas da carga orgânica poluidora pelo lançamento de esgotos domésticos foram realizadas considerando a população urbana existente nas UPHs e a geração per capita de 54 g/hab.dia para Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO.

Nos casos em que o efluente coletado é tratado, foram consideradas no cálculo de abatimento as informações sobre a eficiência de remoção de matéria orgânica dos sistemas de tratamento. Para os casos em que não existem informações acerca da eficiência dos sistemas de tratamento, adotou-se o índice de 80% de remoção.

As estimativas das cargas orgânicas de DBO provenientes de efluentes domésticos são apresentadas a seguir (Tabela 5.1-23 e Figura 5.1-87), para cada UPH. As maiores cargas orgânicas de efluentes domésticos são lançadas nas UPHs Seridó, Piancó e Peixe.

Tabela 5.1-25. Estimativa da carga orgânica em termos de DBO – produzida, abatida e remanescente – dos efluentes domésticos, por UPH.

UPH	DBO total (ton/ano)	DBO Abatida (ton/ano)	DBO Remanescente (ton/ano)
Bacias Difusas do Baixo Açu	990	589	401
Pataxó	1.304	295	1.008
Paraú	109	23	86
Médio Piranhas Potiguar	593	198	395
Médio Piranhas Paraibano/Potiguar	1.026	264	762
Seridó	4.657	1.722	2.935
Peixe	2.807	677	2.131
Médio Piranhas Paraibano	1.197	249	949
Espinharas	2.526	703	1.823
Alto Piranhas	695	141	554
Piancó	3.318	830	2.488
Total	19.222	5.690	13.532

Fonte: ANA (2018)

5.1.13. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Os dados disponíveis na bacia mostram uma correlação, especialmente para o aquífero cristalino, entre salinidade, expressa como sólidos totais dissolvidos (STD), e precipitação, ou seja, recarga de aquífero. A maior parte das amostras, que corresponde a 67%, são classificadas como “aptas ao uso humano”, uma vez que possuem STD abaixo de 1000 mg/L. Há um crescimento dos sólidos totais dissolvidos de oeste para leste (Figura 5.1-88), que pode ser relacionado com a distribuição espacial da pluviometria na bacia.

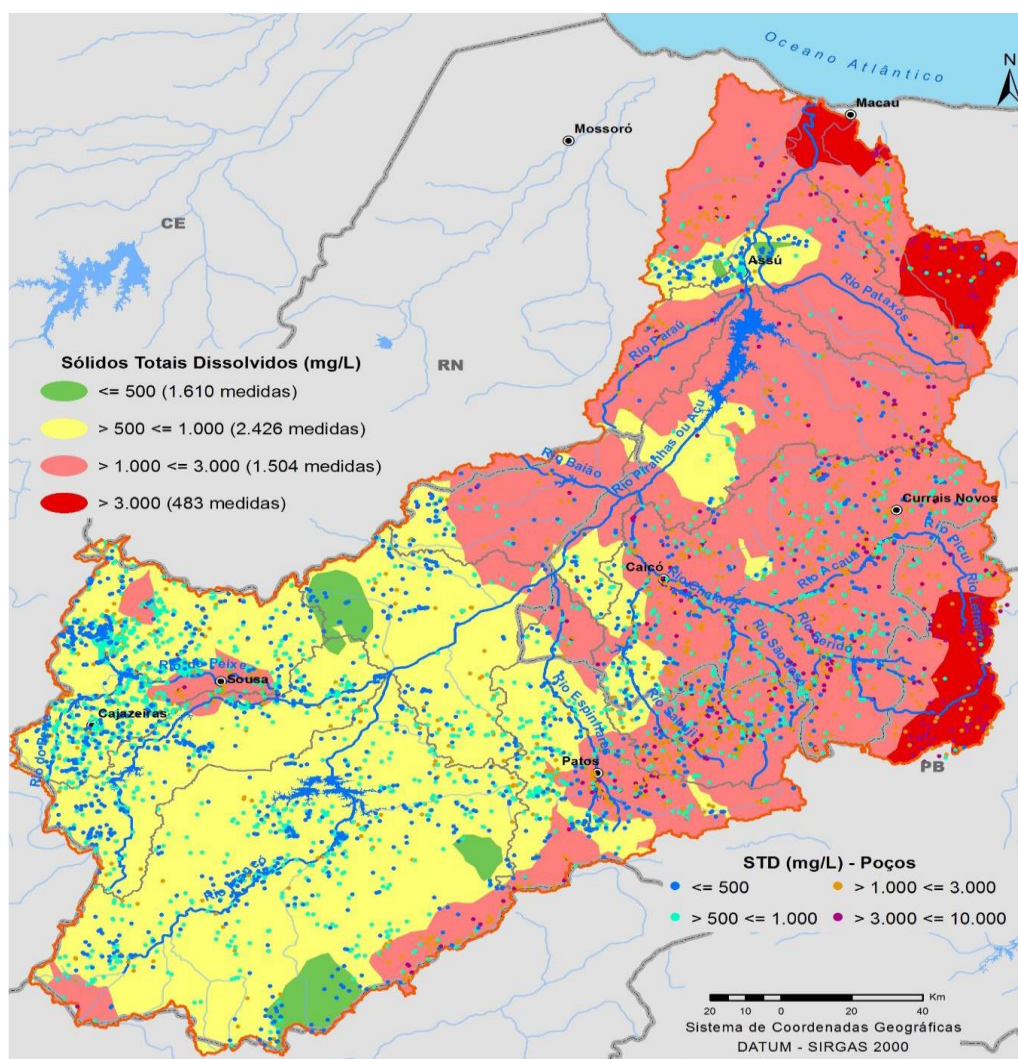


Figura 5.1-84. Sólidos Totais Dissolvidos nas águas subterrâneas.

5.1.14. BALANÇO HÍDRICO DE QUALIDADE DE ÁGUA

A eutrofização é um dos principais problemas na bacia. Entre o conjunto de 50 reservatórios com dados de monitoramento para parâmetro fósforo, a distribuição de resultados das análises mostrou que apenas 2 reservatórios (Beldroega e Passagem das Traíras) apresentaram valor para a mediana igual ou inferior ao padrão de 0,03 mg/L, que é o padrão aplicável às águas de classe 2 em ambientes lênticos. Mesmo numa avaliação menos restritiva, com base no primeiro quartil dos resultados (contemplando os 25% de registros de menor concentração da série analisada para cada ponto), em 42 reservatórios (84%) o fósforo excedeu o valor de 0,03 mg/L e em 36 reservatórios (72%) a concentração foi superior a 0,05 mg/L, que é o limite de fósforo para classe 3 em ambientes lênticos.

Assim, apesar da conveniência de uma série histórica mais extensa de resultados de monitoramento e de uma melhor distribuição espacial dessas informações nos reservatórios de maior dimensão, a análise estatística dos dados disponíveis para os reservatórios é inequívoca em apontar que nos pontos monitorados a concentração de fósforo apresentou grande recorrência de valores elevados, acima dos padrões para águas de classe 2 em ambientes lênticos.

Em relação aos ambientes lóticos, não havia dados de fósforo para os 3 pontos localizados no rio Espinharas (trecho paraibano). Nos 19 pontos localizados no estado do Rio Grande do Norte, o valor limite para fósforo total de 0,075 mg/L, estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 para tributários diretos de ambiente lênticos, foi ultrapassado na concentração média em 17 pontos, corroborando os resultados obtidos nos reservatórios. Apenas no rio Pataxós e no estuário do rio das Conchas os limites de fósforo não foram ultrapassados.

Estimativas da concentração de fósforo utilizando o modelo simplificado de estado trófico de Salas & Martino (1991) a partir do uso e ocupação do solo na bacia também resultaram em elevadas concentrações desse constituinte. Em 37 reservatórios (74%) as concentrações resultantes foram acima dos 0,03 mg/L estabelecidos pela CONAMA 357/2005.

Na bacia, a origem do fósforo está relacionada principalmente ao lançamento de esgotos sem tratamento e às atividades agrícolas. É importante ressaltar que as estações de tratamento de esgoto, quando existentes, possuem eficiências muito baixas na remoção desse nutriente. Há também a ocorrência de práticas agrícolas nas áreas no entorno dos reservatórios e nas faixas marginais dos cursos d'água, legalmente destinadas as Áreas de Preservação Permanente.

Além das fontes poluidoras identificadas na bacia, a implantação da piscicultura em tanques-rede pode contribuir ainda mais para o processo de eutrofização dos reservatórios avaliados.

Diante dessa condição, foi realizada uma análise expedita de capacidade de suporte para atividade intensiva de piscicultura e viabilidade econômica nos reservatórios da região, com foco no potencial de produção de tilápia, baseando-se em estudos realizados anteriormente na bacia (Dantas & Athayde, 2007; Athayde & Panosso, 2011).

Os resultados obtidos na análise expedita, que constaram do Relatório Técnico do Plano de Recursos Hídrico, indicavam que apenas dois reservatórios, Mendubim e Beldroega, teriam capacidade para produção de tilápia. Isso levando em conta a mediana dos resultados de estimativa de concentração de fósforo e considerando o aproveitamento máximo do volume de armazenamento dos reservatórios e a ausência de aporte de cargas externas de fósforo.

No entanto, estudo realizado por Athayde & Panosso (2011) descartava como viáveis para exploração econômica o reservatório Mendubim e outros do mesmo porte. Naquele estudo, os autores contemplaram oito reservatórios na porção potiguar da bacia e concluíram que apenas o reservatório Armando Ribeiro Gonçalves apresentava maior potencial para a piscicultura intensiva em função de seu maior tamanho, profundidade e descarga, desde que se reduzisse as cargas de nutrientes que estavam sendo lançadas nesse reservatório. Levando-se em conta as características consideradas nas conclusões dos autores, além do reservatório Armando Ribeiro Gonçalves, possivelmente apenas o Curema/Mãe D'Água também teria expressividade para ser potencialmente viável economicamente e ambientalmente à

piscicultura intensiva em tanques-rede, sobretudo se condicionado à implantação de ações prévias de controle das fontes poluidoras atuais.

Portanto, a análise da capacidade de suporte dos reservatórios apontava que não era indicada a promoção e fomento da atividade de piscicultura intensiva, sem que houvesse um aprofundamento de estudos que subsidiem tomadas de decisão conscientes acerca de quais reservatórios e em que áreas específicas ou condições o seu desenvolvimento seria viável econômica e ambientalmente.

5.1.15. HIDROGEOLOGIA

O município de Jucurutu está inserido no Domínio Hidrogeológico Intersticial e no Domínio Hidrogeológico Fissural. O Domínio Intersticial é composto de rochas sedimentares da Formação Serra dos Martins. O Domínio Fissural é composto de rochas do embasamento cristalino que englobam o subdomínio rochas metamórficas formada do Complexo Caicó, Formação Jucurutu e da Formação Seridó e o subdomínio rochas ígneas da Suíte Máfica, Granitóides, Suíte Poço da Cruz, Suíte calcialcalina Conceição, Magmatismo Rio Ceará-Mirim e Suíte Calcialcalina Itaporanga.

A infraestrutura necessária para lavra e beneficiamento do empreendimento estão inseridas na Formação Jucurutu, no qual, a base do morro do Bonito encontra-se no domínio dos mármore de coloração cinza escuro, composto basicamente de calcita e tremolita e moderadamente metamorfisados.

Em virtude da pesquisa geológica realizada na área, foram realizados mais de 140 furos de sondagem que evidenciaram a existência continuada de rochas ferríferas e de calcário até profundidades de 489 metros sem **nenhuma ocorrência de aquíferos**.

O que se observa quando da análise dos testemunhos (Figura 5.1-89) é que o calcário se encontra bastante coeso, granulometria grosseira e fracamente fraturado. É evidente que o intemperismo físico e químico age nas rochas de superfície, e não ultrapassa os 9 metros

iniciais em profundidade. Após esta marca, foi confirmada a predominância da coesão e ausência de foliação na rocha.

Foi observado também que a rocha calcária faz contato com os granitos brasileiros em profundidades superiores a 400 metros, sendo o contato delimitado por uma pequena camada de xisto, pouco espessa, que leva alguns pesquisadores a acreditar em cataclasitos e ambientes rasos.



Figura 5.1-85. Testemunhos dos furos de sonda na ADA, detalhe das profundidades variando entre 73,20 m a 80,90 m, primeira caixa e 127,59 m a 135,41 m na segunda caixa, mostra que o calcário se encontra bastante coeso sem fraturas.

5.1.15.1. DOMÍNIO HIDROGEOLÓGICO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO EMPREENDIMENTO

Nas áreas de frentes de lavra do terreno do empreendimento, observa-se a presença de dois tipos de aquíferos: Aquífero Cristalino e Aquífero Aluvião.

O Aquífero Cristalino - engloba todas as rochas cristalinas, onde o armazenamento de águas subterrâneas somente se torna possível em áreas que a geologia local apresentar fraturas associadas a uma cobertura de solos residuais significativa. Os poços perfurados apresentam uma vazão média baixa de 3,05 m³/h e uma profundidade de até 60m, com água comumente apresentando alto teor salino de 480 a 1.400 mg/l com restrições para consumo

humano e uso agrícola. No entorno da mineração observam-se mármore acinzentados, bastante fraturados, com fraturas verticalizadas, as quais proporcionam migração de água para as porções inferiores do terreno, onde são armazenadas ou direcionadas para outros padrões de fraturamentos subterrâneos, os quais desviarão estas águas percolantes para outros locais no entorno do empreendimento.

Aquífero Aluvião - apresenta-se disperso, sendo constituído pelos sedimentos depositados nos leitos e terraços dos rios e riachos de maior porte. Estes depósitos caracterizam-se pela alta permeabilidade, boas condições de realimentação e uma profundidade média em torno de 7 metros. A qualidade da água geralmente é boa e pouco explorada.

Nos riachos que cortam os terrenos cristalinos, observa-se que o pacote de sedimentos para se compor o aquífero aluvião, apresenta espessura média de 5 metros em alguns locais, com potencialidade de acúmulo de água, a qual é direcionada naturalmente para a Barragem Armando Ribeiro Gonçalves.

O terreno do empreendimento encontra-se com 100% do seu território inserido na Bacia Hidrográfica do rio Piranhas-Açú.

A seguir, apresentamos um sumário da qualidade de água de poços perfurados no município de Jucurutu, de acordo com o Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea (setembro/2005). O levantamento realizado no município registrou a existência de 24 pontos d'água, sendo 04 poços escavados e 20 poços tubulares, conforme mostra a Figura 5.1-90.

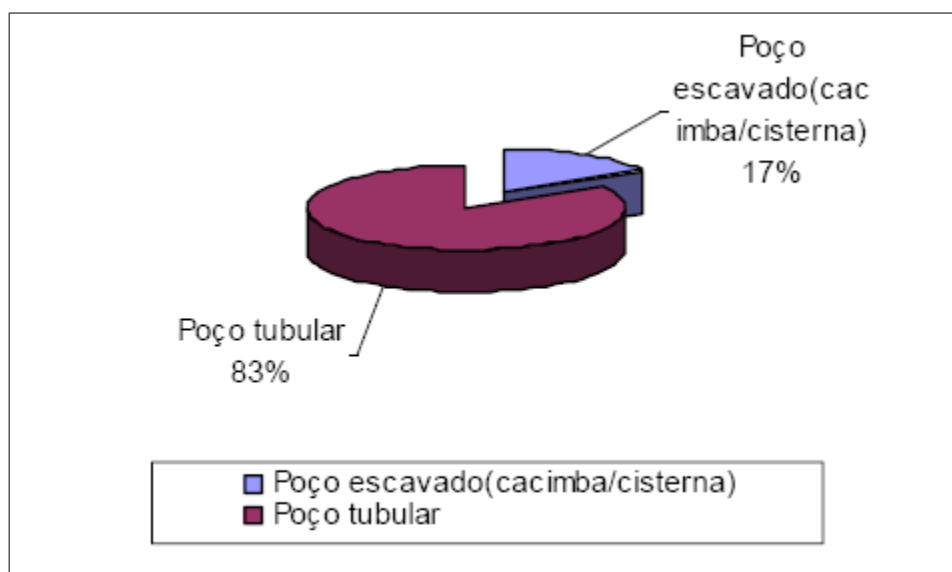


Figura 5.1-86. Tipos de pontos d'água cadastrados no município de Jucurutu/RN.

Com relação à propriedade dos terrenos onde estão localizados os pontos d'água cadastrados, pode-se ter: terrenos públicos, quando os terrenos forem de serventia pública e; particulares, quando forem de uso privado. Conforme ilustrado a Figura 5.1-91, existem 02 pontos d'água em terrenos públicos, 17 em terrenos particulares e, em 05 pontos, a propriedade não foi definida.

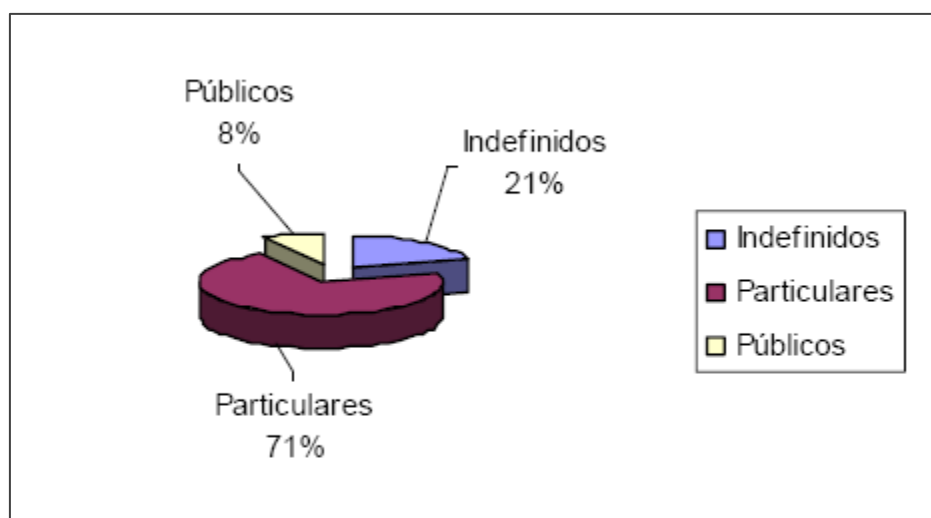


Figura 5.1-87. Natureza da propriedade dos terrenos onde existem poços tubulares.

Quanto ao tipo de abastecimento a que se destina a água, os pontos cadastrados foram classificados em: comunitários, quando atendem a várias famílias e; particulares, quando atendem apenas ao seu proprietário. A Figura 5.1-92 mostra que 08 (35%) pontos d'água destinam-se ao atendimento comunitário, 04 (17%) ao atendimento particular e, em 11 (48%) pontos, a finalidade do abastecimento não foi definida.

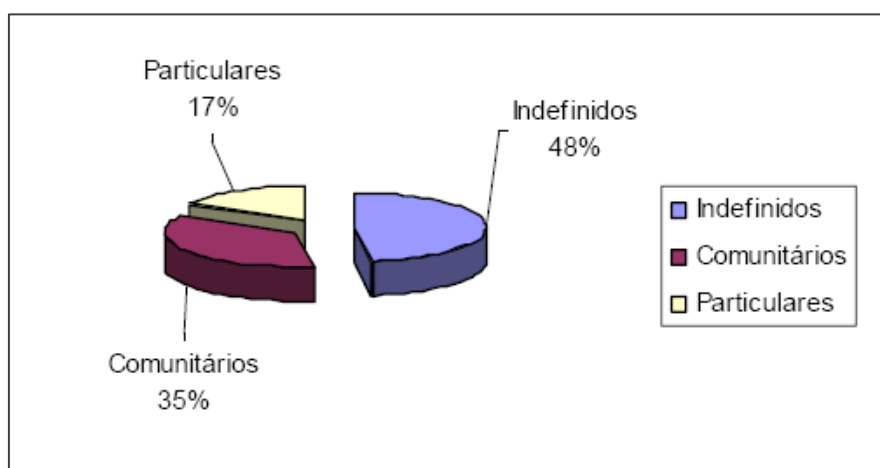


Figura 5.1-88. Finalidade do abastecimento dos poços.

Quatro situações distintas foram identificadas: poços em operação, paralisados, não instalados e abandonados. Os poços em operação são aqueles que funcionavam normalmente. Os paralisados estavam sem funcionar temporariamente devido a problemas relacionados à manutenção ou quebra de equipamentos. Os não instalados representam aqueles poços que foram perfurados, tiveram um resultado positivo, mas não foram ainda equipados com sistemas de bombeamento e distribuição. E, por fim, os abandonados, que incluem poços secos e poços obstruídos, representam os poços que não apresentam possibilidade de produção.

A situação dessas obras, levando-se em conta seu caráter público ou particular, é apresentada em números absolutos na Tabela 5.1-24 e, em termos percentuais, na Figura 5.1-93.

Tabela 5.1-26. Situação dos poços cadastrados conforme a finalidade do uso.

Natureza do poço	Abandonado	Em Operação	Não Instalado	Paralisado	Indefinido	Total
Comunitário	-	5	1	2	-	8
Particular	-	2	-	2	-	4
Indefinido	1	7	3	1	-	12
Total	1	14	4	5	-	24

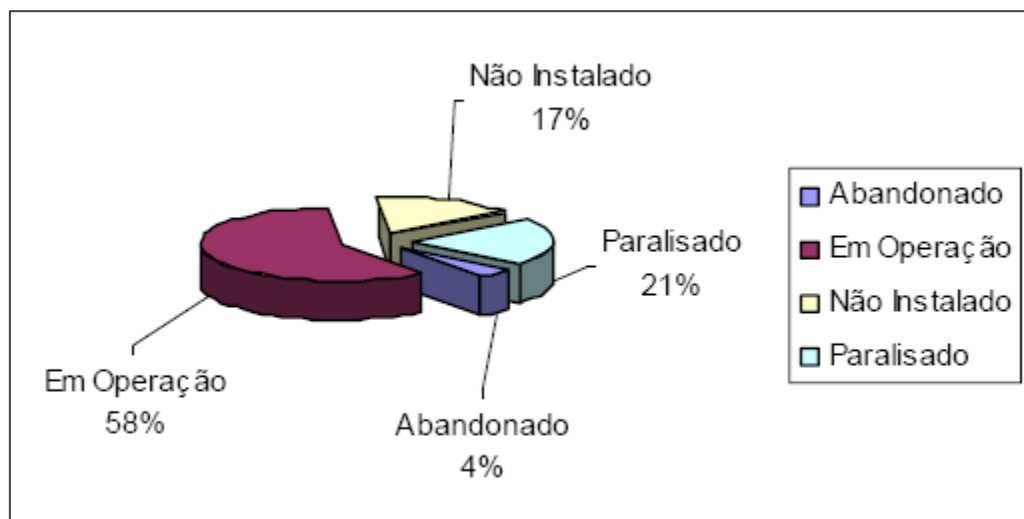


Figura 5.1-89 . Situação dos poços cadastrados.

Em relação ao uso da água, 17% dos pontos cadastrados são destinados ao uso doméstico primário (água de consumo humano para beber), 35% são utilizados como consumo doméstico secundário (água de consumo humano para uso geral), 11% para a agricultura e 37% para dessedentação animal, conforme mostra a Figura 5.1-94.

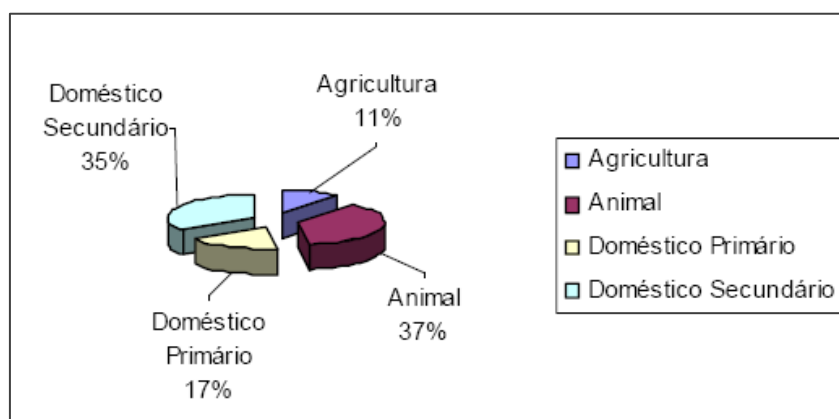


Figura 5.1-90. Uso da água.

A Figura 5.1-95, mostra a relação entre os poços tubulares atualmente em operação e os poços inativos (paralisados e não instalados) que são passíveis de entrar em funcionamento. Verificou-se a existência de 07 poços particulares e 01 público, não instalados ou paralisados e, portanto, passíveis de entrar em funcionamento, podendo vir a somar suas descargas àquelas dos 10 poços que estão em operação.

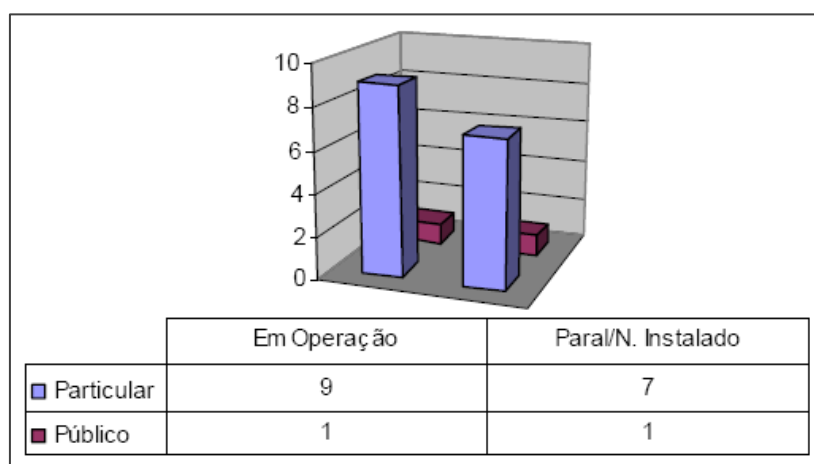


Figura 5.1-91. Relação entre poços em uso e desativados.

Na maioria das águas subterrâneas naturais, a condutividade elétrica multiplicada por um fator, que varia entre 0,55 a 0,75, gera uma boa estimativa dos sólidos totais dissolvidos (STD) na água.

Para as águas subterrâneas analisadas, a condutividade elétrica multiplicada pelo fator 0,65 fornece o teor de sólidos dissolvidos. Conforme a Portaria nº 1.469/FUNASA, que estabelece os padrões de potabilidade da água para consumo humano, o valor máximo permitido para os sólidos dissolvidos (STD) é 1000 mg/l.

Teores elevados deste parâmetro indicam que a água tem sabor desagradável, podendo causar problemas digestivos, principalmente nas crianças, e danifica as redes de distribuição.

Para efeito de classificação das águas dos pontos cadastrados no município, foram considerados os seguintes intervalos de STD (Sólidos Totais Dissolvidos):

Tabela 5.1-27. Classificação das águas considerando STD (Sólidos Totais Dissolvidos).

Sólidos Totais Dissolvidos	Qualidade da água
0 a 500 mg/l	Água doce
501 a 1.500 mg/l	Água salobra
1.500 mg/l	Água salgada

Análises executadas, mostraram valores oscilando de 154,05 e 3523,00 mg/l, com valor médio de 970,08 mg/l. Observando o Tabela 5.1-26 e a Figura 5.1-96, que ilustra a classificação das águas subterrâneas no município, verifica-se a predominância de águas salobras e salinas, com 81,00 % dos poços amostrados.

Tabela 5.1-28. Qualidade das águas subterrâneas no município conforme a situação do poço.

Qualidade da água	Em uso	Não Instalado	Paralisado	Indefinido	Total
Doce	3	1	-	-	4
Salobra	8	1	3	-	12
Salina	2	1	1	1	5
Total	13	3	4	1	21

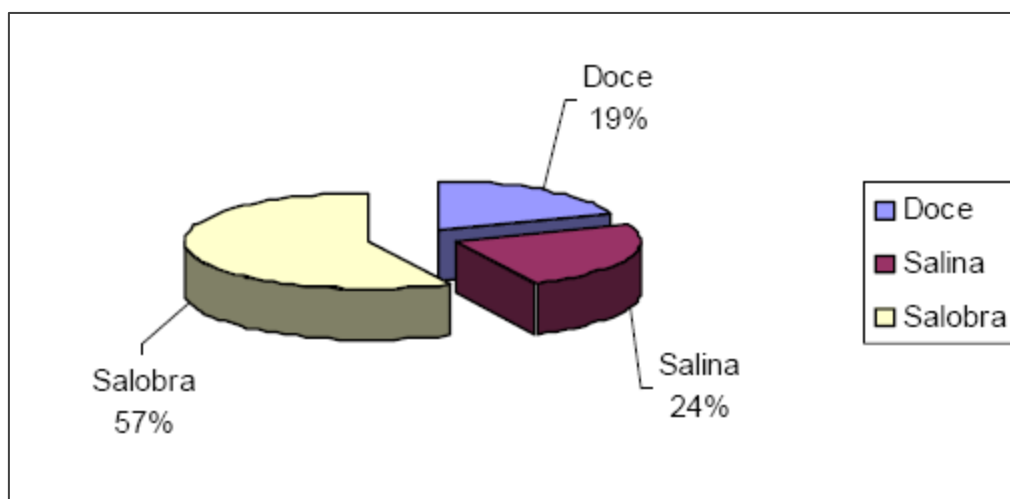


Figura 5.1-92. Qualidade das águas subterrâneas do município.

A situação atual dos poços tubulares existentes no município é apresentada na Tabela 5.1-27.

Tabela 5.1-29. Situação atual dos poços cadastrados no município de Jucurutu/RN.

Natureza do Poço	Abandonado	Em operação	Não Instalado	Paralisado	Indefinido	Total
Público	-	1 (50%)	-	1 (50%)	-	2 (8%)
Particular	1 (6%)	9 (53%)	4 (24%)	3 (15%)	-	17 (71%)
Indefinido	-	4 (80%)	-	1 (20%)	-	5 (21%)
Total	1 (4%)	14 (58%)	4 (17%)	5 (21%)	-	24 (100%)

Os 24 pontos d'água cadastrados estão assim distribuídos: 20 poços tubulares e 04 poços escavados, sendo que 14 (58,00%) encontram-se em operação e 01 foi descartado (abandonado) por estar seco ou obstruído. Os 09 pontos restantes (38,00%) incluem os não instalados e os paralisados, por motivos os mais diversos (Tabela 5.1-27).

Estes poços representam uma reserva potencial substancial, que pode vir a reforçar o abastecimento no município se, após uma análise técnica apurada, forem considerados aptos à recuperação e/ou instalação. Cabe à administração municipal promover ou articular o processo de análise desses poços, podendo aumentar substancialmente a oferta hídrica no município.

Testes de condutividade feitos em 21 amostras d'água (87,50% dos poços cadastrados), dos quais, 17 apresentaram águas salobras ou salgadas (81,00%), evidenciaram a necessidade de uma urgente intervenção do poder público, principalmente no que concerne aos poços comunitários, visando a instalação de dessalinizadores, para melhoria da qualidade da água oferecida à população e redução dos riscos à saúde existentes.

Poços paralisados ou não instalados em virtude da alta salinidade e que possam ter uso comunitário, também devem ser analisados em detalhe (vazão, análise físico-química, no de famílias atendidas, etc.) para verificação da viabilidade da instalação de equipamentos de dessalinização.

Com relação ao item anterior, deve ser analisada a possibilidade de treinamento de moradores das proximidades dos poços, para manutenção de bombas e dessalinizadores em caso de pequenos defeitos, ou ainda, para serem os responsáveis por fazer a comunicação à Prefeitura Municipal, em caso de problemas mais graves, para que sejam tomadas ou articuladas as medidas cabíveis.

Tabela 5.1-30. Planilha de dados das fontes de abastecimento.

Código Poço	Localidade	Lat. (S)	Long. (W)	Ponto de Água	Natureza do Terreno	Prof. (M)	Vazão (L/H)	Situação do Poço	Equipamento de Bombeamento	Fonte de Energia	Finalidade do Uso	Std (Mg/L)
CI484	Chá dos Félix	060154,9	370923,1	Poço tubular	Público	36	-	Paralisado	Bomba submersa		Doméstico primário	
CI485	Pedra do Navio	060113,0	370118,7	Poço escavado	Particular	6	-	Não instalado	Não equipado	Monofásica		154,05
CI486	Sítio Pedra Rachada	060137,9	370446,5	Poço tubular	Particular		-	Em operação	Bomba submersa	Monofásica	Doméstico secundário, animal	605,8
CI487	Rua José de Arimateia s/n	060220,0	370112,0	Poço tubular	Particular	30	-	Paralisado	Não equipado	Monofásica		3523
CI806	Lagoa	060605,8	370803,3	Poço escavado	Particular		-	Em operação	Catavento		Doméstico secundário, animal	341,9
CI807	Angico	060655,7	370805,7	Poço tubular	Particular	50	-	Em operação	Catavento	Trifásica	Doméstico secundário, animal	
CI808	Pedra ferrada	060840,9	370935,5	Poço tubular	Particular	54	-	Paralisado	Catavento	Trifásica	Doméstico primário, Doméstico secundário, animal	806
CI809	Riacho Santana	061250,0	370632,4	Poço tubular	Particular	52	-	Em operação	Catavento	Trifásica	Doméstico secundário, animal	1930,5
CI810	Poças	060046,2	365716,2	Poço tubular	Particular	45	-	Paralisado	Bomba injetora	Trifásica	Doméstico primário, Doméstico secundário, animal	525,85
CI811	Santa Rita	055836,6	365539,9	Poço tubular	Particular	42	-	Não instalado	Não equipado			
CI812	Boi selado	060132,1	365430,1	Poço tubular	Particular	53	-	Não instalado	Não equipado			1592,5
CI813	Boi selado	060124,9	365426,9	Poço tubular	Particular	60	-	Abandonado	Não equipado			2522
CI899	Pedra branca	060545,7	365930,6	Poço tubular	Público	60	-	Em operação	Catavento		Doméstico primário, Doméstico secundário, animal, agricultura	532,35
CI900	Pedra do moleque	060636,3	365943,3	Poço tubular	Particular		-	Em operação	Catavento		Doméstico secundário, animal	727,35
CI901	Espinheiro	060958,9	365558,1	Poço escavado		3,5	-	Em operação	Bomba centrífuga	Trifásica	Doméstico secundário, animal, agricultura	547,95
CI902	Saco grande	060940,2	365509,2	Poço escavado		4	-	Em operação	Bomba centrífuga		Doméstico secundário, animal	997,1
CI903	Fechado - Sítio Canna	060940,1	365509,1	Poço tubular	Particular	52	-	Em operação	Catavento		Doméstico primário, Doméstico secundário, animal, agricultura	237,25
CI904	Fechado	060940,1	365505,1	Poço tubular		50	-	Em operação	Bomba submersa	Monofásica	Doméstico secundário, animal	375,7
CI905	Sítio Mineira - Cacimbas	060448,0	365545,0	Poço tubular	Particular	50	-	Não instalado	Não equipado	Monofásica		544,7
CI906	Cacimbas	060435,7	365611,2	Poço tubular	Particular		-	Em operação	Bomba centrífuga	Monofásica	Doméstico secundário, animal, agricultura	674,05
CI907	Adeque	060355,6	365632,5	Poço tubular	Particular	60	-	Em operação	Catavento		Animal	1579,5
CI908	Adeque	060316,3	365635,1	Poço tubular		50	-	Em operação	Catavento		Doméstico primário, Doméstico secundário, animal	614,25
CI909	Adeque	060253,9	365634,6	Poço tubular		65	-	Paralisado	Não equipado	Trifásica	Doméstico primário, Doméstico secundário, animal	732,55
CI910	Arroz	060248,2	365504,0	Poço tubular	Particular	50	-	Em operação	Catavento		Doméstico primário, Doméstico secundário, animal	807,3

Importante chamar a atenção para o lançamento inadequado dos rejeitos dos dessalinizadores (geralmente direto no solo). É necessário que as prefeituras se empenhem no sentido de dotar os poços equipados com dessalinizadores, de um receptáculo adequado, evitando a poluição do aquífero e a salinização do solo.

Todos os poços deveriam sofrer manutenção periódica para assegurar o seu pleno funcionamento, principalmente em tempos de estiagem prolongada; por manutenção periódica entende-se um período, no mínimo anual, para retirada de equipamento do poço e sua manutenção e limpeza, além de limpeza do poço como um todo, possibilitando a recuperação ou manutenção das suas vazões originais.

Para assegurar a boa qualidade da água, do ponto de vista bacteriológico, devem ser implantadas em todos os poços ativos e paralisados, possíveis de recuperação, medidas de proteção sanitária tais como: selo sanitário, tampa de proteção, limpeza permanente do terreno, cerca de proteção, etc. O que pode ser articulado entre a Prefeitura Municipal e a própria população beneficiária do poço. Quanto aos poços abandonados, devem ser tomadas medidas de contenção, como a colocação de tampas soldadas ou aparafusadas, visando evitar a contaminação do lençol freático por queda acidental de pequenos animais e introdução de corpos estranhos, especialmente por crianças, fato muito comum na região.

5.1.16. QUALIDADE DA ÁGUA

5.1.16.1. INTRODUÇÃO

Reservatórios são importantes ecossistemas artificiais com usos múltiplos, propiciando inúmeros benefícios, como reserva de água para diversas finalidades entre os quais pode-se citar: hidroeletricidade, irrigação, transporte, recreação, turismo, pesca e água para abastecimento público.

Os reservatórios são parte de uma bacia hidrográfica e, como tal, detectam todos os efeitos das atividades antropogênicas nas mesmas. As perturbações podem ser incorporadas ao nível macroscópico e microscópico, produzindo modificações no fluxo de energia e na estrutura das comunidades.

O monitoramento biológico constitui-se como uma ferramenta na avaliação das respostas das comunidades biológicas a modificações nas condições ambientais originais. As comunidades biológicas de ecossistemas aquáticos são formadas por organismos que apresentam adaptações evolutivas a determinadas condições ambientais e apresentam limites de tolerância a diferentes alterações delas.

5.1.16.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BARRAGEM ARMANDO RIBEIRO GONÇALVES

Este estudo apresenta os procedimentos metodológicos adotados na etapa de amostragem e posterior ensaios físico-químicos, microbiológicos e de toxicidade nas amostras de água superficial coletadas na barragem Armando Ribeiro Gonçalves, no município de Jucurutu/RN, realizados no dia 14 de outubro de 2020, em cinco pontos nos arredores da Mina do Bonito, da empresa Mhag Serviços e Mineração S/A. O presente serviço contou com o acompanhamento do Sr. Rodrigo Zinia, da Florescer Projetos e Consultoria LTDA.

O trabalho foi conduzido e executado pela equipe da Central Analítica do NUPPRAR - UFRN, obedecendo aos padrões das melhores práticas, seguindo a metodologia da ABNT NBR 9898:87 (Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores, e o Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos – CETESB, ANA), dentro do escopo proposto para presente estudo.

O presente estudo tem como objetivo apresentar os procedimentos metodológicos adotados nas etapas de coleta, transporte e análises de amostras de água, coletadas na área

contratada, para realização de ensaios químicos, físico-químicos, microbiológicos e de toxicidade a serem realizados no Laboratório da Central Analítica do NUPPRAR - UFRN.

5.1.16.3. SERVIÇOS EXECUTADOS

- Reconhecimento da área e coleta de dados básicos no local;
- Coleta de amostras de água em pontos pré definidos pela Mhag Serviços e Mineração S/A;
- Análise e interpretação dos dados emitidos pelo laboratório;
- Análises de Campo realizados com auxílio de sonda Multiparamétrica; e
- Ensaios físico-químicos, microbiológicos e de toxicidade.

5.1.16.3.1. PONTOS DE AMOSTRAGEM

Na data de 14 de outubro de 2020, executou-se a retirada de amostras de água em 5 pontos da barragem Armando Ribeiro Gonçalves, no município de Jucurutu/RN, nos pontos marcados conforme a Tabela 5.1-29 e a Figura 5.1-97. Estes pontos estão sob a influência da área de extração de minério de ferro da Mina do Bonito, localizada no Sítio Bonito, zona rural de Jucurutu.

Tabela 5.1-31. Localização dos Pontos de Amostragem.

CÓDIGO INTERNO	PONTO	COORDENADAS UTM / 24M	
		Latitude (S – m)	Longitude (E – m)
RAE.01.2020.10-08-A1	Captação da CAERN – Sítio Itans	9366..195	723.592
RAE.01.2020.10-08-A2	Comunidade Lagoa Seca	9.348.375	724.560
RAE.01.2020.10-08-A3	Entre a Mina Velha e Lagoa Seca	9.349.527	726.202
RAE.01.2020.10-08-A4	Mina Velha de Cheelita	9.350.749	726.742
RAE.01.2020.10-08-A5	Comunidade Mutamba	9.351.938	727.098

Fonte: NUPPRAR - UFRN, 2020.

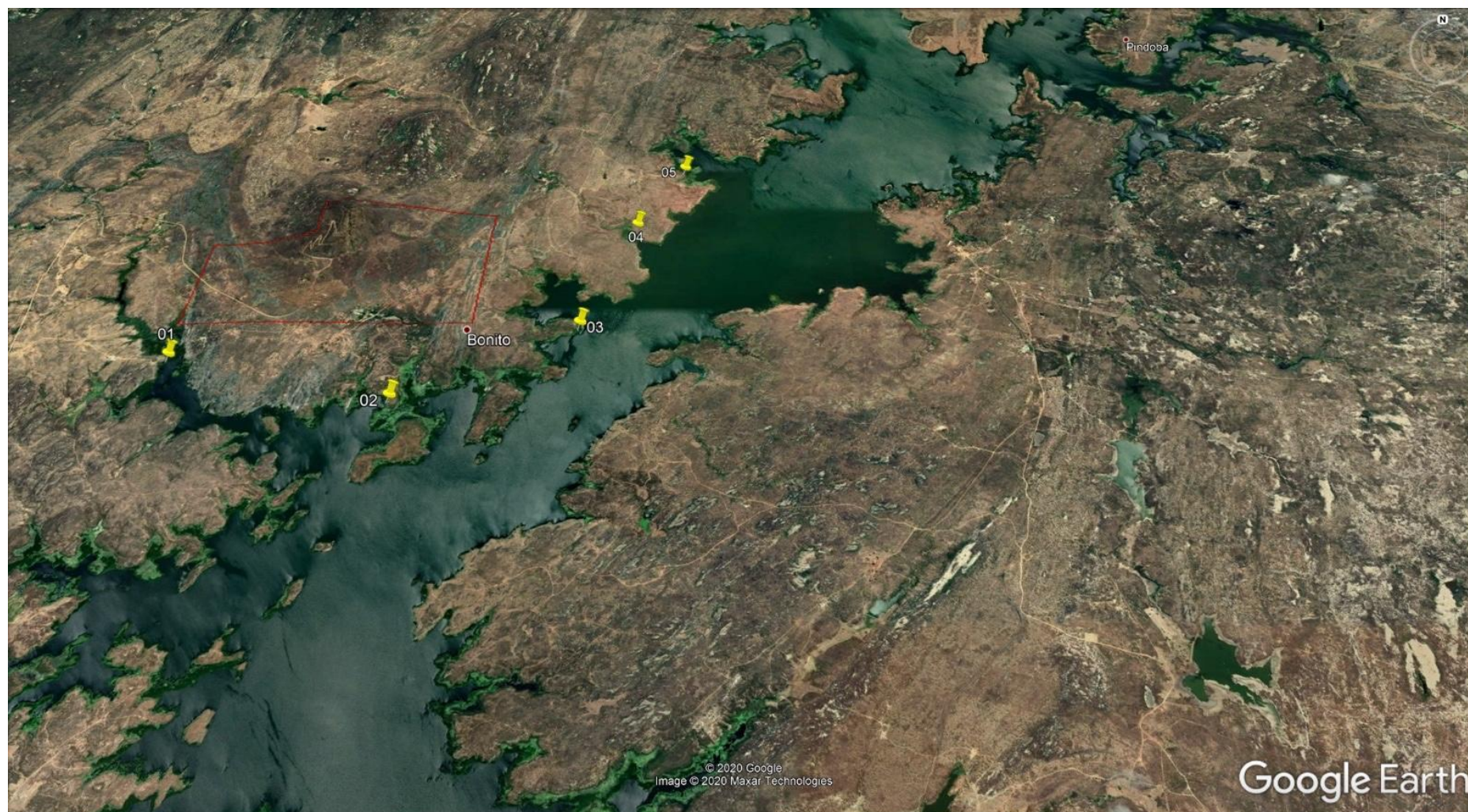


Figura 5.1-93 Área de realização de pesquisa e amostragem de água. Fonte: Google Earth, 2020.

As amostras foram coletadas com auxílio de balde apropriado e então fracionadas em frascos adequados a cada tipo de análise (Figura 5.1-98 A e B), devidamente etiquetadas e identificadas, com: codificação interna, data da coleta e tipo de amostra (água). Em seguida, as amostras foram acondicionadas e mantidas refrigeradas em caixa térmica durante o transporte para o laboratório da Central Analítica do NUPPRAR, onde foram realizadas as análises dos parâmetros químicos conforme a PROPOSTA 2019.02-26563.



Figura 5.1-94. A e B: Protocolo de amostragem. Fonte: NUPPRAR, 2020.

5.1.16.4. ANÁLISES DE CAMPO (*IN SITU*)

Foram realizadas ainda análises *in situ*, que são importantes de serem realizados de forma imediata, pois tendem a mudar rapidamente após sua coleta. Desta forma, os seguintes parâmetros foram medidos, com auxílio de uma sonda multiparamétrica (Figura 5.1-99): temperatura, pH, condutividade e sólidos totais dissolvidos. Para tanto, a sonda multiparamétrica foi inserida diretamente no corpo d'água, conforme Figura 5.1-99.

Para fins de medição, esta foi deixada em contato com a água por um tempo, enquanto se realizavam os demais procedimentos, pois é necessário um tempo de contato entre a água e a sonda multiparamétrica para de estabilização dos parâmetros.



Figura 5.1-95. A e B – Análises de campo realizada com auxílio de sonda multiparamétrica. Fonte: NUPPRAR, 2020.

5.1.16.5. ANÁLISES LABORATORIAIS

5.1.16.5.1. Ensaios Químicos e Microbiológicos

Na tabela adiante (5.1-30) estão citadas as metodologias utilizadas com base em normas internacionalmente reconhecidas às quais a Central Analítica do NUPPRAR – UFRN utilizam como referência em suas próprias metodologias.

Os resultados obtidos após preparo das amostras e seus respectivos ensaios estão descritos na Tabela 5.1-30, bem como nos laudos de análises dispostos nos Anexos deste documento.

No geral, os resultados se mostram coerentes entre os pontos, apresentando o mesmo grau de concentração para as espécies investigadas.

Tabela 5.1-32. Metodologias utilizadas.

Parâmetro	Metodologia Utilizada
Metais, Arsênio e Fósforo	US EPA Method 6010C
Fosfato, Nitrato e Nitrito	US EPA Method 9056 ^a
Nitrogênio Amoniacal	ASTM D6919-17
Dureza	SMWW2340B
Cor verdadeira	SMWW 2120C
DQO	SMWW 5220D
Oxigênio Dissolvido	SMWW 4500-O G
pH	SMWW 4500-H+ B
Salinidade	SMWW2520B
Temperatura da Amostra	SMWW2550B
Turbidez	SMWW 2130 B
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	SMWW 9222D
DBO ₅ (mg/L)	SMWW 5210B
Densidade de Cianobactérias (cel/mL)	SMWW 10200F
Óleos e graxas (mg/L)	ASTM D7678-17
Clorofila a (µg/L)	SMWW 10200H
Carbono Orgânico Total (mg/L)	US EPA Method 9060A

Legenda:

ASTM - American Society for Testing and Materials

US EPA - United States Environmental Protection Agency

SMWW - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23^a Ed.

PONTO 1

No ponto 1, que é o Ponto de captação de água da CAERN, (Figura 5.1-100), que atende o sistema de abastecimento da adutora do Médio Oeste Potiguar, o parâmetro Oxigênio Dissolvido (OD) está abaixo do VLP (valor limite permitido) de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces, classe 2. Já os Coliformes termotolerantes estão muito acima do máximo especificado e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) está ligeiramente acima.

Os parâmetros citados se correlacionam entre si. A adição de matéria orgânica nos cursos d'água consome o OD deles, através da oxidação química e principalmente da

bioquímica, via respiração dos micro-organismos, depurando assim a matéria orgânica, tendo como origem, efluentes domésticos não tratados, por exemplo. Outra provável fonte são as fezes de animais que utilizam desta água para dessedentação. O valor mínimo da concentração de clorofila foi de 40,918 $\mu\text{g.L}^{-1}$. Essa alta concentração de clorofila pode estar associada à vegetação aquática emersa e submersa que ocorrem no reservatório neste ponto.



Figura 5.1-96. Ponto 1 – Captação da CAERN – Sítio Itans, Jucurutu/RN. Fonte NUPPRAR, Florescer, 2020.

PONTO 2

No Ponto 2, localizado na comunidade de Lagoa Seca, os parâmetros Alumínio dissolvido e fósforo total estão ligeiramente acima do VLP de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces, classe 2. Porém, este é um metal relativamente abundante na natureza, não sendo possível, na maioria das vezes, verificar sua fonte.

Além deste, o fósforo está ligeiramente acima do VLP. Já o fósforo, que é um nutriente essencial a plantas e animais, pode ter sua origem em efluentes domésticos e em fertilizantes agrícolas. Porém, em concentrações acima do VMP, podem causar o fenômeno de

eutrofização do meio aquático, afetando assim a qualidade deste meio. Estão fora de especificação ainda o OD, bem como os Coliformes termotolerantes, conforme pode ser visualizado na Tabela 5.1-30 adiante.



Figura 5.1-97. Ponto 2 – Comunidade Lagoa Seca, Jucurutu/RN. Fonte NUPPRAR, Florescer, 2020.

PONTOS 3 E 4

Para o Ponto 3, localizado entre a Mina Velha e a comunidade de Lagoa Seca e o Ponto 4, localizado na comunidade de Lagoa Seca, ambas as amostras apresentaram concentrações fora de especificação para o OD, Fósforo total e para DBO₅.



Figura 5.1-98. Ponto 3 - Entre a comunidade Lagoa Seca e a Mina Velha, Jucurutu/RN. Fonte NUPPRAR, Florescer, 2020.



Figura 5.1-99. Ponto 4 - Mina Velha de Cheelita, Jucurutu/RN. Fonte NUPPRAR, Florescer, 2020.

PONTO 5

O Ponto 5, localizado na comunidade Mutamba, apresentou apenas o OD ligeiramente abaixo da especificação e o DBO₅ acima do permitido.



Figura 5.1-100. Ponto 5 - Comunidade Mutamba, Jucurutu/RN. Fonte NUPPRAR, Florescer, 2020.

Tabela 5.1-33. Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas nas amostras coletadas nos 5 pontos deste monitoramento.

Parâmetro	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	VMP – Resolução*
Inorgânicos						
Alumínio dissolvido (mg/L)	< 0,0090	0,116	< 0,0090	0,064	< 0,0090	0,1
Arsênio total (mg/L)	<0,0040	<0,0040	<0,0040	<0,0040	<0,0040	0,01
Cádmio total (mg/L)	<0,0040	<0,0040	<0,0040	<0,0040	<0,0040	0,001
Chumbo total (mg/L)	<0,0040	<0,0040	<0,0040	<0,0040	<0,0040	0,01
Cobre dissolvido (mg/L)	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,009
Cromo total (mg/L)	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	0,05
Ferro dissolvido (mg/L)	0,03	0,108	0,028	0,044	0,041	0,3
Fósforo total (mg/L) - (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,088	0,126	0,113	0,112	0,099	0,1
Manganês total (mg/L)	<0,0002	<0,0002	<0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,1
Mercurio total (mg/L)	<0,0002	<0,0002	<0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,0002
Níquel total (mg/L)	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	0,025
Zinco total (mg/L)	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	0,18
Dureza total (mg/L)	73,922	71,436	70,40	68,71	63,197	-
Fosfato Dissolvido (mg/L)	0,140	0,288	0,217	0,206	0,163	-
Nitrato (mg/L)	1,277	0,89	1,62	1,17	1,31	10,0
Nitrito (mg/L)	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	1,0
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,035	0,082	< 0,03	< 0,03		3,7

Tabela 5.1-34. Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas nas amostras coletadas nos 5 pontos deste monitoramento. (Continuação)

Parâmetro	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	VMP – Resolução*
Físico-Químicos						
Cor verdadeira (uH)	42,0	40,0	30,0	32,0	33,0	75
DQO (mg/L)	157	151	157	148	147,0	-
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	2,92	3,17	2,42	2,59	4,79	Superior a 5
pH	7,03	7,01	6,98	6,89	7,02	6 a 9
Salinidade (mg/L)	110,0	110,0	120,0	100,0	70,0	> 500
Temperatura da Amostra (°C)	29,42	30,34	30,50	30,36	31,43	-
Turbidez (UT)	4,45	3,94	3,71	4,02	3,93	100
Microbiológicos						
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	2480,0	4080	800	560	320	1000
DBO ₅ (mg/L)	5,52	4,80	5,70	6,48	6,12	5
Densidade de Cianobactérias (cel/mL)	2000	800	600	3300	2000	50000
Orgânicos						
Óleos e graxas (mg/L)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	virtualmente ausentes
Clorofila a (µg/L)	40,918	17,46	21,72	27,35	14,76	30
Carbono Orgânico Total - COT (mg/L)	10,44	8,60	9,28	9,64	8,38	-

*Resolução CONAMA 357/2005, águas doces classe 2.

Águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

5.1.16.6. Ensaios de Toxicidade

Para realização dos ensaios de Toxicidade Aguda com *Daphnia magna*, as amostras foram enviadas para o laboratório subcontratado, a Bioagri Ambiental Ltda. As amostras coletadas foram congeladas para preservação de suas características originais e enviadas em caixa térmica via transportadora para a Bioagri Ambiental. As amostras foram ensaiadas de acordo com norma ABNT NBR 12713:2016 (Ecologia Aquática – Toxicidade Aguda - Método de Ensaio com *Daphnia spp* (Crustacea; Clodocera)) e os resultados constam dos laudos em anexo a este documento.

Testes de toxicidade com organismos aquáticos constituem uma ferramenta efetiva para avaliação, predição ou detecção dos efeitos dos poluentes sobre os organismos vivos. Para todas as 05 amostras coletadas, o fator de toxicidade (FT) foi de 1 (menor valor de diluição da amostra na qual não se observa mobilidade maior ou igual a 10% dos organismos expostos), ou seja, a mobilidade foi inferior a 10% para amostra com fator de diluição igual a 1 (amostra não diluída, concentração 100%), ou seja, as amostras não apresentaram toxicidade mesmo estando concentradas.

5.1.16.6.1. Balneabilidade da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves

Considerando que a saúde e o bem estar humano podem ser afetados pelas condições de balneabilidade e de acordo com a Resolução No 274 de 29 de novembro de 2000 do CONAMA, são estabelecidos critérios para a classificação das águas destinadas a balneabilidade (recreação de contato primário), avaliada nas categorias *PRÓPRIA* e *IMPRÓPRIA*, considerada a densidade de coliformes termotolerantes de um conjunto de amostras, em cada um dos cinco pontos de amostragem. As águas consideradas *PRÓPRIAS* poderão ser subdivididas nas seguintes categorias, IDEMA 2010:

Excelente: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco amostras, colhidas, houver, no máximo, 250 coliformes termotolerantes ou 200 *Escherichia coli* ou 25 enterococos por 100 mililitros;

Muito Boa: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco amostras, colhidas, houver, no máximo, 500 coliformes termotolerantes ou 400 *Escherichia coli* ou 50 enterococos por 100 mililitros

Satisfatória: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco amostras, houver, no máximo 1.000 coliformes termotolerantes ou 800 *Escherichia coli* ou 100 enterococos por 100 mililitros.

As águas serão consideradas IMPRÓPRIAS, sendo desaconselhadas para recreação de contato primário, quando no trecho avaliado for verificada uma das seguintes ocorrências:

- (i) Não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias;
- (ii) Valor obtido na última amostragem for superior a 2.500 coliformes termotolerantes ou 2.000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros;
- (iii) Incidência elevada ou anormal, na região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias;
- (iv) Presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação;
- (v) $\text{pH} < 6,0$ ou $\text{pH} > 9,0$ (águas doces), à exceção das condições naturais;
- (vi) Floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana;
- (vii) Outros fatores que contraindiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

5.1.16.6.2. Qualidade Microbiológica - Balneabilidade

Os resultados obtidos das amostras analisadas, assim como a média obtida para quantificação de Coliformes Termotolerantes no corpo d'água dos pontos da área de influência do empreendimento em relação ao reservatório apresentados na Tabela 5.1-30, apontam, em dois pontos: Ponto1 - Captação da CAERN – Sítio Itans e o ponto 2, situado na Comunidade Lagoa Seca, encontram-se impróprios para banho, a quantificação de Coliformes Termotolerantes atingiram níveis fora do padrão, 2.480 e 4.080 NMP/100 mL, respectivamente; os demais pontos situados: ponto 3, entre a Mina Velha e Lagoa Seca, ponto 4, na Mina Velha de Cheelita e o ponto 5 situado na Comunidade Mutamba, apresentaram valores bem abaixo do valor médio permitido (VMP 1.000 NMP/100 mL); para o ponto 3, a análise microbiológica alcançou 800 NMP/100 mL, o ponto 4 em 560 NMP/100 mL, e 320 NMP/100 mL para o ponto 5, resultados que apontam que a água nestes três pontos encontram-se própria para banho.

5.1.16.7. Qualidade das águas Subterrâneas

Como visto nos capítulos anteriores na área de influência do empreendimento, não são encontradas fontes de águas subterrâneas, em assim sendo, não haverá análise da qualidade da água para estas fontes.

5.1.16.8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se após realização de coleta de amostras de águas da barragem Armando Ribeiro Gonçalves, bem como a realização de ensaios físico-químicos, microbiológicos e de toxicidade, que as amostras **não apresentaram concentrações acima do VLP de metais considerados tóxicos.**

As baixas concentrações de OD foram verificadas em todos os pontos, bem como as concentrações de Coliformes termotolerantes em dois pontos e de fósforo total, podendo estar relacionados a lançamento de efluentes e percolação de fertilizantes agrícolas, que em altas concentrações podem ocasionar a eutrofização do meio aquático.

De fato, através dos registros fotográficos apresentados nos itens anteriores, é possível observar o processo de eutrofização nas margens (proliferação abundante de plantas aquáticas). Elevadas concentrações de Clorofila *a* é outro fator que corrobora para evidenciar a eutrofização.

Quanto aos resultados obtidos após ensaios de ecotoxicidade aguda, **nenhuma amostra se mostrou toxica em concentração de 100%**, bem como a toxicidade a CE₅₀; 48H não foi detectada.

Quanto a balneabilidade da área de influência do empreendimento em relação as águas da barragem Armando Ribeiro Gonçalves dos cinco pontos estudados, dois apresentaram-se impróprios: Ponto1 - Captação da CAERN localizado no Sítio Itans e o ponto 2, situado na Comunidade Lagoa Seca. Já os pontos 3, situado na entre a Mina Velha e Lagoa Seca, ponto 4, na Mina Velha de Cheelita e o ponto 5 na Comunidade Mutamba apresentam-se próprios para banhos.

Em anexo (ANEXO 1) estão apresentadas as análises de qualidade da água para 8 anos consecutivos. Os parâmetros de qualidade da água para o período analisado, conforme as tabelas anexadas, apresentavam alterações, porém, relacionadas às ações de eutrofização, água tratada e de esgotos - que são despejados ao longo da bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu. Ressaltando-se que, dentre as alterações observadas, nenhuma foi relacionada à atividade de mineração, mas às atividades humanas de caráter urbano.

5.1.17. USOS DAS ÁGUAS

5.1.17.1. ABASTECIMENTO DOMÉSTICO E INDUSTRIAL

A água utilizada no processo virá da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, conforme Outorga Uso de água nº 02501.000452/2009-12 da Agência Nacional de Águas – ANA, com validade até 2021, documento em Anexo. A MHAG Serviços e Mineração S/A têm outorga de direito de uso de recursos hídricos para captação de água do Reservatório Armando Ribeiro Gonçalves, situado no rio Piranhas Açu, com a finalidade industrial de mineração (beneficiamento de mineral de minério de ferro) na mina do Bonito em Jucurutu/RN, para captar uma vazão média de 200 m³/h, sob um regime de operação de 24 horas por dia, 30 dias por mês, por 12 meses/ano, totalizando 1.728.000 m³/ano.

O uso das águas se dará no processo industrial e no uso doméstico. Sendo que o processo industrial consumirá em torno de 190,0 m³/hora e o doméstico 3,8 m³/hora conforme Tabela 5.1-33.

Tabela 5.1-35. Comparação da Vazão de Outorga com o consumo de água no processo industrial e doméstico do empreendimento.

Vazões	Vazão de Outorga	Consumo Industrial	Consumo Doméstico	Consumo Total MHAG
m³/s	0,06	0,05	0,001	0,05
m³/m	3,33	3,17	0,06	3,23
m³/h	200,00	190,00	3,80	193,80
m³/dia	4.800,00	4.560,00	91,20	4.651,20
m³/mês	144.000,00	136.800,00	2.736,00	139.536,00
m³/ano	1.728.000,00	1.641.600,00	32.832,00	1.674.432,00

Devido ao sistema de reuso de água no processo de operação que será implantado, conforme pode ser visto no descritivo do processo produtivo, a economia deste recurso natural será da ordem de 70%. Este é um valor bastante significativo e que poderá acarretar até na redução do volume.

A tabela anterior mostra o quadro de consumo destinado ao processo industrial e uso doméstico corresponde a 97% da vazão total outorgada pela ANA. Sendo que, deste volume, 95% do consumo são destinados aos processos industriais e apenas 2% ao consumo humano.

Vale destacar que o consumo doméstico, destina ao uso das serventias necessárias as atividades humanas como banhos, descarga de banheiros, lavagem de utensílios limpeza de um modo geral. O consumo de água para dessedentação humana e na alimentação será proveniente de água mineral.

Em relação a diluição de efluentes líquidos, não haverá nenhuma atividade poluentes envolvida pelo empreendimento que possibilite o lançamento de efluentes nos corpos hídricos, ou que faça uso dos recursos hídricos para diluir cargas de resíduos provenientes de efluentes domésticos, industriais ou de sedimentos decorrentes das atividades de mineração.

5.1.17.2. RELAÇÃO COM PRESERVAÇÃO DA FLORA FAUNA

A integridade e o funcionamento dos ecossistemas aquáticos dependem da interação destes com o sistema terrestre, incluindo-se aí a origem. A diversidade da fauna e flora das águas continentais está relacionada com os mecanismos de funcionamento de rios, lagos, áreas alagadas, represas, tais como o ciclo hidrológico, e a variedade de habitats e nichos, Rebouças *et al* (2020). *Conforme estudos conduzidos por* (Rebouças *et al*, 2020), em Águas Doces no Brasil, “a dinâmica *dos ecossistemas* de águas continentais e da sua flora e fauna depende, portanto, de uma série de fatores interdependentes.

A biota de águas interiores é muito mais diversa e rica do que a dos oceanos. As águas doces ocupam 0,0093% do volume total de água do planeta e, no entanto, 12% das espécies animais vivem nas águas interiores (contra 7% que vivem nos oceanos). Cerca de 40% do total de 20.000 espécies de peixes vivem nas águas doces”.

No caso específico, a flora e fauna dos ecossistemas da bacia hidrográfica do rio Piranhas Açu, apresenta inúmeras características relacionadas com o regime hidrológico. Por se encontrar na região semiárida mais castigadas pelas adversidades climáticas, o regime hidrométrico tem sofrido intensas flutuações produzindo-se pulsos de frequência e magnitude variadas. Estes pulsos apresentam períodos de inundação temporárias e/ou secas intensas que produzem grandes alterações na estrutura e funcionamento das comunidades aquáticas.

Adaptação a pulsos significa apresentar mecanismos de resistência ao dessecação ou à inundação. No caso de períodos curtos de inundação há mecanismos bioquímicos especiais da vegetação para tolerar as inundações rápidas. Por exemplo, o dessecação impõe condições drásticas que produzem respostas da comunidade para resistir à períodos de intensas secas; com isso, existem três mecanismos de sobrevivência: deixar o sistema quando as condições são adversas; produzir formas latentes que resistem duráveis que suportam o dessecação e altas temperaturas no sedimento.

Nestas condições, as plantas e animais desenvolvem estratégias para os períodos desfavoráveis durante a seca ou inundação. Estas estratégias incluem a migração de peixes entre o rio e os reservatórios, migração de invertebrados terrestres para a abóbada durante o período de inundação ou a produção de ovos de resistência, ou estágios de resistência em esponjas e moluscos.

Uma parte importante da biota aquática, principalmente aquela constituída pelas macrófitas aquáticas, decompõem-se durante períodos de seca, originando uma massa de detritos elevadas que sustenta uma flora microbiana extremamente diversificada e ativa. Algas perifíticas também estão associadas a esta vegetação aquática; estas algas assumem papel importante na interação entre os vários componentes do sistema uma vez que ciclos biogeoquímicos fechados ocorrem a partir da interação destas micrófitas com as macrófitas e animais herbívoros ou comedores de detritos.

Segundo estudo conduzidos por Rebouças *et al* (2020), grande parte da fauna e flora de rios do semiárido tem mecanismos de adaptação ao dessecação devido a enorme

diversidade de tipos de rios temporários que ocorre na região. Uma parte da flora e fauna do semiárido, também está adaptada às flutuações de condutividade/salinidade que ocorrem. Em muitos rios, represas artificiais ou lagos do semiárido a concentração salina/conductividade aumenta com a evaporação, estimulando mecanismos especiais de controle osmótico devido à maior salinidade.

5.1.17.3 A Fauna de Peixes

Um componente importante e fundamental da biota aquática do Brasil são os peixes. Migrações e isolamento durante períodos de inundação e seca, produzem mecanismos dinâmicos de alteração da estrutura e função nas comunidades com reflexo nos processos evolutivos. As espécies de peixes dos rios, estão adaptadas a processos de variação hidrométrica e correntes, estão restritos aos poucos mecanismos de isolamento gênico ocorrem.

Como pode ser verificado no capítulo de ecossistemas aquáticos, a fauna de peixes das represas da bacia hidrográfica Piranhas Açu, é totalmente diversa, devido não só às alterações ambientais causadas pela construção dos açudes e barragens, mas, principalmente pela introdução de espécies exóticas, o que complica as relações alimentares da cadeia trófica, como também as relações entre predador-presa e interfere direta e indiretamente nos processos biológicos que ocorrem nos açudes e barragens da região.

5.1.17.4. Preservação da flora e fauna da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves e outros reservatórios

Com a construção de represas Armando Ribeiro Gonçalves e outros reservatórios no século passado, produziu-se grandes alterações na biota nas águas do rio Piranhas-Açu. As alterações ocorrem principalmente com a fauna de peixes, uma vez que o reservatório em

concluído, novas espécies exóticas que não ocorriam na bacia foram introduzidas, exemplo da tilápia, tucunaré, carpa entre outras espécies que se adaptaram bem a região.

No caso específico, os poucos estudos que existem, apontam que a zona pelágica dos reservatórios instalados ao longo da bacia são poucos utilizada pelos peixes. Além da alteração produzida pela construção dessas barragens e açudes, muitas represas, a partir do repovoamento com espécies exóticas, fez com que a rede alimentar que compõe as comunidades e a exploração comercial da atividade pesqueira torna-se mais complexa. Tentativas para o repovoamento das represas com espécies nativas estão em progresso. Com isto as áreas alagadas associadas as represas serão fontes de diversidade e aumento de biomassa, de espécies de peixes, crustáceos, macrófitas, aves e mamíferos.

Em relação a flora, a vegetação predominante da bacia é a de Caatinga, sendo secundada pelos carnaubais (*Copernicia cerifera* Mart.), com predomínio nas áreas úmidas do vale do Açú. O processo de ocupação e exploração da área tem provocado desmatamento tanto da Caatinga como dos carnaubais. Segundo Melo (1964), nos anos 60 os carnaubais cobriam aproximadamente 50% da superfície do vale, o equivalente a 22.000 hectares. Hoje, com a degradação nessa área, tornou-se bem menor, sendo reduzida em mais de 55%.



Figura 5.1-101. Visão parcial da Caatinga e das áreas desnudas que circundam as margens da Barragem ARG. No detalhe na parte central da foto, observa coivaras de desmatamentos na área ciliar do corpo d'água. Fonte: Acervo da Florescer, 2020.

As obras de infraestrutura hídrica dos projetos de irrigação, no alto e no baixo curso do rio Piranhas-Açu e tributários, dão um fluxo mais contínuo ou menos contínuo ao canal do rio. O regime do rio é periódico, mas o seu leito mantém-se com água no período de estiagem, devido à presença de açudes construídos no alto curso, além do represamento no baixo curso, onde se destaca a grande barragem Armando Ribeiro Gonçalves.

5.1.18. Os problemas ambientais da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves no Vale do Açu

A problemática ambiental do vale do rio Piranhas-Açu, além da interferência do uso e ocupação do solo com atividades agrícolas, mineradoras e extrativistas, principalmente argila para produção de cerâmica vermelha podem ter aumentado com a construção da referida

barragem, principal fonte hídrica do projeto de regularização de rio para fins de irrigação na área do baixo Açú.

O baixo Açú faz parte de toda área compreendida a jusante do reservatório, que apesar da mesma se enquadrar ao polígono das secas, conforme Silva (1992) é caracterizada como uma mancha úmida de solos férteis e com potencial para irrigação de 27.000 hectares.

A partir da construção da barragem o vale deu início a implantação de agricultura moderna, desencadeando aumento no desmatamento, para mais uso do solo e mais utilização de recursos hídricos com as práticas de irrigação.

Nas questões ambientais uma das que tem causado maior preocupação é a da erosão do solo, a qual traz como consequência a degradação do próprio solo e o assoreamento de rios, lagoas e reservatórios artificiais a exemplo Armando Ribeiro Gonçalves e como consequência ocorre mudanças hidrodinâmicas a montante e a jusante do rio Piranhas-Açu, resultando em mais problemas com erosão.

Em casos de regiões semiáridas, que naturalmente estão predispostas à ação dos processos erosivos, tendo em vista a predominância de superfícies desnudas, chama-se a atenção para o escoamento torrencial que por natureza é violento e com capacidade suficiente para arrastar os detritos que caracterizam a carga sólida que chega às planícies do rio principal e de seus tributários e consequentemente no reservatório.

Na região do Piranhas-Açu, naturalmente afetada pelas estiagens, a degradação ambiental cada vez mais tende a se agravar com o desmatamento, as queimadas, a retirada de lenha para os fornos das cerâmicas, tem grande impacto no aumento das enxurradas, desencadeando com eficiência o transporte de detritos e sedimentos para o reservatório.

5.1.18.1. Impactos na Biodiversidade

Pelos estudos já realizados, a biota das águas nos reservatórios situados ao longo da bacia hidrográfica Piranhas-Açú está submetida a uma série de variados impactos decorrentes das atividades humanas nos quais pode-se citar:

- Poluição, contaminação e introdução de substâncias tóxicas;
- Introdução de espécies exóticas predadoras;
- Remoção da vegetação ciliar em rios, represas e açudes;
- Construção de novas represas;
- Atividades excessivas de pesca;
- Aumento do material em suspensão na água devido a atividades agrícolas;
- Uso excessivo de equipamentos de recreação;
- Deterioração da margem de rios, represas e açudes;
- Remoção e destruição de áreas alagadas;
- Eutrofização excessiva;
- Alteração na flutuação do nível da água e interferência no sistema hidrológico;
- Remoção de espécies de grande importância na rede alimentar;
- Desmatamento em geral e perda da vegetação inundável;
- Intensificação das atividades de mineração; e
- Alterações nas condições químicas e físicas das águas (qualidade da água) – temperatura, oxigênio dissolvido, pH (por acidificação), nutrientes (por eutrofização).

De acordo Petts (1984), os impactos causados em rios represados podem ser vistos em três ordens: a que ocorre simultaneamente com o represamento; a que se dá com as modificações locais; e a que pode refletir em todas as mudanças da primeira e da segunda ordem, de forma que, a vida aquática poderá ser influenciada pelas mudanças da comunidade biótica de onde provém o suprimento alimentar.

Nesse sentido, o represamento do rio afastou a população ribeirinha, mas favoreceu a entrada das agroindústrias e a difusão da cultura irrigada. O deslocamento da população do município de São Rafael, para que suas terras fossem inundadas marcou a vida de muitas famílias, gerando problemas de ordem social e econômica.

Assim, com a nova forma de exploração da terra se agravaram ainda mais os problemas ambientais, acelerando a erosão e, consequentemente, causando o desgaste do solo, que diante das condições de vulnerabilidade do meio tem dificuldades de restabelecimento. Nesse sentido, conforme Ramalho e Guerra (1995), os efeitos da erosão acelerada são muito mais fortes, uma vez que, as características físicas da região não oferecem muita resistência à interferência antrópica, pois em áreas de pouca ocupação os elementos naturais têm sido responsáveis pelo surgimento de processos erosivos.

Diante dos fatos expostos observa-se que os efeitos dos impactos com o barramento do rio Piranhas Açu são de uma magnitude muito mais abrangente tanto no contexto ambiental como socioeconômico, tendo em vista os impactos causados ao meio físico, biótico e humano.

Com as mudanças ocasionadas pela construção do reservatório, tendo em vista as condições da vulnerabilidade do meio físico, onde a barragem foi construída, esses impactos são muito mais relevantes, uma vez que a intensidade da erosão, nas áreas semiáridas, é consideravelmente forte.

Nesse sentido, o processo se agrava ainda mais em decorrência das queimadas, do desmatamento, da mineração e da agroindústria, tendo em vista que essas atividades humanas tendem a acelerar a erosão e aumentar o risco de assoreamento das calhas de drenagem e do reservatório. Considerando os aspectos climáticos de regiões semiáridas, caracteristicamente afetadas por longo período de estiagem, as alterações ambientais tendem a ser mais visíveis, principalmente quando o homem interfere, uma vez que, essas áreas representam fragilidades para degradação - fenômeno decorrente da devastação da cobertura vegetal principalmente e da erosão acelerada.

No âmbito desta questão, acredita-se que a problemática do vale do Açú, assim como toda sua bacia, necessita da integração da questão ambiental nos planos de desenvolvimento.