



# ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA

## PCH RONDON I



### VOLUME II – TOMO 1

### DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO

Processo nº LP/29/2023

001407-310RT-001-00

Fevereiro de 2024



**PROGEPLAN**  
engenharia e meio ambiente

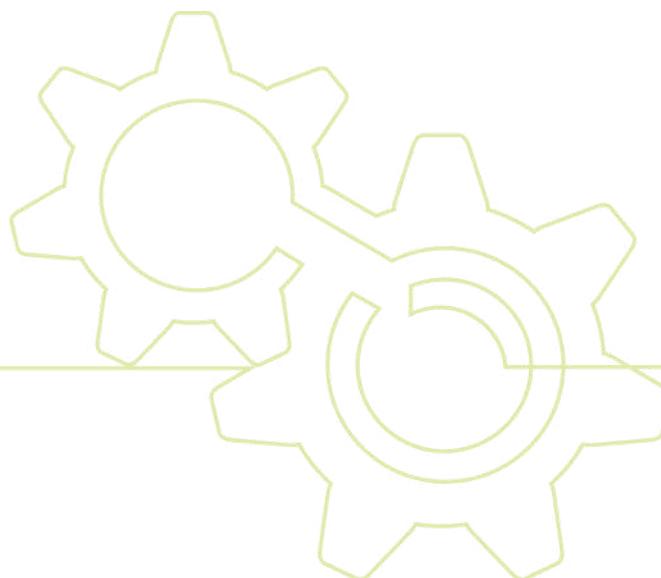
NOTAS:

	DATA	DIGITADO	ELABORADO	REVISADO	APROVADO
00	NATUREZA				
	31/01/2024			BGM	
C2	NATUREZA				
Q1	NATUREZA				
	18/01/2024			RMVC	
C1	16/01/2024			BGM	
					
EMPREENHIMENTO: <b>PEQUENA CENTRAL HIDRELÉTRICA - PCH RONDON I</b>					
FASE DO EMPREENHIMENTO: <b>LICENÇA PRÉVIA - LP</b>					
TÍTULO DO DOCUMENTO: <b>ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA VOLUME II – TOMO 1 - DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO</b>					
NÚMERO DO DOCUMENTO: <b>001407-310RT-001</b>				REVISÃO: <b>00</b>	
R. TÉCNICO <b>Pedro Franarin Alves Eng. Ambiental. CREA-DF 12.927/D</b>			DATA: <b>FEV / 2024</b>	PÁGINA: <b>0</b>	DE: <b>157</b>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	<b>ÁREAS DE INFLUÊNCIA .....</b>	<b>13</b>
1.1.1	Área de Influência Indireta - All .....	14
1.1.2	Área de Influência Direta - AID.....	15
1.1.3	Área Diretamente Afetada - ADA.....	16
1.2	<b>METODOLOGIA GERAL.....</b>	<b>17</b>
1.2.1	Geologia.....	18
1.2.2	Geomorfologia .....	18
1.2.3	Sismicidade .....	18
1.2.4	Pedologia .....	18
1.2.5	Clima.....	18
1.2.6	Qualidade das Águas Superficiais.....	19
1.2.7	Hidrogeologia.....	28
<b>2</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>29</b>
2.1	<b>CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E DESCRIÇÃO GERAL DOS INDÍCES CLIMÁTICOS .....</b>	<b>29</b>
2.1.1	Pluviometria.....	30
2.1.2	Evaporação .....	32
2.1.3	Temperatura .....	33
2.1.4	Insolação Total.....	35
2.1.5	Umidade relativa.....	37
2.2	<b>GEOMORFOLOGIA .....</b>	<b>39</b>
2.2.2	Geomorfologia na All .....	41
2.2.3	Geomorfologia na AID.....	44
2.2.4	Geomorfologia da ADA.....	44
2.3	<b>GEOLOGIA E GEOTECNIA.....</b>	<b>45</b>
2.3.1	Geologia na All .....	47
2.3.2	Geologia na AID.....	51
2.3.3	Geologia e Geotecnia da ADA .....	51
2.3.4	Estruturais e Tectônicos Regionais .....	57
2.3.5	Sismicidade .....	60
2.3.6	Características do local do empreendimento .....	65
2.3.7	Processos erosivos e Assoreamento.....	66
2.3.8	Grau de Erodibilidade.....	67
2.4	<b>PEDOLOGIA.....</b>	<b>71</b>
2.4.1	Pedologia da All .....	73
2.4.2	Pedologia da AID.....	78
2.4.3	Pedologia da ADA.....	79
2.4.4	Declividade do Terreno.....	79
2.5	<b>RECURSOS MINERAIS.....</b>	<b>82</b>
2.5.1	Processos Minerários na All.....	82
2.5.2	Processos minerários da ADA .....	83
2.6	<b>HIDROGEOLOGIA .....</b>	<b>84</b>
2.6.1	Domínios hidrogeológicos do estado de Rondônia .....	84
2.6.2	Hidrogeologia da bacia .....	85
2.6.3	Hidrogeologia da AID.....	86
2.6.4	Hidrogeologia da ADA .....	87
2.7	<b>ESPELEOLOGIA.....</b>	<b>88</b>

2.7.1	Potencialidade de Ocorrência de Cavernas .....	88
<b>2.8</b>	<b>RECURSOS HÍDRICOS .....</b>	<b>91</b>
2.8.1	Estudos Hidrológicos .....	93
2.8.2	Estudos de Vazões Extremas.....	93
2.8.3	Áreas Hidrológicas Sensíveis.....	95
<b>2.9</b>	<b>QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS .....</b>	<b>96</b>
2.9.1	Resultados .....	96
2.9.2	Discussão dos Parâmetros .....	101
2.9.3	Parâmetros Biológicos .....	136
2.9.4	Comunidade Fitoplanctônica .....	140
2.9.5	Comunidade Zooplanctônica .....	142
2.9.6	Comunidade Bentônica .....	145
2.9.7	Índice de Qualidade da Água (IQA) .....	145
<b>2.10</b>	<b>ASSOREAMENTO E VIDA ÚTIL DO RESERVATÓRIO .....</b>	<b>148</b>
2.10.1	Dados Sedimentológicos Existentes .....	148
2.10.2	Dados do Reservatório .....	150
2.10.3	Eficiência de Retenção de Sedimentos .....	150
2.10.4	Cálculo da Vida Útil .....	151
<b>2.11</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>151</b>
<b>3</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>153</b>

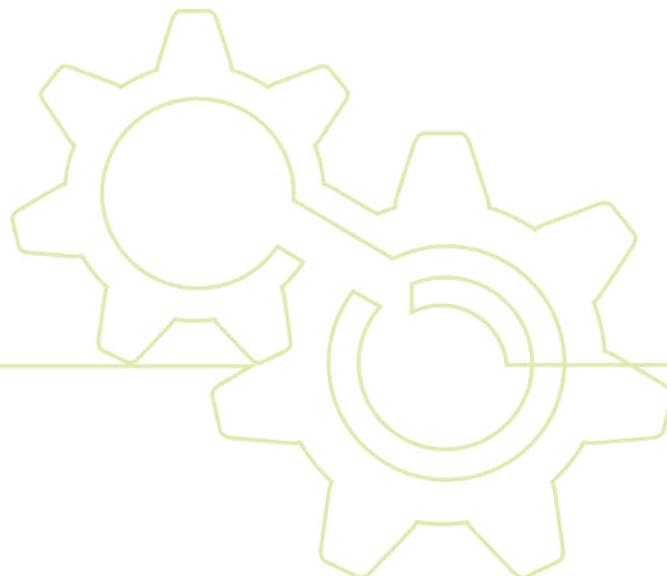


## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1: Coordenadas geográficas dos pontos amostrais da PCH Rondon I.....	20
Tabela 1.2: Parâmetros de qualidade da água superficial na PCH Rondon I (julho, setembro e novembro/2023).24	
Tabela 1.3: Classificação do Índice de Qualidade da Água (IQA). ....	27
Tabela 2.1: Sondagens na PCH Rondon I – Indicação de profundidade impenetrável ao SPT e Nível Freático.....	53
Tabela 2.2: Permeabilidade ( $k=cm/s$ ) dos materiais de cobertura, no sítio da PCH Rondon I.....	54
Tabela 2.3: Classificação dos materiais das sondagens a trado no eixo do barramento da PCH Rondon I. ....	54
Tabela 2.4: Indicação de propriedades conforme tabela SUCS (ABGE, 1998). ....	56
Tabela 2.5: Parâmetros de resistência dos solos da região do eixo da barragem da PCH Rondon I .....	57
Tabela 2.6: Eventos sísmicos registrados no estado de Rondônia (Centro de Sismologia da USP – <a href="https://seiscode.iag.usp.br/">https://seiscode.iag.usp.br/</a> ). ....	62
Tabela 2.7: Registros de sismos registrados próximos a área do empreendimento. ....	64
Tabela 2.8: Classe de solos na All da Rondon I. ....	68
Tabela 2.9: Classe de declividade na All da Rondon I. ....	68
Tabela 2.10: Classe de uso do solo na All da PCH Rondon I.....	69
Tabela 2.11: Classe e descrição de cada grau de erodibilidade. ....	69
Tabela 2.12: Potencial a erosão laminar da Área de Influência Direta (AID). ....	71
Tabela 2.13: Classificação da declividade. Fonte: Embrapa (1979). ....	79
Tabela 2.14: Grau de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil de acordo com a litologia.....	88
A Tabela 2.15 mostra as informações de localização, descrição e distância entre as cavidades naturais existentes em um raio de 40 km da PCH Rondon I. ....	90
Tabela 2.16: localização e distância das cavidades naturais em um raio de 40km de distância do empreendimento da Rondon I. ....	90
Tabela 2.17: Permanência das Vazões – PCH Rondon I. ....	93
Tabela 2.18: Vazões Máximas PCH Rondon I – Período Completo. ....	94
Tabela 2.19: Vazões Máximas PCH Rondon I – Período seco.....	95
Tabela 2.20: Resultados dos parâmetros de campo registrados durante o Diagnóstico da Qualidade das Águas Superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023). ....	97
Tabela 2.21: Resultados dos parâmetros analisados em laboratório do diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	99
Tabela 2.22: Alcalinidade Total nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	102
Tabela 2.23: Condutividade elétrica nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	104

Tabela 2.24: Cor verdadeira nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	105
Tabela 2.25: Dureza total nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	108
Tabela 2.26: Turbidez nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	109
Tabela 2.27: SDT nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023). ....	110
Tabela 2.28: Sólidos suspensos nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	111
Tabela 2.29: Sólidos sedimentáveis nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	113
Tabela 2.30: Sólidos totais nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	114
Tabela 2.31: OD nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023). ....	115
Tabela 2.32: DBO nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023). ....	117
Tabela 2.33: Ferro dissolvido nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	119
Tabela 2.34: Fosfato nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	120
Tabela 2.35: Fósforo total nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	122
Tabela 2.36: Nitrato nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	123
Tabela 2.37: Nitrito nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	126
Tabela 2.38: Nitrogênio Amoniacal nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	127
Tabela 2.39: NKT nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023). ....	129
Tabela 2.40: Nitrogênio Total nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	130
Tabela 2.41: Óleos e Graxas nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	131
Tabela 2.42: pH nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023). ....	132
Tabela 2.43: Sulfato nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	134

Tabela 2.44: Temperatura da Água nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	135
Tabela 2.45: Coliformes termotolerantes nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023). ....	138
Tabela 2.46: E. Coli nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	139
Tabela 2.47: Densidade de Fitoplâncton (N°ORG/mL) nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (dezembro de 2023). ....	140
Tabela 2.48: Densidade de Zooplâncton (n°org/mL) nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (dezembro de 2023). ....	143
Tabela 2.49: IQA nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro/2023). ....	147
Tabela 2.50: Avaliação da Descarga Sólida Total para a PCH Rondon I. ....	151
Tabela 2.51: Vida Útil do Reservatório.....	151



## ÍNDICE DE FIGURAS

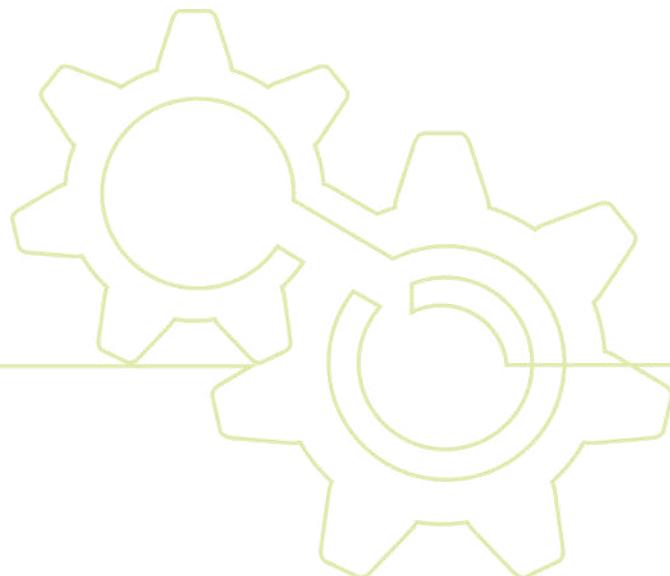
Figura 1.1: Correlação entre os diferentes territórios ocupados por cada área de influência. ....	14
Figura 1.2: Área de Influência Indireta (AII) dos meios físico e biótico da PCH Rondon I. ....	15
Figura 1.3: Área de Influência Direta (AID) dos meios físico e biótico da PCH Rondon I. ....	16
Figura 1.4: Área Diretamente Afetada (ADA) dos meios físico e biótico da PCH Rondon I. ....	17
Figura 1.5: Rede amostral dos pontos de análise da qualidade da água na PCH Rondon I. ....	20
Figura 2.1: Climas zonais ou genéricos do Brasil. ....	29
Figura 2.2: Médias pluviométricas mensais de 2010 a 2021. ....	31
Figura 2.3: Médias pluviométricas anuais mensais de 2010 a 2020. ....	32
Figura 2.4: Gráfico da Evaporação potencial média dos anos de 2010 a 2023. ....	33
Figura 2.5: Médias de temperatura mensais de 2010 a 2023. ....	34
Figura 2.6: Médias anuais da temperatura de 2010 a 2020. ....	35
Figura 2.7: Gráfico da Radiação solar média dos anos de 1995 a 2007. ....	36
Figura 2.8: Média Anual da Radiação solar diária dos anos de 1995 a 2007. ....	37
Figura 2.9: Gráfico da umidade relativa para os anos de 2008 a 2023. ....	38
Figura 2.10: Média anual da umidade relativa para os anos de 2008 a 2020. ....	39
Figura 2.11: Representação esquemática do relevo regional do estado de Rondônia (Adaptado de CPRM, 1999). ....	40
Figura 2.12: Perfil esquemático P2-P2' indicado na figura 2.1 anterior (Adaptado de CPRM, 1999). ....	41
Figura 2.13: Unidades geomorfológicas da área da PCH Rondon I. ....	42
Figura 2.14: Colinas do Planalto dos Parecis e Chapada dos Parecis. ....	43
Figura 2.15: Unidades geomorfológicas presentes na AII da PCH Rondon I. ....	43
Figura 2.16: Unidades geomorfológicas presentes na AID da PCH Rondon I. ....	44
Figura 2.17: Estratigrafia das Bacias Sedimentares do Estado de Rondônia (Adaptado de CPRM, 1999). ....	46
Figura 2.18: Detalhe da distribuição das unidades que compõe os Grabens Pimenta Bueno e Colorado no sudeste do estado de Rondônia (Adaptado de CPRM, 1999). ....	48
Figura 2.19: Coluna estratigráfica indicando a sucessão de sedimentos que constituem a Formação Faz. Casa Branca (Adaptado de CPRM, 1999). ....	49
Figura 2.20: Estratificação plano-paralela de arenitos da formação Fazenda Casa Branca, UHE Rondon II. ....	50
Figura 2.21: Formações geológicas presentes na AII da PCH Rondon I. ....	51
Figura 2.22: Perfil longitudinal sobre o eixo do barramento da PCH Rondon I, do Plano de Investigações. ....	52
Figura 2.23: Quadro resumo dos ensaios de caracterização - <i>Soil Solutions &amp; Services</i> . ....	55

Figura 2.24: Províncias Estruturais do Brasil. ....	58
Figura 2.25: Esboço Tectono-estratigráfico do Estado de Rondônia. ....	59
Figura 2.26: Evolução da Bacia dos Parecis – Paleozóico ao Mesozóico.....	60
Figura 2.27: Mapa de localização de sismos com magnitude superior a 2,5 (mR), e sismos históricos (intensidade) ocorridos no Brasil ( <a href="https://seiscode.iag.usp.br/">https://seiscode.iag.usp.br/</a> ).....	62
Figura 2.28: Localização da PCH Rondon I em relação aos registros das Atividades sísmicas no Brasil. ....	64
Figura 2.29: Localização da futura PCH Rondon I em relação ao Zoneamento Estadual de Rondônia.....	66
Figura 2.30: Mapa de Potencial grau de erodibilidade da All da PCH Rondon I. ....	70
Figura 2.31: Mapa de Potencial grau de erodibilidade da AID da PCH Rondon I.....	71
Figura 2.32: Mapa Simplificado do Estado de Rondônia, representação reduzida. ....	72
Figura 2.33: Classes pedológicas presentes na All da PCH Rondon I. ....	73
Figura 2.34: Neossolos Quartzarênicos profundos sobre Formação Faz. Casa Branca (Pca) no acesso à UHE Rondon II. ....	75
Figura 2.35: Neossolo lítico distrófico (RL) desenvolvido em relevo ondulado e suave ondulado, ocupado com pastagens.....	75
Figura 2.36: Mapa com a classificação da declividade da ADA. Cena 1. ....	80
Figura 2.37: Mapa com a classificação da declividade da ADA. Cena 2. ....	81
Figura 2.38: Mapa com a classificação da declividade da All.....	82
Figura 2.39: Mapa com os processos minerários na All e região próxima.....	83
Quando se analisa os processos minerários que se encontram dentro da área de influência direta do empreendimento, toda a região em questão está compreendida como sendo de títulos minerários relacionados ao diamante, conforme expresso na Figura 2.40.....	83
Figura 2.41: Mapa com os processos minerários na ADA e região próxima.....	84
Figura 2.42: Domínios hidrogeológicos do estado de Rondônia.....	85
Figura 2.43: Mapa com a hidrogeologia da sub-bacia do rio Comemoração.....	86
Figura 2.44: Mapa com a hidrogeologia da área de influência direta da PCH Rondon I.....	87
Figura 2.45: Potencial de ocorrência de cavernas da PCH Rondon I.....	89
Figura 2.46: Localização e acesso à PCH Rondon I em relação a cavidades naturais.....	90
Figura 2.47: Hidrografia do rio Comemoração.....	92
Figura 2.48: Alcalinidade Total nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	102
Figura 2.49: Gráfico de caixas para a Alcalinidade Total nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	103

Figura 2.50: Condutividade elétrica nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	104
Figura 2.51: Gráfico de caixas com a distribuição da concentração da Condutividade elétrica nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023). ....	105
Figura 2.52: Cor verdadeira nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	106
Figura 2.53: Gráfico de caixas para a Cor verdadeira nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023). ....	107
Figura 2.54: Dureza total nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	108
Figura 2.55: Turbidez nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	109
Figura 2.56: SDT nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023). ....	110
Figura 2.57: Gráfico de caixas com a distribuição dos dados de SDT nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023). ....	111
Figura 2.58: Sólidos suspensos nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	112
Figura 2.59: Sólidos sedimentáveis nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	113
Figura 2.60: Sólidos totais nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	114
Figura 2.61: OD nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023). ....	115
Figura 2.62: Gráfico de caixas com a distribuição dos dados de OD nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023). ....	116
Figura 2.63: DBO nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023). ....	117
Figura 2.64: Ferro dissolvido nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	119
Figura 2.65: Gráfico de barras com a distribuição dos dados de Ferro dissolvido nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	120
Figura 2.66: Fosfato nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	121
Figura 2.67: Fósforo total nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	122
Figura 2.68: Gráfico de caixas com a concentração de Fósforo total nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023). ....	123

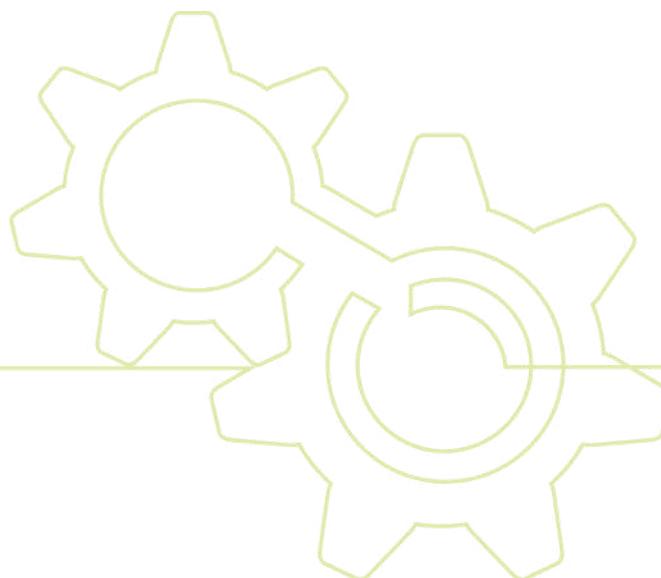
Figura 2.69: Nitrato nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	124
Figura 2.70: Gráfico de barras com a distribuição dos dados de Nitrato nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).	125
Figura 2.71: Nitrito nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	126
Figura 2.72: Nitrogênio amoniacal nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	127
Figura 2.73: Gráfico de caixas com a distribuição dos dados de Nitrogênio amoniacal nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023). ....	128
Figura 2.74: NKT nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023). ....	129
Figura 2.75: Nitrogênio total nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	130
Figura 2.76: Gráfico de barras com a distribuição dos dados de Nitrogênio total nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	131
Figura 2.77: pH nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023). ....	133
Figura 2.78: Sulfato nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	134
Figura 2.79: Gráfico de barras com a distribuição dos dados de Sulfato nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).	135
Figura 2.80: Temperatura da água nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	136
Figura 2.81: Coliformes termotolerantes nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023). ....	138
Figura 2.82: Gráfico de caixas com os valores de coliformes termotolerantes nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	139
Figura 2.83: E. Coli nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).....	140
Figura 2.84: Densidade fitoplanctônica nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I.....	142
Figura 2.85: Densidade Zooplanctônica nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I.....	145
Figura 2.86: IQA nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro/2023). ....	147

Figura 2.87: Gráfico de caixas com a distribuição dos valores de IQA nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro/2023). 148



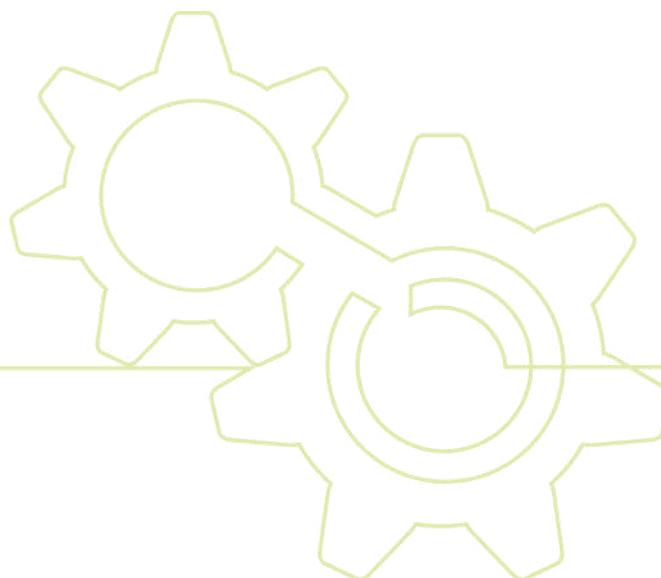
## ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Foto 1.1: Registro da ponte que se encontra no ponto de coleta QA-1. ....	21
Foto 1.2: Visão geral do ponto QA-1 (UTM 20L 748094/8689027). ....	21
Foto 1.3: Visão geral do ponto QA-2 (UTM 20L 748843/8685516). ....	21
Foto 1.4: Visão geral do ponto QA-3 (UTM 20L 749030/8682001). ....	22
Foto 1.5: Visão geral do ponto QA-4 (UTM 20L 750186/8676909). ....	22
Foto 1.6: Coleta de água na área de influência da PCH Rondon I (cena 1). ....	25
Foto 1.7: Coleta de água na área de influência da PVH Rondon I (cena 2). ....	25
Foto 2.1: Argissolo vermelho-amarelo (PVA) desenvolvido em relevo suave ondulado e vegetação de cerrado. ....	74
Foto 2.2: Argissolo vermelho-amarelo (PVA) desenvolvido em relevo suave ondulado ocupado por pastagens. ....	74
Foto 2.3: vista da pedologia classificada como Areias Quartzosas (areia franca).....	76
Foto 2.4: vista do perfil das Areias Quartzosas.....	76
Foto 2.5: vista do perfil das Areias Quartzosas com concreções de quartzos.....	76
Foto 2.6: vista do perfil das Areias Quartzosas (areias amarelada e avermelhada) com maior presença de ferro. ....	76
Foto 2.7: Cambissolo Háptico (CX) desenvolvido em relevo suave ondulado e ondulado da região de Pimenta Bueno. ....	77
Foto 2.8: vista da pedologia classificada como Cambissolo.....	78
Foto 2.9: vista do perfil cambissolo. ....	78
Foto 2.10: Vista do Cambissolo com afloramento e concreções lateríticas. ....	78
Foto 2.11: Vista do perfil de Cambissolo.....	78



## ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1.1: Equação do Índice de qualidade das Águas.....	26
Equação 1.2: Equação do Índice de qualidade das Águas.....	27
Equação 2.1: Cálculo da Evaporação pelo método de Penman.....	32
Equação 2.2: Eficiência de retenção de sedimentos pelo método de Bruce.....	150
Equação 2.3: Eficiência de retenção de sedimentos pelo método de Churchill.....	150



## 1 APRESENTAÇÃO

O presente relatório consiste no Diagnóstico do Meio Físico referente ao Estudo de Impacto Ambiental - EIA para a obtenção da Licença Prévia referente à Pequena Central Hidrelétrica (PCH) Rondon I. O diagnóstico compreende informações sobre o clima, geologia, geomorfologia, pedologia, hidrogeologia, espeleologia, declividade, suscetibilidade erosiva, qualidade da água e outras que caracterizem o meio físico na região de estudo.

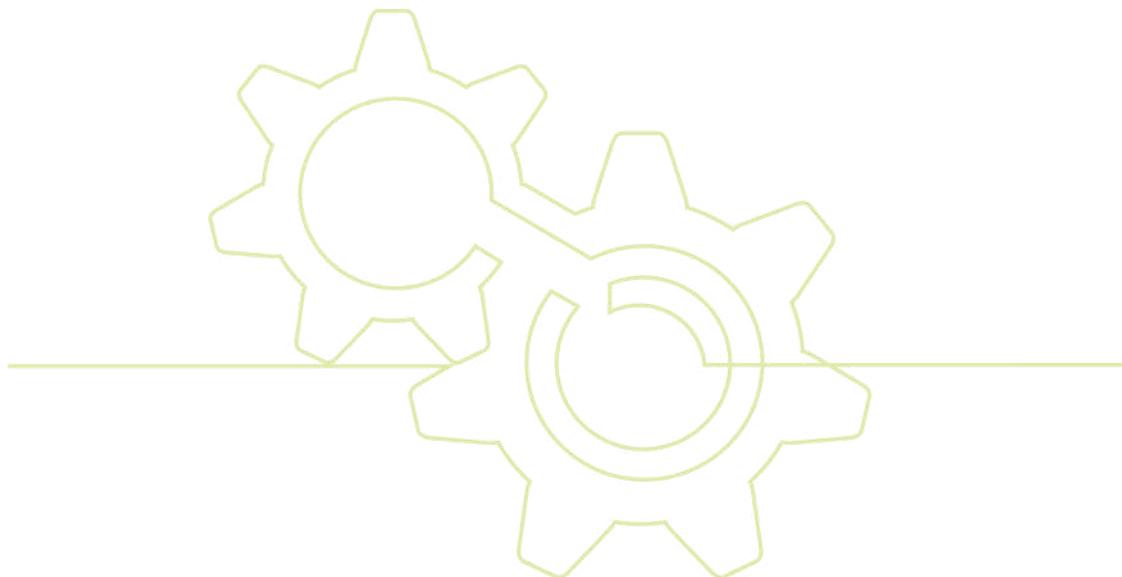
### 1.1 ÁREAS DE INFLUÊNCIA

A delimitação das áreas de influência é um aspecto fundamental no planejamento e na elaboração dos Estudos de Impacto Ambiental. Tais áreas são as unidades espaciais que subsidiarão a elaboração dos diagnósticos ambientais, a análise da legislação ambiental incidente sobre o empreendimento, a análise de impactos ambientais e a proposição de medidas de controle e dos programas ambientais.

A definição dessas áreas é um requisito legal, estabelecido nas Resoluções 001/86 e 237/97 do CONAMA, reconhecido como fundamental para a avaliação dos impactos ambientais e licenciamento das atividades.

As definições das áreas de influência subsidiam as análises sobre os impactos do empreendimento. Ou seja, possibilitam um olhar mais direcionado para as diferentes formas de relação entre o empreendimento e as regiões (ou escalas de análise territorial) onde este se insere.

As áreas de influência são divididas entre área de influência indireta, área de influência direta e área diretamente afetada, onde cada uma é determinada em função do grau de susceptibilidade em sofrer alterações por consequências de um empreendimento, desde a sua implantação, manutenção e operação ao longo de sua vida útil. A Figura 1.1 mostra a correlação entre as diferentes áreas de influência e o território que cada uma ocupa.



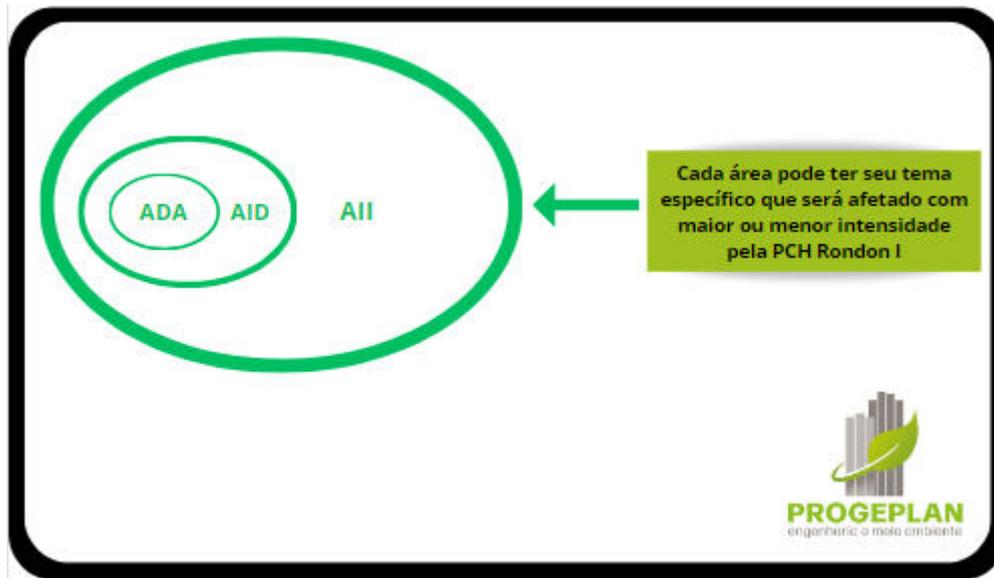
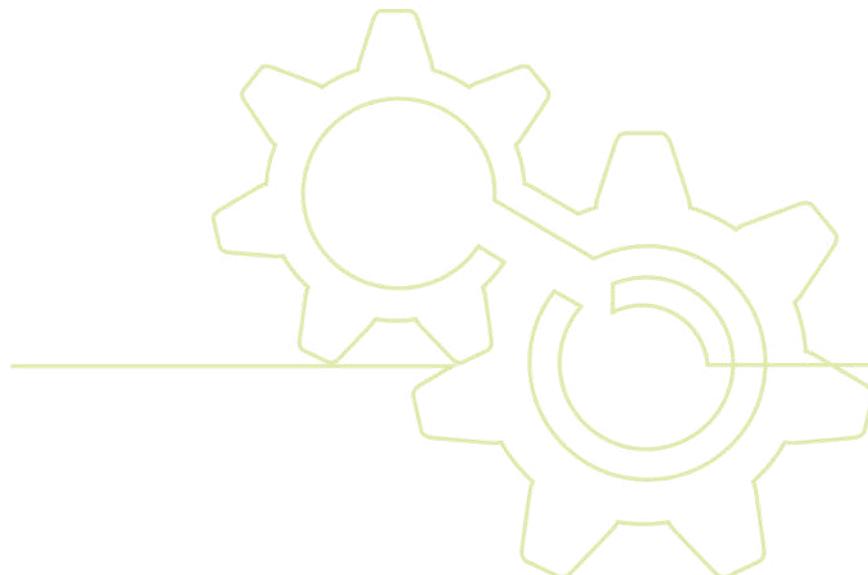


Figura 1.1: Correlação entre os diferentes territórios ocupados por cada área de influência.

### 1.1.1 Área de Influência Indireta - AII

A Área de Influência Indireta (AII) consiste no conjunto das áreas e domínios físicos máximos em que o empreendimento pode ter atuação. Considera-se a interface entre o espaço não influenciável e a área de influência direta, considerando a ocorrência de impactos provenientes de fenômenos secundários, ou não diretamente decorrentes das intervenções previstas.

Para a AII dos meios físico e biótico (Figura 1.2), foram englobados os territórios afetados pelo empreendimento, delimitados pela sub-bacia do rio Comemoração. Esta área é onde os impactos e efeitos decorrentes da implantação e operação da PCH Rondon I sobre os meios físico e biótico são considerados menos significativos.



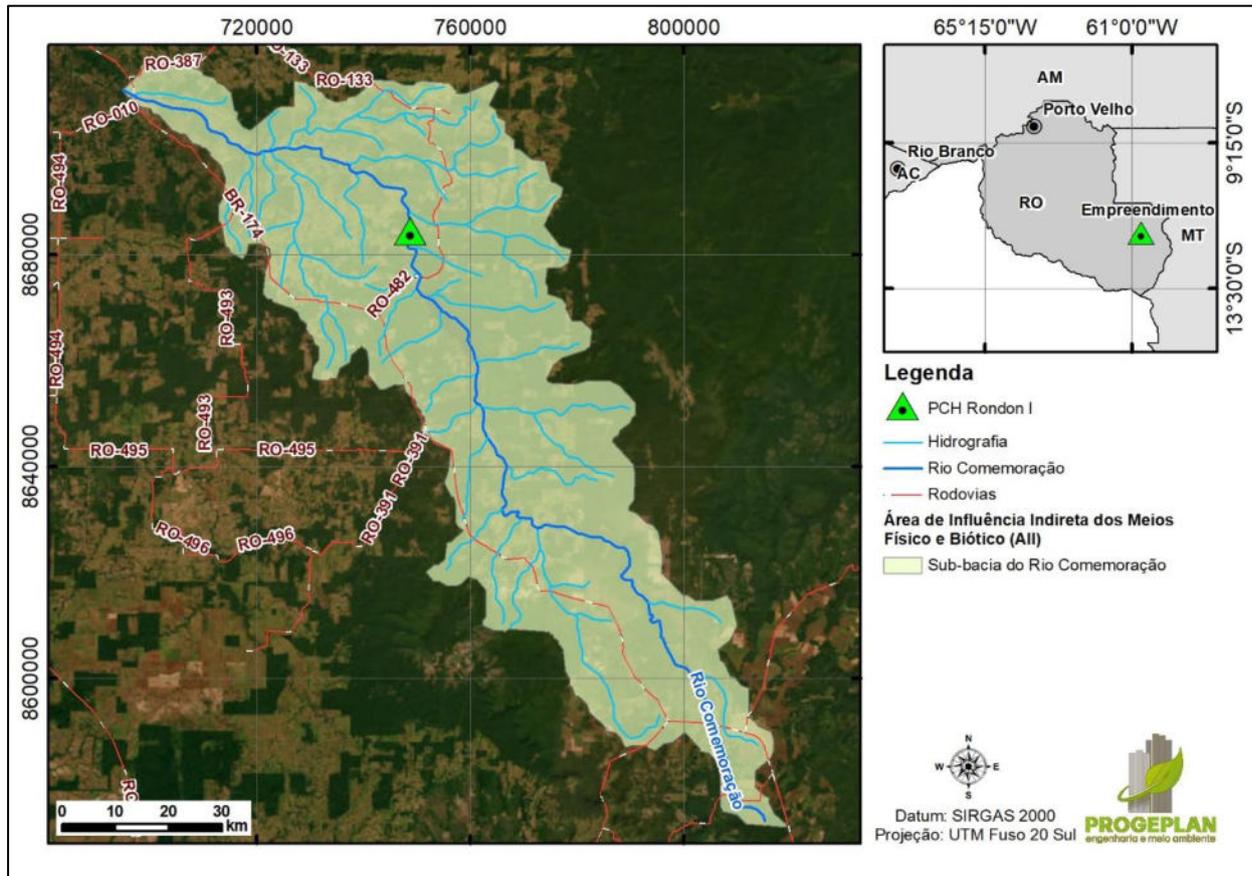
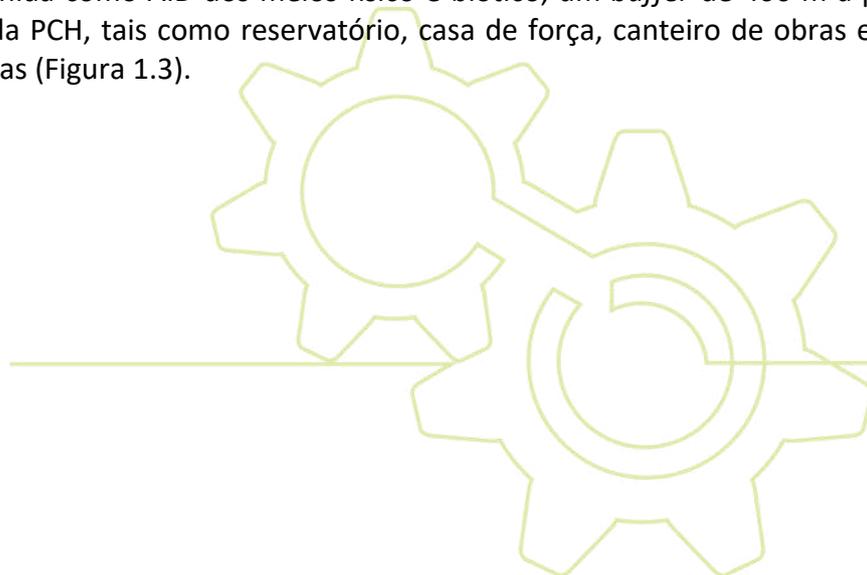


Figura 1.2: Área de Influência Indireta (AII) dos meios físico e biótico da PCH Rondon I.

### 1.1.2 Área de Influência Direta - AID

A Área de Influência Direta (AID) compreende o conjunto de áreas que, por suas características, são potencialmente aptas a sofrer os impactos diretos da implantação e da operação do empreendimento.

Desta forma, foi definida como AID dos meios físico e biótico, um *buffer* de 400 m a partir de todas as estruturas da PCH, tais como reservatório, casa de força, canteiro de obras e demais construções envolvidas (Figura 1.3).



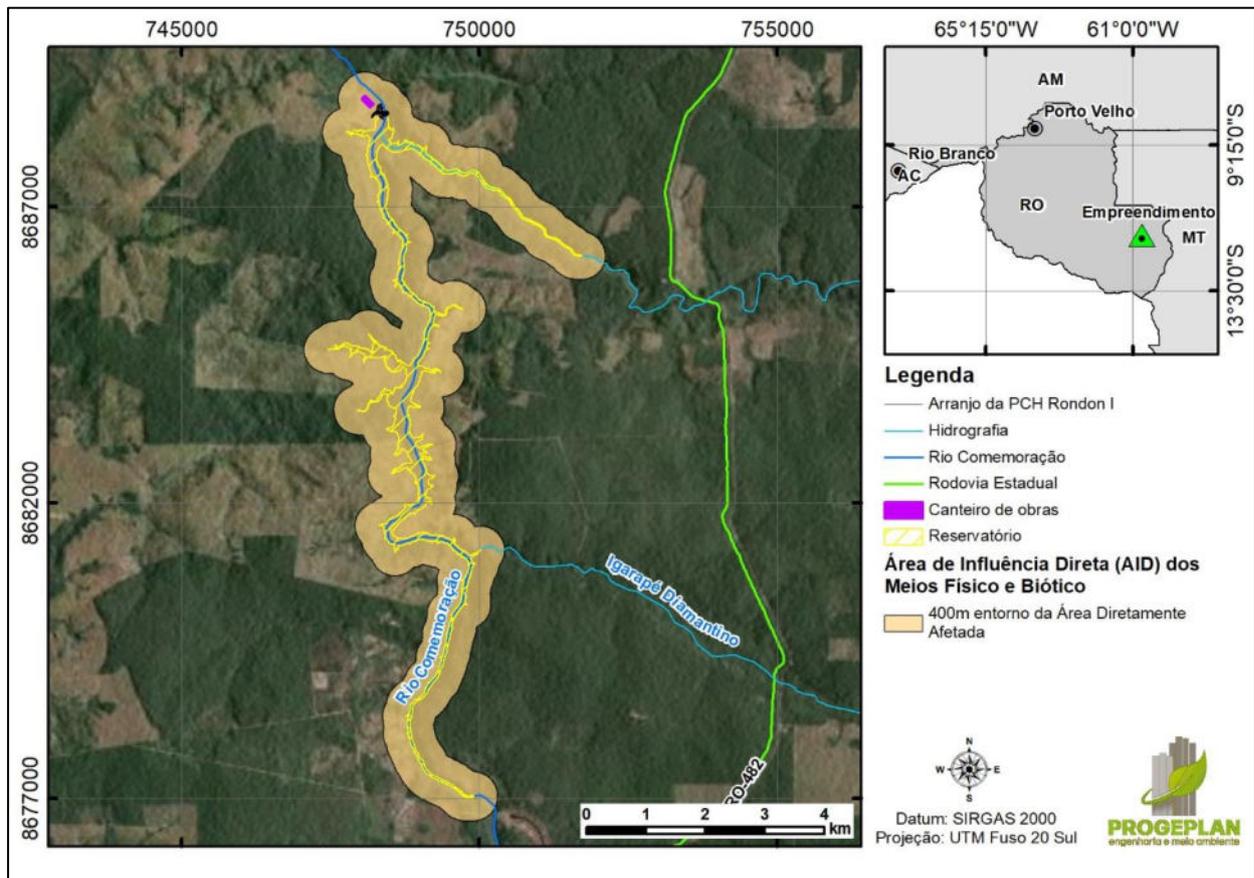
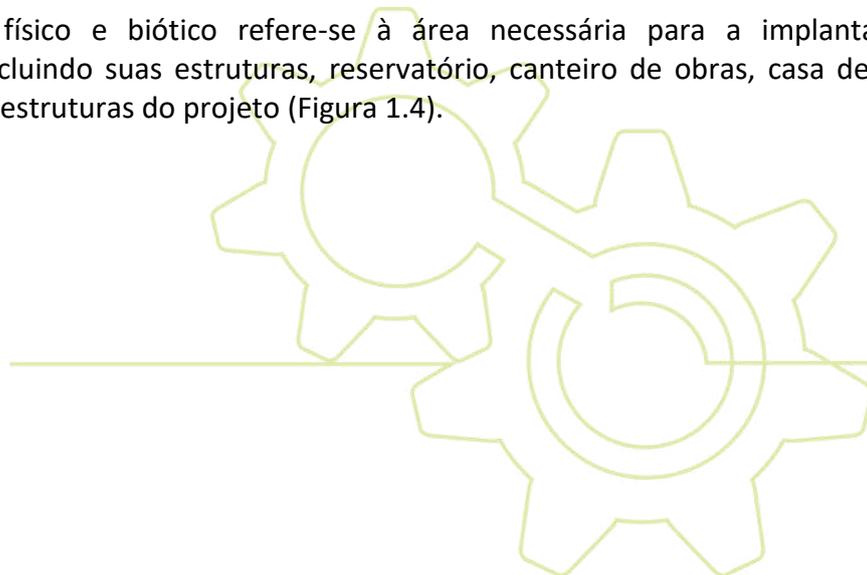


Figura 1.3: Área de Influência Direta (AID) dos meios físico e biótico da PCH Rondon I.

### 1.1.3 Área Diretamente Afetada - ADA

A Área Diretamente Afetada (ADA) engloba o espaço geográfico destinado às intervenções físicas inerentes ao empreendimento, estruturas de apoio, vias de acesso que precisarão ser construídas, ampliadas ou reformadas, bem como todas as demais operações unitárias associadas exclusivamente à infraestrutura do projeto.

A ADA dos meios físico e biótico refere-se à área necessária para a implantação do empreendimento, incluindo suas estruturas, reservatório, canteiro de obras, casa de força e todas as demais infraestruturas do projeto (Figura 1.4).



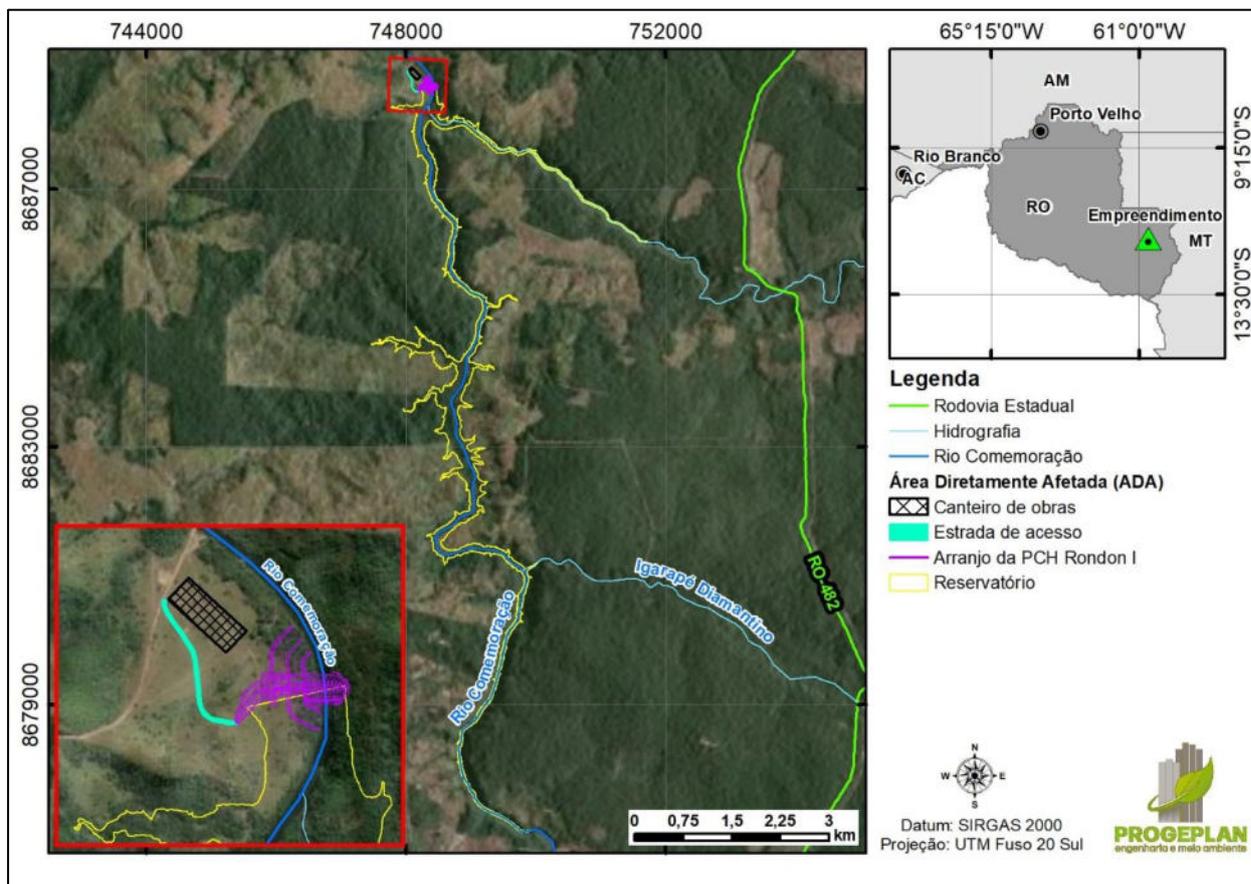


Figura 1.4: Área Diretamente Afetada (ADA) dos meios físico e biótico da PCH Rondon I.

## 1.2 METODOLOGIA GERAL

O desenvolvimento deste diagnóstico teve como base a coleta de dados primários e secundários, provenientes de estudos técnicos e científicos, documentos oficiais, bases georreferenciadas, estudos ambientais prévios e projetos de engenharia que tenham relação com a região de estudo e, sobretudo, com o empreendimento em questão. Estes elementos propiciaram um panorama geral do ambiente, permitindo identificar as relações do empreendimento com o meio e os possíveis impactos ambientais diretos e indiretos dele decorrentes.

O levantamento dos dados de campo (dados primários) teve como objetivo verificar e validar os elementos de origem secundária, bem como acrescentar detalhes às características ambientais advindas do levantamento de dados secundários e, eventualmente, sanar as incertezas, resultando em um diagnóstico com a maior precisão possível sobre as áreas de influência do empreendimento.

Todas as informações foram reunidas em escritório para as devidas interações, elaboração de mapas e composição do diagnóstico. De modo que, com os dados primários e secundários reunidos, as informações foram interpretadas e compiladas. Os mapas finais foram elaborados e o diagnóstico de meio físico teve sua composição final redigida e revisada.

### **1.2.1 Geologia**

Equipes de campo levantaram informações locais, relativamente à geologia e solos, propiciando, junto com informações advindas das campanhas de investigação geológico-geotécnicas, um entendimento mais aproximado possível das condições da região do eixo da futura barragem Rondon I.

### **1.2.2 Geomorfologia**

Para o desenvolvimento do diagnóstico do meio físico, incluídos os temas relativos à geomorfologia, foram realizadas pesquisas em referências diversas como mapas e relatórios, sobretudo das fontes de domínio público como CPRM, IBGE e PROJETO RADAM, seja por conta dos seus serviços sistemáticos ou em convênio com o governo do Estado de Rondônia.

### **1.2.3 Sismicidade**

Para o assunto relativo à sismicidade regional e local, buscaram-se informações diretas do Centro de Sismologia do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP, SP – IAG-USP, que divulga seus boletins mensais, provendo de dados atualizados os interessados nas atividades sísmicas ocorridas na América Latina, e, principalmente, no território brasileiro.

### **1.2.4 Pedologia**

A metodologia utilizada para o diagnóstico ambiental das classes de solo da AID e AII do empreendimento em pauta se deu por meio de dados primários e secundários. Para a aquisição de dados primários foram realizados levantamentos de campo na AID, onde se buscou identificar as características morfológicas dos solos através de perfis e cortes.

Para a aquisição de dados secundários foram realizadas consultas bibliográficas de estudos nas proximidades do empreendimento e levantamento de dados do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS - EMBRAPA 2006), e, em seguida, utilizou-se sistema de informação geográfica para a delimitação das classes de solos e para a elaboração de mapas temáticos.

### **1.2.5 Clima**

A metodologia utilizada para caracterização do clima e condições meteorológicas no diagnóstico ambiental da região norte no estado de Rondônia, região do empreendimento, se deu por meio de dados secundários históricos de meteorologia de estações meteorológicas convencionais e automáticas. Para a aquisição de dados secundários, foram utilizados os dados climatológicos da estação meteorológica do INMET localizada no município de Cacoal - RO (estação - A939), e da estação 01160000 da Agência Nacional de Águas (ANA), localizada no município de Pimenta Bueno, por estarem localizados próximos ao empreendimento.

Além de aquisição de dados secundários em fontes públicas, utilizou-se levantamento bibliográfico sistemático de estudos em nível regional e local do empreendimento.

## 1.2.6 Qualidade das Águas Superficiais

### 1.2.6.1 Caracterização da Hidrografia

A caracterização da hidrografia foi feita através de um software de geoprocessamento, em que, para tanto, utilizou-se a base de dados hidrográfica disponibilizada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

### 1.2.6.2 Caracterização das Áreas de Amostragem

Para a execução do diagnóstico da qualidade da água superficial nas áreas de influência, foram selecionados quatro pontos de coleta de amostragem ao longo do rio Comemoração (QA-1, QA-2, QA-3 e QA-4), no município de Pimenta Bueno em Rondônia, conforme ilustrado na Figura 1.5. As coordenadas geográficas referentes à localização dos pontos de amostragem estão representadas na Tabela 1.1.

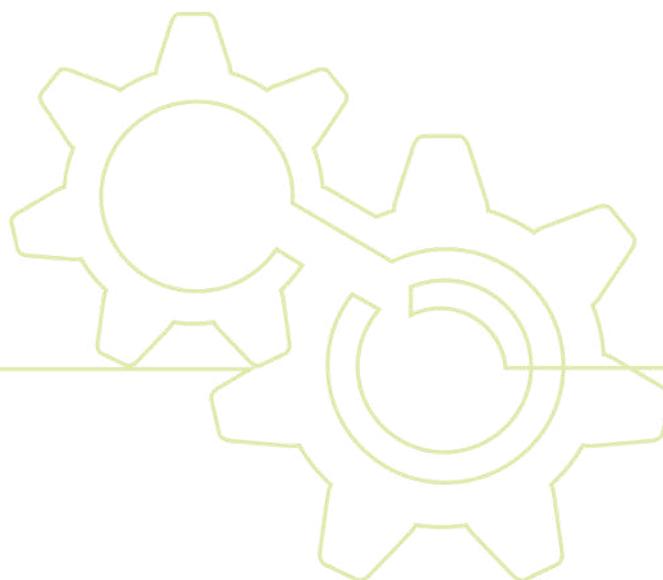


Tabela 1.1: Coordenadas geográficas dos pontos amostrais da PCH Rondon I.

PONTO	SIRGAS 2000 UTM 21 L	
	X	Y
QA-01	748094	8689027
QA-02	748843	8685516
QA-03	749030	8682001
QA-04	750186	8676909

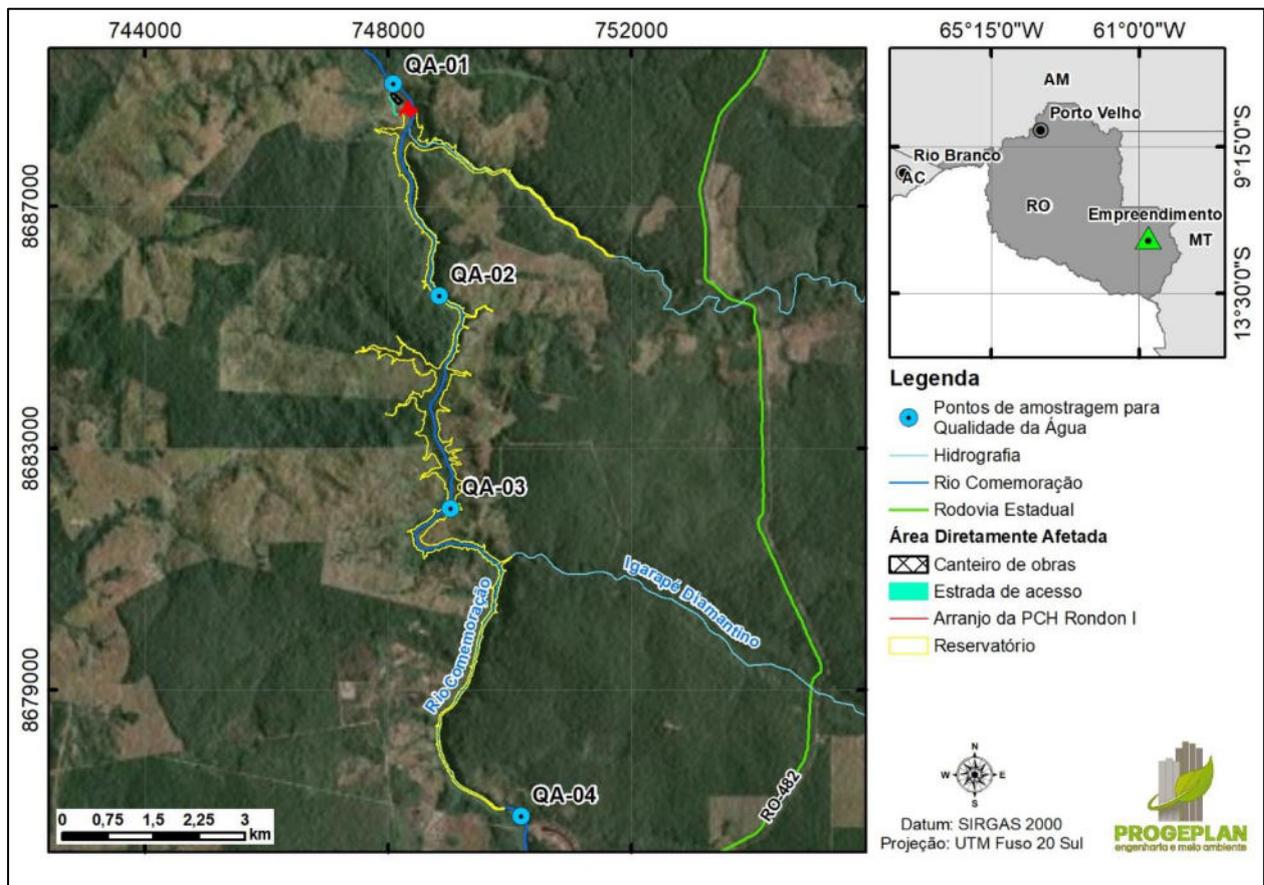


Figura 1.5: Rede amostral dos pontos de análise da qualidade da água na PCH Rondon I.

A faixa de vegetação ripária circunvizinha aos quatro locais de amostragem de qualidade da água apresenta-se em bom estado de conservação, evidenciando a ausência de manifestações demasiadas de processos erosivos e de estruturas construídas que possam exercer influência adversa sobre o ecossistema aquático, exceto no ponto QA-1 que fica localizado sob uma estrutura de ponte, conforme registrado na Foto 1.1.



Foto 1.1: Registro da ponte que se encontra no ponto de coleta QA-1.

As fotos Foto 1.2, Foto 1.3, Foto 1.4 e Foto 1.5 mostram uma visão geral acerca dos quatro pontos designados em que foram feitas as coletas de água para o monitoramento da qualidade hídrica. Essas representações visuais têm o intuito de proporcionar uma visão geral acerca do estado de conservação da mata ciliar e do nível d'água em cada ponto.

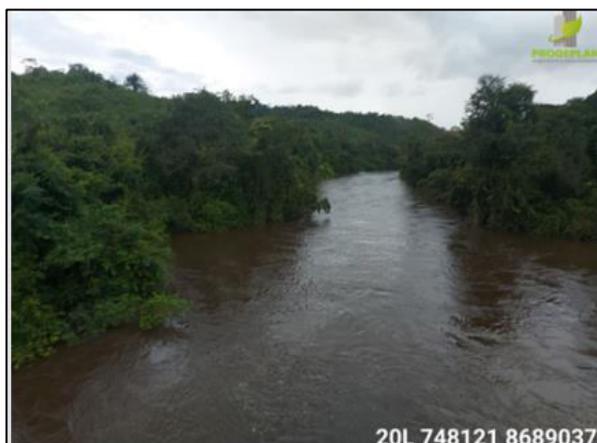


Foto 1.2: Visão geral do ponto QA-1 (UTM 20L 748094/8689027).

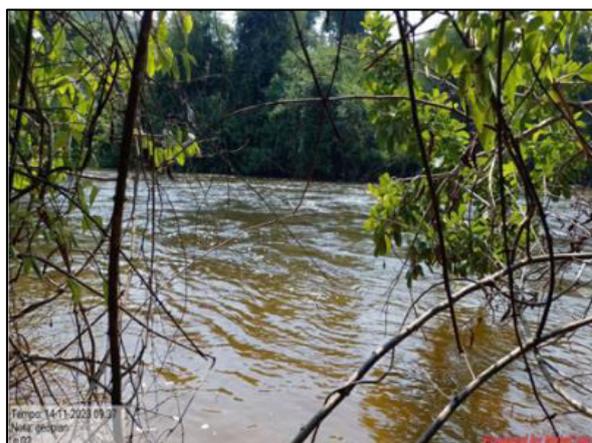


Foto 1.3: Visão geral do ponto QA-2 (UTM 20L 748843/8685516).

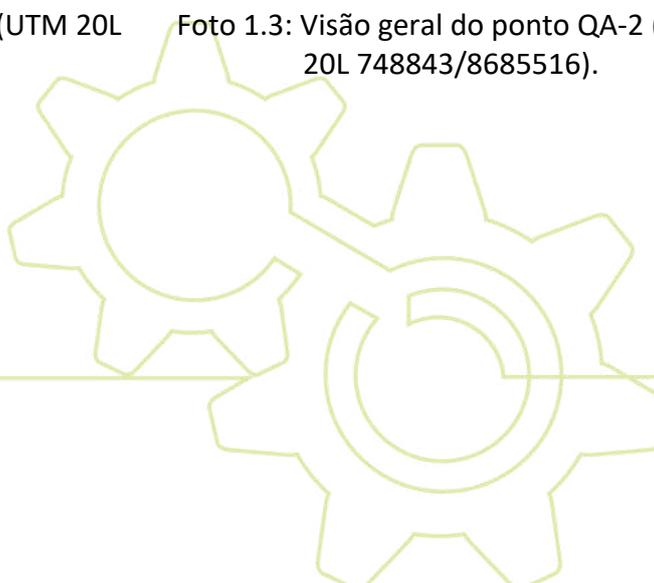




Foto 1.4: Visão geral do ponto QA-3 (UTM 20L 749030/8682001).



Foto 1.5: Visão geral do ponto QA-4 (UTM 20L 750186/8676909).

### 1.2.6.3 Amostragem e Coleta

As amostragens coletadas em prol da realização do diagnóstico da qualidade da água na PCH Rondon I foram realizadas por meio de três campanhas com sazonalidades distintas, realizadas nos meses de julho (seca), setembro (início do período chuvoso) e novembro (chuva) de 2023, respectivamente.

A caracterização físico-química e biológica das águas na área de influência da PCH Rondon I possibilitou identificar e quantificar os elementos presentes no meio, fundamentando a compreensão dos processos naturais e a influência antrópica sobre a área de estudo. Além de ter um papel crucial na avaliação da qualidade e na gestão sustentável dos recursos hídricos em prol de questões como a saúde pública, os ecossistemas aquáticos e o cumprimento dos padrões regulatórios.

Os resultados obtidos foram comparados com os limites definidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que define os padrões para a classificação das águas. Devido aos usos preponderantes na região, os resultados das análises foram equiparados com os parâmetros estabelecidos para a classe 2. De acordo com o Art. 4º da mencionada resolução, a Classe 2 destina-se ao abastecimento humano após tratamento convencional, proteção de comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças, aquicultura e pesca. Essa classificação é reforçada pelo disposto no art. 42º da Resolução CONAMA nº 357/2005, que atribui o enquadramento na classe 2 a todos os corpos hídricos de água doce que não possuam enquadramento específico aprovado e definido.

Os resultados também foram comparados temporalmente, considerando o período sazonal, visando a obtenção de um entendimento geral e didático da caracterização da qualidade da água superficial considerando uma abordagem espacial e temporal.

#### 1.2.6.4 Coleta dos dados Físico-químicos

Em relação à coleta superficial, as amostras de água foram coletadas sub-superficialmente (0 - 20 cm de profundidade) e armazenadas em frascos de vidro de 1l cor âmbar e transparente, ou em frascos plásticos de 500 ml e 50 ml, dependendo do tipo de análise. A Foto 1.6 e a Foto 1.7 ilustram um pouco do processo da coleta de água realizado na PCH Rondon I.

As análises de oxigênio dissolvido, temperatura ambiente e temperatura da água foram realizadas *in loco*. As demais determinações das amostras de água foram preservadas para posterior análise em laboratório. As amostras foram acondicionadas em caixas portáteis térmicas e transportadas sob condições refrigeradas com gelo, devidamente embalado em sacos plásticos, até o laboratório, onde foram realizadas as análises.

A amostragem foi realizada por técnico especializado e habilitado para conduzir as coletas conforme protocolo específico, obedecida a ABNT NBR 9898:1987. Ademais, as análises físico-química e biológica das amostras de água foram realizadas de acordo com os métodos descritos no documento “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater da Awwa (2017)*”, em laboratório habilitado.

A Tabela 1.2 expõe os parâmetros físico-químicos e biológicos empregados na avaliação da qualidade das águas do rio Comemoração. As variáveis analisadas neste estudo foram comparadas aos valores de referência estipulados para a Classe 2, conforme preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

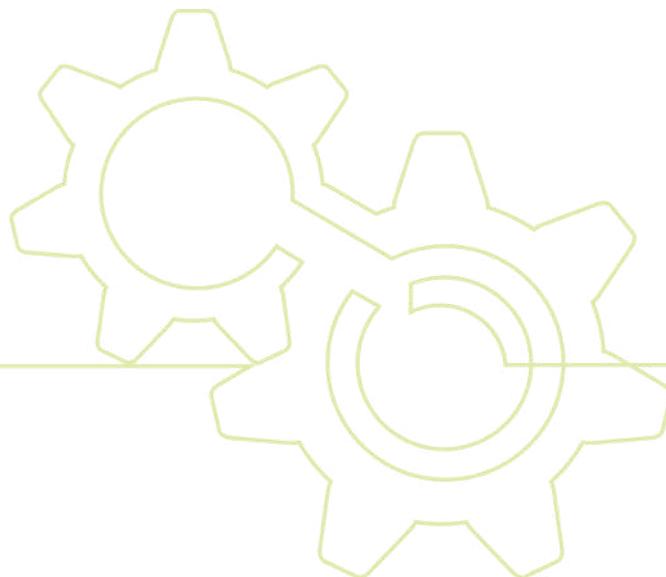


Tabela 1.2: Parâmetros de qualidade da água superficial na PCH Rondon I (julho, setembro e novembro/2023).

<b>Parâmetros de campo</b>	<b>VMP* (CONAMA n° 357/2005)</b>
Oxigênio dissolvido (OD)	>5,0
Temperatura Ambiente	NR
Temperatura da Amostra	NR
<b>Parâmetro de laboratório</b>	<b>VMP* (CONAMA n° 357/2005)</b>
Alcalinidade total	NR
Coliformes termotolerantes	1.000
Condutividade elétrica	NR
Cor verdadeira	75
DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio)	5
Dureza total	NR
<i>Escherichia coli</i>	NR
Ferro dissolvido	0,3
Fosfato	NR
Fósforo total	0,1
Nitrato	10
Nitrito	1
Nitrogênio amoniacal total	3,7
Nitrogênio Kjeldahl total (NKT)	NR
Nitrogênio total	2,18
Óleos e Graxas	Visualmente ausente
pH	6,0 - 9,0
Sólidos dissolvidos totais	500
Sólidos sedimentáveis	NR
Sólidos suspensos totais	NR
Sólidos totais	NR
Sulfato	250
Turbidez	100
<b>Biota aquática</b>	<b>VMP* (CONAMA n° 357/2005)</b>
Comunidade bentônica	NR
Fitoplâncton	NR
Zooplâncton	NR

Legenda:\* VMP: Valor Máximo Permitido. NR: Não relacionado.



Foto 1.6: Coleta de água na área de influência da PCH Rondon I (cena 1).



Foto 1.7: Coleta de água na área de influência da PVH Rondon I (cena 2).

#### 1.2.6.5 Coleta e análise dos parâmetros biológicos - Fitoplâncton e Zooplâncton

Em relação à comunidade fitoplanctônica, a análise permite avaliar a diversidade nos diferentes compartimentos de um corpo hídrico, bem como o surgimento ou não de florações em decorrência de alterações no rio ou lago.

A metodologia utilizada para a comunidade fitoplanctônica foi a mesma utilizada para as análises da qualidade da água. As amostras de água foram coletadas subsuperficialmente (0 - 20 cm de profundidade) e armazenadas em frascos de vidro de 1 litro cor âmbar, ou em frascos plásticos de 500 ml e 50 ml, dependendo do tipo de análise.

As amostras foram coletadas utilizando uma rede planctônica, sendo feita por técnico especializado e habilitado para conduzir as coletas, conforme protocolo específico e obedecendo a ABNT NBR 9898:1987.

Ademais, a metodologia adotada para análise quantitativa e qualitativa de fitoplâncton de água doce corresponde ao normatizado pela Norma técnica da CETESB nº L5.303, 4ª Edição - Outubro/2012.

No que diz respeito ao zooplâncton, este grupo é categorizado como um conjunto de organismos aquáticos que carecem de capacidade fotossintética (heterotróficos ou heterótrofos) e habitam dispersos na coluna de água, manifestando uma limitada habilidade de deslocamento (em sua maioria, sendo arrastados pelas correntes de um corpo d'água). A relevância ecológica do zooplâncton reside primariamente em sua função como mediador no fluxo de energia, transferindo-a dos produtores primários para os consumidores em níveis tróficos superiores. Dessa forma, o zooplâncton emerge como um grupo crucial na promoção da produtividade secundária, desempenhando também um papel fundamental no transporte e na regeneração de nutrientes, impulsionado pelo seu metabolismo elevado.

E de forma análoga ao procedimento realizado para coleta e análise do fitoplâncton, também foi utilizada a Norma técnica da CETESB nº L5.303, porém a 2ª Edição - Junho/2012.

#### 1.2.6.6 Coleta da comunidade bentônica

A comunidade bentônica refere-se ao conjunto de organismos que habita o substrato do fundo de corpos d'água, como rios, lagos, estuários e oceanos. Essa comunidade é composta por organismos que vivem associados ao sedimento ou à superfície de substratos sólidos, desempenhando papéis fundamentais nos ecossistemas aquáticos.

Essa comunidade desempenha funções ecológicas cruciais, incluindo a decomposição de matéria orgânica, a ciclagem de nutrientes e a contribuição para a cadeia alimentar aquática. Além disso, muitas espécies bentônicas são indicadoras sensíveis das condições ambientais, sendo utilizadas como bioindicadores em estudos de monitoramento e avaliação da qualidade da água.

As amostras de sedimento foram coletadas e lavadas com água corrente em rede com malha de 0,5 mm. Este procedimento reduz o volume da amostra ao eliminar partículas orgânicas e inorgânicas finas, o que facilita a visualização dos organismos.

Após a lavagem, foi utilizado um preservativo em volume tal que a proporção entre a amostra e o preservativo não ultrapasse 1:2 (1/3), principalmente quando houve muito material orgânico.

A análise da amostra propriamente dita foi realizada em duas etapas: a triagem, que consiste na separação dos macroinvertebrados aquáticos dos detritos vegetais e das partículas inorgânicas dos sedimentos e a identificação e contagem (para amostras quantitativas) dos táxons.

#### 1.2.6.7 Análise dos Dados

Como forma de melhor compreender os dados oriundos das três campanhas de análise de água, os resultados encontrados foram discutidos e relacionados com a sazonalidade e com os limites regulatórios impostos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Além disso, também foi calculado o Índice de Qualidade de Água (IAQ) para compreender os resultados obtidos de forma holística.

O IQA se tornou uma importante ferramenta para a avaliação da qualidade das águas em diversos pontos de rios e lagos ao longo do tempo, permitindo, ainda, a comparação com os corpos d'água de outras regiões e países (NSF, 2006). No Brasil, este índice é utilizado pela CETESB desde 1975, tendo sido adaptado do original adotado pela National Sanitation Foundation (NSF).

Para a realização do cálculo do IQA são utilizados os seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido, temperatura da amostra, coliformes termotolerantes, pH, sólidos totais, DBO, nitrogênio total, fósforo total e turbidez. Para tanto, a Equação 1.1 é utilizada:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Equação 1.1: Equação do Índice de qualidade das Águas.

Onde:

IQA: Índice de qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

qi: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida e

wi: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Equação 1.2: Equação do Índice de qualidade das Águas.

Em que:

n: número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Na ausência de algum dos 9 parâmetros, o cálculo do IQA é inviabilizado.

A partir do cálculo efetuado do IQA, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, variando numa escala de 0 a 100, conforme a Tabela 1.3.

Tabela 1.3: Classificação do Índice de Qualidade da Água (IQA).

IQA parâmetros	
Categoria	Ponderação
Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

Legenda: Fonte: Cetesb (2017).

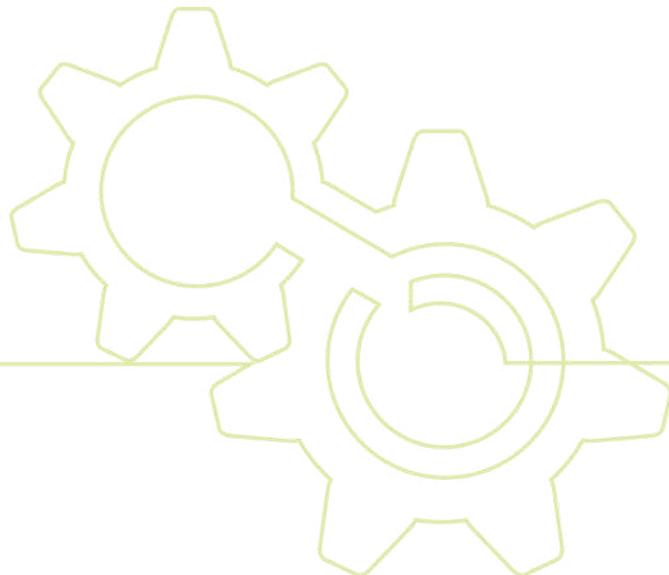
O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causados pelo lançamento de esgotos domésticos.

A avaliação da qualidade da água obtida pelo IQA apresenta limitações, já que este índice não analisa vários parâmetros importantes para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas (ex: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água. Por consequência, o uso do IQA serve para fortalecer à análise individual dos principais parâmetros expressos na Resolução CONAMA nº 357/2005 que dita a qualidade das águas superficiais em função dos seus respectivos usos.

### 1.2.7 Hidrogeologia

A hidrologia é responsável por estudar as águas subterrâneas, compreendendo a investigação, descrição, análise e gerenciamento dos aspectos geológicos e hidrológicos relacionados aos sistemas aquíferos. Essa área de conhecimento abrange a distribuição, movimento, qualidade e interações da água subterrânea com as rochas e sedimentos que constituem o subsolo.

Para tanto, a identificação da hidrogeologia referente as áreas de influência da PCH Rondon I foi feita através do levantamento de dados primários e secundários. Para a aquisição de dados primários, foram realizados levantamentos de campo, onde se buscou identificar as características hidrogeológicas da área. Enquanto para a aquisição de dados secundários foram realizadas consultas bibliográficas de estudos nas proximidades do empreendimento e levantamento de dados técnico-científicos disponíveis.



## 2 RESULTADOS

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E DESCRIÇÃO GERAL DOS ÍNDICES CLIMÁTICOS

De acordo com a Organização Meteorológica Mundial (OMM, 1989), a normal climatológica, o período de estudo do clima de uma região, é de no mínimo 30 anos. Durante este período as variações dos elementos climáticos – chuva, temperatura, umidade relativa do ar – definem o clima do local.

A região da PCH Rondon I está inserida no clima equatorial, caracterizado pelas altas temperaturas durante todo o ano, volumosas precipitações e pelo elevado índice de umidade do ar (Figura 2.1). O clima equatorial geralmente ocorre em regiões geográficas situadas ao longo da linha do Equador, e no Brasil esse clima verifica-se principalmente na região Norte do país.

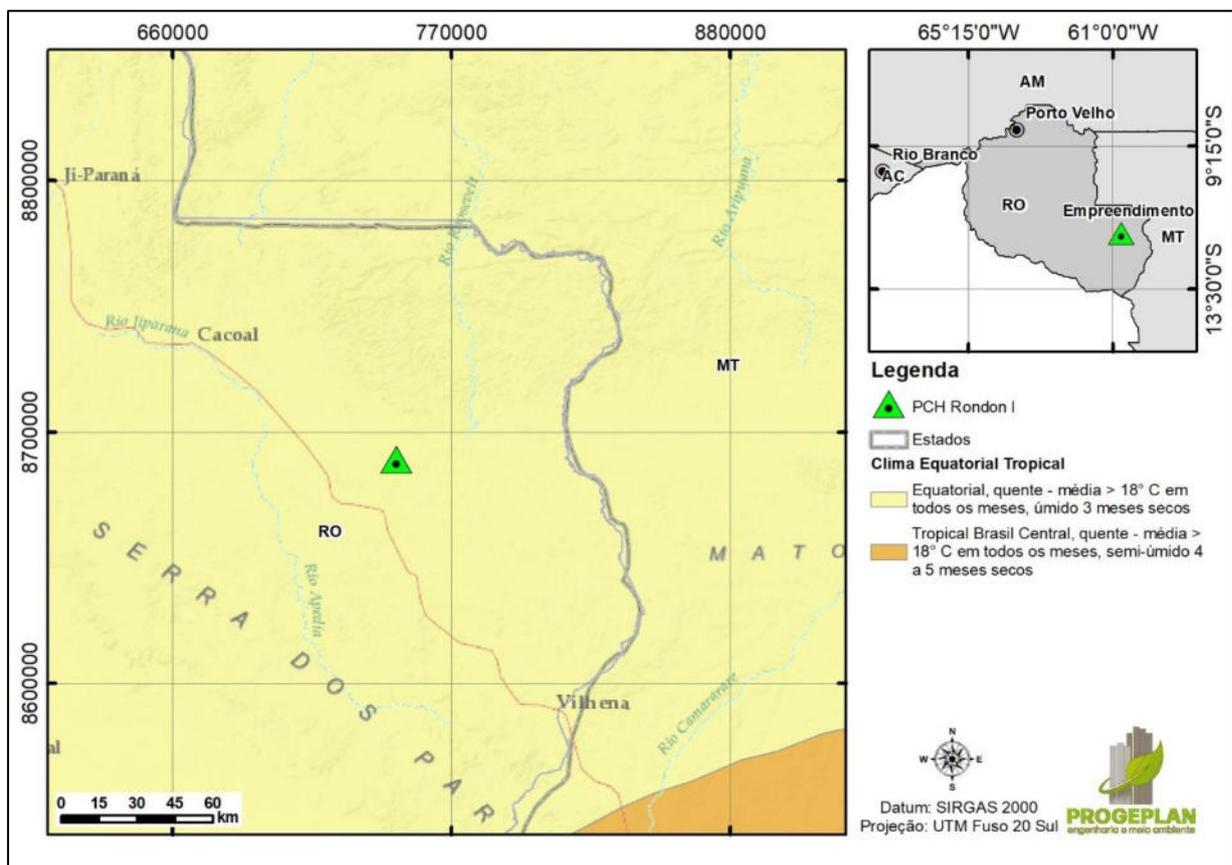


Figura 2.1: Climas zonais ou genéricos do Brasil.

Esse clima caracteriza-se por temperaturas médias anuais próximas a 25 °C, alcançando máximas que podem ultrapassar os 30 °C e mínimas em torno de 20 °C. Eventos com temperaturas inferiores a essa são raros. Além da variação anual, a baixa amplitude térmica é uma característica notável do clima equatorial, geralmente limitada a aproximadamente 6 °C.

As massas de ar predominantes nas regiões de clima equatorial são consistentemente quentes e úmidas, independentemente de sua origem geográfica. Um exemplo notável é a massa

equatorial continental (MEC), que se origina sobre os continentes, mas carrega consigo uma considerável umidade, principalmente proveniente da Floresta Amazônica. Além disso, o clima equatorial é marcado por uma faixa de baixa pressão, propiciando correntes ascendentes de ar úmido e contribuindo para a formação regular de nuvens.

No contexto do clima equatorial, as precipitações são abundantes e geralmente bem distribuídas ao longo do ano, intercaladas por um período de estiagem. A pluviosidade anual nesse tipo de clima é notavelmente elevada, variando entre 1200 e 3000 mm na maior parte das áreas onde está presente.

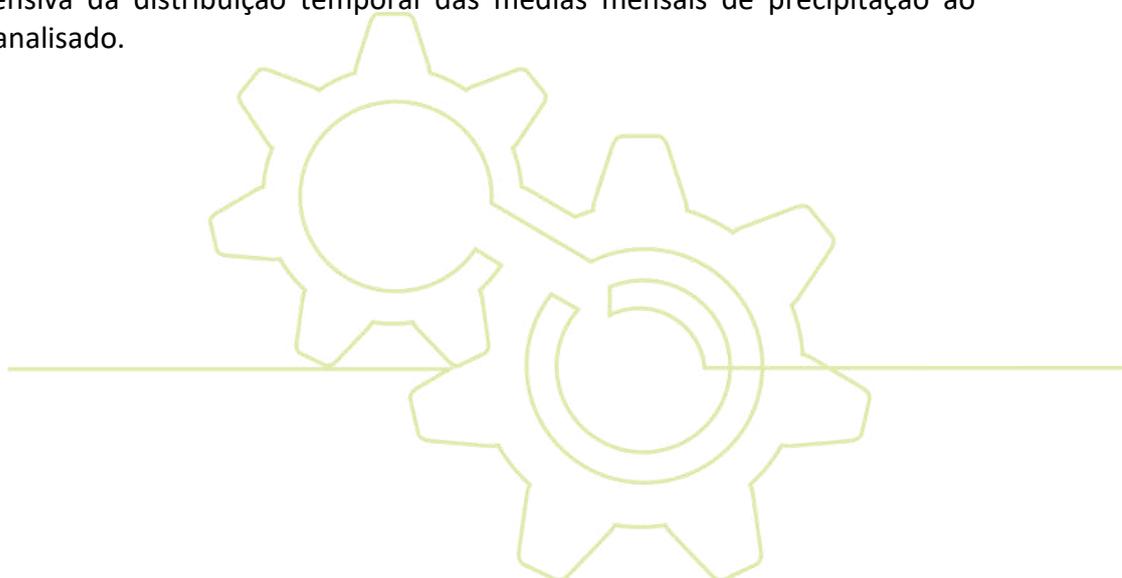
### **2.1.1 Pluviometria**

Os dados pluviométricos anuais analisados, foram obtidos da estação automática do INMET, localizada nos municípios de Cacoal - RO (estação - A939), que foi escolhida em função de estar próxima do município de Pimenta Bueno e, principalmente, do empreendimento. Essa proximidade torna-a uma escolha apropriada para representar a pluviometria da região em questão.

A avaliação dos dados revela uma distribuição consistente de precipitação ao longo do ano. Nos anos analisados, observa-se que os índices pluviométricos mais significativos estão concentrados nos meses compreendidos entre dezembro e março. Este padrão sugere um regime pluviométrico sazonal, com uma temporada mais chuvosa durante esse período específico.

Para corroborar com a análise pluviométrica também foram coletados os dados da Estação 01160000, mantida pela Agência Nacional de Águas (ANA), estação que está localizada próxima à PCH Rondon I, no município de Pimenta Bueno.

Ao realizar o cálculo da média anual da precipitação nas estações em estudo, obtemos um valor total de 2028,7 mm anuais. A Figura 2.2 exibe o gráfico representativo da precipitação média mensal, abrangendo o intervalo temporal de 2010 a 2021, considerando as duas estações meteorológicas mais próximas da região de interesse. Este gráfico proporciona uma visualização compreensiva da distribuição temporal das médias mensais de precipitação ao longo desse período analisado.



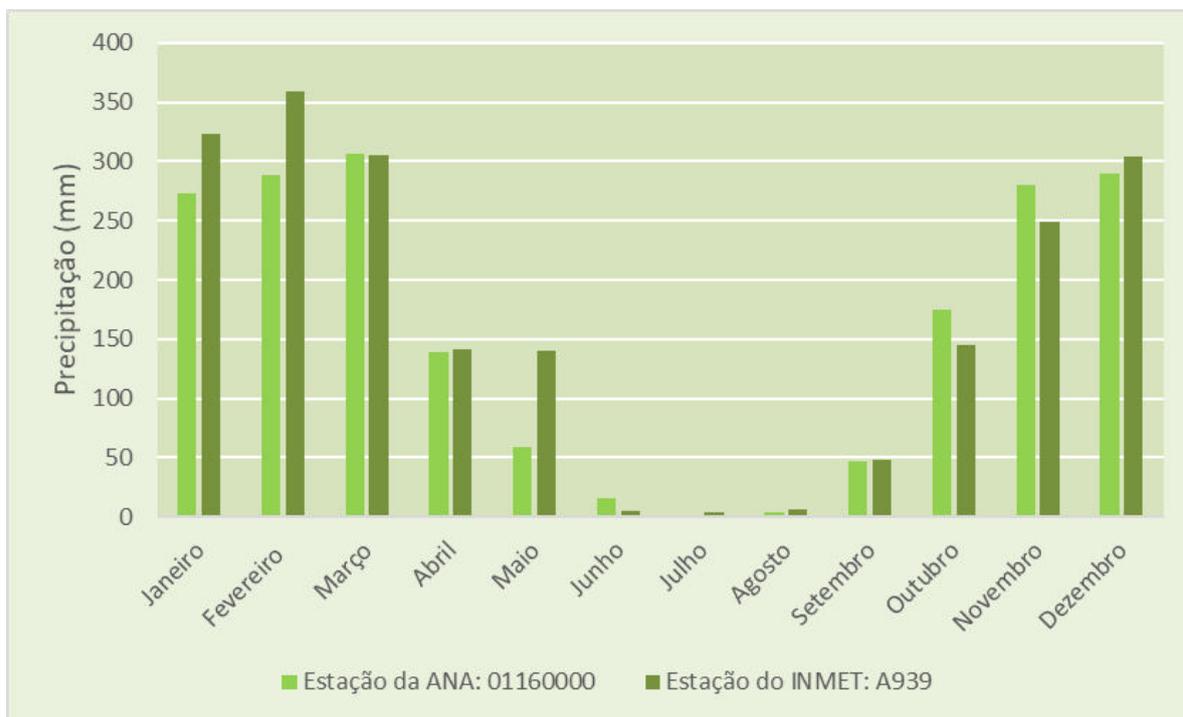


Figura 2.2: Médias pluviométricas mensais de 2010 a 2021.

Fonte: INMET Estação A939 e ANA Estação 01160000.

Ao analisar os dados médias anuais mensais da precipitação entre o período de 2010 a 2020, é possível observar que houve uma leve diminuição nos níveis médios de chuva, principalmente a partir de 2015, conforme evidenciado pela Figura 2.3 e pela linha de tendência apresentada. A diminuição da precipitação em determinado local pode estar relacionada a diversos fatores, como mudanças no padrão de circulação atmosférica, mudanças climáticas e influências locais no uso e ocupação do solo.

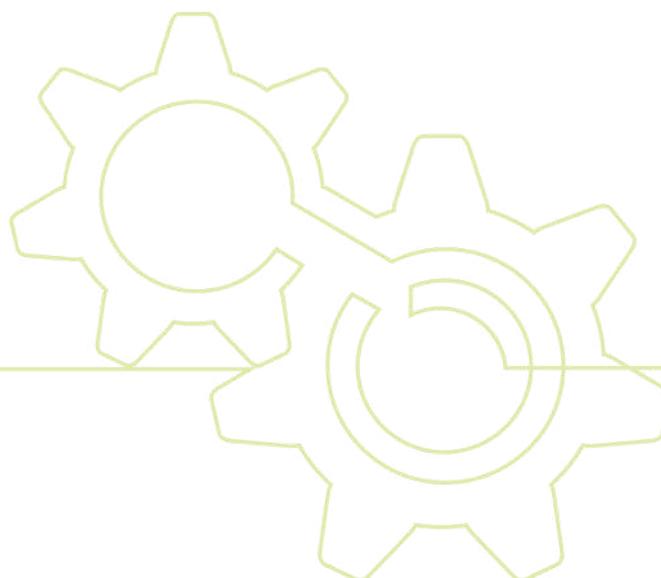




Figura 2.3: Médias pluviométricas anuais mensais de 2010 a 2020.

Fonte: INMET (Estação: A939).

### 2.1.2 Evaporação

A evaporação é um fenômeno físico responsável por transformar a água presente nos corpos hídricos e na superfície do solo em vapor. Este fenômeno ocorre em diversas condições ambientais e tem implicações significativas em várias áreas, como em empreendimentos de engenharia, nas condições climáticas e em contextos biológicos.

Para este estudo, a evaporação foi calculada por meio do método desenvolvido por Penman (1948), em que são consideradas as seguintes variáveis:

- Temperatura média (°C);
- Número real de horas de sol (insolação) (h);
- Número máximo de horas de sol/dia (h);
- Radiação incidente na atmosfera (cal/cm<sup>2</sup>/dia);
- Velocidade do vento (m/s).

Este método fundamenta-se em equações teóricas complexas, embora sua aplicação seja prática e simplificada mediante o uso do ábaco e de tabelas que fornecem os dados de evaporação em função dos valores das variáveis envolvidas na equação. A evaporação potencial é determinada através da aplicação da Equação 2.1:

$$E = E1 + E2 + E3 + E4$$

Equação 2.1: Cálculo da Evaporação pelo método de Penman

Onde:

- $E1 = f(t, n/D)$ ;
- $E2 = f(t, n/D, Ra)$ ;
- $E3 = f(t, h, n/D)$ ;
- $E4 = f(t, u2, h)$ .

Em que:  $t$  = temperatura média ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $n$  = número real de horas de sol (insolação) (h),  $D$  = número máximo de horas de sol/dia (h),  $Ra$  = radiação incidente na atmosfera ( $\text{cal}/\text{cm}^2/\text{dia}$ ),  $u2$  = velocidade do vento (m/s).

A Figura 2.4 mostra a distribuição sazonal da evaporação para cada mês.

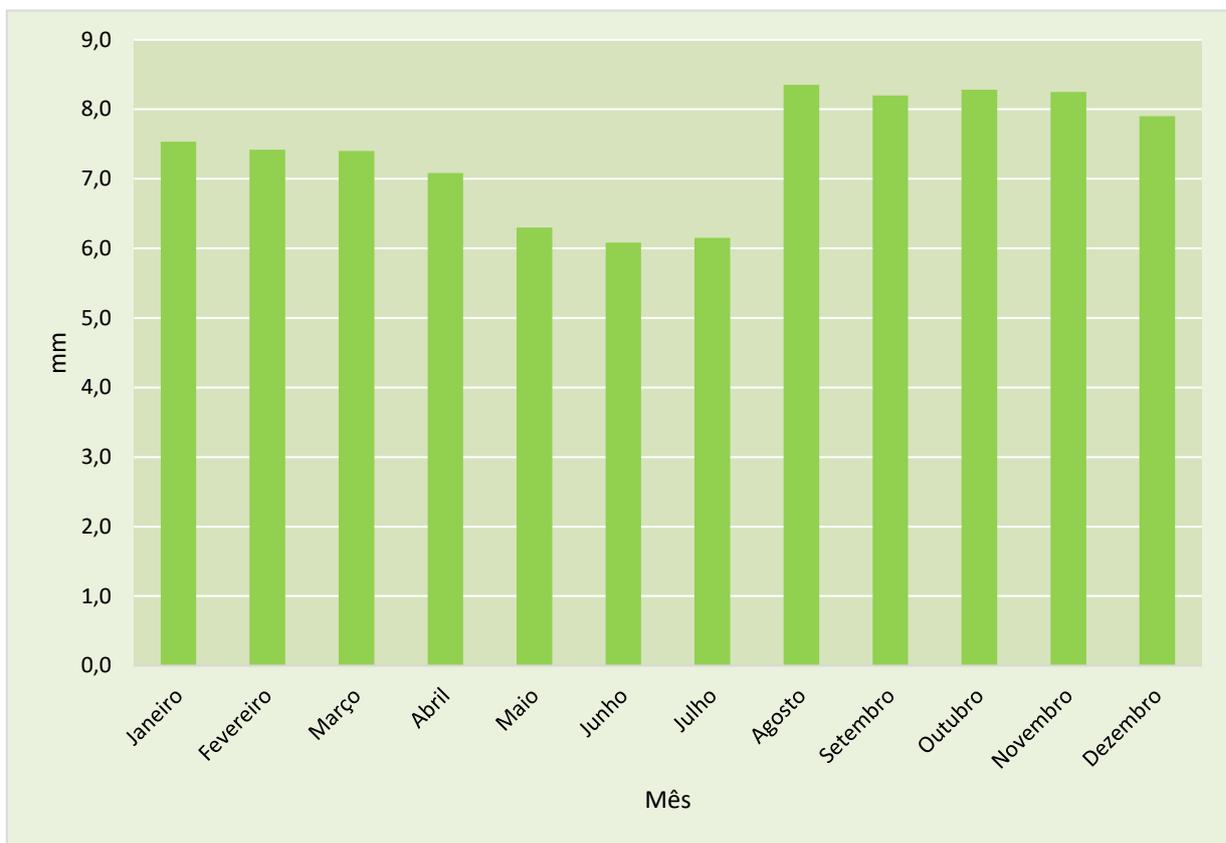


Figura 2.4: Gráfico da Evaporação potencial média dos anos de 2010 a 2023.

Fonte: INMET. Estação: (A939 – Cacoal).

### 2.1.3 Temperatura

A temperatura na região de estudo é normalmente elevada e relativamente uniforme ao longo do ano, a uma baixa amplitude térmica em todo o estado, com pequena oscilação ao longo do ano. Como se pode observar na Figura 2.5, a temperatura mensal média entre os anos de 2010 e 2023 na estação meteorológica A939, variou de  $25,56^{\circ}$  no mês mais frio, em julho, a  $28,17^{\circ}\text{C}$  no mês mais quente, em setembro.

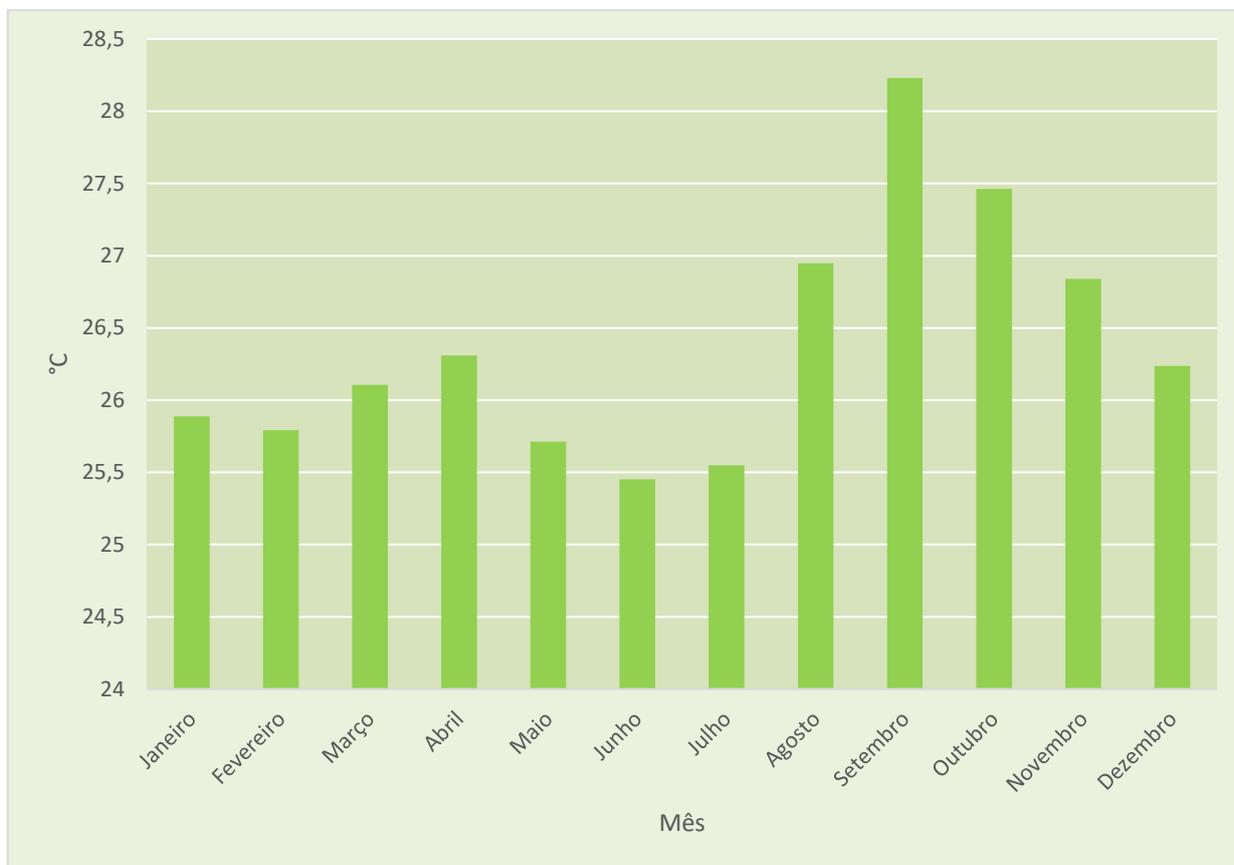
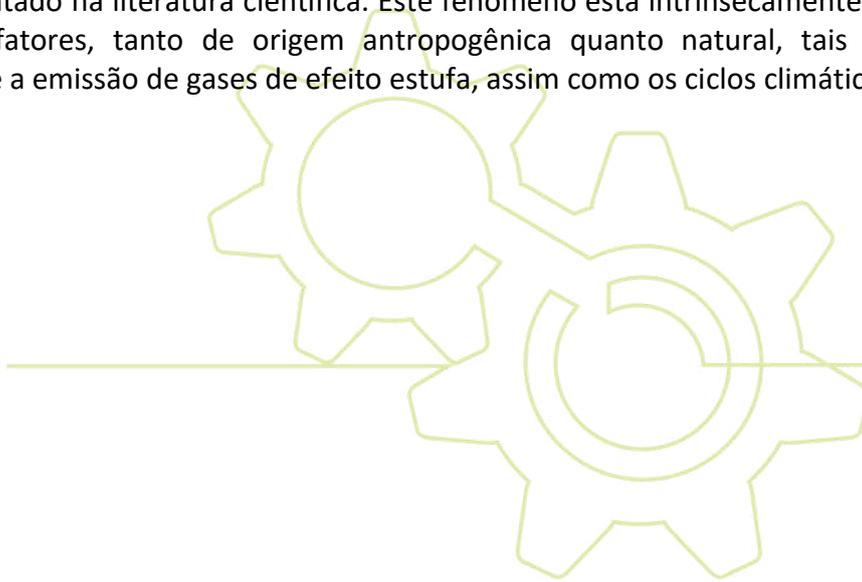


Figura 2.5: Médias de temperatura mensais de 2010 a 2023.

Fonte: INMET. Estação: (A939 – Cacoal).

Ao analisar os dados médios anuais do período entre 2010 e 2020 é possível observar uma tendência de crescimento no valor da temperatura, conforme evidenciado pela linha de tendência apresentada na Figura 2.6.

O aumento da temperatura média nos últimos anos constitui um fenômeno extensivamente abordado e documentado na literatura científica. Este fenômeno está intrinsecamente ligado a uma variedade de fatores, tanto de origem antropogênica quanto natural, tais como o aquecimento global e a emissão de gases de efeito estufa, assim como os ciclos climáticos.



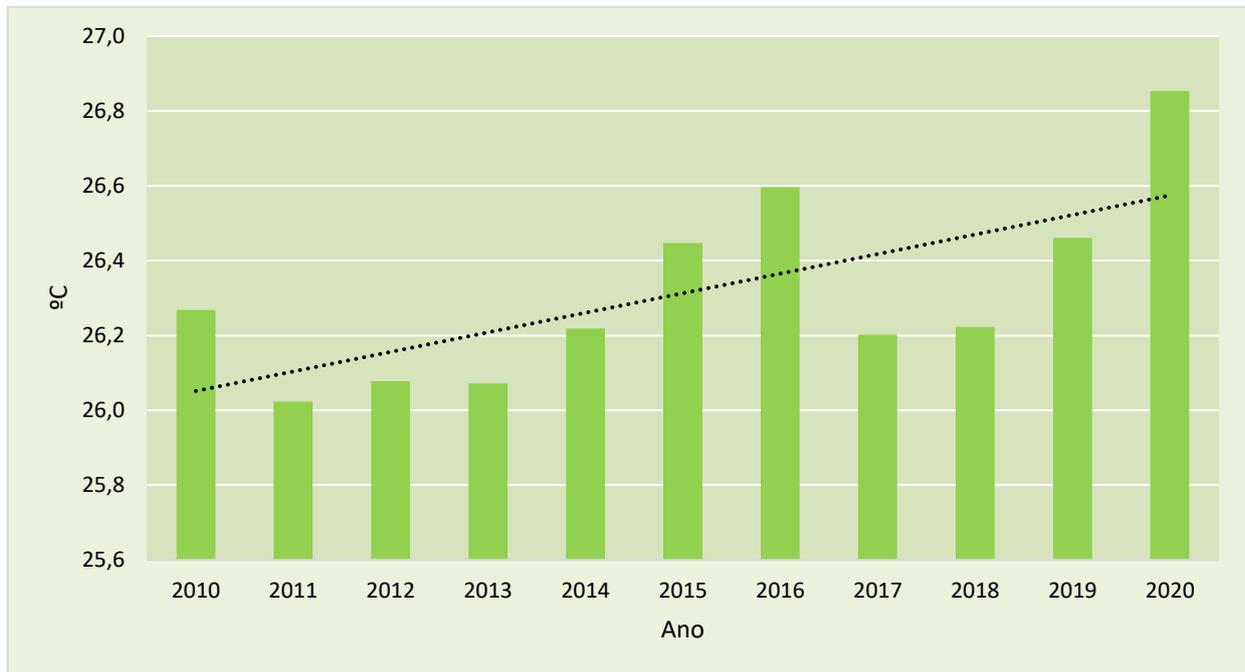


Figura 2.6: Médias anuais da temperatura de 2010 a 2020.

Fonte: INMET. Estação: (A939 – Cacoal).

#### 2.1.4 Insolação Total

A insolação total representa a quantidade total de horas de luz solar direta que uma determinada área ou localidade recebe ao longo de um período específico. Essa medida é frequentemente expressa em horas e é calculada considerando a duração diária da luz solar durante cada dia do mês.

A análise da insolação total mensal é útil para avaliar o potencial de microclimas em determinadas áreas, influenciando aspectos como a vegetação local, evapotranspiração e a criação de ambientes mais confortáveis.

A Figura 2.7 retrata os valores mensais médios para a insolação total da estação convencional 82824 Porto Velho, situada na cidade de Porto Velho – RO, e operada pelo Departamento de Controle Aéreo (DECEA). O uso desta estação se deu em função de ser a estação mais próxima da PCH Rondon I que tenha dados disponíveis desta variável. As estações mais próximas, como de Cacoal, não possuem série histórica de dados para esse parâmetro. O período utilizado para esta análise foi de janeiro de 1995 a dezembro de 2007, sendo o período mais recente com dados disponíveis.

Os períodos com maior incidência de insolação são os meses de junho e julho, com valores ultrapassando as 200 h. Já os meses com menor incidência da insolação mensal são março e fevereiro, com valores próximos a 80 h.

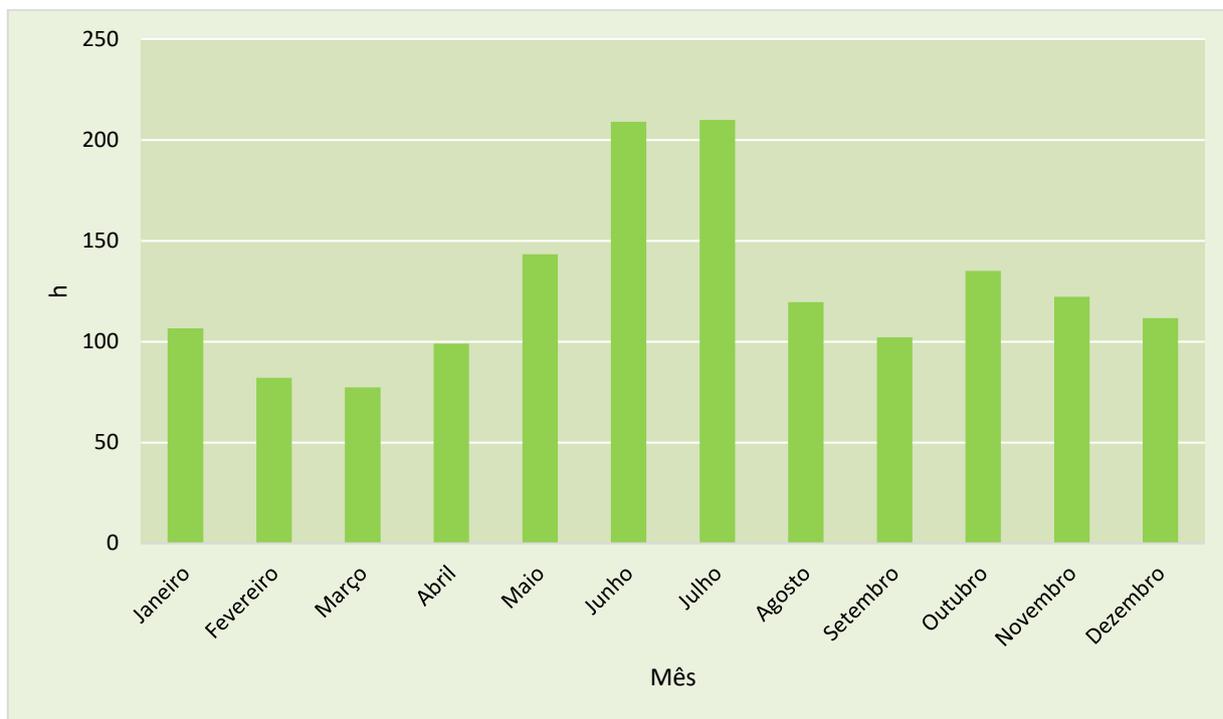


Figura 2.7: Gráfico da Radiação solar média dos anos de 1995 a 2007.

Fonte: DECEA.

Ao analisar os dados médias anuais da radiação solar diária entre o período de 1995 a 2007, é possível observar um aumento na incidência da insolação total mensal, conforme visto na Figura 2.8 e na linha de tendência apresentada. Dentre os motivos que podem estar relacionados a este comportamento é possível destacar a variação dos padrões de nuvens e coberturas atmosféricas e os efeitos das mudanças climáticas.

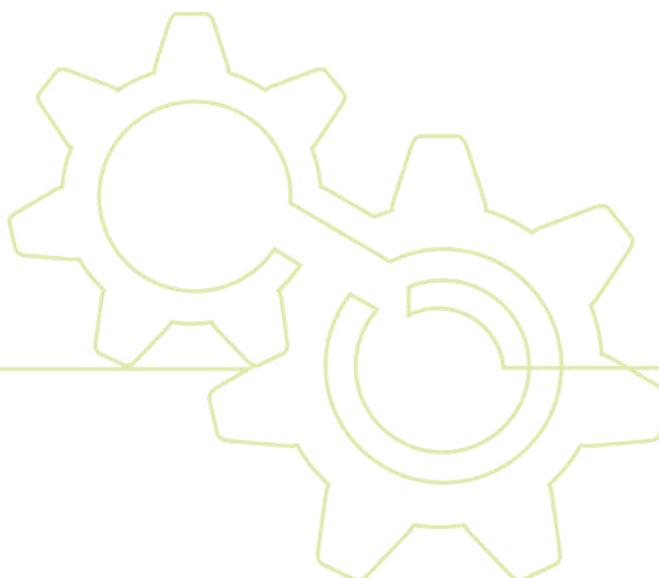




Figura 2.8: Média Anual da Radiação solar diária dos anos de 1995 a 2007.

Fonte: DECEA.

### 2.1.5 Umidade relativa

A umidade se trata da quantidade de água em forma de vapor disperso pelo ar e está relacionada com diversos fatores climáticos, como a temperatura, a sensação térmica e os períodos de chuva.

Ao longo do ano, a umidade relativa média do ar no período de 2008 a 2023 foi de aproximadamente 73%, apresentando pequena oscilação, com valores mais elevados nos meses de novembro a maio, meses em que ocorrem os maiores índices pluviométricos, e mínimos entre junho e outubro, quando se observa uma amplitude diária mais acentuada (Figura 2.9).



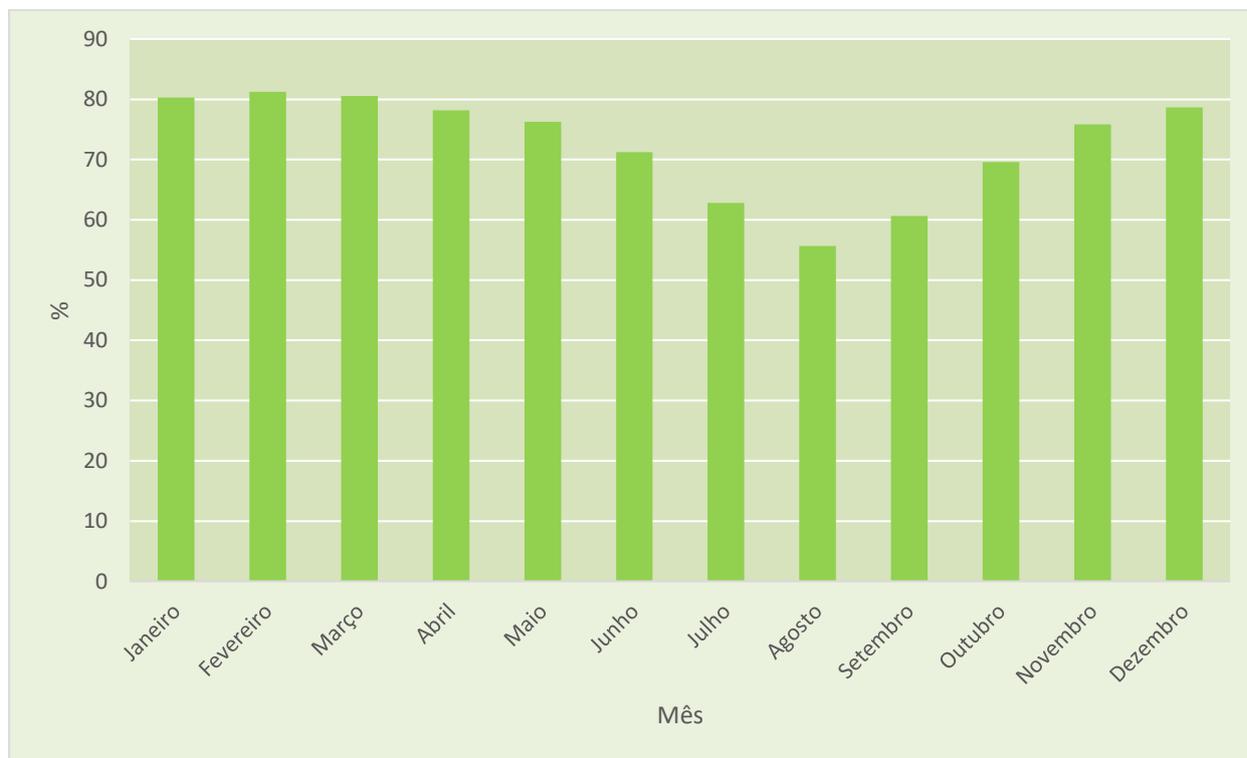
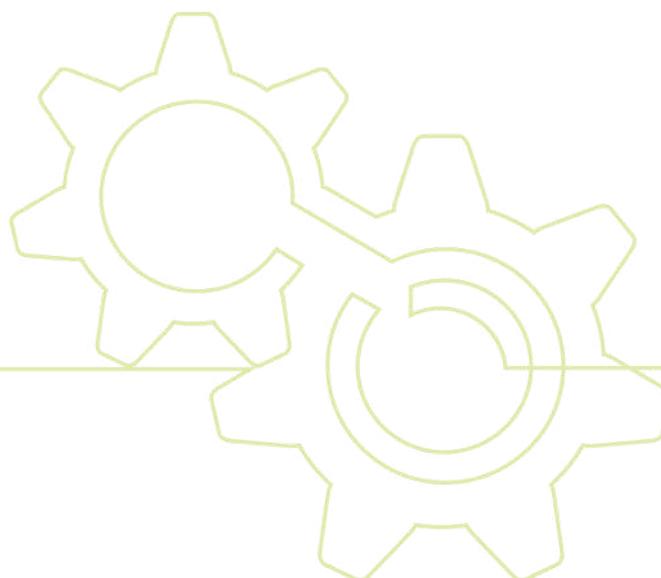


Figura 2.9: Gráfico da umidade relativa para os anos de 2008 a 2023.

Fonte: INMET. Estação: (A939 – Cacoal).

Ao analisar os dados médios anuais da umidade relativa do ar entre 2008 e 2020, é possível observar uma leve tendência de crescimento da umidade relativa. A linha de tendência expressa na Figura 2.10 fornece uma melhor visão desse crescimento. Os valores elevados de umidade relativa obtidos estão de acordo com o esperado para o clima equatorial, na qual a região da PCH Rondon I está inserida.



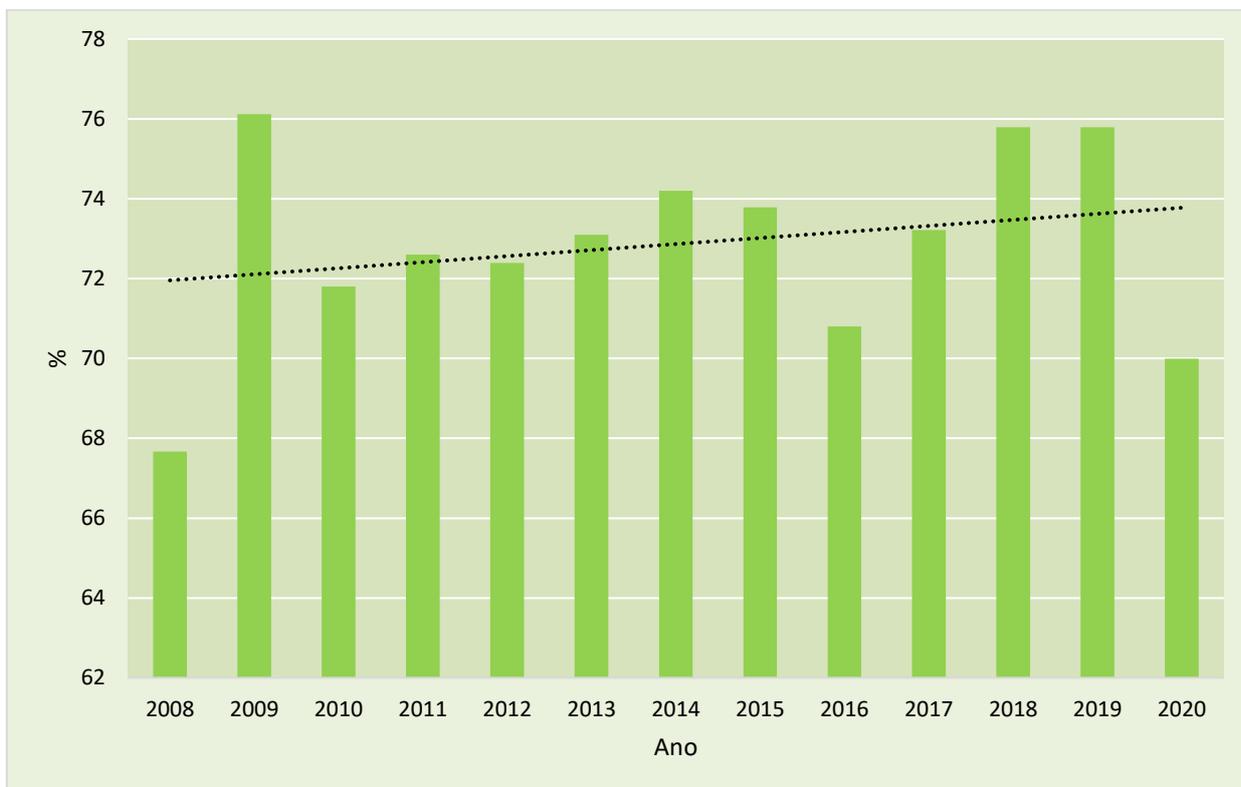


Figura 2.10: Média anual da umidade relativa para os anos de 2008 a 2020.

Fonte: INMET. Estação: (A939 – Cacoal).

## 2.2 GEOMORFOLOGIA

Em termos geomorfológicos, o estado de Rondônia se caracteriza por extenso domínio de terrenos de cotas modestas, que se estabeleceram sobre um cenário geológico que passou por diversos eventos tectônicos, de diversas idades, que passaram por longos e elaborados períodos de aplainamento generalizado.

Superfícies que se encontram hoje invariavelmente posicionadas em cotas entre 100 e 300 m de altitude, resultando num conjunto de terrenos dissecados em relevos residuais, modelados sobre o embasamento ígneo-metamórfico de idade paleoproterozoica a mesoproterozoica, e planaltos elevados em coberturas sedimentares plataformais de idade mesoproterozoica a cretácea, com destaque para a Chapada dos Pacaás Novos, com altitudes que superam 1.000 m, e a Chapada dos Parecis, sustentando cotas de até 600 m.

Em face disso, Rondônia encontra-se praticamente enquadrado no Domínio Morfoclimático das Terras Baixas Equatoriais da Amazônia (Ab'Saber - 1967, 1969).

No extremo sul-sudeste, região onde se encontra inserido o sítio da PCH Rondon I, mais especificamente nas imediações da cidade de Vilhena, tem-se também o Domínio Morfoclimático dos Chapadões Semiúmidos, recobertos por “Cerrados”.

Devido ao clima quente e úmido, desenvolvem-se, em geral, solos muito espessos e lixiviados, com baixa fertilidade natural, em ambiente de intenso intemperismo químico.

### 2.2.1.1 Domínios Morfoestruturais

Em termos regionais o estado de Rondônia encontra-se subdividido em nove domínios, assim denominados (Geodiversidade do Estado de Rondônia, CPRM, 2007), (Figura 2.11):

1. Planície Fluvial dos Rios Madeira-Mamoré-Guaporé;
2. Depressão do Rio Guaporé;
3. Tabuleiros da Amazônia Centro-Occidental;
4. Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia;
5. Planaltos Dissecados do Sul da Amazônia;
6. Planaltos Sedimentares do Sul da Amazônia
7. Planalto dos Rios Roosevelt-Aripuanã;
8. Depressão de Pimenta Bueno; e
9. Planalto e Chapada dos Parecis

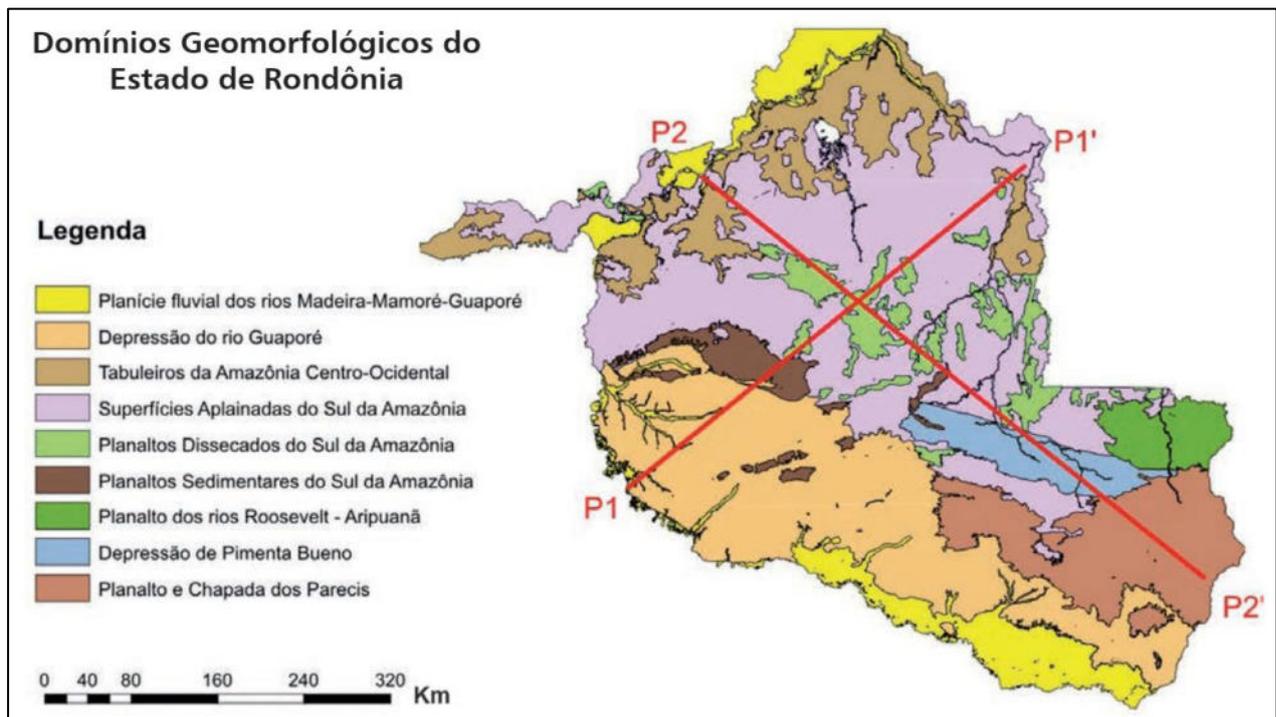


Figura 2.11: Representação esquemática do relevo regional do estado de Rondônia (Adaptado de CPRM, 1999).

A região da bacia dos rios Pimenta Bueno e Comemoração, no sudeste do estado encontra-se, por sua vez, inserida nos domínios da Depressão de Pimenta Bueno e do Planalto dos Parecis.

Segundo a denominação proposta por IBGE (Estado de Rondônia – Geomorfologia – Mapa 1:1.000.000, 1995), a Depressão Pimenta Bueno consiste em superfícies aplainadas, em relevo

de colinas amplas e suaves, de cotas baixas que variam entre 150 e 250 m, que resultam do preenchimento sedimentar e posterior reafeiçoamento de um antigo graben, estreito e alongado, de idade paleozoica.

O Planalto dos Parecis, também conforme a denominação dada por IBGE (1995), representa um conjunto de formas de relevo dispostas em superfícies tabulares, ou localmente dissecadas em colinas (com desnivelamentos locais inferiores a 50 m), porém subdivididas em patamares litoestruturais, posicionadas em cotas altimétricas que variam entre 300 e 600 m.

As cotas mais altas (600 m) no interior do Planalto dos Parecis são identificadas com a denominação de Chapada dos Parecis (CPRM, 1999), ocupando esparsos platôs de relevo plano sustentados por couraças detrito-lateríticas, representando uma superfície cimeira regional.

Na Figura 2.12 a seguir se tem a representação esquemática do relevo regional entre as cidades de Porto Velho, no extremo noroeste do estado, e Vilhena, no extremo sudeste, com destaque para as cotas mais altas pouco acima dos 600 m na região da Chapada dos Parecis.

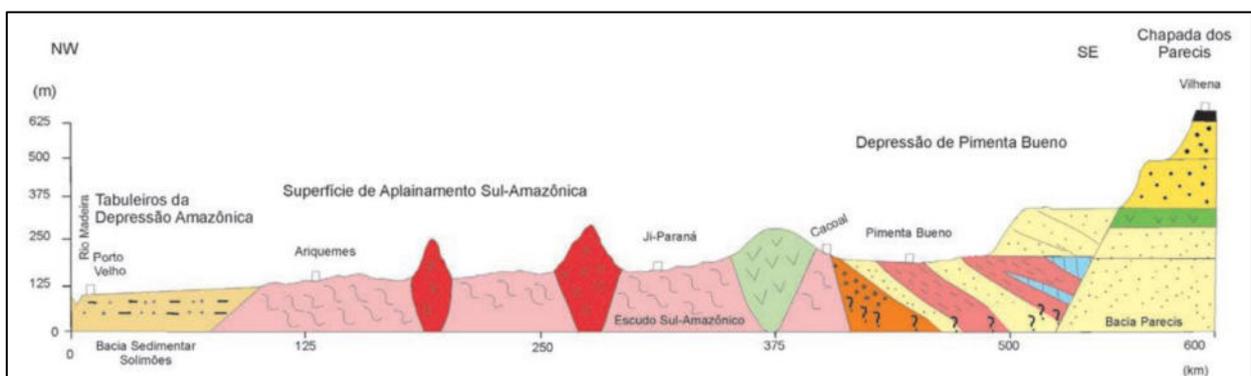


Figura 2.12: Perfil esquemático P2-P2' indicado na figura 2.1 anterior (Adaptado de CPRM, 1999).

## 2.2.2 Geomorfologia na AII

A região que compreende a Área de Influência Indireta da PCH Rondon I corresponde ao alto curso da bacia do rio Ji-Paraná, drenada pelos seus formadores principais: rios Pimenta Bueno e rio Comemoração. O Planalto dos Parecis domina essa AII se encontrando sustentado por sequência de rochas sedimentares paleozoicas da Bacía Sedimentar Pimenta Bueno (Fm Cacoal, Pimenta Bueno e Faz. Casa Branca), seguida na região das cabeceiras das rochas sedimentares de idade mesozoica (Fm Botucatu, Parecis e Anari).

O Planalto dos Parecis se conecta à Depressão de Pimenta Bueno por meio de um degrau litoestrutural na altura da cota 190 m, marcado pelo contato entre afloramentos de arenitos e conglomerados, de idade Permo Carbonífera, da Formação Pimenta Bueno (PCpb), e os arenitos de idade Permiana da Formação Fazenda Casa Branca (Pcb), conforme o Mapa Geomorfológico da área do empreendimento (IBGE, 2006) (Figura 2.13).

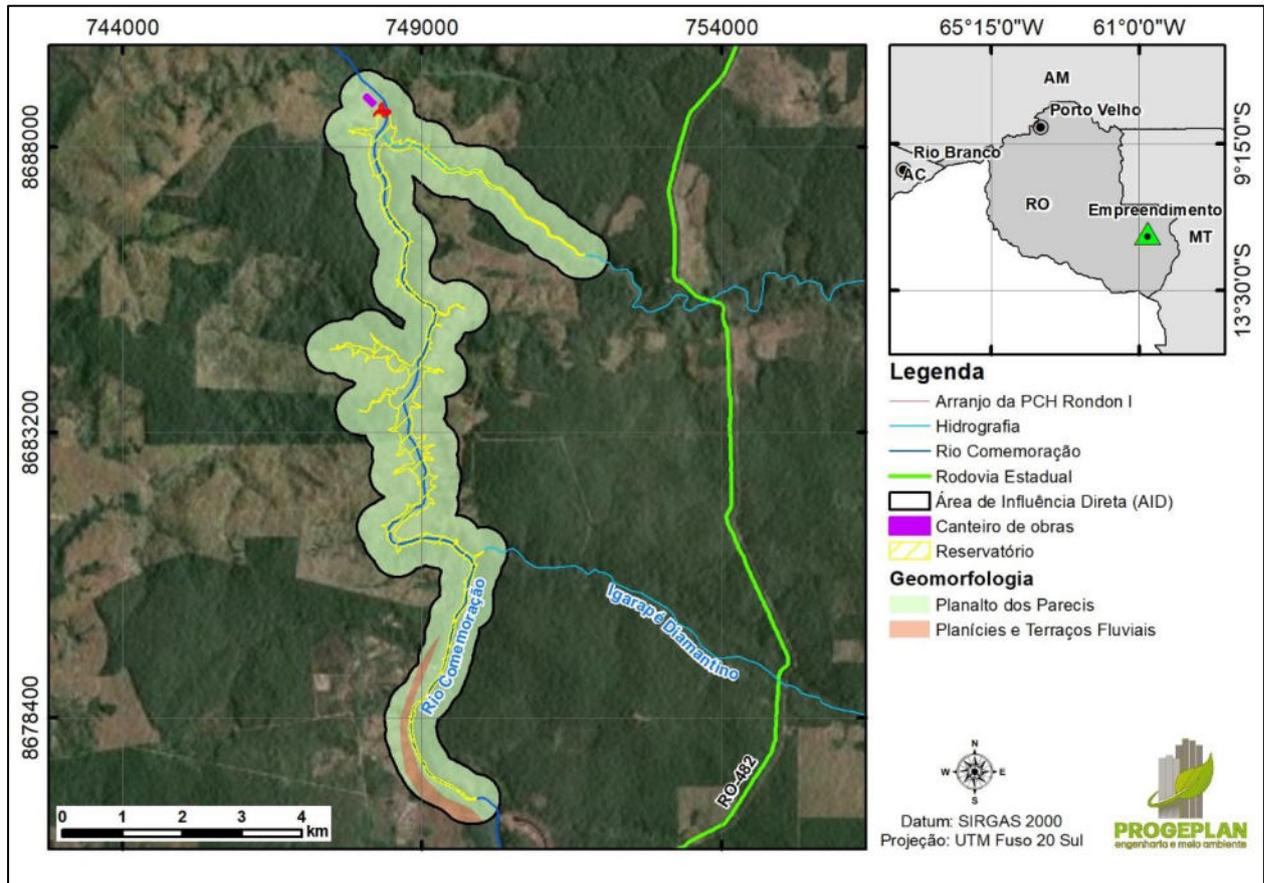


Figura 2.13: Unidades geomorfológicas da área da PCH Rondon I.

Todavia, segundo CPRM (2010), um segundo degrau litoestrutural ocorre entre as cotas 300 e 450 m de altitude, nos domínios do Planalto dos Parecis, no contato entre os arenitos ortoquartzíticos da Formação Rio Ávila e os arenitos com intercalações de argilitos da Formação Utiariti.

Um terceiro degrau também é reconhecido, posicionado entre as cotas 530 e 600 m nos limites do Planalto dos Parecis com a Chapada dos Parecis, no contato entre os arenitos da Formação Utiariti e os perfis lateríticos de idade neógena do topo da chapada. Na Figura 2.14 se observa a diferença entre o relevo dissecado do Planalto dos Parecis com as superfícies tabulares do topo da Chapada dos Parecis.

A PCH Rondon I encontra-se posicionada na região do primeiro degrau litoestrutural, na altura da cota 200 m.



Figura 2.14: Colinas do Planalto dos Parecis e Chapada dos Parecis.  
(Adaptado de CPRM, 2010).

Basicamente, a área de influência indireta compreende diversas regiões geomorfológicas, sendo elas: Planalto dos Parecis, Depressão do Madeira – Ji Paraná, Planalto Dissecado do Roosevelt – Aripuanã, Corpo d’água Continental e Planícies e Terras Fluviais, conforme expresso na Figura 2.15.

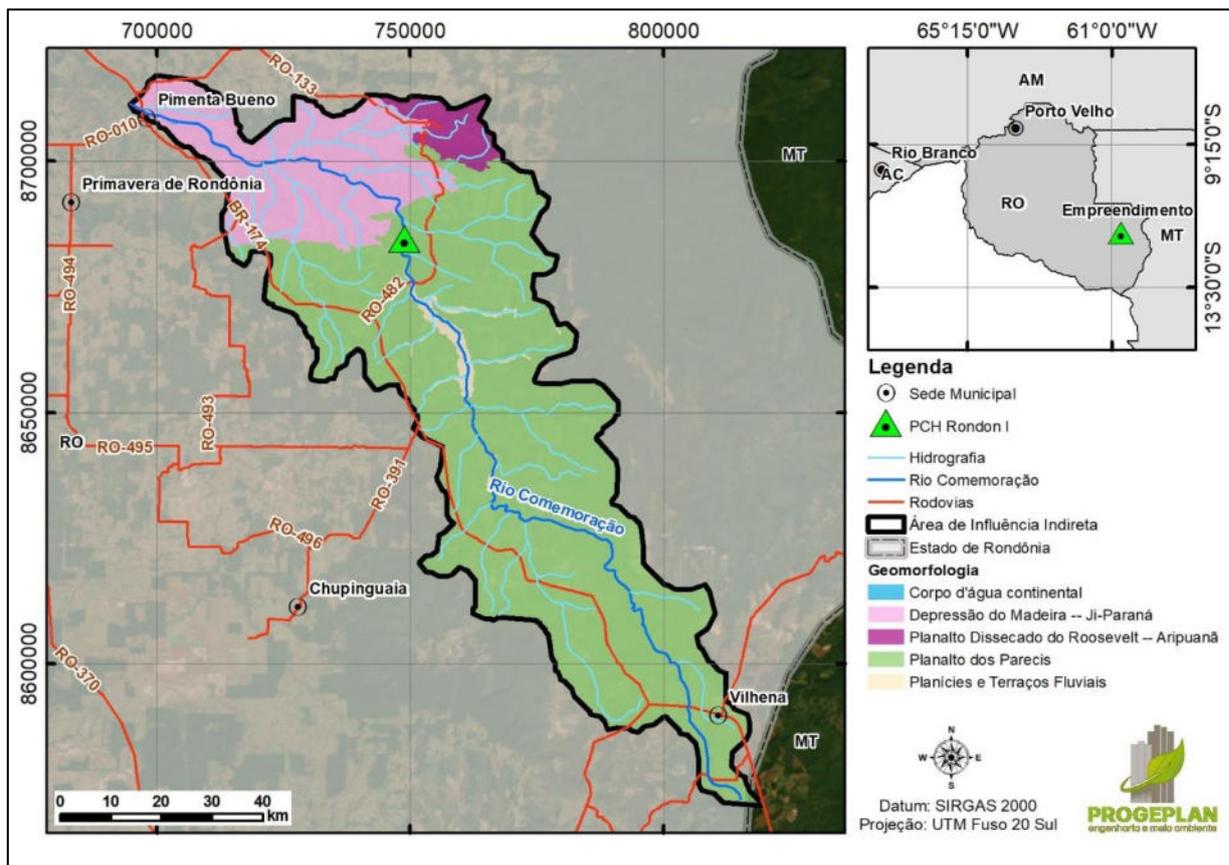


Figura 2.15: Unidades geomorfológicas presentes na AII da PCH Rondon I.

### 2.2.3 Geomorfologia na AID

A Área de Influência Direta da PCH Rondon I compreende o vale do rio Comemoração, pouco acima da confluência do Igarapé Francisco Bueno, a partir da ponte, até o remanso da PCH Rondon I.

A área de influência direta compreende duas regiões geomorfológicas distintas, sendo o Planalto dos Parecis e Planícies e Terraços Fluviais, conforme descrito na Figura 2.16.

Nessa área, o rio Comemoração e seus dois afluentes, Igarapé Francisco Bueno e Igarapé Diamantino, predomina a unidade 151Af, conforme o Mapa Geomorfológico do Estado de Rondônia, IBGE (2006), que representa um tipo específico de modelado de acumulação.

Corresponde, portanto, a uma Planície Fluvial, área plana que resulta da acumulação de sedimentos trazidos pelas inundações periódicas, e se enquadram como ambiente de várzea. Os materiais depositados correspondem ao “preenchimento aluvial holocênico”, correspondendo, em termos de Domínios Morfoestruturais, aos depósitos sedimentares Quaternários.

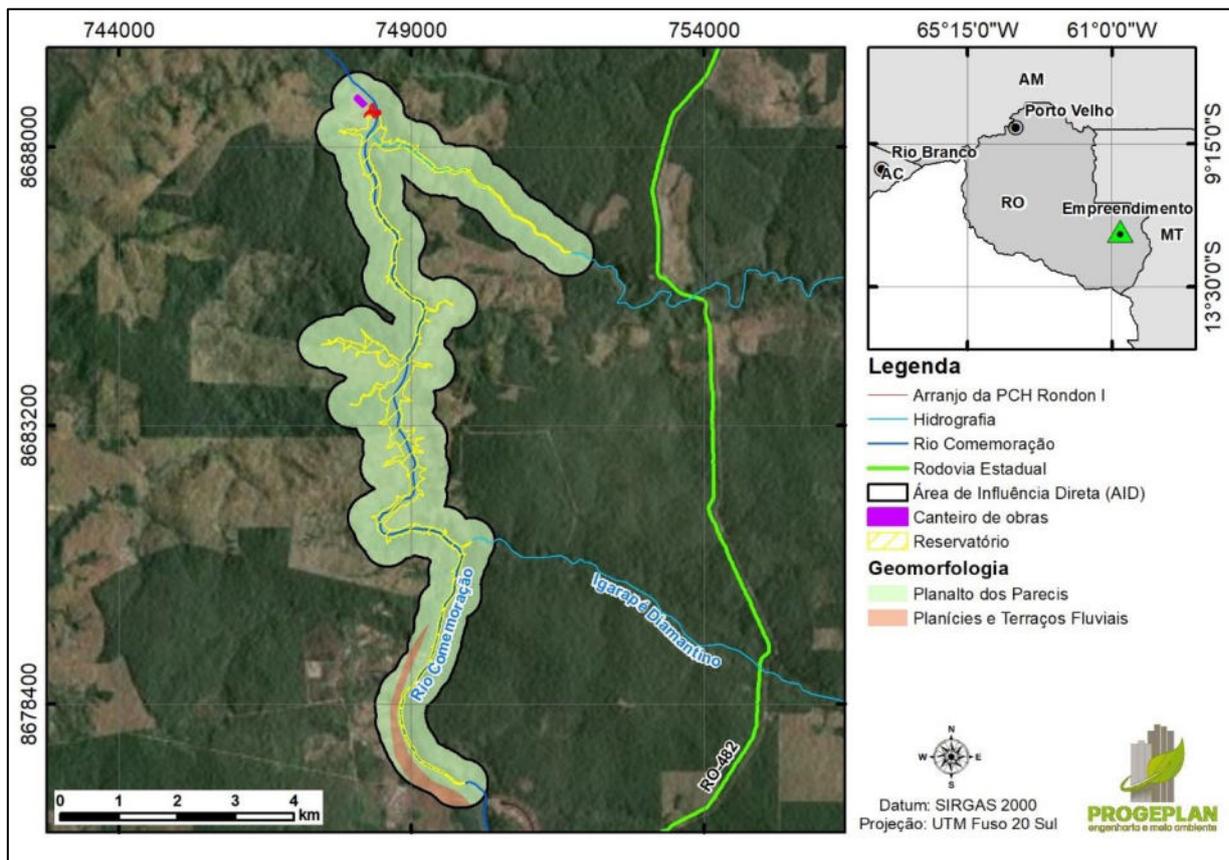


Figura 2.16: Unidades geomorfológicas presentes na AID da PCH Rondon I.

### 2.2.4 Geomorfologia da ADA

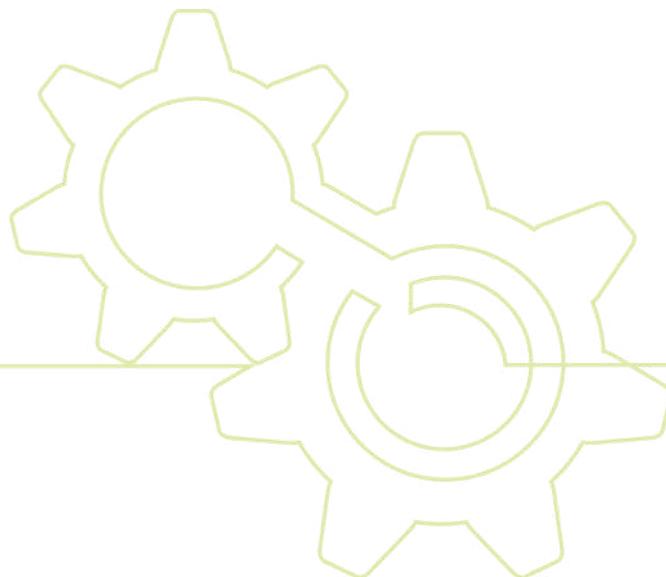
Como posteriormente será citado no item referente à Geologia da ADA (item 2.3.3), o vale do rio Comemoração (Figura 2.22), na posição onde se insere o eixo da alternativa indicada no

desenvolvimento do Projeto Básico da PCH Rondon I, configura-se de forma assimétrica, com o talvegue da lateral direita com inclinação mais acentuada, enquanto o talvegue da lateral esquerda se apresenta com inclinação mais abatida, submetido ao controle estrutural dado pelos estratos (Siltitos e Arenitos) da Formação Fazenda Casa Branca (Pcb).

Os talvegues, tanto direito quanto esquerdo, são sustentados por coberturas de origem coluvionar, do tipo “Argila Arenosa com detritos vegetais” que se contatam de forma interdigitada com “Areias Finas e com detritos vegetais” da Planície Fluvial do rio Comemoração.

### **2.3 GEOLOGIA E GEOTECNIA**

A PCH Rondon I fica situada na bacia do rio Comemoração, que corre sobre os sedimentos do chamado Grupo Primavera (Paleozóico), constituído das Formações Cacoal (Siluro Devoniana SDc), Formação Pimenta Bueno (Permo Carbonífero – PCpb) e Formação Fazenda Casa Branca (Permiano Pcb).



BACIAS SEDIMENTARES / SEDIMENTARY BASINS			
IDADE (Ma) AGE (Ma)		BACIA DE RONDÔNIA RONDÔNIA BASIN	BACIA DOS PARECIS PARECIS BASIN
MESOZOICO MESOZOIC	Cretáceo Cretaceous		Formação Botucatu Botucatu Formation Kb ↓ Formação Anari Anari Formation Ka Kp
	Jurássico / Triássico Jurassic/ Triassic	- 135 -	
PALEOZOICO PALEOZOIC	Permiano Permian	250	Formação Faz. da Casa Branca Faz. da Casa Branca Formation Pcb
	Carbonífero Carboniferous	- 290 -	Formação Pimenta Buena Pimenta Buena Formation PCpb
	Siluriano / Devoniano Silurian / Devonian	- 355 -	Formação Cacoal Cacoal Formation SDc
		570	
NEOPROTEROZOICO NEOPROTEROZOIC			
		Graben São Lourenço São Lourenço Graben MNp1	Graben Pacaás- Novos Pacaás-Novos Graben MNp2
			Graben Uopianes Uopianes Graben MNp3
			Formação Prosperança Prosperança Formation MNpr
MESO-PROTEROZOICO MESO-PROTEROZOIC		1.000	

Figura 2.17: Estratigrafia das Bacias Sedimentares do Estado de Rondônia (Adaptado de CPRM, 1999).

O rio Comemoração é um dos formadores do rio Ji-paraná junto com o rio Pimenta Bueno, cujas nascentes encontram-se na região do município de Vilhena (RO), sustentadas pelos arenitos Cretácicos das Formações Parecis (Kp) e Botucatu (Kb).

De suas nascentes até sua confluência com o rio Pimenta Bueno, o rio Comemoração percorre cerca de 230 km, passando por trechos meandrados, de muito baixa declividade e por trechos de fluxo corrente mais dinâmico, certamente definido por uma declividade pouco mais acentuada no terreno. O local da PCH Rondon I corresponde, aproximadamente, ao km 160 do rio Comemoração.

### 2.3.1 Geologia na AI

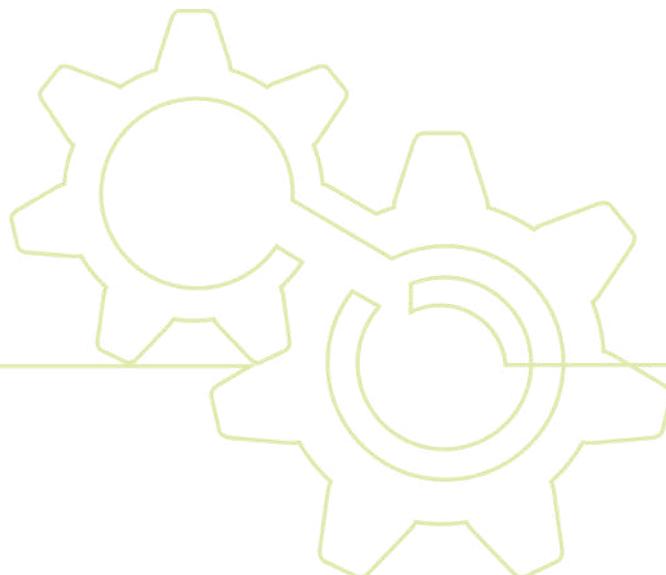
Do ponto de vista da geologia da Área de Influência Indireta (AI), a PCH Rondon I encontra-se inserida na Bacia dos Parecis, mais especificamente sobre os sedimentos da Formação Faz. Casa Branca (Permiano - Pcb) e Formação Pimenta Bueno (Permo Carbonífero - PCpb).

Conforme indicado no Mapa Geológico do Estado de Rondônia (CPRM, 1999), a Bacia dos Parecis ocupa uma extensa Fossa Tectônica, com cerca de 500.000 km<sup>2</sup>, entre o sudeste do estado de Rondônia e o Noroeste do estado do Mato Grosso, sendo que no estado de Rondônia a bacia é formada por dois grabens: Pimenta Bueno (norte) e Colorado (Sul) (Figura 2.18).

A Formação Faz. Casa Branca é o último ciclo deposicional verificado sobre essa bacia e atua como elemento de ligação entre esses dois grabens.

A unidade (Pcb) é constituída por conglomerados, grauvacas, arenitos, argilitos e folhelhos que completa o enchimento da borda sudeste da Fossa Tectônica de Rondônia.

Seu contato inferior se dá com os sedimentos da Formação Pimenta Bueno (Permo Carbonífero – PCpb), e lateralmente seu contato se dá com rochas do embasamento, chegando aos 200 m de espessura no centro da bacia.



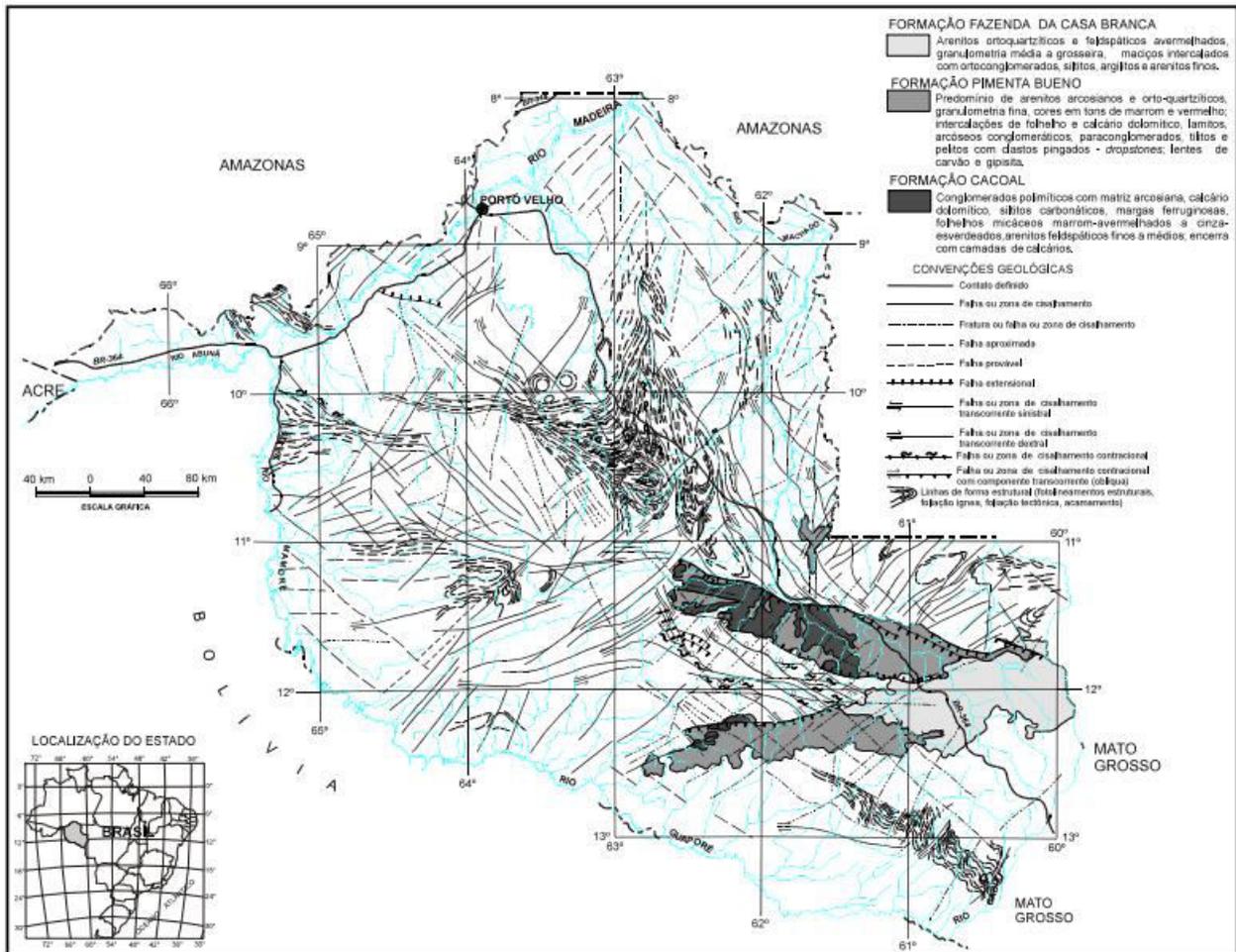
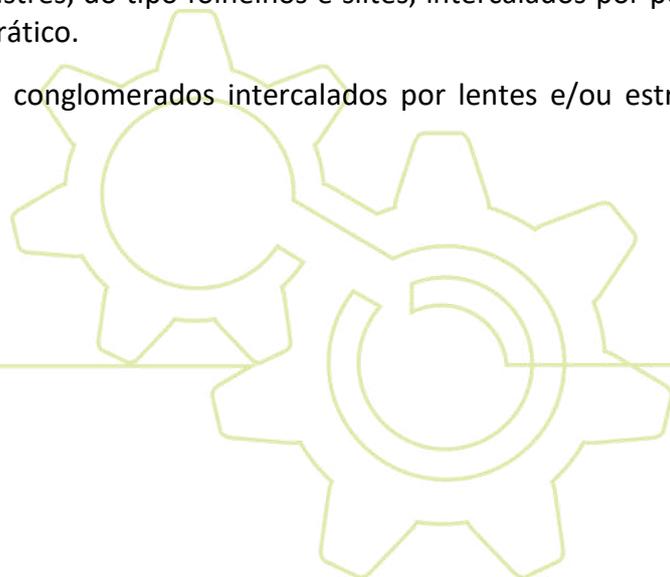


Figura 2.18: Detalhe da distribuição das unidades que compõe os Grabens Pimenta Bueno e Colorado no sudeste do estado de Rondônia (Adaptado de CPRM, 1999).

Na Figura 2.19 se tem a sequência das litologias que constituem a Formação Faz. Casa Branca, onde os arenitos se mostram predominantes, com intervalos constituído de material mais fino, de origem flúvio-glacial e glácio lacustres, do tipo folhelhos e siltes, intercalados por pequenas lentes de material do tipo conglomerático.

Já na base há espessos pacotes de conglomerados intercalados por lentes e/ou estratos de arenito arcósio maciço.



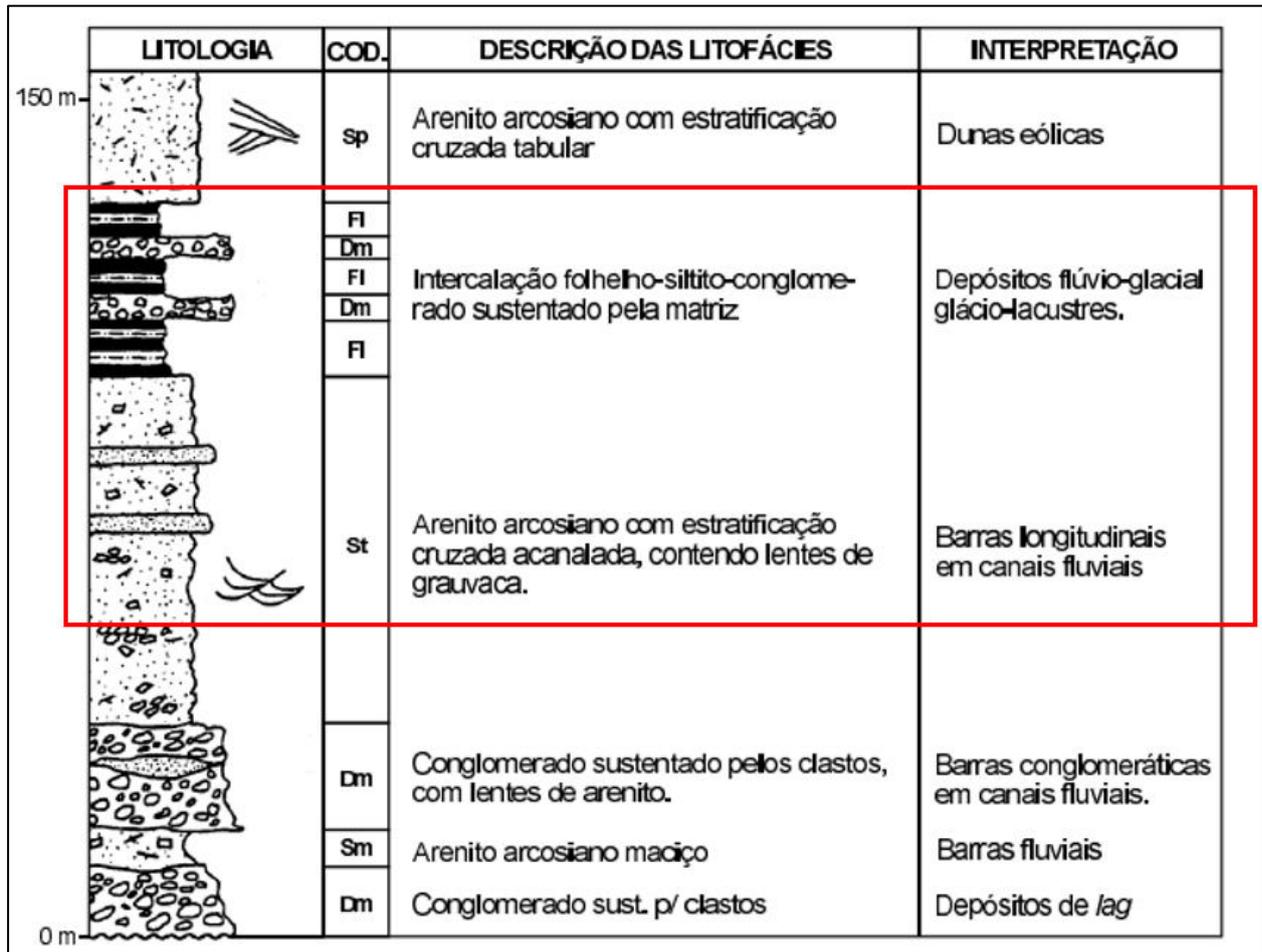


Figura 2.19: Coluna estratigráfica indicando a sucessão de sedimentos que constituem a Formação Faz. Casa Branca (Adaptado de CPRM, 1999).

Na Figura 2.20 a tem-se um corte em arenitos micáceos e/ou feldspáticos, de granulometria de fina a grossa e estratificação plano-paralela de ambiente fluvial entrelaçado. Intercalações restritas de siltitos e folhelhos milimetricamente laminados são observadas entre os arenitos.

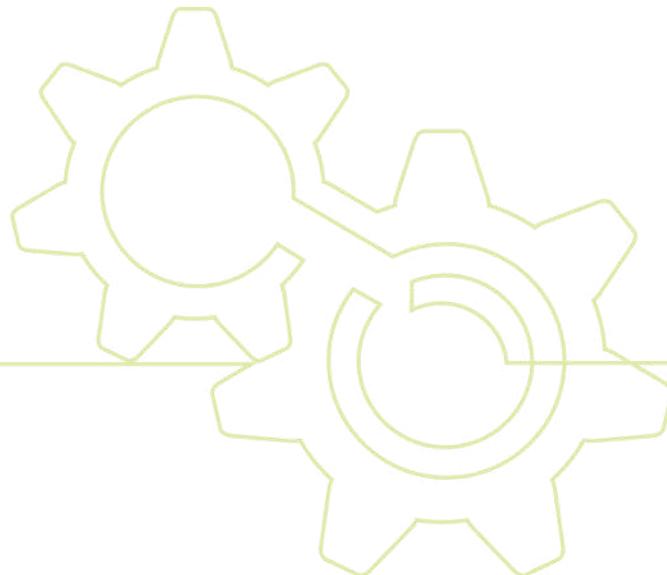




Figura 2.20: Estratificação plano-paralela de arenitos da formação Fazenda Casa Branca, UHE Rondon II.

(Adaptado de CPRM, 1999).

Recobrimo os sedimentos das Formações Pimenta Bueno e Faz. Casa Branca ocorrem os gabros, diabásios e basaltos da Formação Anari (Cretáceo - Ka), constituindo ampla soleira com grande variação vertical e lateral, além da presença de “pipes” kimberlíticos (ki) associados aos falhamentos profundos do embasamento que afetaram os sedimentos da Bacia dos Parecis.

A Formação Anari não ocorre na bacia do rio Comemoração. Ocorre somente a oeste, nas cabeceiras dos formadores do rio Pimenta Bueno.

Na sequência se tem os arenitos feldspáticos da Formação Botucatu (Cretáceo – Kb), vermelhos e amarelados, de granulometria fina a média, subarredondados a arredondados, bem classificados, apresentando estratificação cruzada de alta escala; e acima da Formação Botucatu, tem-se os siltitos e argilitos laminados da Formação Parecis (Cretáceo – Kp), intercalados com arenito de granulometria fina a média, branco a róseo-avermelhados, arroxeados ou amarelos.

No topo da Chapada dos Parecis estão posicionadas as Coberturas Cenozoicas Continentais que reúne os depósitos Terciários e Quaternários continentais, como os Lateritos Imaturos (TQli), e ao longo das calhas dos rios Pimenta Bueno e Comemoração os Terraços Fluviais (QHt).

Conforme visto, a área de influência indireta apresenta diversas formações geológicas, sendo, portanto, ilustradas na Figura 2.21.

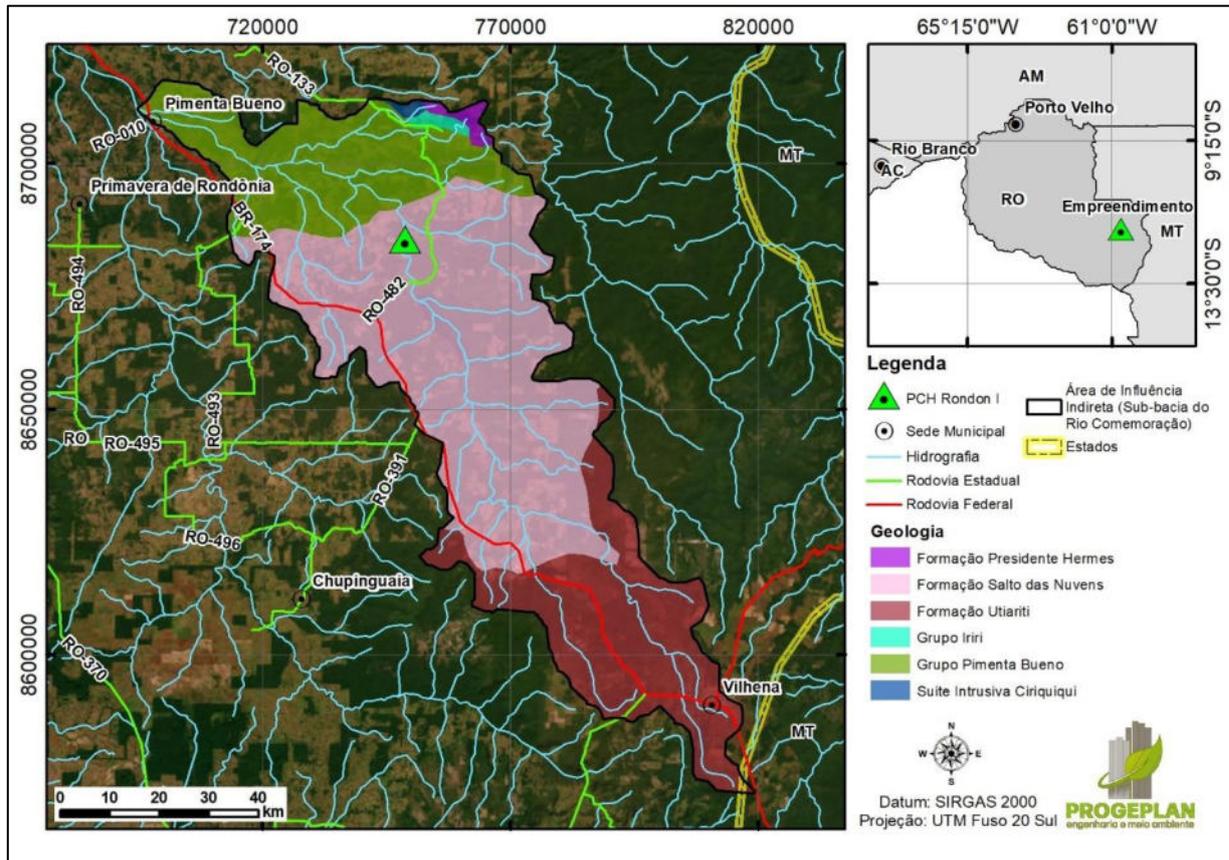


Figura 2.21: Formações geológicas presentes na AII da PCH Rondon I.

### 2.3.2 Geologia na AID

A Área de Influência Direta (AID) da PCH Rondon I compreende o vale do rio Comemoração, pouco acima da confluência do Igarapé Francisco Bueno, a partir da ponte, até o remanso da PCH Rondon I.

Nessa área, o rio Comemoração e seus dois afluentes, Igarapé Francisco Bueno e Igarapé Diamantino, correm sobre as litologias que constituem a Formação Faz. Casa Branca, onde os arenitos se mostram predominantes, com intervalos constituído de material mais fino, de origem flúvio-glacial e glácio lacustres, do tipo folhelhos e siltes, intercalados por pequenas lentes de material do tipo conglomerático (Figura 2.18), cujas características estão descritas no item 2.3.1.

### 2.3.3 Geologia e Geotecnia da ADA

Conforme se observa na Figura 2.22, o vale do rio Comemoração, na posição onde se insere o eixo da alternativa indicada para o presente Projeto Básico, tem uma forma assimétrica, com o talvegue da lateral direita com inclinação mais acentuada, enquanto o talvegue da lateral esquerda se apresenta com inclinação mais abatida. Esta configuração decorre do controle estrutural dado pelos estratos da Formação Fazenda Casa Branca (Pcb).

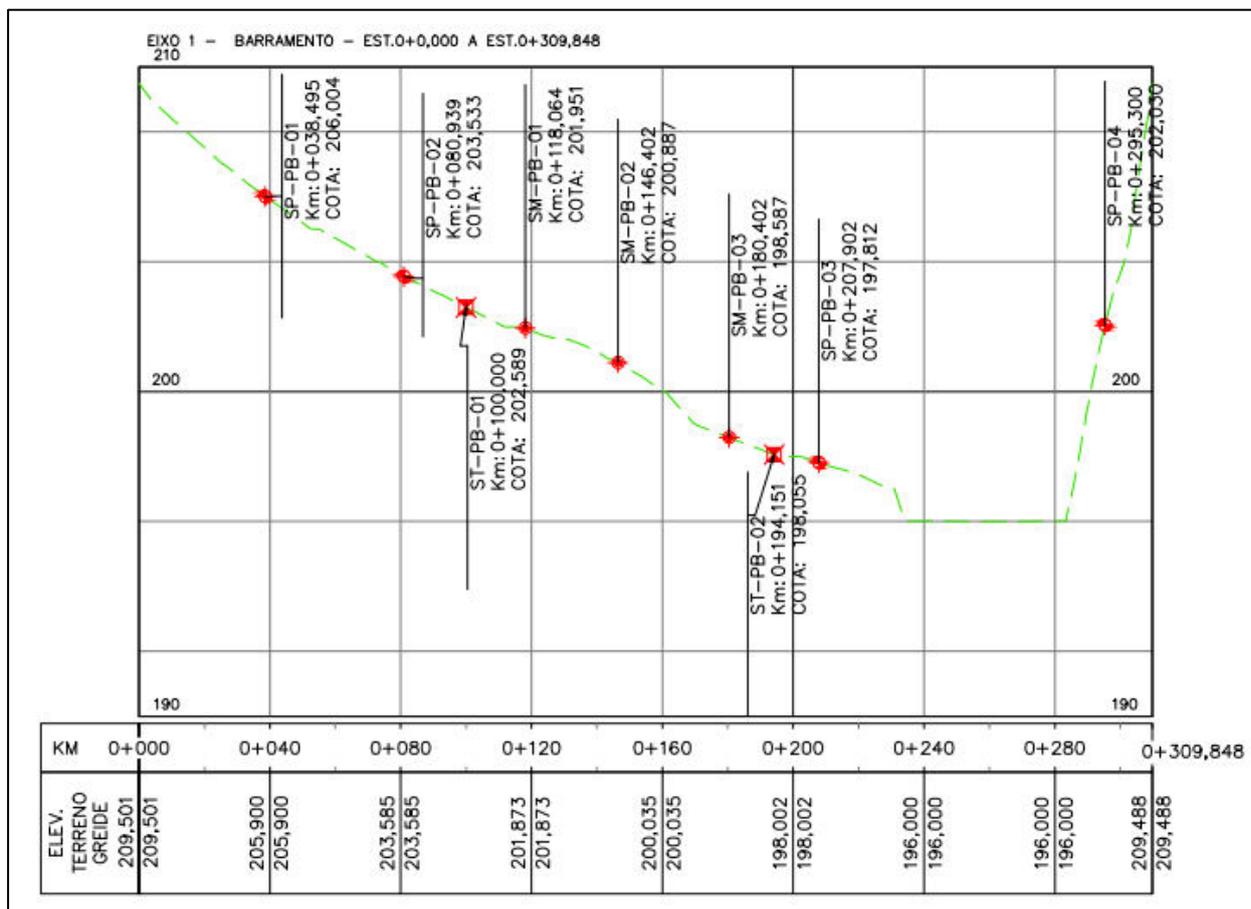


Figura 2.22: Perfil longitudinal sobre o eixo do barramento da PCH Rondon I, do Plano de Investigações.

Ao longo do eixo do barramento foram identificados materiais de alteração (solo), do tipo areia fina e argilas arenosas, nos horizontes superficiais, se sobrepondo aos materiais remanescentes da Formação Fazenda Casa Branca, na sequência: conglomerados polimíticos intercalados com folhelhos e siltitos, sobre os arenitos arcossianos da porção mediana da sequência deposicional (Figura 2.19).

Logo abaixo dos conglomerados, que aparecem interdigitados com siltito alterado, se tem o horizonte rochoso no entorno da cota 192,0 m (conforme dados da campanha de investigação) representado pelo Filito alterado, que tem contato concordante com Folhelho (segundo a coluna estratigráfica da Figura 2.19).

Conforme se observa na Figura 2.22, o vale do rio Comemoração, na posição onde se insere o eixo da alternativa indicada para o presente Projeto Básico, tem uma forma assimétrica, com o talvegue da lateral direita com inclinação mais acentuada, enquanto o talvegue da lateral esquerda se apresenta com inclinação mais abatida. Esta configuração decorre do controle estrutural dado pelos estratos da Formação Fazenda Casa Branca (Pcb).

Nas sondagens realizadas ao longo do eixo foram identificados materiais de alteração (solo), do tipo areia fina e argilas arenosas, nos horizontes superficiais, se sobrepondo aos materiais remanescentes da Formação Fazenda Casa Branca, na sequência: conglomerados polimíticos

intercalados com folhelhos e siltitos, sobre os arenitos arcossianos da porção mediana da sequência deposicional (Figura 2.19).

Os perfis resultantes da interpretação das sondagens (*Standard Penetration Test* - SPT e Mistas), bem como os respectivos Log's de sondagem e resultados de ensaios de campo encontram-se no Anexo Investigações e Geotecnia.

Tendo em conta o arranjo em estudo a linha de escavação para o tratamento das fundações das estruturas (vertedouro, casa de força e barragem de concreto) deverá ficar na altura da cota 194,00 sobre o conglomerado polimítico da Fazenda Casa Branca.

Os ensaios de perda d'água realizados aparentemente demonstram um regime de fluxo laminar nesta cota do maciço da fundação (Conglomerado Polimítico), com perda d'água específica (PE) muito baixa (Valor Lugeon <1), sujeitos, entretanto, à percolação. A necessidade de tratamento do maciço, todavia, deverá ser objeto de investigação na fase seguinte ao Projeto Básico.

Logo abaixo do Conglomerado, que aparece interdigitado com siltito alterado, ou areia siltosa (segundo a sondagem SM-PB-01), se tem o horizonte rochoso no entorno da cota 192,0 m representado pelo Filito alterado (segundo a coluna estratigráfica da Figura 2.19), que tem contato concordante com Xisto Pouco alterado (segundo as sondagens mistas), ou Folhelho (segundo a coluna estratigráfica da Figura 2.19).

O grau de fraturamento das unidades Filito e Folhelho não é indicado nos respectivos Logs, mas se apresentam como material alterado na categoria A2 e coerência variando entre C1 e C2. A recuperação foi, entretanto, muito baixa, não sendo possível avaliar o RQD antes dos 13 a 14 metros de perfuração.

As sondagens à percussão encontraram o impenetrável entre os 6 e 7 metros de profundidade e nível freático variando entre 0,4 e 3,7 m de profundidade, e mesmo ausente nas imediações da ombreira esquerda (SP 01 e SP 02), (Tabela 2.1).

Tabela 2.1: Sondagens na PCH Rondon I – Indicação de profundidade impenetrável ao SPT e Nível Freático.

PCH Rondon I - Sondagens SPT		
Sondagem	Profundidade Impenetrável	NA
SPT 01	7,08	-
SPT 02	6,23	-
SPT 03	7,14	3,7
SPT 04	5,24	0,4
SPT 05	7,21	1,4
SPT 06	7,24	0,7
SPT 07	6,22	1,9
SM 01	2,45	3,3
SM 02	2,5	1,85
SM 03	3,5	2,2

No perfil principal, ao longo do eixo do barramento, se tem na margem direita (SP-PB-04) uma fina camada (0,50 m) de Argila arenosa sobre silte arenoso fino, com Índice de Resistência à Penetração do Solo - NSPT equivalente a 10 golpes até 4,0 m de profundidade.

Na margem esquerda predomina material do tipo Areia fina, pouco compacta a moderadamente compacta, com NSPT variando de 4 a 9 golpes. Ensaios de permeabilidade indicam se tratar de material de permeabilidade (k) baixa, da ordem  $10^{-6}$  cm/s (Tabela 2.2).

Tabela 2.2: Permeabilidade (k=cm/s) dos materiais de cobertura, no sítio da PCH Rondon I

Sondagem	Profundidade (m)	K (cm/s)
SP 01	2 a 3	$8,00 \times 10^{-6}$
	5 a 6	$2,36 \times 10^{-6}$
SP 02	2 a 3	$4,37 \times 10^{-6}$
	5 a 6	$2,36 \times 10^{-6}$
SP 03	2 a 3	$2,36 \times 10^{-6}$
	5 a 6	$1,67 \times 10^{-6}$
SP 04	2 a 3	$1,06 \times 10^{-5}$
	4 a 5	$1,45 \times 10^{-6}$
SP 05	4 a 5	$4,00 \times 10^{-6}$
	6 a 7	$1,69 \times 10^{-6}$
SP 06	4 a 5	$3,82 \times 10^{-6}$
	6 a 7	$1,04 \times 10^{-6}$
SP 07	2 a 3	$1,03 \times 10^{-5}$
	5 a 6	$4,55 \times 10^{-6}$

Os ensaios de laboratório foram realizados nas amostras recolhidas de dois furos a trado, sendo o furo ST-PB-01 situado na altura da estaca 100+00, na cota 202,6 e o furo ST-PB-02 situado na altura da estaca 194+15, na cota 198,05, portanto mais próximo da margem do rio Comemoração. A estaca 00+00 fica situada na extremidade oeste, na margem esquerda do eixo principal do barramento (Tabela 2.3).

Tabela 2.3: Classificação dos materiais das sondagens a trado no eixo do barramento da PCH Rondon I.

ST	Cota	NA	Profundidades		Classificação do Material
1	202,6	Não Encontrado	0	0,5	Argila com detritos vegetais, cor amarelo e marrom
			0,5	1,5	
			1,5	2,5	
2	198,05	Não Encontrado	0	1	Areia (fina), cinza escuro
			1	2	
			2	3	

Pela posição no perfil e pelas características dos materiais a sondagem ST-PB-01 corresponde a um solo coluvionar, originado da alteração dos materiais geológicos que constituem a

Formação Fazenda Casa Branca. E os materiais obtidos pela sondagem ST-PB-02, corresponde a um material do tipo aluvionar ou associado à formação de terraço aluvionar.

As amostras foram submetidas aos ensaios de caracterização, considerando:

- Análise Granulométrica por Peneiramento e Sedimentação;
- Limites de Atterberg;
- Compactação ao Proctor Normal;
- Limite de Contração;
- Índice Suporte Califórnia;
- Densidade “in situ” – Método Frasco de Areia; e
- Umidade Natural.

Amostras dos corpos de prova oriundos do ensaio de compactação foram submetidos ao ensaio de cisalhamento direto.

Um resumo do relatório da “Soil Solutions & Services” é apresentado na Figura 2.23.

REGIS TRO		AMOST RA	FURO	PROF.	W nat	ps	RESUMO				LIMITES				COMPAC		ENSAIOS DE CAMPO	
n <sup>o</sup>	n <sup>o</sup>	n <sup>o</sup>	m	%	g/cm <sup>3</sup>	Argila	Silte	Areia	Ped.	LC	LL	LP	IP	P <sub>d</sub> máx	Wót.	P <sub>d</sub> nat	Wnat	
						%	%	%	%	%	%	%	%	g/cm <sup>3</sup>	%	g/cm <sup>3</sup>	%	
2417/001	1			3,0	2,924	30	21	49	0	37	24	18	6	1,801	15,2	1,358	10,2	
2417/002	2			14,5	2,954	12	30	58	0	NC	NP	NP	NP	1,821	11,5	1,526	17,8	

OBS:

Figura 2.23: Quadro resumo dos ensaios de caracterização - Soil Solutions & Services.

De modo geral os materiais ensaiados apresentam características dos solos finos, do tipo siltes, de Índice de Plasticidade <4 (tipo ML, segundo ASTM, 1983), e argilas inorgânicas, pouco plásticas de índice de Plasticidade >6 (tipo CL, segundo ASTM, 1983). Segundo o sistema de classificação HRB (AASHTO, 1973) os materiais da sondagem ST-PB 01 se enquadram como do tipo A-2-4, enquanto o da ST-PB-02 se enquadra como A3.

Quanto às propriedades esperadas para os grupos representados nas tabelas de solos do Sistema Unificado de classificação de solos SUCS, tem-se a seguinte indicação (Tabela 2.4).

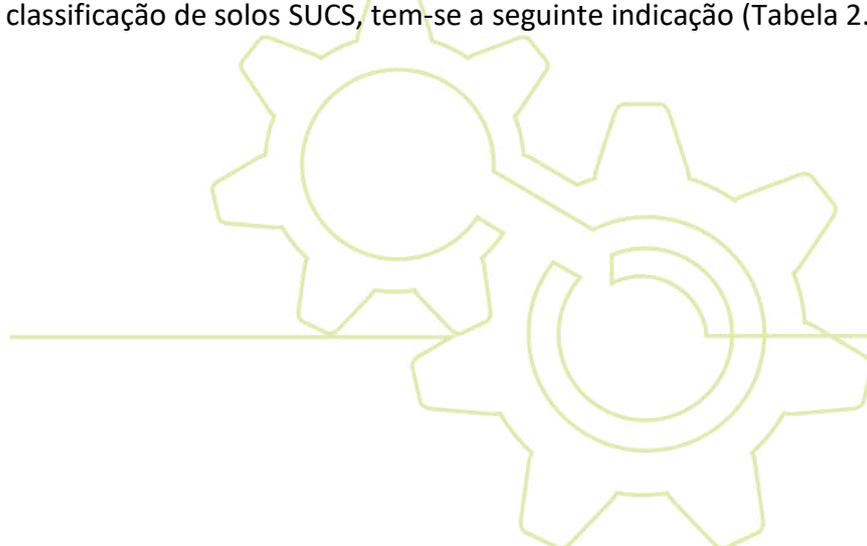


Tabela 2.4: Indicação de propriedades conforme tabela SUCS (ABGE, 1998).

Amostra	símbolo do Grupo	Trabalhabilidade como material de construção	Permeabilidade quando compactado	Resistência compactada e saturada	Compressibilidade compactada e saturada	Ymax (kg/m <sup>3</sup> )	Valor como fundação	características de drenagem
ST-PB-01	ML	Regular	Semiperm. a Perm.	Regular	Média	15,0 a 19,0	Muito má	Má
ST-PB-02	CL	Regular a boa	Impermeável	Regular	Média	15,0 a 19,0	Má a boa	Má

Os ensaios de Cisalhamento Direto corroboram a classificação encontrada para solos coesivos, com elevado ângulo de atrito interno, não expansivos. No Quadro a seguir são verificados os indicadores resultantes dos ensaios de cisalhamento utilizados, junto com os demais elementos coletados, que são empregados nos estudos de percolação e estabilidade da barragem (Tabela 2.5).

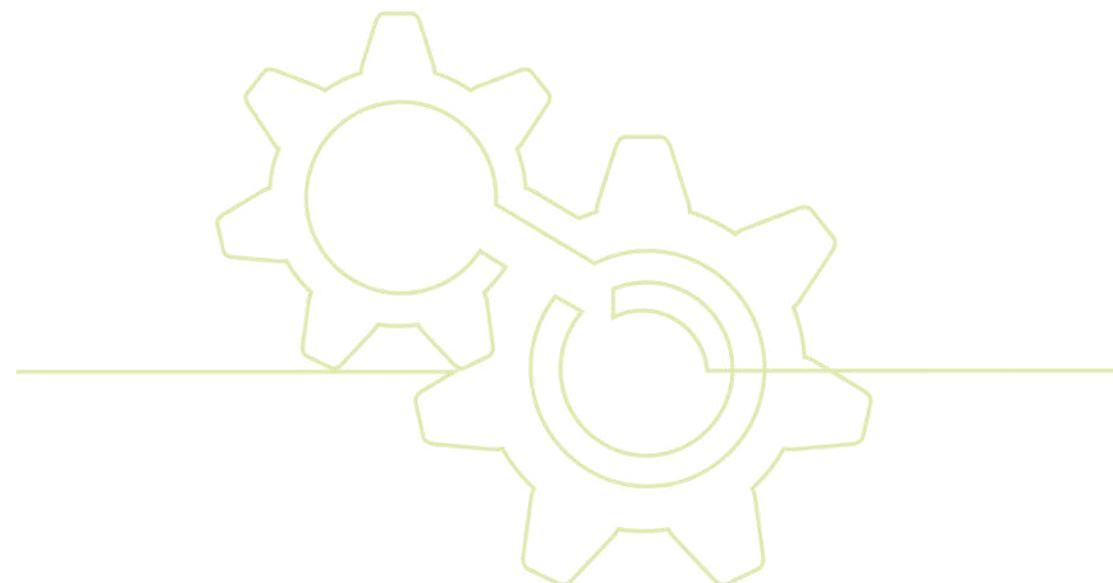


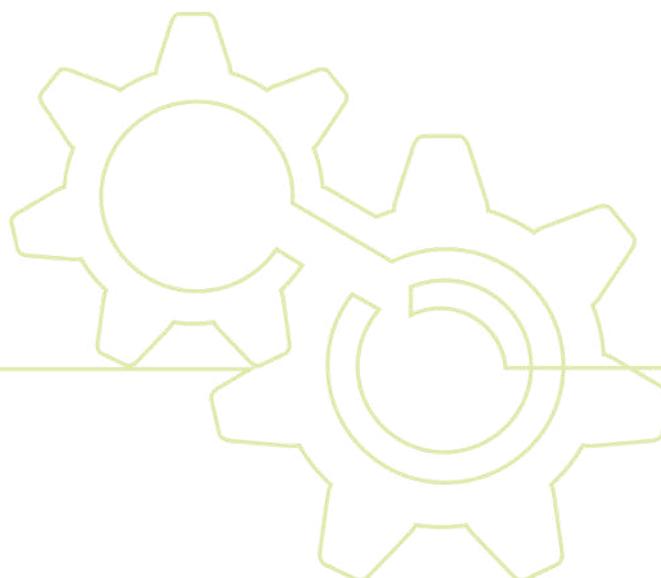
Tabela 2.5: Parâmetros de resistência dos solos da região do eixo da barragem da PCH Rondon I

Amostra ST - 01		Amostra ST - 02	
TENSÃO NORMAL (kPa)	Tensão Cisalhante Máxima (kPa)	TENSÃO NORMAL (kPa)	Tensão Cisalhante Máxima (kPa)
100	91,1	100	96
200	144,6	200	136,1
400	214,8	400	226,9
Coeficientes Obtidos			
Coesão – “C” (kPa)	58	Coesão – “C” (kPa)	53
Ângulo de Atrito - $\phi$ (°)	21	Ângulo de Atrito - $\phi$ (°)	23

### 2.3.4 Estruturais e Tectônicos Regionais

O estado de Rondônia, do ponto de vista geológico, encontra-se inserido na conhecida Província Tapajós (Conforme Almeida et. Al, 1977, citado em CPRM, 1999).

Ao longo dos anos, conforme se sucedem as pesquisas sobre dados cronológicos e estratigráficos da geologia da região amazônica, várias designações foram sendo auferidas a esse território, como Faixas Móveis Rondoniense, Cinturão Móvel Rio Negro-Juruena, Terrenos Greenstones, Província Colisional, etc. Entretanto, os diversos autores convergem para a necessidade de reinterpretação da massa de informações referentes ao significado geológico dessa imensa região (Figura 2.24).



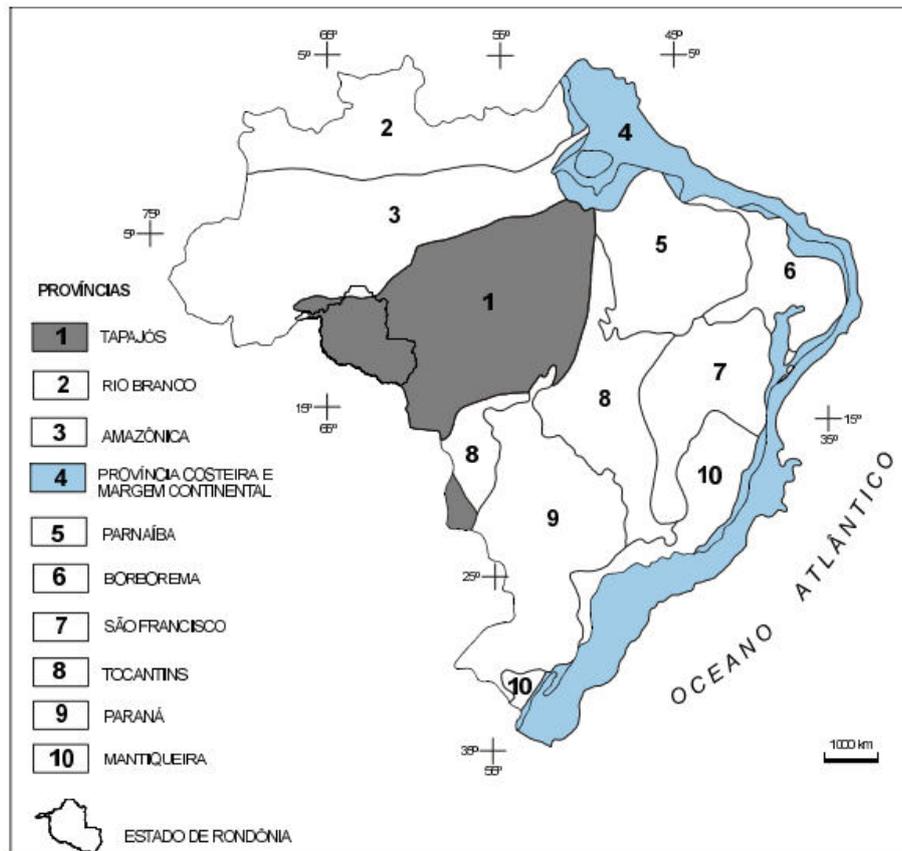


Figura 2.24: Províncias Estruturais do Brasil.  
(Adaptado de CPRM, 1999).

Considerando toda a informação reunida até o presente momento, foi possível a elaboração de um esboço tectono-estratigráfico aplicável ao estado de Rondônia que converge para um modelo do tipo “Cinturão Móvel” ou “Faixa Móvel”, dado aos registros de sucessivas reativações relacionadas aos episódios orogenéticos, na medida em que o período Pré-Cambriano transita em seus estágios finais.

Com esse modelo em mente, aplica-se atualmente a designação de “Faixa Orogênica Policíclica Guaporé” considerando a generalidade que o termo faculta, como “extensa zona tectônica que envolve um amplo segmento litosférico, palco de deformações policíclicas, relações metamórficas complexas, granitização, migmatização e retrabalhamento crustal, produto de uma evolução que segue processos superpostos no curso de um ou mais ciclos orogenéticos” (CPRM, 1999).

Contornando a Faixa Orogênica Policíclica Guaporé, encontram-se diversas bacias sedimentares Proterozóicas (Bacia Rondônia) e Paleozóicas (Bacia dos Parecis) que correspondem a estruturas do tipo “sinéclise”, protegidas por feições do tipo “grabens”, preenchidos por uma sedimentação fluvial diversa (Figura 2.25).

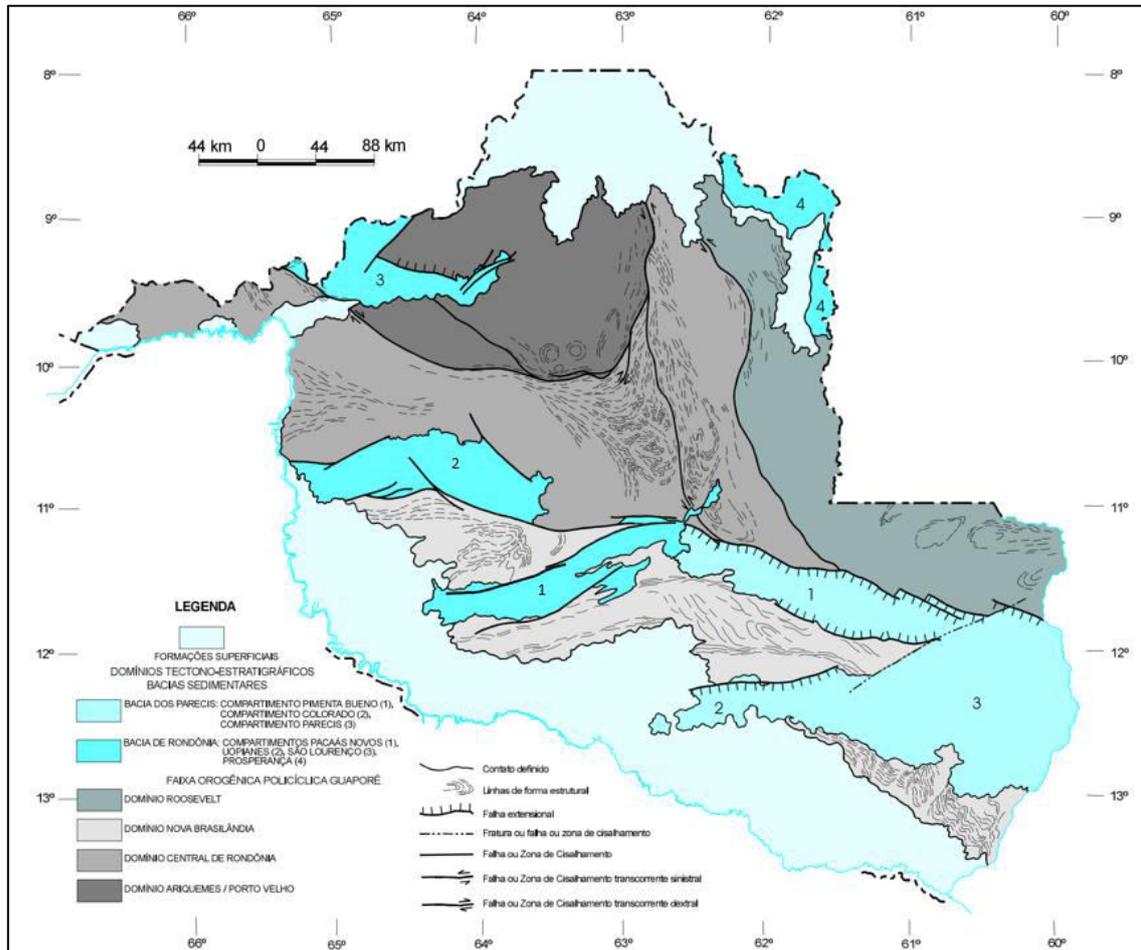


Figura 2.25: Esboço Tectono-estratigráfico do Estado de Rondônia.  
(Adaptado de CPRM, 1999).

A Bacia do Parecis constitui uma das principais bacias intracratônicas brasileiras, localizada na porção sudeste do estado de Rondônia e noroeste do estado do Mato Grosso, constituída basicamente de sedimentos siliciclásticos relacionados ao Paleozóico (Grupo Primavera, com as Formações Cacoal, Pimenta Bueno e Faz. Casa Branca) e ao Mesozóico (Formações Botucatu e Parecis).

Segundo CPRM (1999), a evolução da Bacia dos Parecis se apresenta em três estágios, decorridos entre o Paleozóico e o Mesozóico, onde, concomitantemente à sua abertura, se deu o preenchimento por material sedimentar, acompanhados, mais tarde, de derrames basálticos do tipo diques e soleiras de diabásio e chaminés kimberlíticas, já no período Juro-Cretáceo.

Inicialmente a formação da bacia principia com os movimentos tectônicos do Paleozóico, em dois estágios distintos, onde predominam sequências sedimentares do tipo "Rift", evoluindo, no início do Mesozóico para um terceiro estágio caracterizado por deposição "Pós Rift" (Figura 2.26).

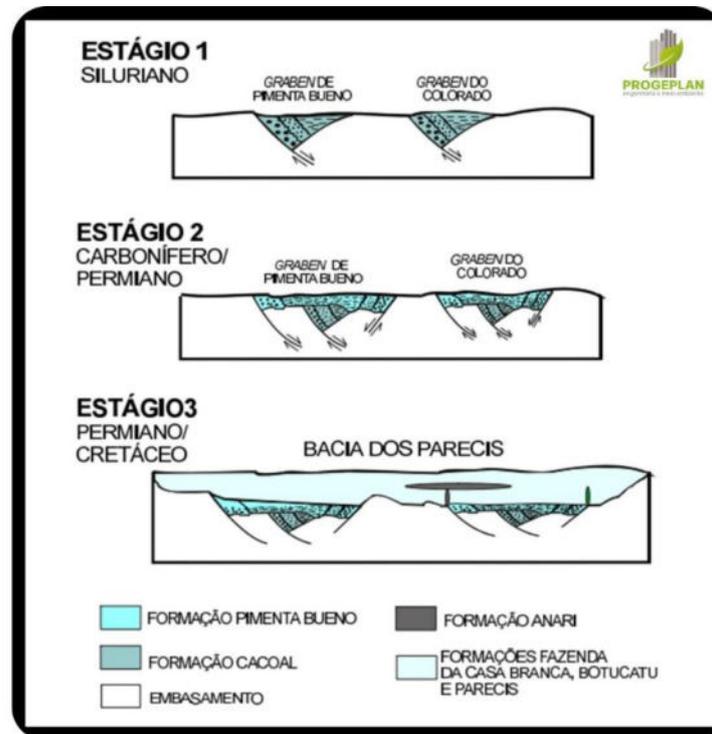


Figura 2.26: Evolução da Bacia dos Parecís – Paleozóico ao Mesozóico.

(Adaptado de CPRM, 1999).

A Formação Cacoal (SDc), mais antiga, está ligada ao primeiro estágio, quando se inicia uma tectônica distensiva na crosta, com basculamento e blocos onde se dá a deposição de sedimentos do tipo conglomerados, arenitos, calcários e folhelhos, em ambiente do tipo leque aluvial, fluvial e lacustre tipicamente deltaico.

O segundo estágio se caracteriza pela continuação dos processos distensivos e deposição dos sedimentos da Formação Pimenta Bueno (PCpb) representados pelos diamictitos, conglomerados, arenitos e folhelhos, em ambiente do tipo leque aluvial, fluvial entrelaçado e glacial (depósitos de geleiras).

No terceiro estágio, quando cessam os movimentos de caráter distensivos, são depositados os sedimentos da Formação Fazenda Casa Branca (Pcb), constituídos de conglomerados, arenitos e pelitos, relacionados a ambientes desérticos, com fácies fluviais, de dunas e lacustres.

A evolução Mesozóica é coincidente com a abertura do oceano Atlântico e separação dos continentes sul-americanos e africano, que impuseram desnivelamento de blocos, gerando altos e depressões, reativação de falhas e fraturas WNW e NE, magmatismo juro-cretáceo (Formação Anari) e sedimentação de caráter continental fluvial e eólico (Botucatu e Parecís).

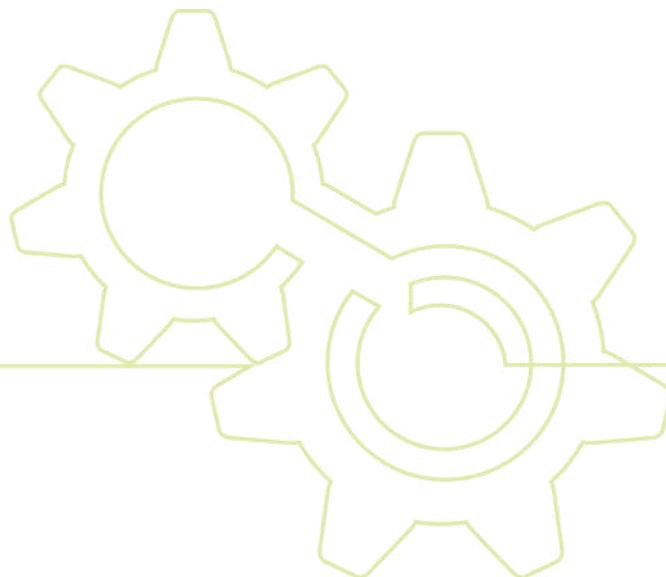
### 2.3.5 Sismicidade

De modo geral, pode-se dizer que os sismos que se verificam em território brasileiro são gerados por acomodação de antigas estruturas do embasamento, que constituem cicatrizes dos diversos processos tectônicos acontecidos ao longo do tempo geológico (Figura 2.27).

O Brasil, por estar situado no interior da placa tectônica da América do Sul, região continental considerada estável, apresenta uma sismicidade inferior àquela observada nas bordas de placas, como é o caso da zona de contato entre as placas de Nazca e a Placa Sul-Americana. Nestas regiões de contato de placas os sismos são frequentemente, e geralmente, de grande magnitude. Além disso, a sismicidade observada no Brasil é menor do que em outras regiões intraplacas semelhantes.

Segundo o mapa sismográfico brasileiro a área em estudo, localizada na região sudeste do estado de Rondônia, pode ser considerada como pouco susceptível a eventos sísmicos. Nas proximidades de Pimenta Bueno, num raio de aproximadamente 150 km, foram registradas três ocorrências de sismos de baixa intensidade e magnitude (entre 2,5 a 3,5 mR) ocorridos entre 1978 e 2019, em profundidade não definida (Tabela 2.6). Outros eventos estão distribuídos num raio de cerca de 300 km, e mais concentrados a noroeste da área estudada.

Assim sendo, considera-se que seja pouco provável a ocorrência de sismos naturais na região da PCH Rondon I com energia maior que aquelas já verificadas, tendo em vista, principalmente, as condições geoestruturais desfavoráveis para ocorrência de sismos da área.



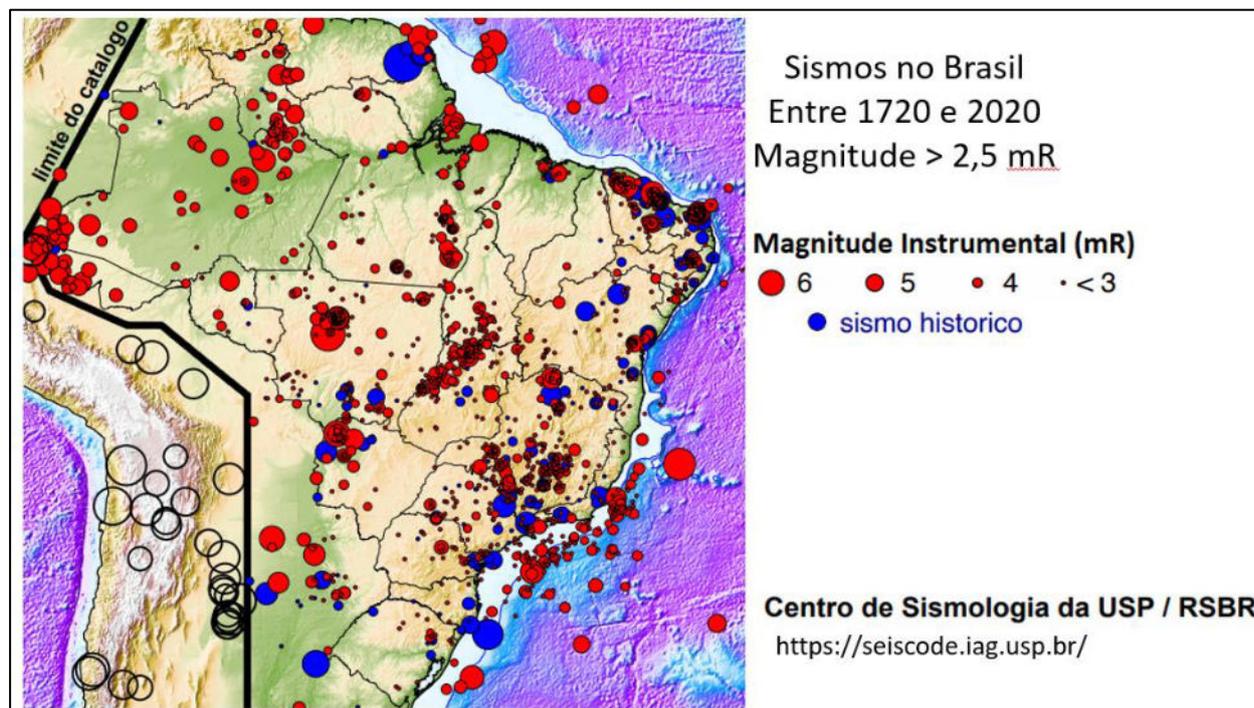


Figura 2.27: Mapa de localização de sismos com magnitude superior a 2,5 (mR), e sismos históricos (intensidade) ocorridos no Brasil (<https://seiscode.iag.usp.br/>).

Tabela 2.6: Eventos sísmicos registrados no estado de Rondônia (Centro de Sismologia da USP – <https://seiscode.iag.usp.br/>).

Ano	Mês	Dia	Latitude	Longitude	Profundidade	Erro (km)	Magnitude (mR)	Estado	Localidade
1832	9	18	-12.400	-64.400	0.0	0	0.0	RO	PR.DA BEIRA
1978	4	18	-10.890	-61.940	0.0	0	3.5	RO	Jl-PARANA
1981	4	1	-10.740	-62.200	0.0	30	3.2	RO	OURO PRETO
1983	2	21	-10.700	-62.200	0.0	0	3.2	RO	OURO PRETO
1983	10	1	-11.400	-63.700	0.0	50	3.6	RO	OURO PRETO
1984	9	17	-10.700	-62.100	0.0	0	3.4	RO	OURO PRETO
1995	9	21	-11.930	-61.930	0.0	5	2.6	RO	Rolim de Moura
1996	7	1	-10.750	-62.220	0.0	20	3.2	RO	Ouro Preto
2012	2	24	-12.050	-63.500	0.0	100	3.6	RO	S.Fco Guaporé
2012	11	25	-9.460	-63.020	0.0	40	4.7	RO	Ariquemes
2014	11	7	-9.270	-64.640	1.0	1	2.8	RO	Jirau
2014	11	7	-9.260	-64.650	1.0	1	2.0	RO	Jirau
2014	11	13	-9.270	-64.640	1.0	1	1.8	RO	Jirau
2014	11	13	-9.270	-64.650	1.0	1	0.8	RO	Jirau
2014	11	13	-9.270	-64.650	1.0	1	2.8	RO	Jirau
2014	11	13	-9.270	-64.650	1.0	1	2.1	RO	Jirau
2014	11	13	-9.270	-64.650	1.0	1	1.3	RO	Jirau
2015	2	16	-9.590	-65.570	0.0	50	3.5	RO	BR-364
2016	4	12	-12.380	-63.100	0.0	20	2.6	RO	S.Fco do Guaporé
2019	7	4	-12.910	-60.730	0.0	10	2.5	RO	Chupunguá
2019	12	29	-10.720	-62.170	0.0	90	3.0	RO	Ouro Preto do Oeste
2020	6	17	-10.730	-62.270	0.0	50	2.9	RO	Ouro Preto do Oeste

No que se refere às vibrações e resposta sísmica, os sismos são tremores considerados de superfície. Eles são resultados de movimentos subterrâneos de placas de rocha, migração de gases no interior terrestre ou ainda resultantes de atividade vulcânica. O movimento é

causado pela rápida liberação de quantidades consideráveis de energia na condição de ondas sísmicas (CLOUGH & PENZIEN, 2003).

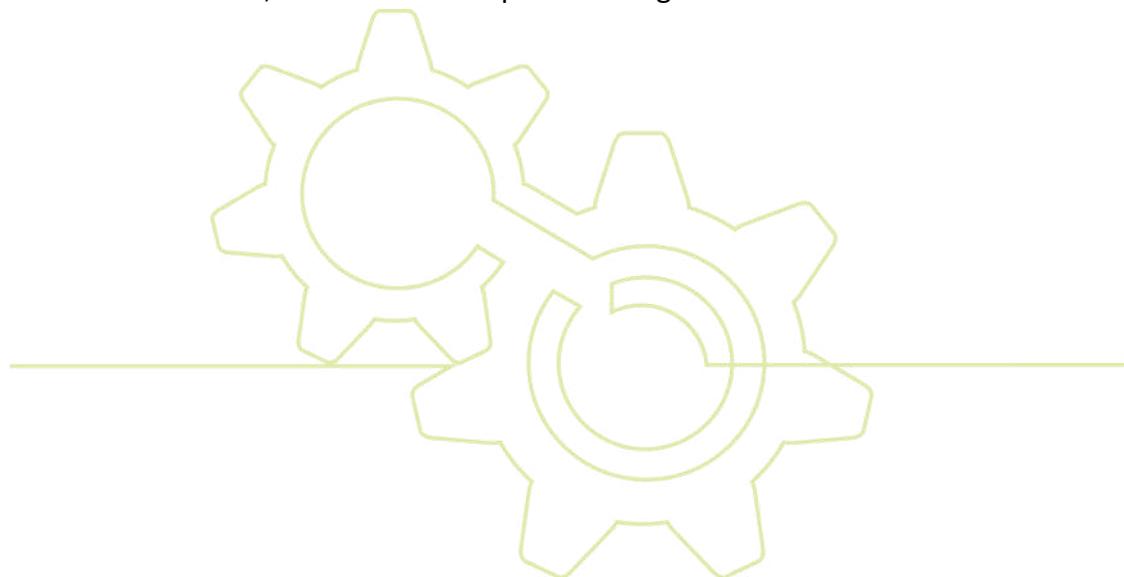
As atividades sísmicas se classificam em dois tipos, sendo aqueles que são induzidos e outros ainda que ocorrem de forma natural. A maioria decorre de origem natural, que são os conhecidos sismos tectônicos. Eles ocorrem principalmente quando há o movimento de placas tectônicas que podem se colidir, se distanciarem, ou ainda deslizarem entre si. Através dessas forças, há um movimento das rochas que ao chegar a determinado limite de tensão, podem se romper e liberar energia. Tal energia é então liberada através de ondas sísmicas.

Os sismos induzidos são aqueles que advêm de alguma atividade humana, como exemplo cabe citar, explosões, extração de fósseis, água ou minério. A diferença é que a energia que é liberada é expressivamente menor quando comparada à energia liberada nos movimentos tectônicos.

Quando se pensa em empreendimentos hidrelétricos, a preocupação em relação às vibrações e resposta sísmica diz respeito aos sismos induzidos que podem se originar a partir da força peso que um determinado reservatório pode ocasionar nas rochas quando do enchimento do reservatório, ou ainda esses sismos podem advir da percolação e da infiltração da água nos poros que podem agir de forma coadjuvante nas movimentações e liberação de energia (MIOTO, 1996).

No entanto, essa preocupação existe em empreendimentos maiores, ou seja, grandes empreendimentos hidrelétricos que têm previstos em sua instalação o alagamento de expressivas áreas para o estabelecimento de reservatórios. Empreendimentos hidrelétricos de menor porte e potencial não têm por característica a criação de grandes reservatórios, minorando assim a preocupação quanto à força peso sobre o solo e consequente liberação de energia através de sismos.

A PCH Rondon I é um empreendimento hidrelétrico de médio a pequeno porte que não tem grandes áreas alagadas, inferindo assim que não há grandes preocupações no que diz respeito às atividades sísmicas. A Figura 2.28 mostra a localização do empreendimento em relação aos registros das atividades sísmicas no Brasil, bem como as respectivas magnitudes em cada um.



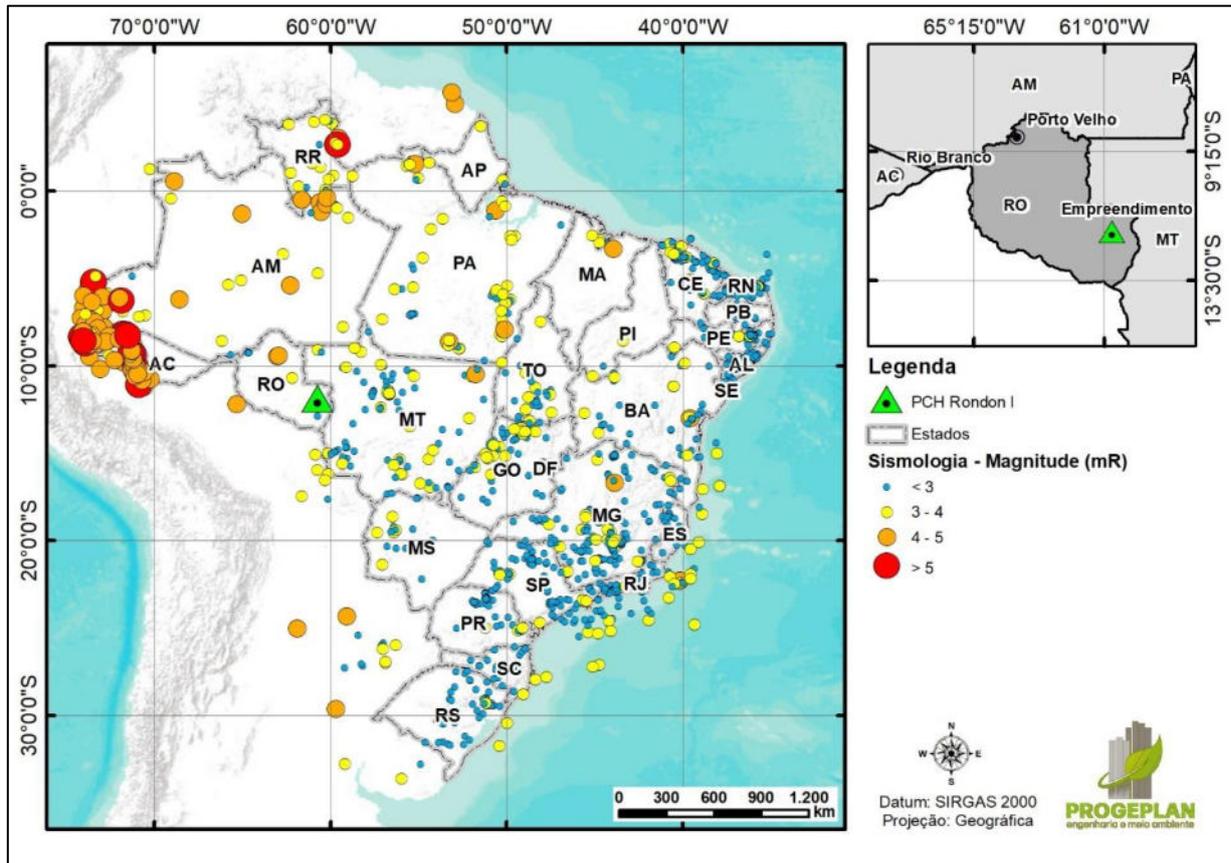


Figura 2.28: Localização da PCH Rondon I em relação aos registros das Atividades sísmicas no Brasil.

Conforme demonstrado na Figura 2.28, a PCH Rondon I fica localizada em uma área de baixos riscos sísmológicos, com registros inferiores a 3 mR - magnitude regional (elaborada para as condições de atenuação das ondas sísmicas na litosfera brasileira).

### 2.3.5.1 Resultados

Através da obtenção dos dados sísmicos das estações de monitoramento do Centro de Sismologia da universidade de São Paulo (USP) e da Universidade de Brasília (UNB), foram obtidos registros de ocorrência desde 1978 até 2012. Foram identificados durante todo o período de registro, os sismos registrados mais próximos ao empreendimento são mostrados na Tabela 2.7.

Tabela 2.7: Registros de sismos registrados próximos a área do empreendimento.

Data	Lat.	Long.	Magnitude (Mr)	Estado	Localidade	Referência
1978	-10,89	-61,94	3,5	RO	JI-PARANA	(UnB/ELETRONORTE)
1981	-10,74	-62,2	3,2	RO	OURO PRETO	(UnB/ELETRONORTE)
1983	-10,7	-62,2	3,2	RO	OURO PRETO	(UnB)
1983	-11,4	-63,7	3,6	RO	OURO PRETO	(UnB)
1984	-10,7	-62,1	3,4	RO	OURO PRETO	(UnB)
1995	-11,93	-61,93	2,6	RO	Rolim de Moura	(IAG)

Data	Lat.	Long.	Magnitude (Mr)	Estado	Localidade	Referência
1996	-10,75	-62,22	3,2	RO	Ouro Preto	(UnB)
2012	-12,05	-63,5	3,6	RO	S.Fco Guapore	(UnB/SAML)
2012	-9,46	-63,02	4,7	RO	Ariquemes	(USGS)

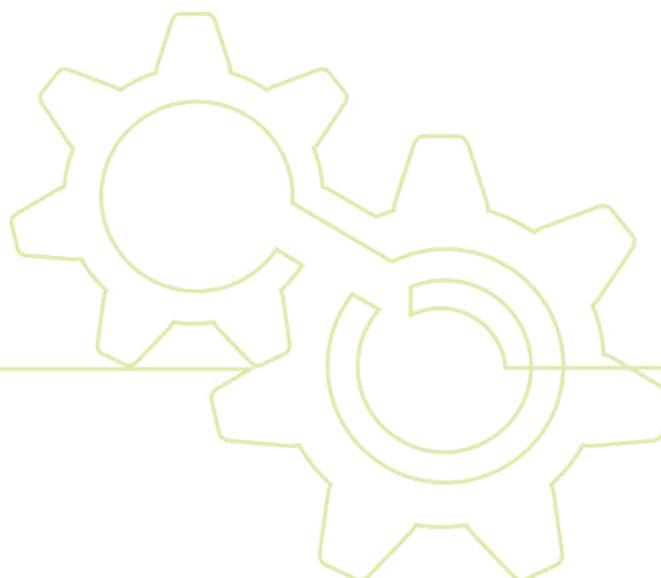
Fonte: Centro de Sismologia da USP e UNB.

### 2.3.6 Características do local do empreendimento

Ao analisar o uso do solo no local do empreendimento é possível destacar que boa parte da área é composta por vegetação natural, embora também haja uma parcela menor que se distingue por ser uma vegetação antropizada, indicando que parte da área já sofreu intervenção humana. Além disso, são identificados usos menos representativos, tais como áreas de pastagem, corpos d'água e parcelas de solo exposto.

A área do empreendimento apresenta uma transição entre os biomas cerrado e amazônico. Na região de transição, é comum encontrar uma mistura de formações vegetais, incluindo florestas tropicais, cerrados, campos limpos e cerradões. Essa transição cria uma zona de grande biodiversidade, abrigando espécies que são características tanto do cerrado quanto da Amazônia, além de algumas espécies adaptadas especificamente a esses ambientes de transição.

No que diz respeito ao Zoneamento Socioeconômico Ecológico do Estado de Rondônia – ZSEE, a área de instalação da PCH Rondon I se encontra na Zona 1.4 (Figura 2.29). Essa zona conta com áreas onde a infraestrutura disponível propicia a exploração das terras. No entanto, apresenta ainda áreas com restrições ao desenvolvimento de atividades de conversão de cobertura vegetal natural e áreas com ecossistemas de relevante interesse para a preservação de recursos naturais.



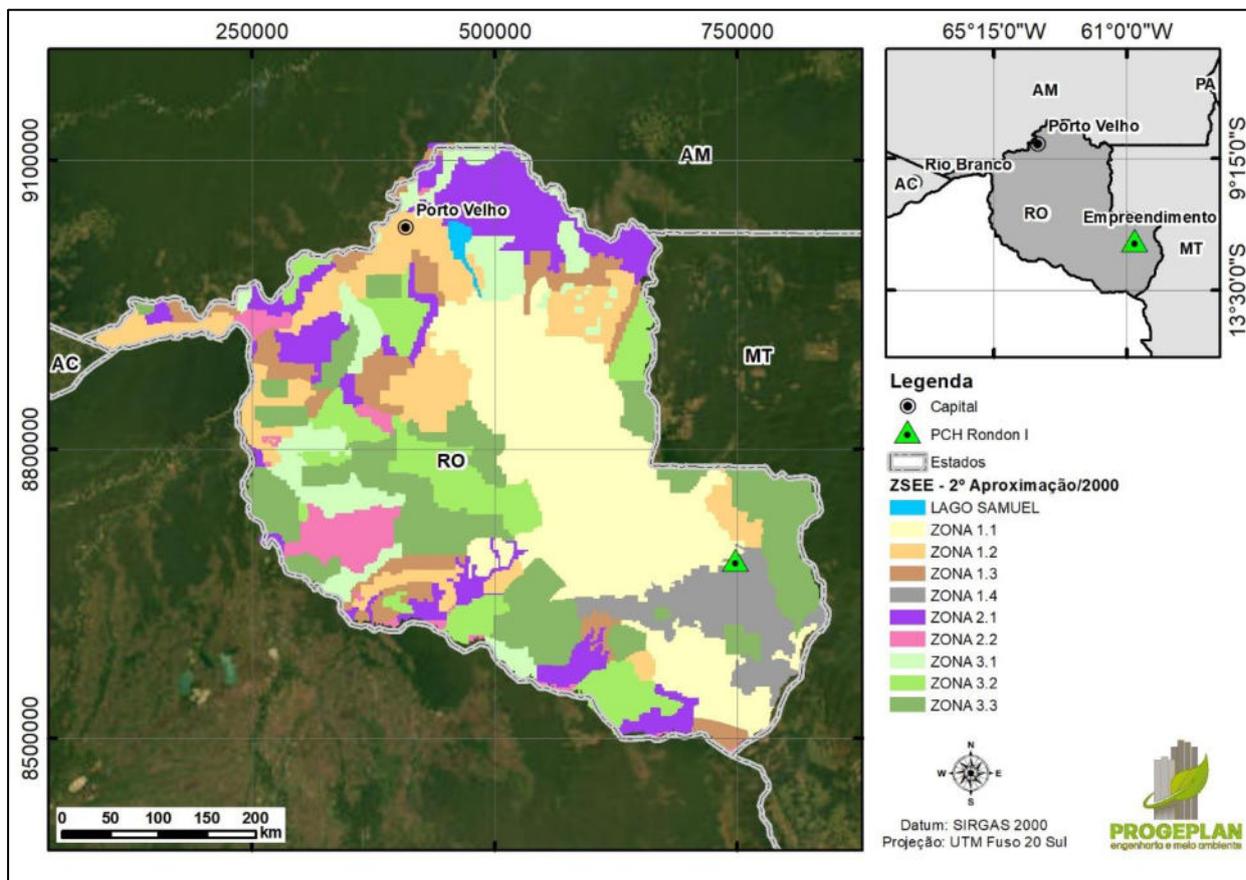


Figura 2.29: Localização da futura PCH Rondon I em relação ao Zoneamento Estadual de Rondônia.

De acordo com o ZSEE, a Zona 1.4 conta ainda com áreas com recursos hídricos potencialmente aproveitáveis para hidrelétricas de pequeno porte.

Para essa zona foram estabelecidas as seguintes diretrizes:

- Implantação de sistemas de exploração que garantam o controle da erosão, tais como reflorestamento, consórcios agroflorestais e culturas permanentes;
- Desmatamentos incrementais sejam condicionados à vulnerabilidade à erosão;
- Desmatamentos incrementais condicionados às potencialidades e fragilidades naturais e ao uso pretendido, com políticas públicas para o estímulo da manutenção da cobertura vegetal natural;
- Medidas compensatórias visando a preservação dos recursos florestais remanescentes.

### 2.3.7 Processos erosivos e Assoreamento

O processo de erosão é causado por forças ativas, como as características da chuva, a declividade e comprimento do talude ou encosta e a capacidade que o solo tem de absorver água, bem como por forças passivas, como a resistência que exerce à ação erosiva da água e à densidade da cobertura vegetal (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

Trata-se de um parâmetro importante no planejamento do uso da terra. Depende principalmente da resistência ao desprendimento e transporte das partículas sólidas do solo pelo escoamento superficial. Bouyoucos (1935) relacionou a erodibilidade ao tamanho das partículas sólidas e à estabilidade dos agregados do solo. Assim, a erodibilidade tende a aumentar quando os teores de areia muito fina e silte são elevados, e a diminuir, com a elevação dos teores de argila e matéria orgânica (WISCHMEIER & SMITH, 1958).

Guerra et al. (1995) aponta que o processo de assoreamento nas bacias hidrográficas está intrinsecamente relacionado aos processos erosivos, pois os sedimentos advindos dos processos erosivos são os responsáveis pelo assoreamento de corpos hídricos, uma vez que, ao não dispor de energia suficiente para transportar o material erodido, este material acaba sendo depositado.

Entre os determinantes que exercem influência sobre a erodibilidade, merecem destaque o tipo de solo, as classes de declividade e as modalidades de uso e cobertura do solo. Cada um desses fatores se associa a um determinado nível de impacto, sendo que combinações específicas entre eles podem acentuar ainda mais significativamente os processos erosivos e de assoreamento em corpos hídricos.

Os processos erosivos ocorrem mediante duas fases: a primeira em que há o desprendimento das partículas, e a segunda em que há o arraste desse material, efetuado pelos agentes erosivos.

Dentre as principais consequências do assoreamento em reservatórios e corpos hídricos é possível destacar (BARBOSA et al., 2014):

- Redução do potencial energético;
- Redução das áreas navegáveis;
- Enchentes constantes a montante do remanso;
- Erosão a jusante da barragem;
- Abrasão de estruturas e equipamentos;
- Crescimento de plantas aquáticas.

Desta forma, é de grande importância conhecer o grau de erodibilidade da área, bem como estabelecer medidas que possam contornar os riscos ou diminuir as consequências potenciais existentes.

### **2.3.8 Grau de Erodibilidade**

A erodibilidade do solo refere-se à sua susceptibilidade à erosão, representando uma medida da facilidade com que determinado terreno pode ser erodido. Diversos fatores influenciam a erodibilidade, destacando-se a pedologia, a declividade e o tipo de uso da terra.

O processo erosivo acontece principalmente em áreas desflorestadas, e esse processo pode ser considerado em quatro fases: inicialmente pelo impacto da água da chuva no solo; em seguida

a desagregação do solo, ou seja, afrouxando e desprendendo as partículas; a serem conseqüentemente transportadas; encerrando o processo na deposição dos sedimentos nas áreas baixas do relevo.

O cálculo do grau de erodibilidade foi realizado por meio de um *software* de geoprocessamento, que efetuou a interseção entre informações sobre declividade, pedologia e uso e cobertura do solo. Nesse contexto, o grau de erodibilidade atribuído a cada variável utilizada é apresentado nas tabelas subsequentes.

A Tabela 2.8 apresenta as classes de solo presentes na All da PCH Rondon I, além do peso atribuído a cada uma dessas classes.

Tabela 2.8: Classe de solos na All da Rondon I.

Pedologia	Grau de Erodibilidade
Cambissolo háplico	V - Muito Forte
Gleissolo háplico	I – Muito Fraco
Latossolo vermelho	I – Muito Fraco
Latossolo vermelho amarelo	II – Fraca
Neossolo quartzarênico	V - Muito Forte
Nitossolo vermelho	III – Média

A Tabela 2.9 traz o peso do grau de erodibilidade atribuído a cada classe de declividade presente na All da PCH Rondon I.

Tabela 2.9: Classe de declividade na All da Rondon I.

Declividade (%)	Grau de Erodibilidade
< 3	I
3 - 8	II
8 - 20	III
20 - 45	IV
45 - 75	V
>75	V

Já a Tabela 2.10 possui as classes de uso e cobertura do solo presentes na All da PCH Rondon I, bem como o peso atribuído ao grau de erodibilidade de cada uma dessas classes.

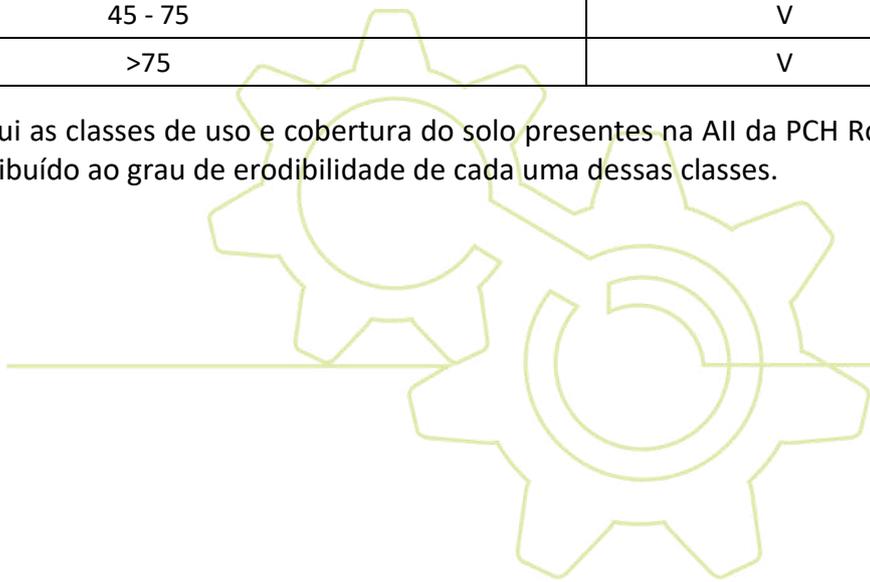


Tabela 2.10: Classe de uso do solo na AII da PCH Rondon I.

Cobertura Vegetal e Uso do Solo	Grau de Erodibilidade
Agricultura	IV
Água	I
Área Construída	I
Cerrado	II
Formação Campestre	III
Formação Florestal	I
Formação Savânica	II
Mata de galeria	I
Mata seca	II
Pasto com árvores isoladas	III
Queimadas	V
Sistema Viário	I
Solo Exposto	V

A determinação do potencial do terreno à erosão laminar pode ser realizada por meio da tabulação cruzada de três variáveis fundamentais: tipo de solo, declividade e uso do solo. A interseção dessas variáveis resulta em classes que representam o grau de erodibilidade. Os detalhes referentes a tais classes e suas descrições encontram-se sumarizados na Tabela 2.11 para referência e análise.

Tabela 2.11: Classe e descrição de cada grau de erodibilidade.

Grau de Erodibilidade	Descrição
I	Pouco a não suscetível
II	Pouco suscetível
III	Moderadamente suscetível
IV	Muito suscetível
V	Extremamente suscetível

Na Área de Influência Indireta (AII), tem-se a predominância da Classe III - moderado potencial de erodibilidade, embora também haja uma parcela considerável de área com baixo grau de risco, enquadradas nos graus I e II, conforme expresso na Figura 2.30.

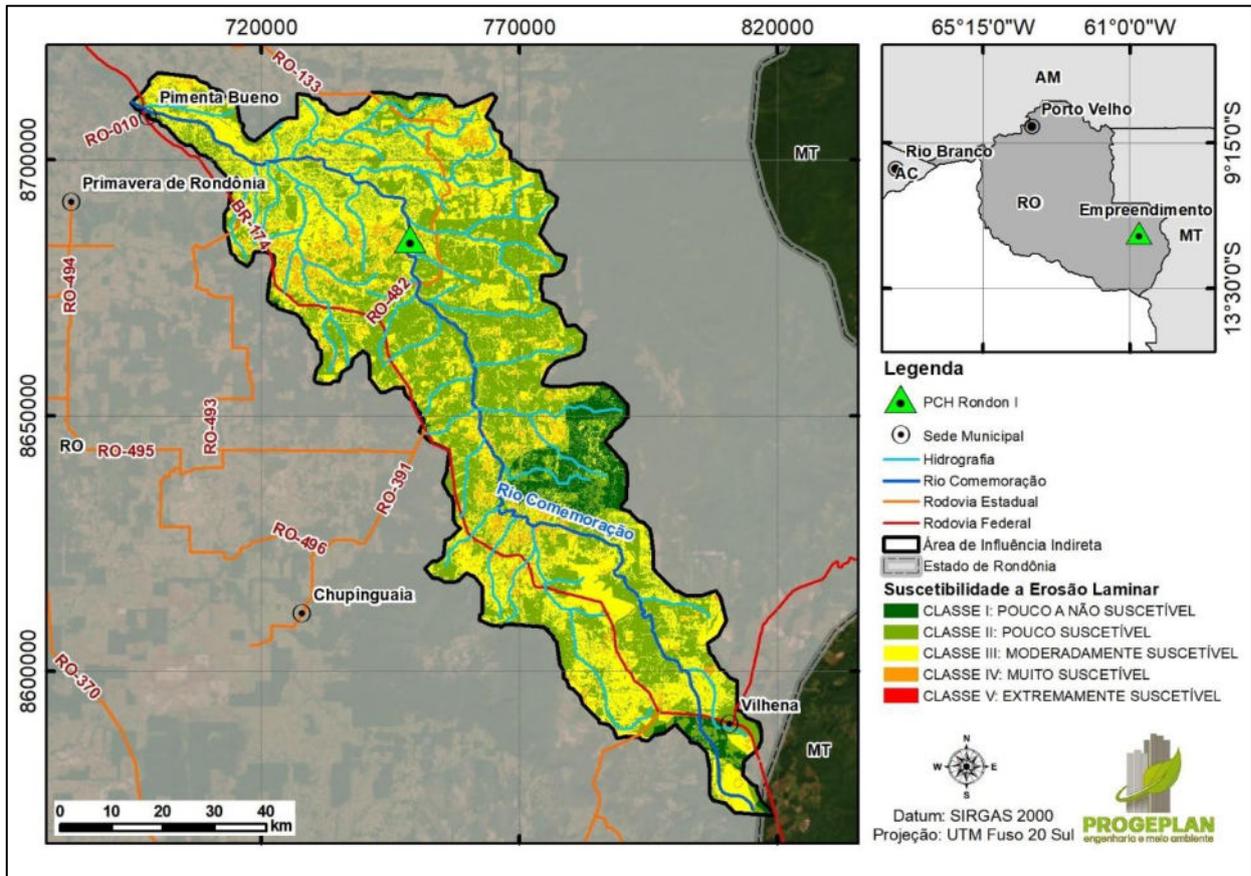


Figura 2.30: Mapa de Potencial grau de erodibilidade da AII da PCH Rondon I.

Em prol de um diagnóstico mais preciso, quando se analisa o grau de erodibilidade da área de influência direta da PCH Rondon I, ou seja, a área diretamente afetada pelo empreendimento, é possível observar a prevalência da classe III de potencial risco à erosão laminar, sendo classificada como moderadamente suscetível aos efeitos dos processos erosivos (Figura 2.31).

Apenas uma parcela reduzida dessa área de influência apresenta um risco mais elevado, classificado como grau IV ou V (muito suscetível ou extremamente suscetível, respectivamente), abrangendo aproximadamente 7,5% da área total, conforme evidenciado na Tabela 2.12 e na Figura 2.31. Embora seja válido destacar que a parcela tida como extremamente suscetível represente apenas 0,01% da área total da AID.

Tabela 2.12: Potencial a erosão laminar da Área de Influência Direta (AID).

Grau de Erodibilidade	Descrição	Área (ha)	Porcentagem
I	Pouco a não suscetível	-	0%
II	Pouco suscetível	450,9	21,4%
III	Moderadamente suscetível	1497,8	71,1%
IV	Muito suscetível	157,6	7,5%
V	Extremamente suscetível	0,2	0,01%

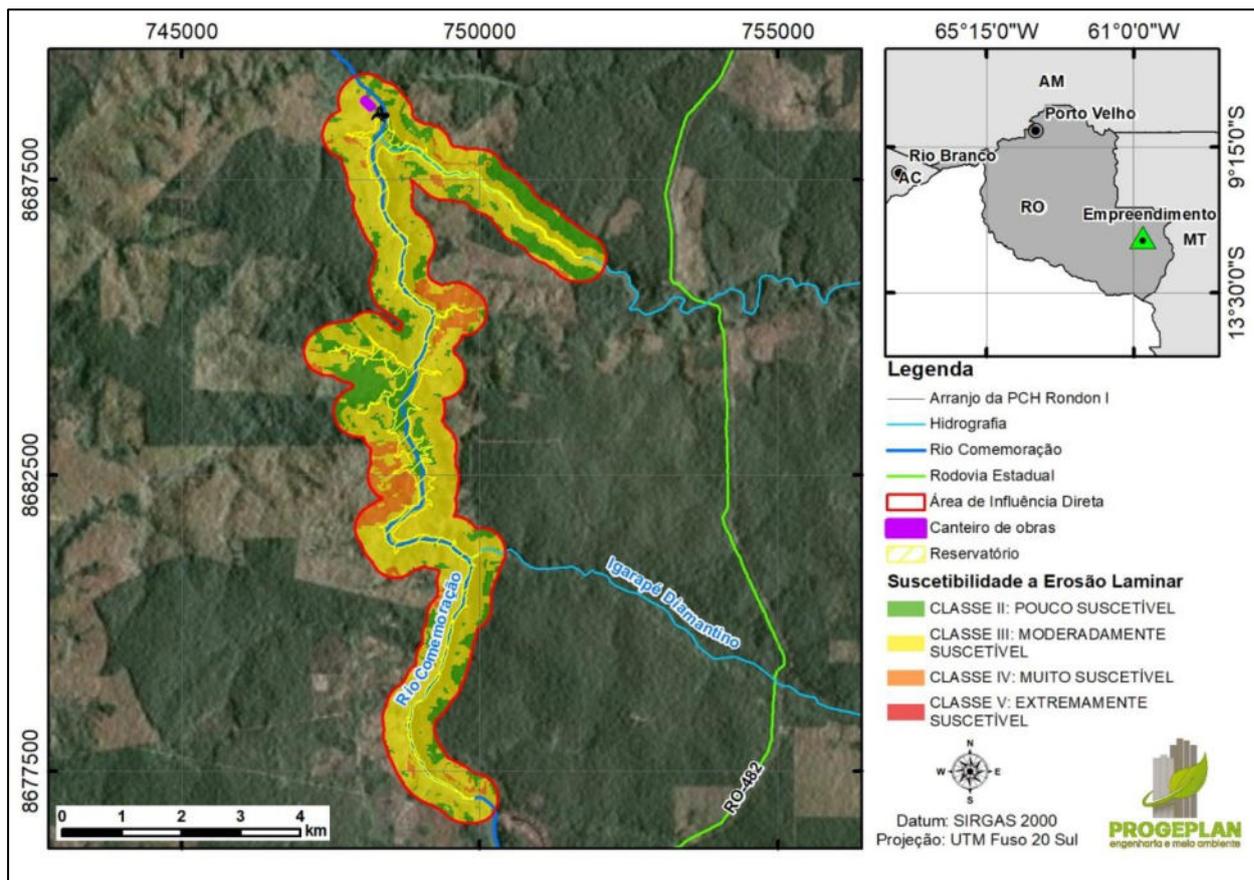


Figura 2.31: Mapa de Potencial grau de erodibilidade da AID da PCH Rondon I.

Como cerca de 71% da área do empreendimento está compreendida numa área de grau moderado de risco a erosão, é válido destacar a necessidade de adotar uma abordagem técnica e cuidadosa para mitigar os potenciais impactos adversos associados aos processos erosivos, estabelecendo medidas preventivas de controle, de modo a assegurar a estabilidade do terreno e a integridade estrutural da PCH Rondon I.

## 2.4 PEDOLOGIA

O estado de Rondônia apresenta uma variedade de solos reconhecidos pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, conforme CPRM, 2010 (Figura 2.32), na

nomenclatura definida pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) e pelo Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2007).

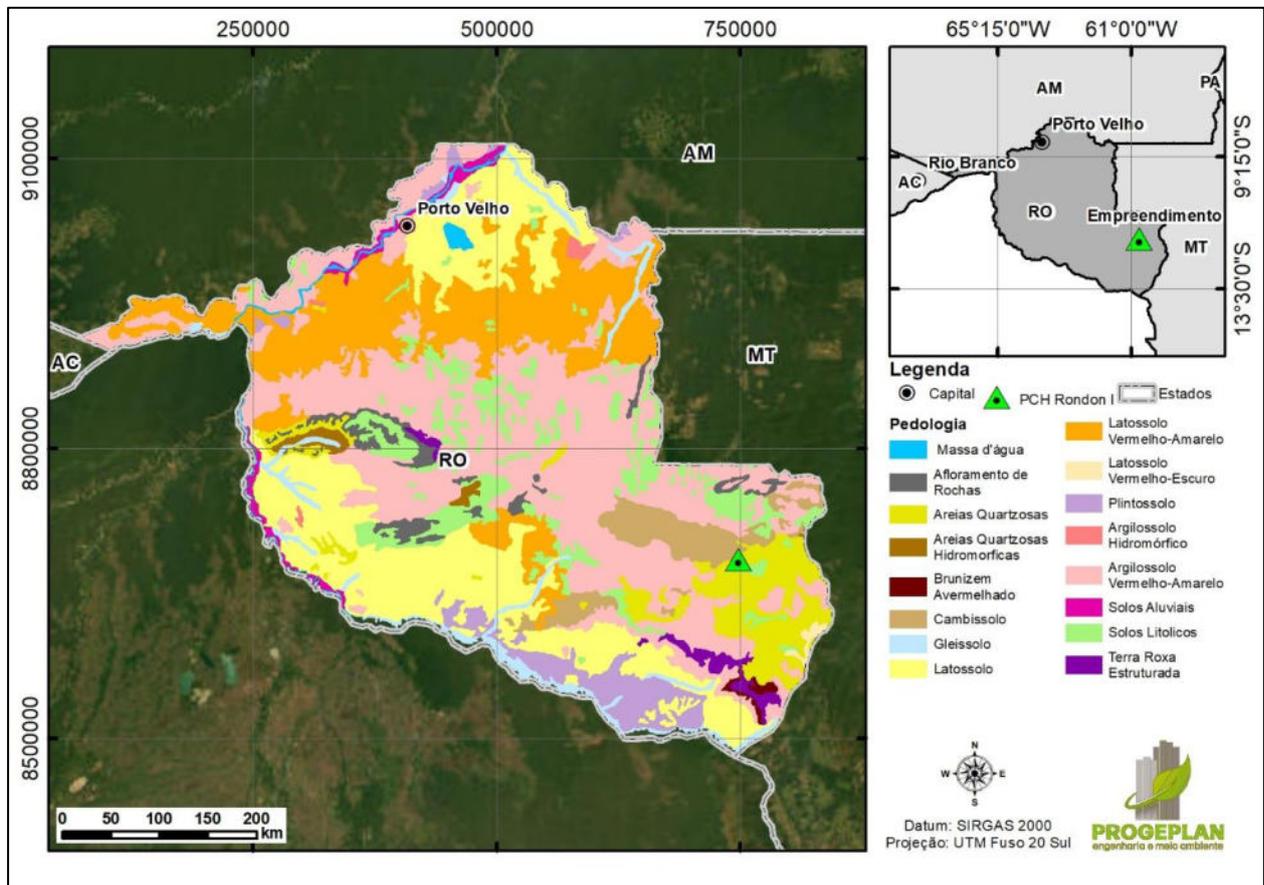


Figura 2.32: Mapa Simplificado do Estado de Rondônia, representação reduzida.

Considerando, portanto, os elementos indicados na Figura 2.32, as principais associações de solos do estado de Rondônia são:

- Argissolos (P): sendo representado pelas ocorrências de Argissolos Vermelho (PV) e Argissolos Vermelho Amarelo (PVA);
- Cambissolos (X): sendo representado pelas ocorrências de Cambissolos Háplicos (CX) e Cambissolos Fúlvicos (CY);
- Chernossolos (M): ocorrendo somente o Chernossolo Háplico (MX);
- Espodossolos (E): ocorrendo somente o Espodossolo Ferri-humilúvoco (ES);
- Gleissolos (G): ocorrendo somente o Gleissolo Háplico (GX);
- Latossolos (L): tendo sido reconhecidos os Latossolos Amarelo (LA), Vermelho (LV) e Vermelho-amarelo (LVA);
- Neossolos (R): ocorrendo o Neossolos Litólico (RL), o Neossolo Flúvico (RY) e o Neossolo Quartzarênico (RQ);

- Nitossolos (N): ocorrendo somente o Nitossolo Vermelho (NV);
- Organossolos (O): ocorrendo somente o Organossolo Háplico (OX); e
- Plintossolos (F): ocorrendo os Plintossolos Háplico (FX), Argilúvico (FT) e o Pétrico (FF).

### 2.4.1 Pedologia da AII

Os solos reconhecidos na Área de Influência Indireta (AII), que corresponde à bacia do rio Comemoração, no seu trecho médio até seu encontro com o rio Pimenta Bueno, estão indicados na Figura 2.33 cuja descrição é dada a seguir.

De forma mais detalhada, a figura expressa a área de influência indireta e as respectivas classes de pedologia em que se destacam, principalmente, as areias quartzosas e cambissolo.

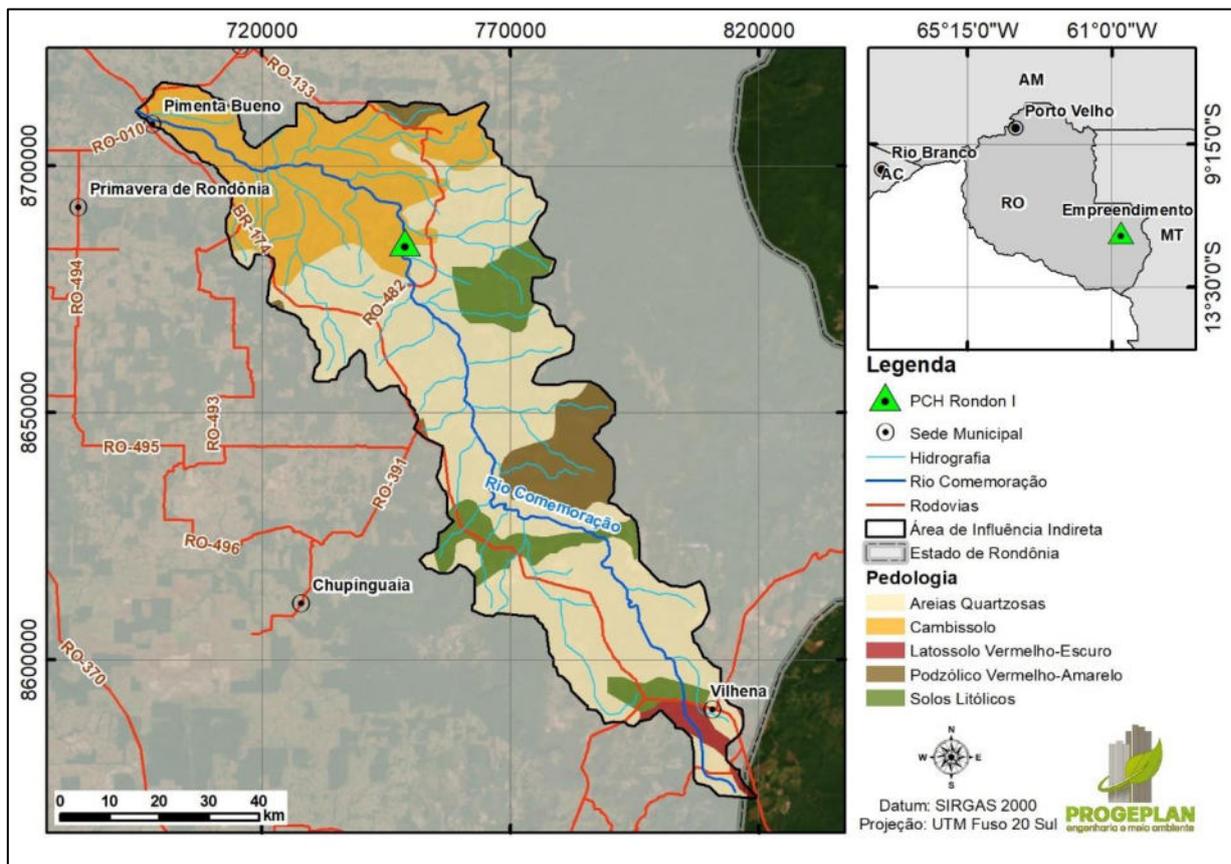


Figura 2.33: Classes pedológicas presentes na AII da PCH Rondon I.

#### 2.4.1.1 Argissolos

A classe dos Argissolos ocorre a partir da parte média das bacias dos rios Pimenta Bueno e Comemoração, e seguem ocorrendo para montante. O atributo comum aos Argissolos é a presença de horizonte Bt ou B textural.

Desenvolvem-se sobre as mais variadas unidades de relevo do Planalto e Chapada dos Parecis, como as Superfícies Aplainadas Degradadas, Colinas Dissecadas e Morros Baixos e, em menores proporções, em relevos mais suaves, como Colinas Amplas e Suaves da região da Chapada.

É comum a presença de cascalhos, pedregosidade e rochiosidade, quando desenvolvidos em relevo mais movimentado, o que limita seu uso nas atividades agrícolas.

Os Argissolos Vermelho Amarelo distróficos (Foto 2.1 e Foto 2.2) se apresentam com saturação por bases inferior a 50%, geralmente cobertos por vegetação de floresta e, em menor proporção, pelo cerrado. Atualmente sofrem grande pressão de ocupação por pastagens.



Foto 2.1: Argissolo vermelho-amarelo (PVA) desenvolvido em relevo suave ondulado e vegetação de cerrado.  
(Adaptado de CPRM 2010).



Foto 2.2: Argissolo vermelho-amarelo (PVA) desenvolvido em relevo suave ondulado ocupado por pastagens.  
(Adaptado de CPRM 2010).

#### 2.4.1.2 Neossolos

As associações dos Neossolos representam tipos distintos de ambiente, que engloba planícies fluviais do rio Comemoração e Planalto e Chapada dos Parecis. Compreendem os solos constituídos por material mineral ou material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, em razão, principalmente, de características inerentes ao próprio material de origem (areias), com maior resistência ao intemperismo.

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), os Neossolos Quartzarênicos são solos minerais (hidromórficos ou não), com sequência de horizontes A-C, sem contato lítico (contato com material endurecido, principalmente com rocha e horizonte petroplíntico) dentro de 50 cm de profundidade, apresentando textura essencialmente arenosa (areia ou areia franca), em todos os horizontes até, no mínimo, a profundidade de 150 cm, a partir da superfície do solo ou até um contato lítico.

A fração granulométrica predominante, a areia, é de constituição essencialmente quartzosa, tendo as frações areia grossa e areia fina 95% ou mais de quartzo e praticamente ausência de minerais primários facilmente alteráveis (Figura 2.34).



Figura 2.34: Neossolos Quartzarênicos profundos sobre Formação Faz. Casa Branca (Pca) no acesso à UHE Rondon II.  
(Adaptado de CPRM, 2010).

Os Neossolos Litólicos ou Líticos são solos rasos ou muito rasos, com horizonte A moderado, assentados diretamente sobre a rocha. A pequena profundidade efetiva do solo limita o desenvolvimento radicular das plantas e culturas (Figura 2.35).



Figura 2.35: Neossolo lítico distrófico (RL) desenvolvido em relevo ondulado e suave ondulado, ocupado com pastagens.  
(Adaptado de CPRM, 2010).

Quando distróficos, a reserva de nutrientes por unidade de volume é baixa. Tais características conferem a esses solos pequena capacidade de sustentabilidade da vegetação. A condição de desmatamento ou de pouca cobertura vegetal, aliada à de precipitação concentrada, facilita a formação de erosões laminares e em sulcos.

Areias quartzosas ou Neossolo Quartzarênicos, conforme nova classificação de solos (EMBRAPA, 2006), é a principal classe de solos arenosos do Brasil, correspondendo a cerca de 11% da área do país e 15% da área do cerrado. Formadas por solos profundos de constituição areno-quartzosa compreendendo apenas as classes texturais areia e areia franca, coloração amarelada e avermelhada, extremamente pobre de nutrientes e com horizonte (A) fracamente desenvolvido.

São solos minerais, derivados de sedimentos arenoquartzosos do Grupo Barreiras do período Terciário e sedimentos marinhos do período do Holoceno. São essencialmente arenoquartzosos, não hidromórficos ou hidromórficos sem contato lítico dentro de 50 cm de profundidade da superfície. Normalmente, são profundos ou muito profundos, com textura areia ou areia franca ao longo de pelo menos 150 cm de profundidade ou até o contato lítico. São excessivamente drenados, com menos de 4% de minerais primários facilmente intemperizáveis e pouco desenvolvidos devido à baixa atuação dos processos pedogenéticos e pela resistência do material de origem ao intemperismo.

O horizonte C possui cores variadas, como bruno, bruno-claro, bruno-amarelado-claro nos matizes 10YR e 7,5YR; bruno-avermelhado a brunoforte, nos matizes 7,5YR a 2,5YR. O horizonte A apresenta cores mais tingidas pela matéria orgânica ou mais amareladas e avermelhadas devido à presença de óxidos de ferro, com cores bruno-escuro a bruno avermelhado e vermelho-amarelado, nos matizes 10YR a 5YR, pode-se observar as texturas e cores nas Foto 2.3 a Foto 2.6.



Foto 2.3: vista da pedologia classificada como Areias Quartzosas (areia franca)



Foto 2.4: vista do perfil das Areias Quartzosas



Foto 2.5: vista do perfil das Areias Quartzosas com concreções de quartzos



Foto 2.6: vista do perfil das Areias Quartzosas (areias amarelada e avermelhada) com maior presença de ferro.

#### 2.4.1.3 Cambissolo

O Cambissolo Háplico abrange as associações de solos minerais não hidromórficos, pouco evoluídos, caracterizados pela presença de horizonte “B” incipiente, com argila de baixa atividade. São geralmente rasos a medianamente profundos, com sequência de horizontes A, B e C, com pequena diferenciação entre eles (Foto 2.7).



Foto 2.7: Cambissolo Háplico (CX) desenvolvido em relevo suave ondulado e ondulado da região de Pimenta Bueno.

(Adaptado de CPRM, 2010).

Observa-se forte influência do material de origem em suas características, evidenciando sua pouca evolução, o que também é ressaltado pelo fraco desenvolvimento pedogenético do horizonte B, ou mesmo pelo grau de intemperização pouco avançado, inferido pela ocorrência, na fração grosseira, de minerais primários de fácil intemperização.

Esse grupo de solos costuma ser pouco desenvolvido e ainda apresenta características do material originário (rocha), evidenciado pela presença de minerais primários (Foto 2.10 e Foto 2.11). São definidos pela presença de horizonte diagnóstico B incipiente (pouco desenvolvimento estrutural), apresentando baixa (distróficos) ou alta (eutróficos) saturação por bases, baixa a alta atividade da argila, segundo critérios do SiBCS (EMBRAPA, 2006). Logo os Cambissolos Húmicos caracterizados pela presença do horizonte A superficial húmico, que se caracteriza pela cor escura, rica em matéria orgânica (Foto 2.8 e Foto 2.9).



Foto 2.8: vista da pedologia classificada como Cambissolo.



Foto 2.9: vista do perfil cambissolo.



Foto 2.10: Vista do Cambissolo com afloramento e concreções lateríticas.



Foto 2.11: Vista do perfil de Cambissolo.

#### 2.4.2 Pedologia da AID

A Área de Influência Direta da PCH Rondon I compreende o vale do rio Comemoração, pouco acima da confluência do Igarapé Francisco Bueno, a partir da ponte, até o remanso da PCH Rondon I.

Nessa área, o rio Comemoração e seus dois afluentes (Igarapé Francisco Bueno e Igarapé Diamantino), possui associações predominantemente do tipo Neossolo Quarzarênico Hidromórfico típico, combinado com Espodossolo Ferrihumilúvico (Associação RQg1), conforme exposto no Mapa Exploratório de Solos do Estado de Rondônia, escala 1:1.000.000 (IBGE, 2006).

São solos de textura arenosa com horizonte "A" moderado, em ambos os casos, e relevo plano, correspondente ao modelado de acumulação da unidade 151Af, indicada no Mapa Geomorfológico do Estado de Rondônia, escala 1:1.000.000 (IBGE, 2006).

### 2.4.3 Pedologia da ADA

A Área Diretamente Afetada - ADA da PCH Rondon I (item 1.2.5 anterior), corresponde ao vale do rio Comemoração (Figura 2.22), na posição onde se insere o eixo da alternativa indicada no desenvolvimento do Projeto Básico da PCH Rondon I.

Tendo em conta os materiais descritos na campanha de investigação, realizada com sondagens mistas, a percussão e trados, os solos de cobertura dos talwegues são de origem coluvionar (Talvegue Direito), do tipo “Argila Arenosa com detritos vegetais” (horizonte mineral subsuperficial espódico, com espessura mínima de 2,5 cm, que apresenta acumulação iluvial de matéria orgânica humificada, combinada com alumínio, podendo ou não conter ferro), que se contatam de forma interdigitada com “Areias Finas, também com detritos vegetais” (Neossolos Quartzarênicos hidromórficos) de origem aluvionar (Talvegue Esquerdo) acumulados na “Planície Fluvial do rio Comemoração”.

### 2.4.4 Declividade do Terreno

A declividade de um terreno representa a relação entre a diferença de altura de dois pontos e a distância horizontal (em linha reta) entre eles. O conhecimento desta característica em um local, dentre outras coisas, auxilia no controle de processos de desgaste do solo, como, por exemplo, a erosão.

Como forma de categorizar a declividade, a EMBRAPA criou um sistema de classificação, representado na Tabela 2.13.

Tabela 2.13: Classificação da declividade. Fonte: Embrapa (1979).

Declividade (%)	Descrição
0 - 3%	Relevo plano
3 - 8%	Relevo suavemente ondulado
8 - 20%	Relevo ondulado
20 - 45%	Relevo fortemente ondulado
45 - 75%	Relevo montanhoso
>75%	Relevo fortemente montanhoso

Com base nesta classificação foi gerado um mapa com a classificação das declividades encontradas na área de influência direta do empreendimento, representada de forma detalhada na Figura 2.36 e na Figura 2.37.

Ao analisar os mapas de declividade da área estudada, é possível observar que a preponderância do território se situa na categoria de declividade variando entre 3% e 8%. Essa faixa caracteriza um relevo suavemente ondulado. Além disso, observa-se que uma parcela significativa da área se encontra na faixa de 8% a 20%, indicando um relevo ondulado. É válido destacar que apenas uma pequena parcela da área situada mais a montante (conforme ilustrado na Figura 2.37) apresenta uma declividade superior a 45%, particularmente nas proximidades do leito do rio.

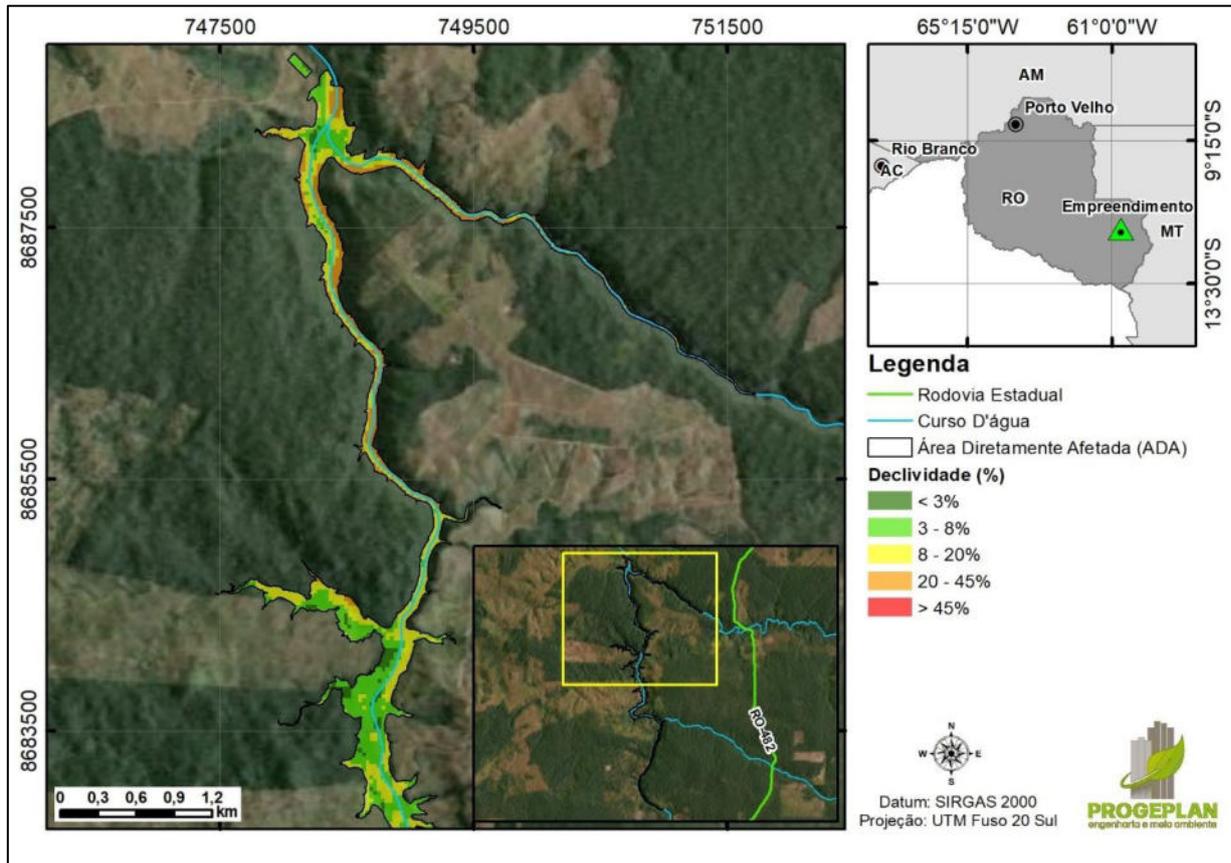
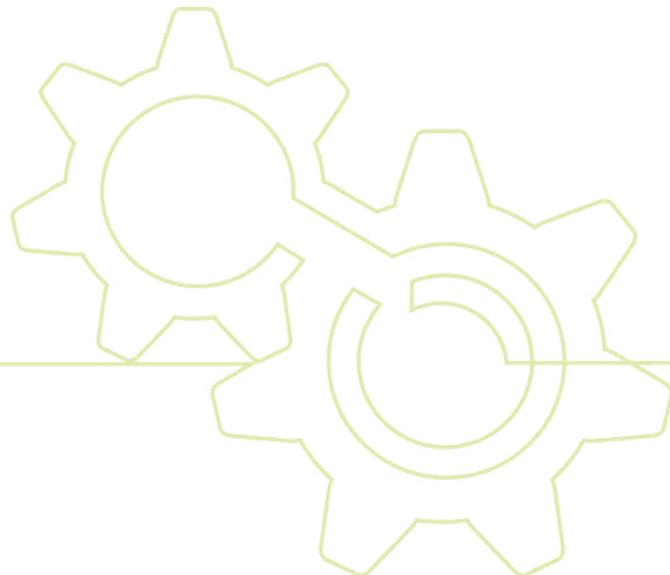


Figura 2.36: Mapa com a classificação da declividade da ADA. Cena 1.



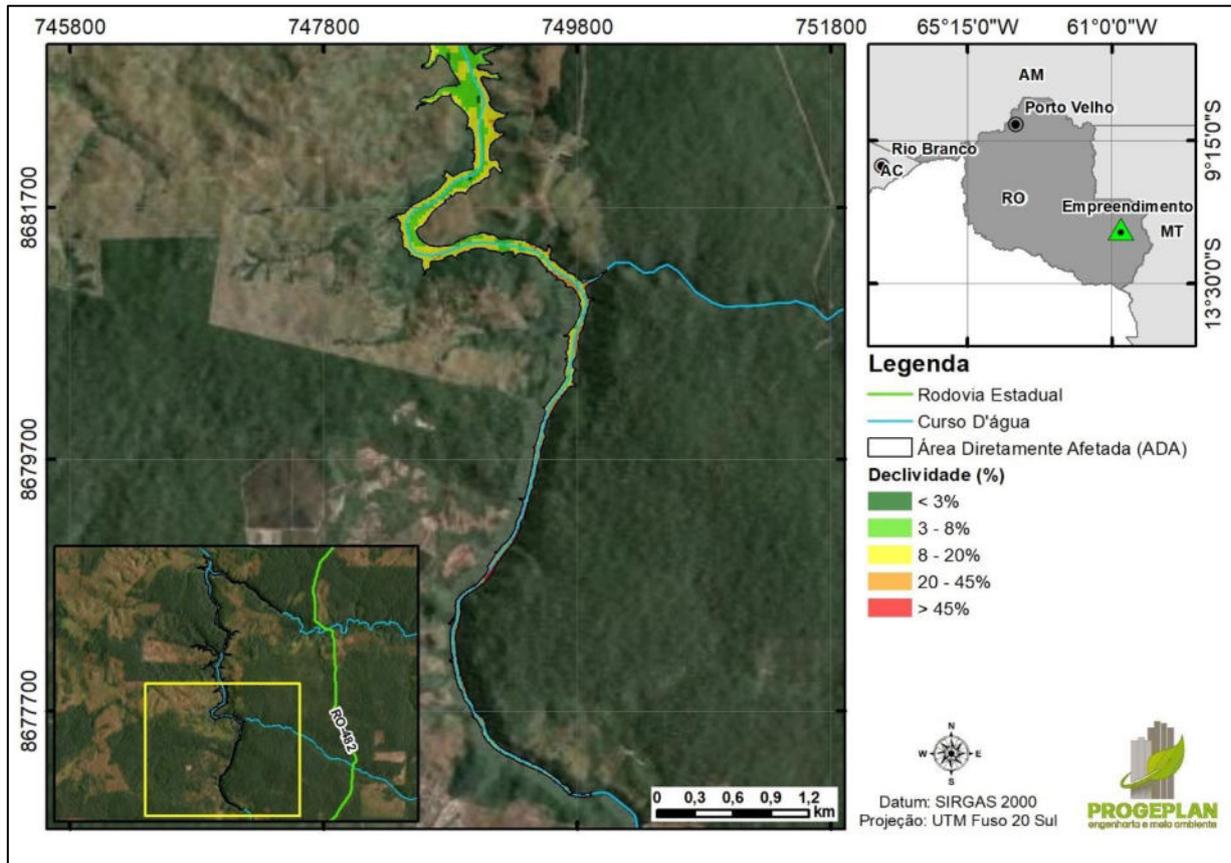
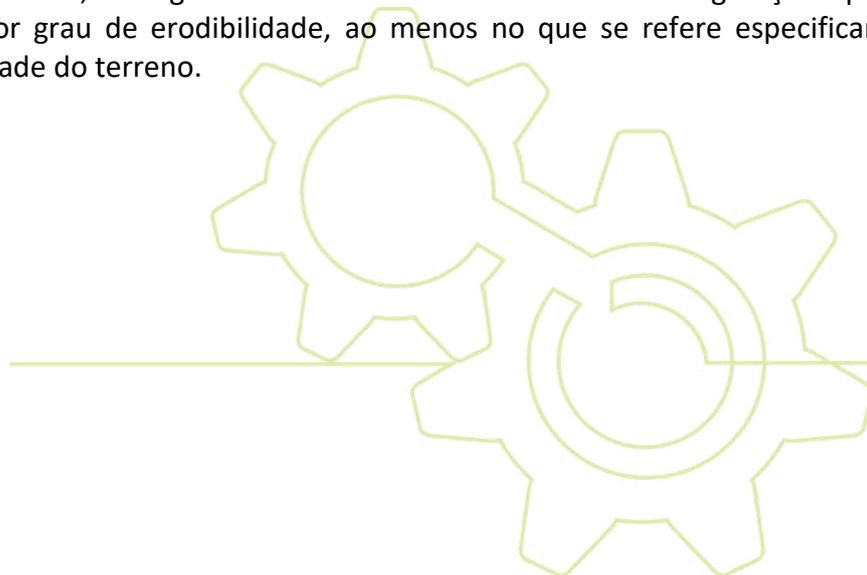


Figura 2.37: Mapa com a classificação da declividade da ADA. Cena 2.

No intuito de representar de forma mais geral toda a área de influência do empreendimento, também foi feito o mapa de declividade para a área de influência indireta da PCH Rondon I, conforme demonstrado na Figura 2.38.

Ao analisar o mapa de declividades da AII destaca-se a grande predominância das classes inferiores a 20%, indicando que a localidade se encontra em uma área com relevo moderadamente ondulado, sem grandes relevos montanhosos. Tal configuração aponta em uma área com menor grau de erodibilidade, ao menos no que se refere especificamente à influência da declividade do terreno.



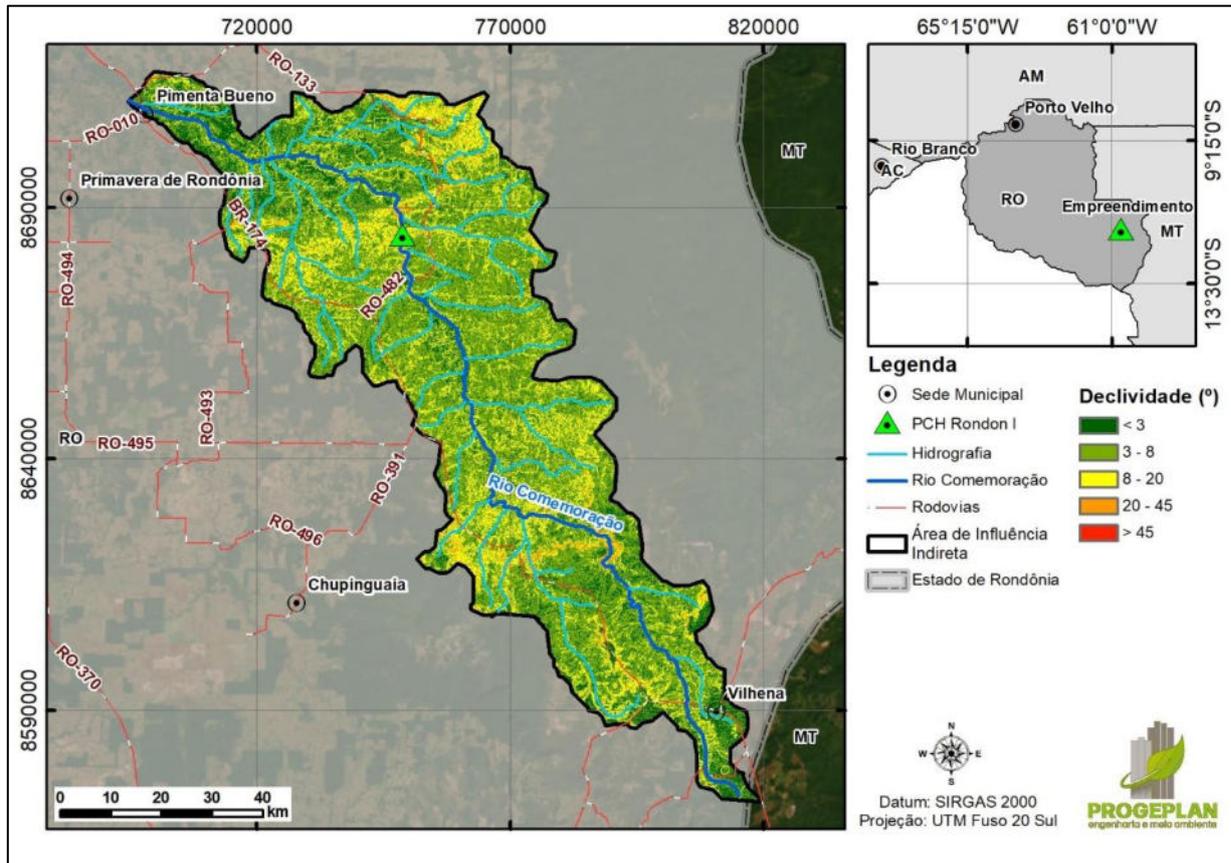


Figura 2.38: Mapa com a classificação da declividade da AII.

## 2.5 RECURSOS MINERAIS

### 2.5.1 Processos Minerários na AII

Ao avaliar toda a Área de Influência Indireta do empreendimento, a sub-bacia do rio Comemoração e as áreas adjacentes ao empreendimento, são observados processos minerários relacionados principalmente à diamante e titânio, além da presença considerável de títulos relacionados ao ouro. Diversos outros títulos minerários também são encontrados em menor grau na região da AII da PCH Rondon I, como, por exemplo, cobre, cassiterita e níquel, conforme expresso na Figura 2.39.

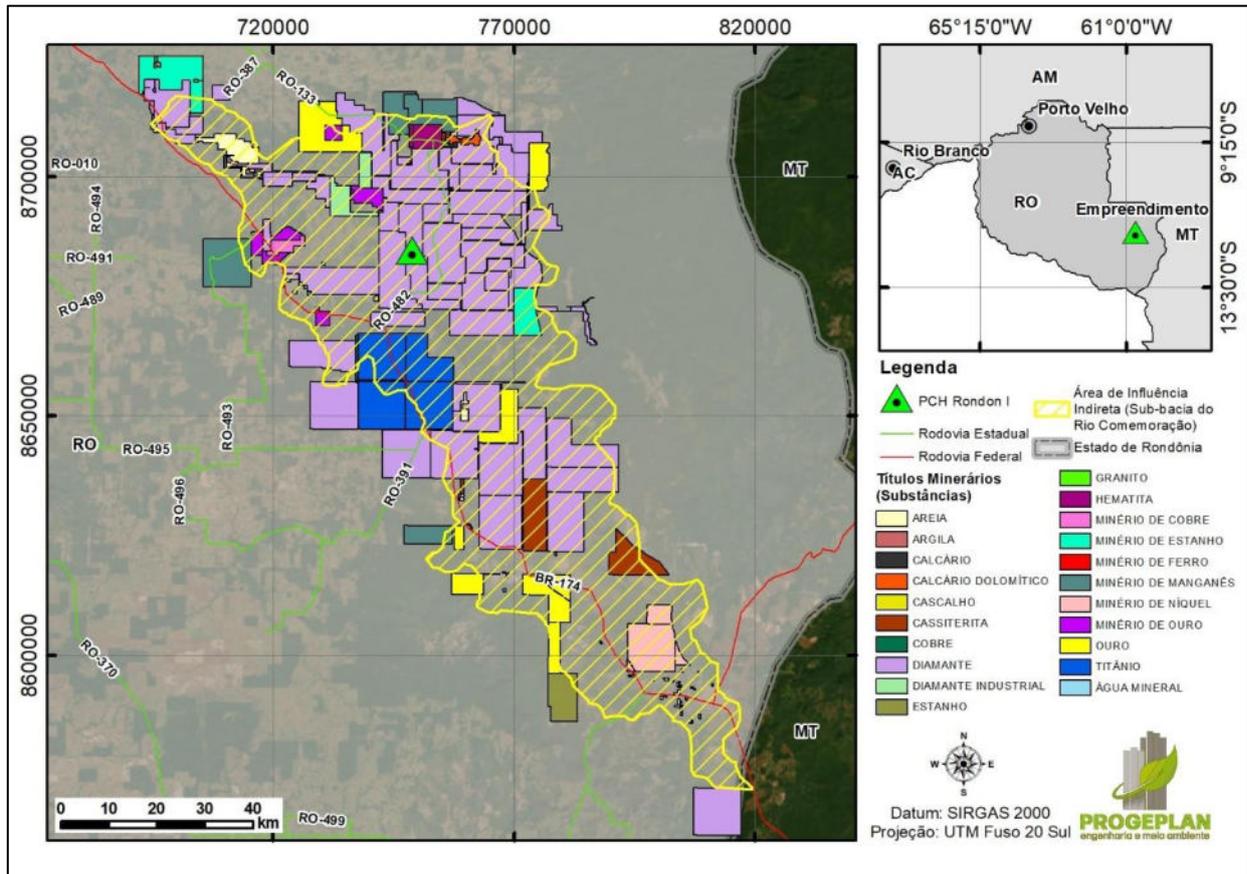
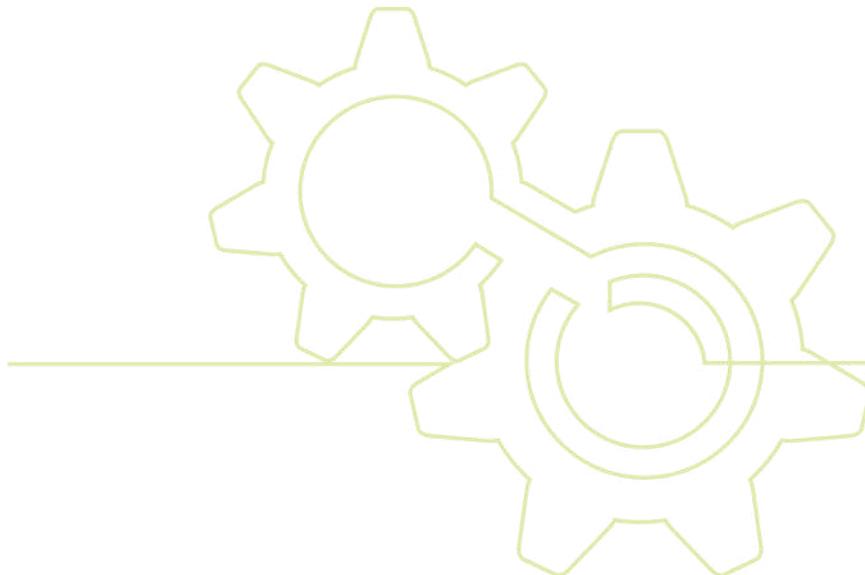


Figura 2.39: Mapa com os processos minerários na AII e região próxima.

## 2.5.2 Processos minerários da ADA

Quando se analisa os processos minerários que se encontram dentro da área de influência direta do empreendimento, toda a região em questão está compreendida como sendo de títulos minerários relacionados ao diamante, conforme expresso na Figura 2.40.



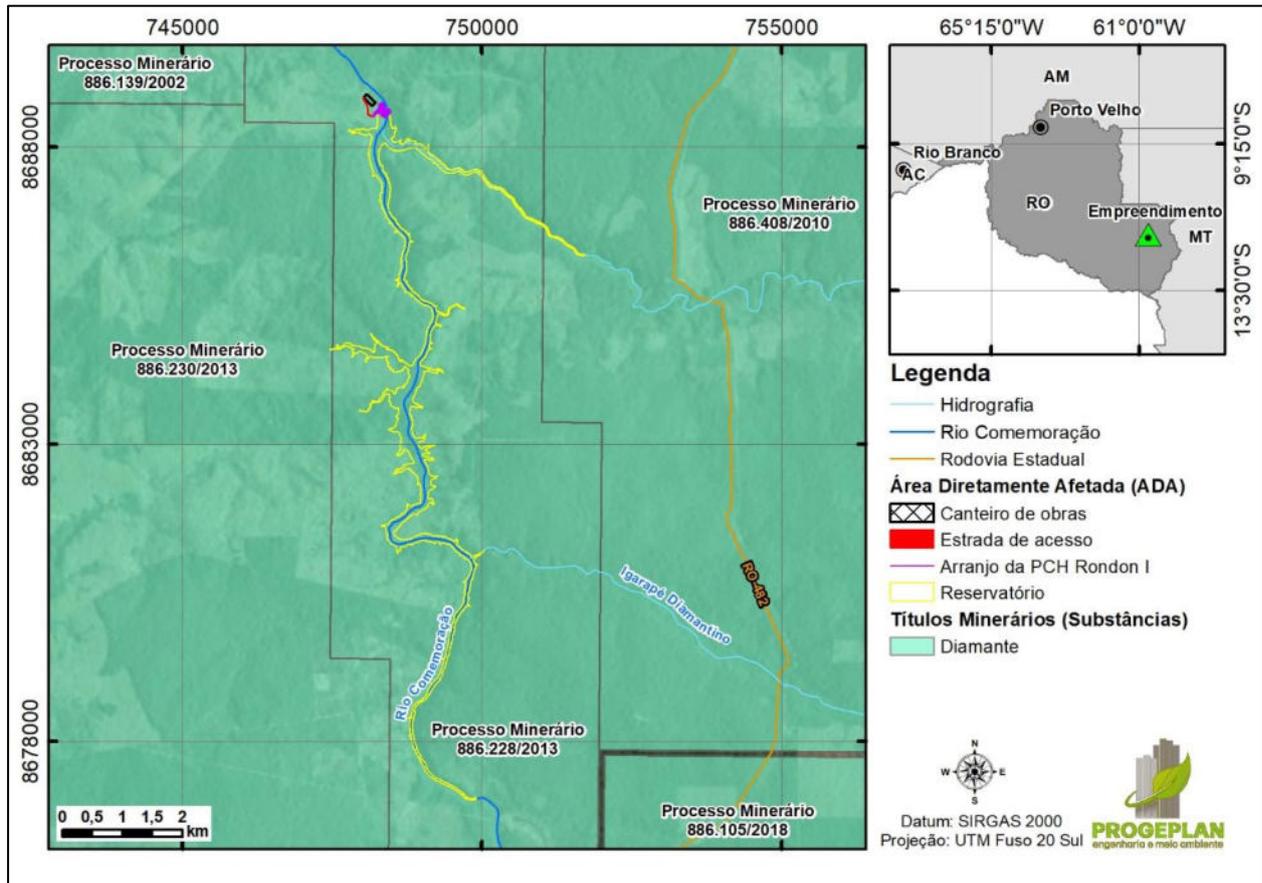


Figura 2.41: Mapa com os processos minerários na ADA e região próxima.

## 2.6 HIDROGEOLOGIA

### 2.6.1 Domínios hidrogeológicos do estado de Rondônia

No estado de Rondônia, a reserva de água subterrânea está distribuída em aquíferos de diferentes naturezas, incluindo os tipos fissural e misto. O aquífero fissural é predominantemente composto por rochas magmáticas e metamórficas, naturalmente compactas. Nas bacias hidrográficas sedimentares fanerozóicas e nas coberturas cenozoicas, o aquífero poroso é prevalente. Já o aquífero misto é identificado principalmente em bacias hidrográficas mais antigas, de idade meso e neoproterozóica (QUADROS; RIZZOTTO, 2007).

Morais (1998) elaborou uma sistematização abrangente dos sistemas hidrológicos de Rondônia, que estabeleceu duas categorias de aquíferos: intergranulares e fraturados. Na primeira categoria foram enquadrados os aquíferos desenvolvidos em rochas sedimentares porosas, do grupo Parecis. Ambas as categorias foram divididas em sete classes de aquíferos: aquíferos intergranulares contínuos, livres; aquíferos intergranulares descontínuos, livres a semiconfinados; aquíferos locais restritos às zonas fraturadas, livres; aquíferos fraturados descontínuos, livres; aquíferos intergranulares/fraturados, livres ou confinados; aquíferos de baixo potencial hídrico e; zonas praticamente sem água subterrânea.

A distribuição dos domínios hidrogeológicos presentes no estado de Rondônia está representada na Figura 2.42.

Os aquíferos fraturados identificados no estado de Rondônia foram categorizados no Domínio Fraturado Norte, que compreende uma região de rochas cristalinas/metamórficas. Nessa área, a precipitação pluviométrica média total anual, com base na série histórica de 1961 a 1990, excede 1.800 milímetros. No âmbito do Domínio Poroso, destacam-se o Sistema Aquífero Parecis, os aquíferos da bacia hidrográfica de Pimenta Bueno, o Aquífero Solimões, além de aluviões e coberturas sedimentares indiferenciadas. Já as rochas sedimentares proterozóicas a oeste do graben de Pimenta Bueno são consideradas como pertencentes ao Domínio Poroso/Fissural (RONDÔNIA, 2018).

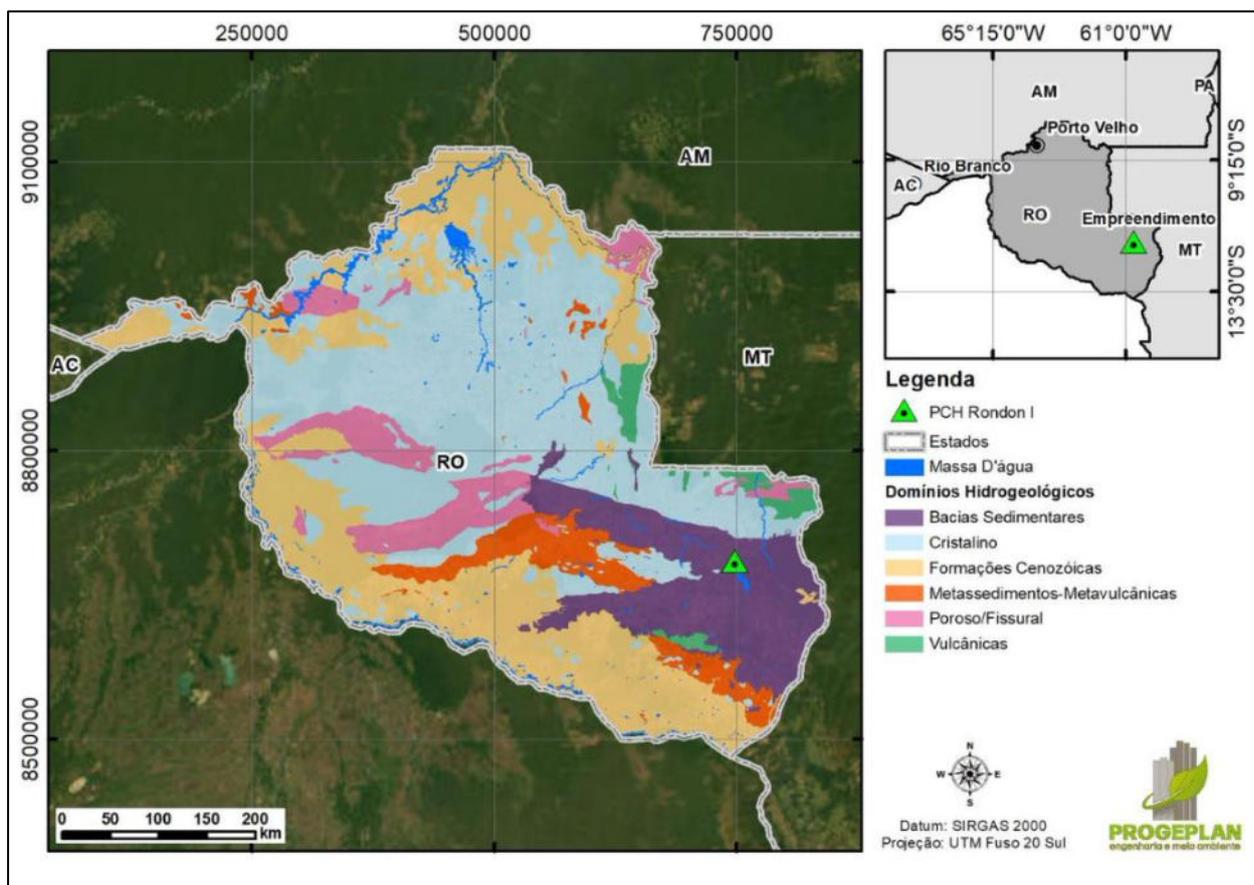


Figura 2.42: Domínios hidrogeológicos do estado de Rondônia.

Fonte: CAJAZEIRAS et al. (2010).

## 2.6.2 Hidrogeologia da bacia

As bacias sedimentares e os domínios hidrogeológicos encontrados na sub-bacia do rio Comemoração compreendem: a Bacia dos Parecis (Fazenda da Casa Branca, Rio Ávila, Utiariti), Bacia de Pimenta Bueno (Pimenta Bueno) e Cristalino (Rio Pardo), conforme Figura 2.43.

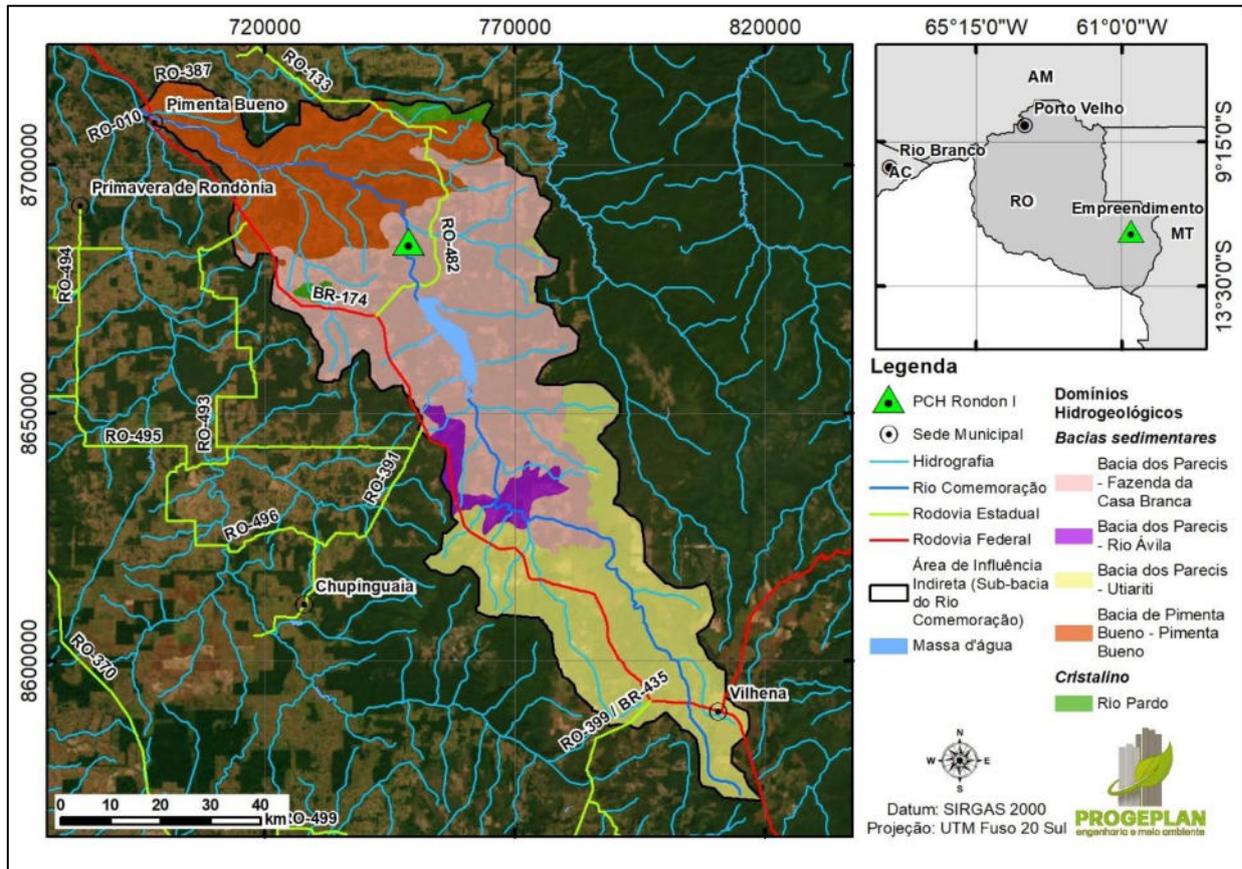
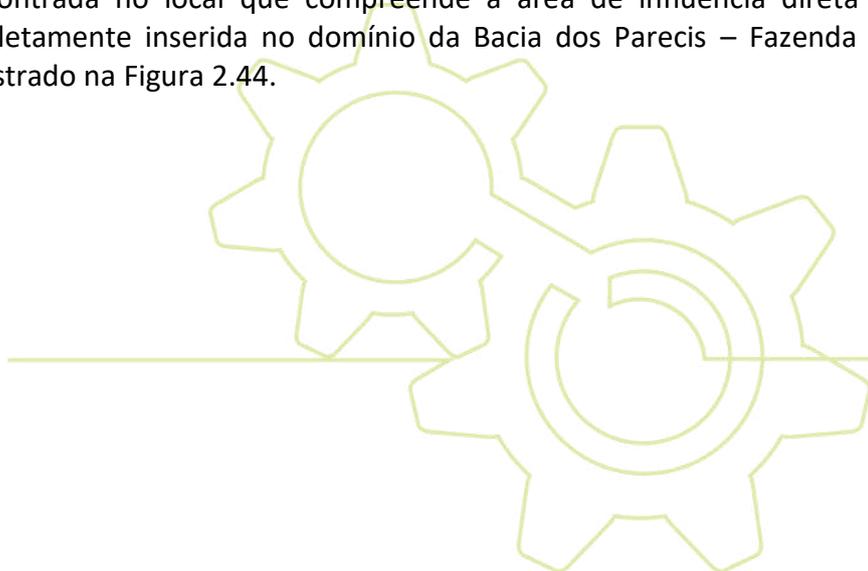


Figura 2.43: Mapa com a hidrogeologia da sub-bacia do rio Comemoração.

Segundo Morais (1998), o grupo Parecis contém o principal aquífero do estado de Rondônia, com sedimentos areníticos e conglomeráticos do período cretáceo com cerca de 300 m de espessura.

### 2.6.3 Hidrogeologia da AID

A hidrogeologia encontrada no local que compreende a área de influência direta da PCH Rondon I está completamente inserida no domínio da Bacia dos Parecis – Fazenda da Casa Branca, conforme ilustrado na Figura 2.44.



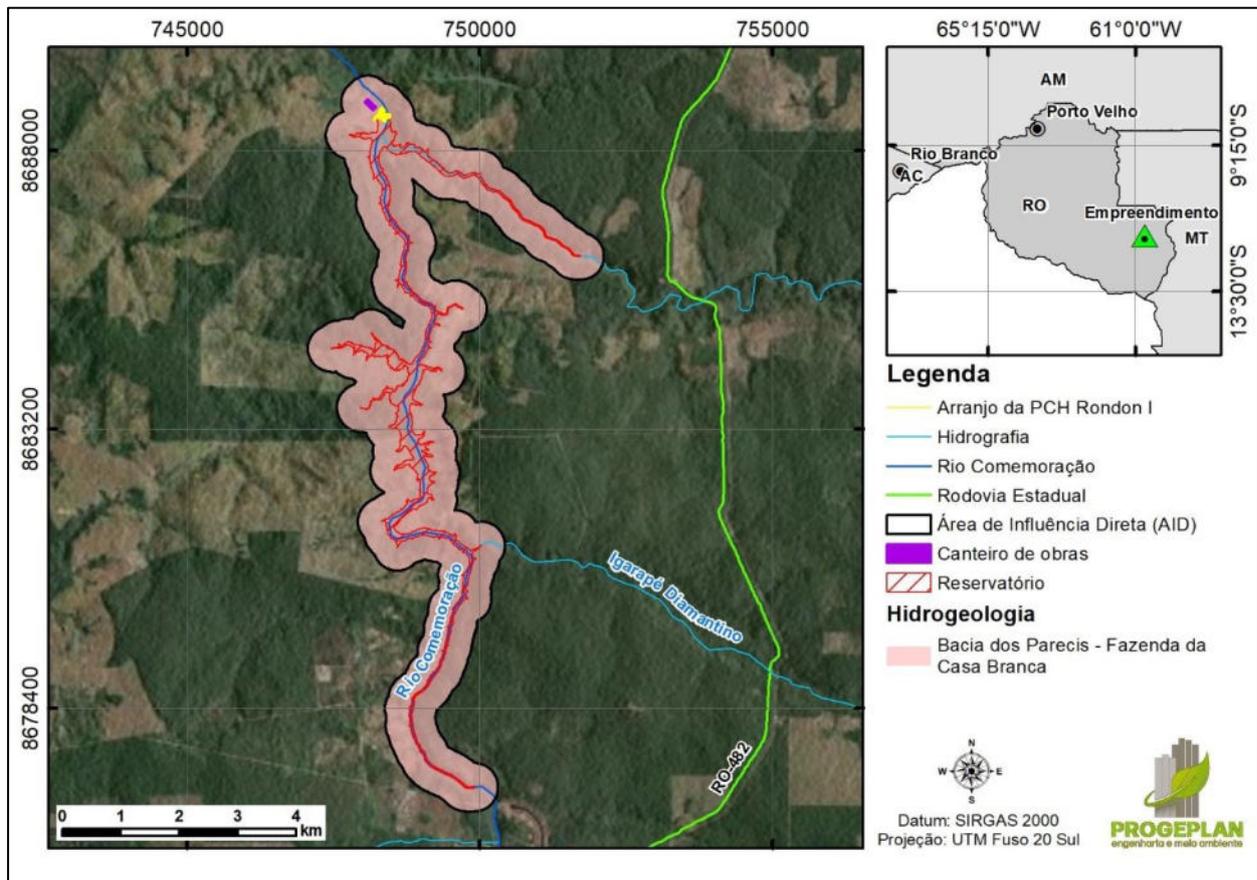


Figura 2.44: Mapa com a hidrogeologia da área de influência direta da PCH Rondon I.

O sistema aquífero Parecis é o mais importante no estado de Rondônia, com captações usualmente através de poços tubulares e com vazão média próxima a 20 m<sup>3</sup>/h, sendo parte integrante da bacia sedimentar dos Parecis (PEREIRA et al., 2015).

A recarga hídrica na região da chapada dos Parecis é predominantemente pluviométrica, caracterizando-se por relevos mais planos e elevados. Durante o período seco, verifica-se uma deficiência hídrica, contrastando com o restante do ano, no qual ocorrem excedentes hídricos expressivos que propiciam a recarga substancial dos aquíferos na área (MORAIS, 1998).

Segundo Pereira et al. (2015), a variação do nível estático no aquífero Parecis varia, normalmente, entre valores máximos de 72 metros e valores mínimos de 2 metros, com uma média de 13,8 metros e uma predominância entre 21 a 40 metros (49%). Já o nível dinâmico varia de 5 a 82 metros, com média de 37 metros e predominância dos valores entre 21 a 40 metros (59%).

#### 2.6.4 Hidrogeologia da ADA

De forma similar ao mencionado no item anterior, a hidrogeologia compreendida na área diretamente afetada pela PCH Rondon I está completamente inserida no domínio da Bacia dos Parecis – Fazenda da Casa Branca (Figura 2.44).

As informações relativas a este domínio hidrogeológico estão expostas no item 2.6.3. Tal simplificação se deve ao fato de que a área diretamente afetada está totalmente compreendida dentro da área de influência direta.

## 2.7 ESPELEOLOGIA

A espeleologia é responsável por estudar as cavernas e ambientes subterrâneos. Seu escopo abrange desde a exploração física e mapeamento de cavidades naturais até a análise geológica, hidrogeológica e biológica desses espaços. Desenvolver estudos nesta área para a instalação de empreendimentos tem sua relevância para a compreensão e mitigação dos potenciais impactos que as atividades humanas possam ter sobre esses ecossistemas subterrâneos.

O mapeamento preciso de cavernas é fundamental para evitar construções em áreas sensíveis, preservando a integridade ambiental e evitando danos irreparáveis a formações geológicas únicas. Além disso, a espeleologia desempenha um papel vital na gestão de recursos hídricos, uma vez que muitas cavernas desempenham um papel crítico na recarga e no fluxo de aquíferos subterrâneos. O que torna crucial a identificação da potencialidade de ocorrência de cavernas na área do empreendimento da PCH Rondon I.

### 2.7.1 Potencialidade de Ocorrência de Cavernas

Para a possível identificação de cavidades naturais na região do empreendimento, foi levado em conta o mapeamento do ICMBIO sobre o Potencial de Existência de Cavernas (Tabela 2.14), a existência de outras cavernas já conhecidas e a investigação realizada durante o trabalho de campo.

Além disso, foram levantadas as cavernas da região previamente cadastradas no CANIE (Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas). O CANIE, de responsabilidade técnica do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), é parte integrante do Sistema Nacional de Informação do Meio Ambiente (SINIMA), e contempla as informações referentes ao patrimônio espeleológico nacional.

Tabela 2.14: Grau de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil de acordo com a litologia.

Lito tipo	Grau de Potencialidade
Calcário, Dolomito, Evaporito, Metacalcário, Formação ferrífera bandada, Itabirito e Jaspilito.	Muito Alto
Calcrete, Carbonatito, Mármore e Marga.	Alto
Arenito, Conglomerado, Filito, Folhelho, Fosforito, Grauvaca, Metaconglomerado, Metapelito, Metassilito, Micaxisto, Milonito, Quartzito, Pelito, Riolito, Ritmito, Rocha calci-silicática, Silito e Xisto.	Médio
Anortosito, Arcóseo, Augengnaise, Basalto, Charnockito, Diabasio,	Baixo

Lito tipo	Grau de Potencialidade
Diamictito, Enderbitito, Gabro, Gnaisse, Granito, Granitóide, Granodiorito, Hornfels, Kinzigito, Komatito, Laterita, Metachert, Migmatito, Monzogranito, Olivina gabro, Ortoanfíbólito, Sienito, Sienogranito, Tonalito, Trondhjemitito, entre outros litotipos.	
Aluvião, Areia, Argila, Cascalho, Lamito, Linhito, Turfa e outros sedimentos.	Ocorrência Improvável

Fonte: Piló e Auler (2011, p. 9), modificado por Jansen et al., 2012.

O mapa de potencial de ocorrência de cavernas, baseado nas informações do ICMBio, sobrepostas as informações do CANIE é apresentado na Figura 2.45. Embora fique em uma área com risco médio de ocorrência de cavernas, não foram identificadas cavidades naturais na All, AID e ADA do empreendimento. Isto pode ser explicado pelo relevo Planalto dos Parecis e com a geologia encontrada na região, na qual os arenitos apresentam médio potencial para ocorrência de cavernas.

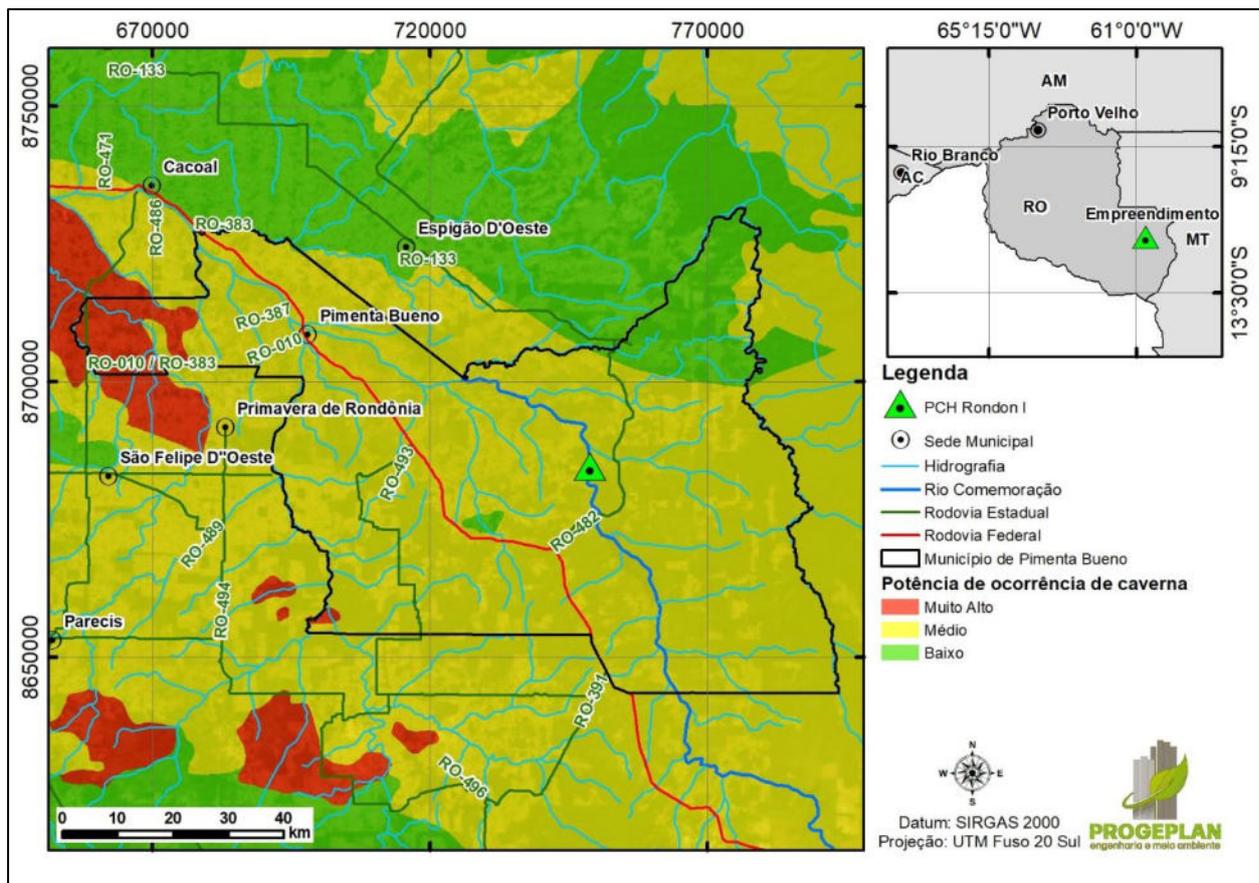


Figura 2.45: Potencial de ocorrência de cavernas da PCH Rondon I.

Embora não haja registros de cavidades naturais dentro das áreas de influência do empreendimento, também foi realizada uma busca a respeito das cavidades naturais nas adjacências da PCH Rondon I. Para isso, foram utilizadas informações geográficas buscando os

as cavidades naturais em um raio de 40 km, a partir da área prevista para instalação do arranjo da PCH Rondon I (Figura 2.46).

Como resposta a esta busca, foram encontradas cavidades naturais a 7,7 km de distância, a 19,9 km, a 24,3 km e a 25,5 km, conforme expresso na Figura 2.46.

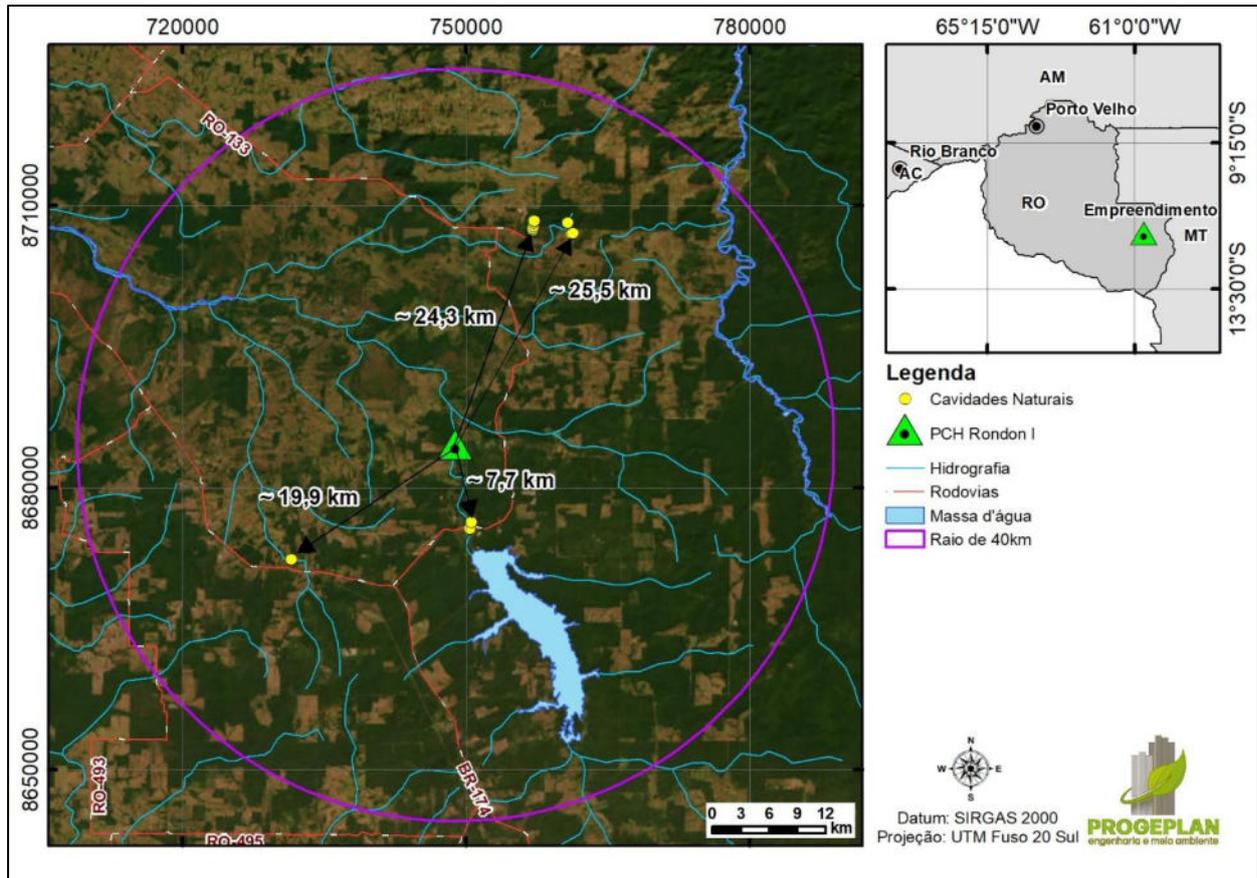


Figura 2.46: Localização e acesso à PCH Rondon I em relação a cavidades naturais.

A Tabela 2.15 mostra as informações de localização, descrição e distância entre as cavidades naturais existentes em um raio de 40 km da PCH Rondon I.

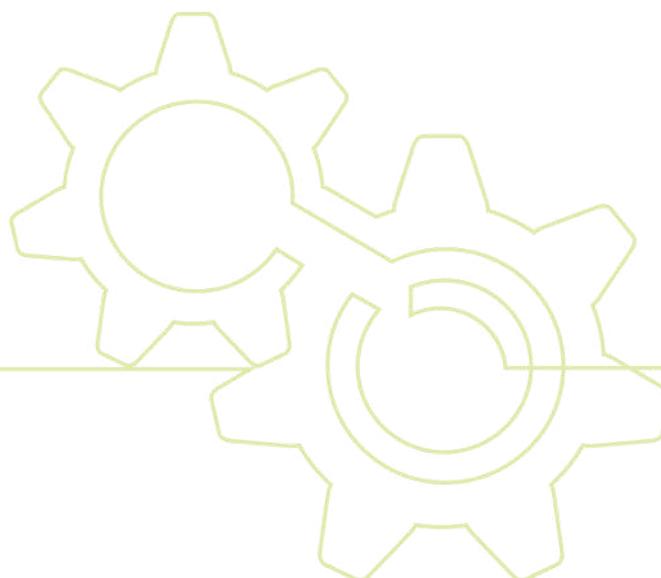
Tabela 2.16: localização e distância das cavidades naturais em um raio de 40km de distância do empreendimento da Rondon I.

Distância PCH Rondon I (km)	UF	Município	Localidade	Latitude	Longitude
9	RO	Pimenta Bueno	Usina Hidrelétrica Rondon II	-11,971012	-60,700289
21,2	RO	Pimenta Bueno	Localizada na propriedade do Sr. Altamiro - região de Marco Rondon	-12,001913	-60,8734
25,8	RO	Pimenta Bueno	Propriedade da empresa CMR	-11,686151	-60,602768
25,2	RO	Pimenta Bueno	Propriedade da empresa CMR	-11,676373	-60,640853
25,4	RO	Pimenta Bueno	Propriedade da empresa CMR	-11,674563	-60,640539

Distância PCH Rondon I (km)	UF	Município	Localidade	Latitude	Longitude
25,4	RO	Pimenta Bueno	Propriedade da empresa CMR	-11,674579	-60,640355
25,4	RO	Pimenta Bueno	Propriedade da empresa CMR	-11,674487	-60,640118
24,8	RO	Pimenta Bueno	Sem informação	-11,679286	-60,640873
25,7	RO	Pimenta Bueno	Propriedade da empresa CMR	-11,686786	-60,603772
24,4	RO	Pimenta Bueno	Sem informação	-11,68319	-60,641273
24,6	RO	Pimenta Bueno	Propriedade da empresa CMR	-11,681388	-60,641273
24,4	RO	Pimenta Bueno	Propriedade da empresa CMR	-11,683184	-60,641273
24,4	RO	Pimenta Bueno	Propriedade da empresa CMR	-11,683186	-60,641273
8,3	RO	Pimenta Bueno	Usina Hidrelétrica Rondon II	-11,964812	-60,69909
8,3	RO	Pimenta Bueno	Usina Hidrelétrica Rondon II	-11,964812	-60,699089
25,4	RO	Pimenta Bueno	Propriedade da empresa CMR	-11,674537	-60,640695
26,6	RO	Pimenta Bueno	Fazenda do Senhor Marcos	-11,676361	-60,608083

## 2.8 RECURSOS HÍDRICOS

A bacia hidrográfica do rio Comemoração abrange uma área total de 4.358,64 km<sup>2</sup> e está localizada nos municípios de Vilhena, Chupinguaia, Pimenta Bueno e Espigão D'Oeste, ambos no estado de Rondônia (BARROS et al., 2022). A Figura 2.47 mostra a área da sub-bacia do rio Comemoração, bem como o percurso do rio.



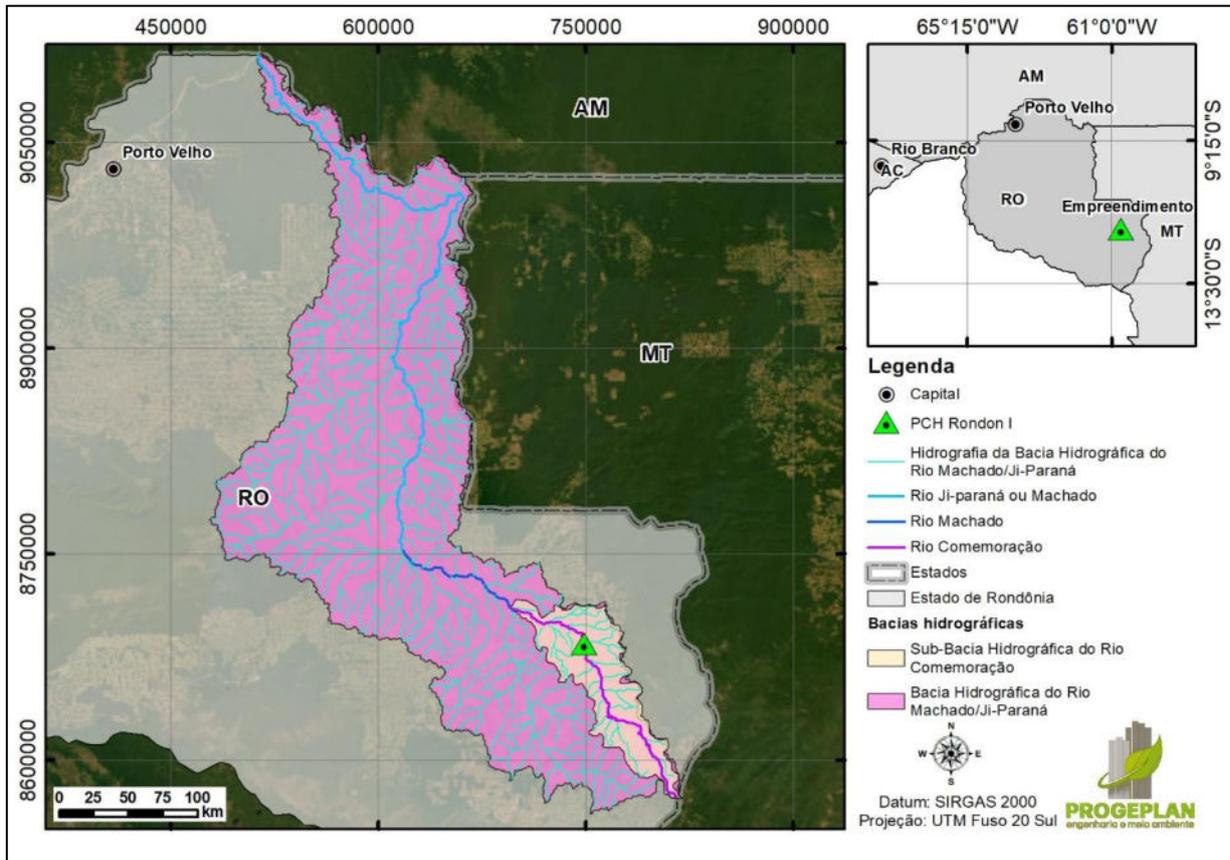


Figura 2.47: Hidrografia do rio Comemoração.

O local de implementação da PCH Rondon I está situado na zona rural do município de Pimenta Bueno, no estado de Rondônia, mais precisamente, no rio Comemoração, que juntamente ao rio Pimenta Bueno, compõem a Bacia Hidrográfica do rio Machado (Ji-Paraná). O rio Comemoração é afluente da margem direita do rio Madeira, que, por sua vez, é afluente da margem direita do rio Amazonas, sendo uma região de grande importância para o abastecimento hídrico local.

A região destinada a instalação da PCH Rondon I insere-se na sub-bacia do rio Comemoração e corre no sentido sudeste/noroeste, recebendo pela margem esquerda o rio Pimenta Bueno, e juntos formando o rio Ji-Paraná (Machado).

A extensão da rede hidrográfica do rio comemoração é de 1049,79 Km, o que totaliza uma superfície de 579.372,36 ha. Tem suas cabeceiras localizadas nos contrafortes leste do Planalto dos Parecis sobre rochas sedimentares paleozoicas e sedimentos que compõem as Coberturas Indiferenciadas Cenozoicas (Terciárias-Quaternárias).

A Figura 2.47 permite visualizar tanto a localização do empreendimento na bacia do rio Machado (Ji-Paraná), quanto na bacia do rio Comemoração, ao qual a PCH Rondon I está inserida. Ademais, também é possível observar os rios principais, as nascentes e os cursos d'água afluentes existentes na bacia.

## 2.8.1 Estudos Hidrológicos

### 2.8.1.1 Permanência de Vazões Médias

As permanências das vazões médias mensais da PCH Rondon I foram calculadas com base na série de vazões gerada para o aproveitamento e está apresentada na Tabela 2.17.

Tabela 2.17: Permanência das Vazões – PCH Rondon I.

Permanência	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
5%	197,2
10%	178,1
15%	162
20%	144,1
25%	133
30%	123
35%	115,1
40%	106,7
45%	97,2
50%	85,6
55%	78,6
60%	74,7
65%	69,6
70%	65,1
75%	61,7
80%	58,1
85%	55,2
90%	52,7
95%	48,8

## 2.8.2 Estudos de Vazões Extremas

### 2.8.2.1 Estudos de Vazões Máximas

Para a determinação das cheias no local da PCH Rondon I utilizou-se a metodologia convencional de estudos de cheias para aproveitamentos hidroelétricos. Essa metodologia consiste em: a partir das séries de vazões máximas diárias, separar os eventos máximos ocorridos em cada ano hidrológico, as quais são ajustadas distribuições estatísticas como as de Gumbel ou Exponencial de Dois Parâmetros.

A escolha da melhor distribuição estatística é realizada em função do coeficiente de assimetria da amostra. Para valores de assimetria menores ou iguais a 1,5 é preferível utilizar o método de

Gumbel. Para valores maiores que 1,5, convém utilizar o método Exponencial de Dois Parâmetros.

Considerando o posto fluviométrico Fazenda Flor do Campo como posto-base, foram realizados 2 estudos: determinação de cheias para o ano hidrológico e determinação de cheias para o período seco. O primeiro estudo tem por objetivo dimensionar as estruturas extravasoras.

Os resultados obtidos para o eixo da PCH Rondon I estão apresentados na Tabela 2.18

Tabela 2.18: Vazões Máximas PCH Rondon I – Período Completo.

TR (anos)	Vazão Estação Fazenda Flor do Campo (m <sup>3</sup> /s)	PCH Rondon I (m <sup>3</sup> /s)
5	479,7	424,67
10	544,0	481,61
15	580,3	513,74
20	605,7	536,23
25	625,3	553,56
50	685,6	606,94
100	745,4	659,92
500	883,7	782,35
1000	943,1	834,98
5000	1081,1	957,14
10000	1140,5	1009,74

#### 2.8.2.2 Vazões Máximas na Estiagem

Considerando o posto fluviométrico Fazenda Flor do Campo como posto-base, foram realizados 2 estudos: determinação de cheias para o ano hidrológico e determinação de cheias para o período seco. A análise do período seco tem o intuito de dimensionar as estruturas de desvio do rio para construção das obras no leito molhado. A Tabela 2.19 mostra os resultados obtidos deste estudo.

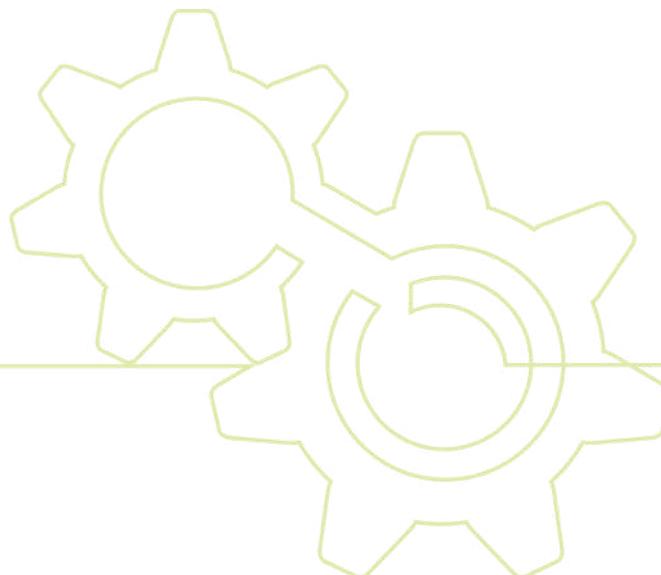


Tabela 2.19: Vazões Máximas PCH Rondon I – Período seco.

TR (anos)	Vazão Estação Fazenda Flor do Campo (m <sup>3</sup> /s)	PCH Rondon I (m <sup>3</sup> /s)
5	195,9	173,47
10	229,6	203,31
15	248,7	220,14
20	262,0	231,92
25	272,2	241,00
50	303,8	268,97
100	335,2	296,73
500	407,6	360,88
1000	438,8	388,46
5000	511,1	452,46
10000	542,2	480,02

### 2.8.2.3 Estudos de Vazões Mínimas

A vazão mínima, no contexto hidrológico, refere-se ao fluxo mais baixo de água que um determinado curso d'água mantém durante um período de tempo definido, normalmente no período de estiagem. Essa medida é fundamental para avaliar a disponibilidade hídrica mínima necessária do corpo hídrico.

Para o estado de Rondônia, a vazão mínima remanescente do rio deve ser de 70% da Q95. Que equivale a 34,15m<sup>3</sup>/s.

### 2.8.3 Áreas Hidrológicas Sensíveis

As áreas hidrológicamente sensíveis referem-se a regiões geográficas ou unidades de paisagem que apresentam uma resposta hidrológica significativa a alterações nas condições meteorológicas ou no uso da terra. Essa sensibilidade é atribuída à complexa interação entre os diferentes componentes do ciclo hidrológico, tais como precipitação, infiltração, escoamento superficial e evapotranspiração.

Quando se trata dos riscos aos processos de erosão e assoreamento, apenas uma parcela reduzida dessa área de influência apresenta um risco mais elevado, classificado como grau IV ou V (muito suscetível ou extremamente suscetível, respectivamente), abrangendo aproximadamente 7,5% da área total (para mais detalhes consultar o item 2.3.8). Ademais, como cerca de 71% da área do empreendimento está compreendida numa área de grau moderado de risco a erosão, é válido destacar a necessidade de adotar uma abordagem técnica e cuidadosa para mitigar os potenciais impactos adversos associados aos processos erosivos, estabelecendo medidas preventivas de controle, de modo a assegurar a estabilidade do terreno e a integridade estrutural da PCH Rondon I.

Outro risco hidrológico muito associado a empreendimentos hidrelétricos como as PCHs, são os riscos de inundações. Desta forma, a identificação e compreensão das áreas hidrologicamente sensíveis são cruciais para avaliar o risco de inundações, permitindo a implementação de medidas preventivas e estratégias de gestão adequadas.

Como forma de contornar estes riscos, os itens 2.8.1.1 e 2.8.2 tratam, respectivamente, do estudo da permanência das vazões médias e do estudo das vazões extremas (vazões máximas, vazões máximas de estiagem e vazões mínimas). Através destes estudos o reservatório foi dimensionado com base em um tempo de retorno de 10.000 anos, justamente a fim de minimizar ao máximo os riscos hidrológicos associados a construção e operação da PCH Rondon I.

## **2.9 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS**

### **2.9.1 Resultados**

#### *2.9.1.1 Parâmetros Físico-Químicos*

Os resultados das três campanhas foram comparados com os limites estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, que define os padrões para a classificação das águas. Devido aos usos preponderantes na região, os resultados das análises foram comparados com os parâmetros para enquadramento das águas na Classe 2, que são águas voltadas para abastecimento humano com tratamento convencional, proteção de comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças, aquicultura e pesca (CONAMA, 2005). Essa classificação é reforçada pelo disposto no art. 42º dessa Resolução, que atribui o enquadramento na classe 2 a todos os corpos hídricos de água doce que não possuam enquadramento específico aprovado e definido, que é o caso do rio Comemoração onde foram feitas as coletas.

#### *2.9.1.2 Parâmetros de Medição Imediata (em campo)*

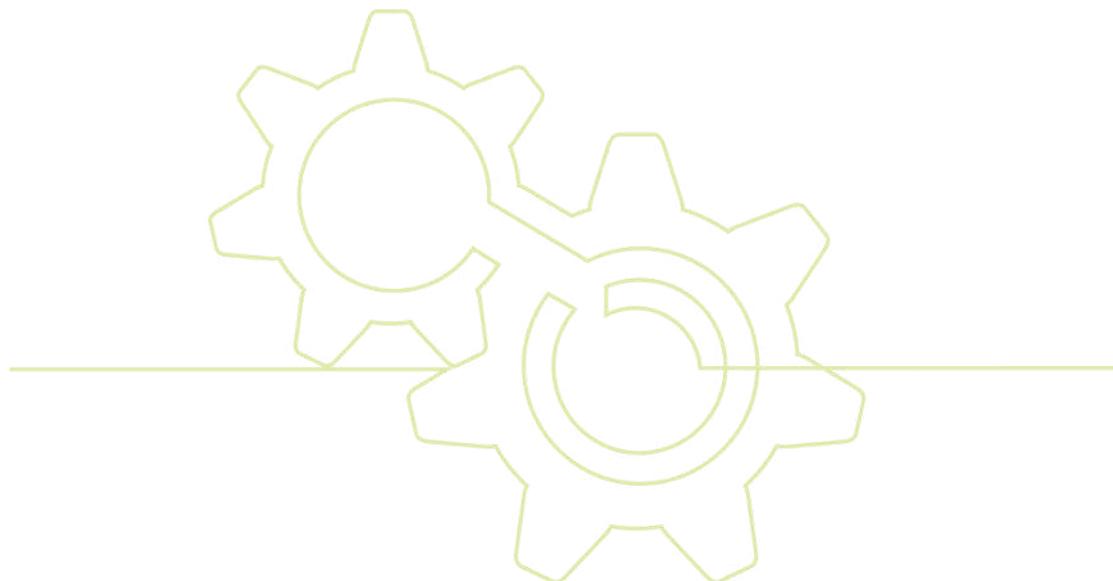
Com relação aos parâmetros registrados em campo expressos na Tabela 2.20, nenhum parâmetro observado apresentou inconformidade com os limites regulatórios impostos pela Resolução CONAMA nº 357/2005.



Tabela 2.20: Resultados dos parâmetros de campo registrados durante o Diagnóstico da Qualidade das Águas Superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05 - Classe 2	Campanhas											
			1ª Campanha				2ª Campanha				3ª Campanha			
			QA - 1	QA - 2	QA - 3	QA - 4	QA - 1	QA - 2	QA - 3	QA - 4	QA - 1	QA - 2	QA - 3	QA - 4
Temperatura Ambiente	°C	NR	33,8	26,2	31,3	26,8	28,7	29,1	30,0	30,6	25,40	26,60	24,10	28,50
Temperatura da amostra	°C	NR	25,9	26,2	26,1	26	30,1	30,6	28,7	29,9	29,80	29,30	28,70	29,00
Oxigênio Dissolvido	mg/L	≥ 5,00	6,2	7,4	6,5	8,1	7,20	7,10	6,80	7,20	6,60	6,50	6,40	6,30

Legenda: \*NR: Não relacionado.



### 2.9.1.3 Parâmetros Analisados em Laboratório

Com relação aos parâmetros analisados em laboratório, foi evidenciado um cenário semelhante ao registrado para os parâmetros aferidos em campo e a grande maioria dos parâmetros tiveram resultados condizentes com o limite imposto pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas superficiais de classe 2.

Foram registradas inconformidades apenas para os parâmetros Coliformes termotolerantes, Ferro Dissolvido, Fósforo total e pH. Com exceção do ferro dissolvido, possivelmente essas inconformidades são atribuídas a influência do período chuvoso. Os resultados dos parâmetros analisados em laboratório são mostrados na Tabela 2.21.

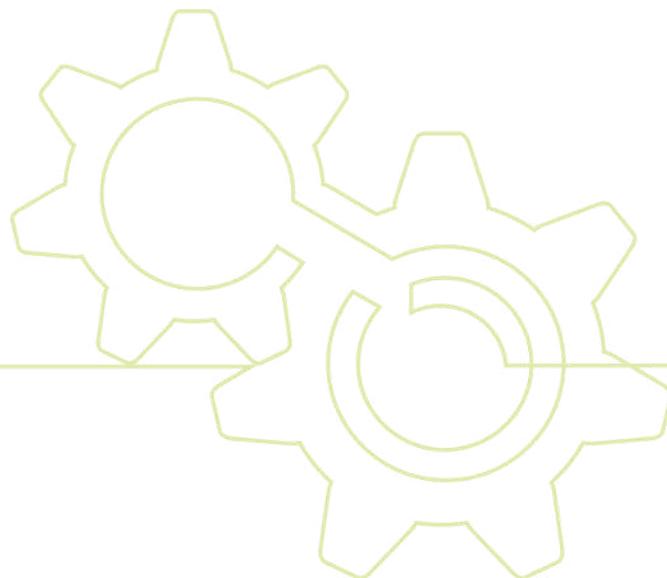
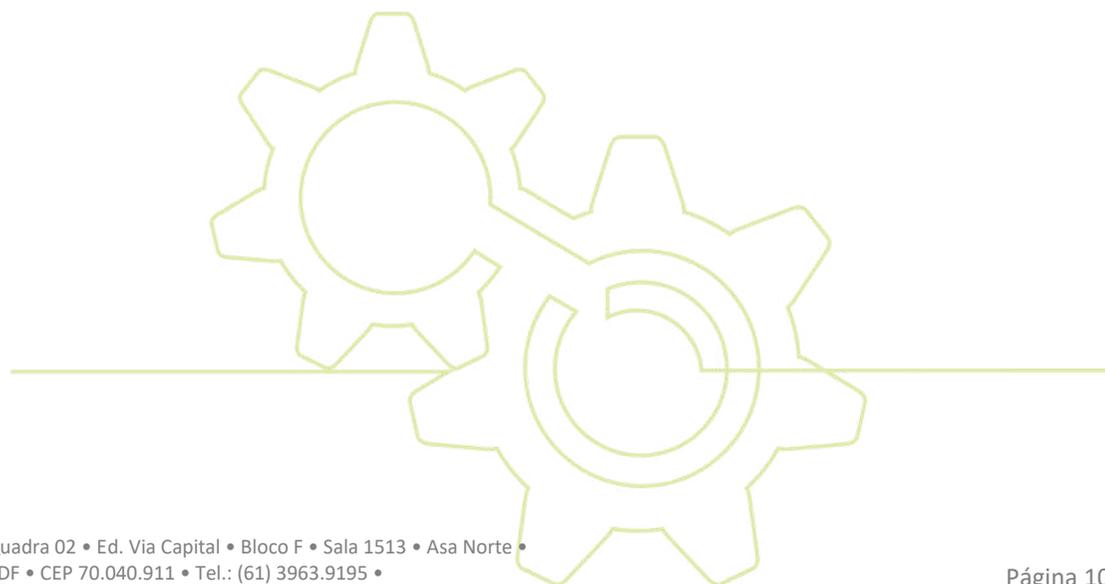


Tabela 2.21: Resultados dos parâmetros analisados em laboratório do diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05 - Classe 2	Campanhas											
			1ª Campanha				2ª Campanha				3ª Campanha			
			QA - 1	QA - 2	QA - 3	QA - 4	QA - 1	QA - 2	QA - 3	QA - 4	QA - 1	QA - 2	QA - 3	QA - 4
Alcalinidade total	mgCaCO <sub>3</sub> /L	NR	6,23	7,09	6,66	5,37	7,14	13,42	17,53	13,64	7,70	<6,00	9,74	9,29
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	NR	60	120	260	980	2500	350	2300	5300	4800	6200	510000	4300
Cor verdadeira	mg/L	75	21,6	19,6	19,2	17,8	10,10	11,60	9,50	11,90	8,70	8,60	8,60	10,00
Condutividade elétrica	µS/cm	NR	9,02	7,59	8,01	6,19	7,5	6,6	10,7	7,5	8,02	7,30	7,86	8,79
DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio)	mg/L	5	2	2	2	2	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Dureza total	mg/L	NR	18	14	18	16	9,69	9,69	8,74	7,27	2,42	2,42	2,42	2,42
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100ml	1.000	47	100	130	30	380	160	210	320	2600	1800	28000	290
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,31	0,37	0,48	0,15	0,26	0,16	0,18	0,21	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Fosfato	mg/L	NR	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Fósforo total	mg/L	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,79	0,30	0,51	0,21	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrato	mg/L	10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,23	0,37	0,33	0,48	0,36	<0,10	0,43	0,34
Nitrito	mg/L	1	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Nitrogênio amoniacal total	mg/L	3,7	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,21	0,11	0,11	0,50	<0,1	0,35	<0,1	0,10
Nitrogênio Kjeldahl total	mg/L	NR	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Nitrogênio total	mg/L	NR	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,81	3,35	0,93	1,75	0,72	1,55	<0,5	<0,5
Óleos e Graxas	mg/L	V.A	V.A	V.A	V.A	V.A	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	5	<5	<5	<5	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	60,00	30,00	90,00	30,00
Sólidos sedimentáveis	ml/L	NR	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sólidos suspensos totais	mg/L	NR	5	5	5	5	5,00	<5,0	<5,0	<5,0	10,00	<5,0	<5,0	<5,0
Sólidos totais	mg/L	NR	8	6	6	7	7,00	6,00	<5,0	9,00	70,00	30,00	90,00	30,00

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05 - Classe 2	Campanhas											
			1ª Campanha				2ª Campanha				3ª Campanha			
			QA - 1	QA - 2	QA - 3	QA - 4	QA - 1	QA - 2	QA - 3	QA - 4	QA - 1	QA - 2	QA - 3	QA - 4
<b>Sulfato</b>	mg/L	<b>250</b>	9,5	9,4	13	8,4	34,80	<10,0	11,20	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
<b>pH</b>	pH	<b>entre 6 e 9</b>	7,05	6,85	6,35	6,76	6,65	6,57	6,25	6,62	6,43	6,09	6,11	<b>5,96</b>
<b>Bentos</b>	org/mL	<b>NR</b>	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
<b>Turbidez</b>	UNT	<b>100</b>	4,77	3,08	1,79	1,32	3,12	3,01	3,74	2,86	4,93	3,84	4,34	2,28
<b>Fitoplâncton</b>	org/mL	<b>NR</b>	382	103	96	498	359	147	110	418	7,00	2,00	3,00	2,00
<b>Zooplâncton</b>	org/mL	<b>NR</b>	10	6	4	18	17,00	9,00	12,00	15,00	5,00	7,00	8,00	6,00

Legenda: \*NR: Não relacionado.



## 2.9.2 Discussão dos Parâmetros

Neste tópico serão apresentadas discussões sobre os principais parâmetros que exercem influência sobre a qualidade da água, bem como aqueles listados na Resolução CONAMA 357/05 para as águas superficiais de classe 2.

### 2.9.2.1 Alcalinidade Total

A alcalinidade é uma propriedade química da água que reflete a capacidade do meio aquático em resistir a mudanças no pH, ou seja, a sua habilidade de neutralizar ácidos sem alterar significativamente a acidez da solução. Essa característica está relacionada principalmente à presença de íons de carbonato, bicarbonato e hidroxila na água.

O monitoramento deste parâmetro em corpos hídricos é de grande importância pois ele está relacionado a diversos fatores, como: a estabilidade do pH, a solubilidade de minerais e para os processos biológicos.

Considerando os resultados da alcalinidade total registrados ao longo das campanhas, os valores variaram de 5,37 mg/L (QA-4; 1ª campanha) a 17,53 mg/L (QA-3; 2ª campanha) (Tabela 2.22 e Figura 2.48). As maiores concentrações foram atribuídas ao início do período chuvoso, principalmente na segunda campanha realizada em setembro.

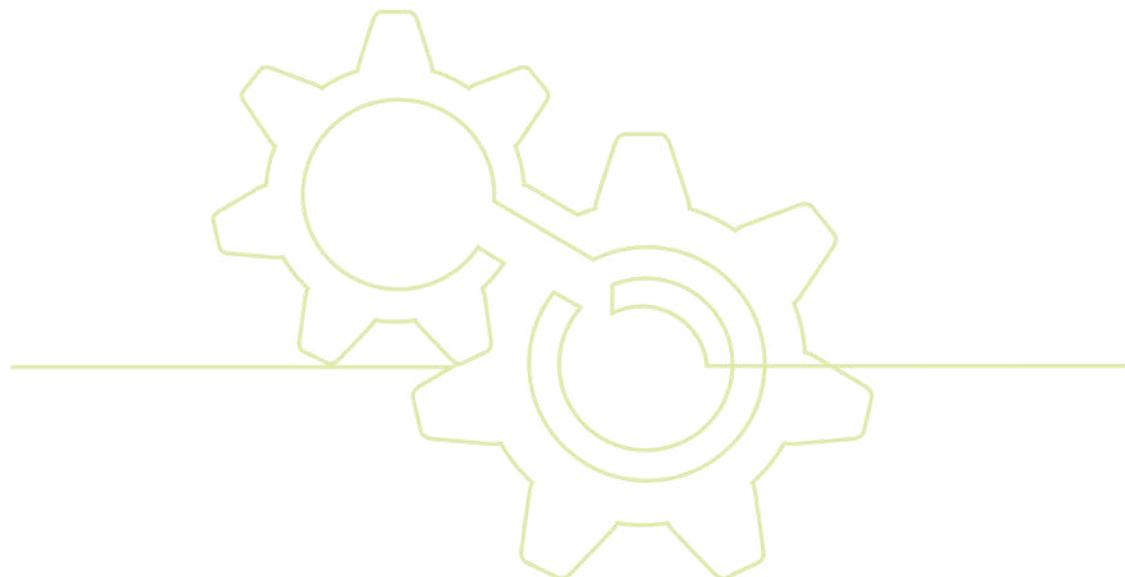


Tabela 2.22: Alcalinidade Total nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Campanhas	Pontos Amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª Campanha (jul)	6,23	7,09	6,66	5,37
2ª Campanha (set)	7,14	13,42	17,53	13,64
3ª Campanha (nov)	7,7	6,0	13,64	9,29

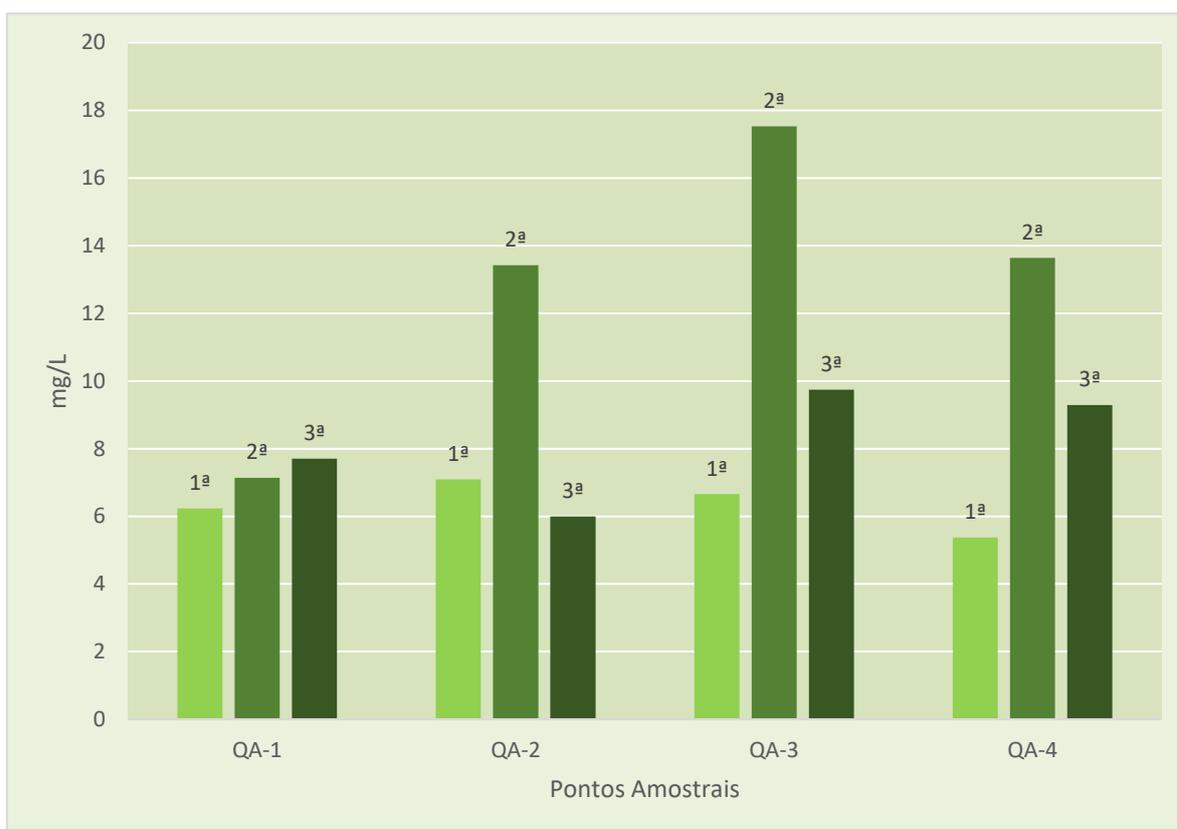


Figura 2.48: Alcalinidade Total nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

O gráfico de caixas representado na Figura 2.49 mostra o efeito da sazonalidade na concentração da alcalinidade total, em que as maiores concentrações foram obtidas durante o início do período chuvoso, na campanha de setembro.

Como explicação para a elevação da alcalinidade no período chuvoso tem-se o fato de que neste período é comum a ocorrência de processos erosivos mais intensos, nos quais solos e sedimentos são transportados para os corpos d'água. Essa entrada de material particulado na água contribui para a elevação dos índices de alcalinidade, uma vez que muitos desses sedimentos contêm minerais ricos em carbonatos e bicarbonatos.

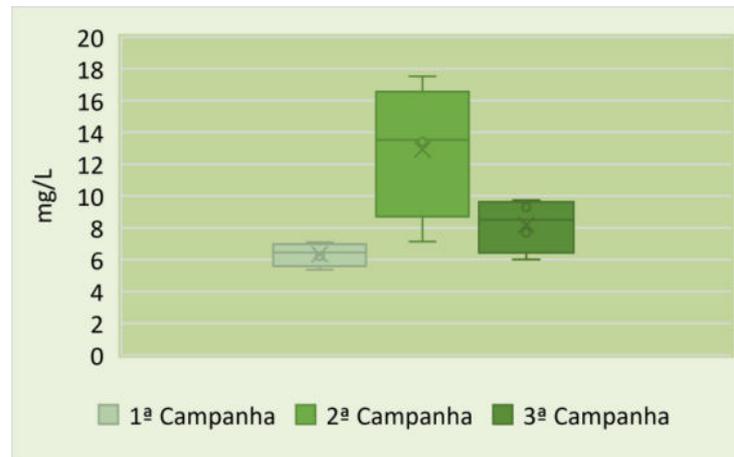


Figura 2.49: Gráfico de caixas para a Alcalinidade Total nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

### 2.9.2.2 Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

A condutividade elétrica na água está relacionada ao teor de sólidos dissolvidos na água, pois é capaz de medir a corrente elétrica que passa pelos íons presentes no meio aquoso. A condutividade elétrica da água é um parâmetro de grande importância para identificar a presença de poluentes, bem como a influência antrópica ou natural na composição química da água.

Os dados de condutividade elétrica exibiram uma variação entre 6,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (QA-2; 2ª campanha) e 10,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (QA-3; 2ª campanha), conforme evidenciado na Tabela 2.23 e na Figura 2.50. O aumento nos valores desse parâmetro está associado à introdução de sólidos dissolvidos na água. Neste contexto, os baixos valores observados da condutividade elétrica são congruentes com as concentrações observadas de sólidos dissolvidos totais (consultar item 2.9.2.6), as quais se encontram substancialmente abaixo dos limites regulatórios prescritos.

Cumpramos ressaltar que a Resolução CONAMA 357/05 não estabelece critérios específicos para a condutividade elétrica, embora esta seja um indicativo da pureza da água e da presença de sólidos dissolvidos. A interpretação dos resultados de condutividade elétrica deve, portanto, ser considerada em conjunto com outros parâmetros relevantes para uma avaliação completa da qualidade da água.

Tabela 2.23: Condutividade elétrica nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Campanhas	Pontos Amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª Campanha (jul)	9,02	7,59	8,01	6,19
2ª Campanha (set)	7,5	6,6	10,7	7,5
3ª Campanha (nov)	8,02	7,3	7,86	8,79

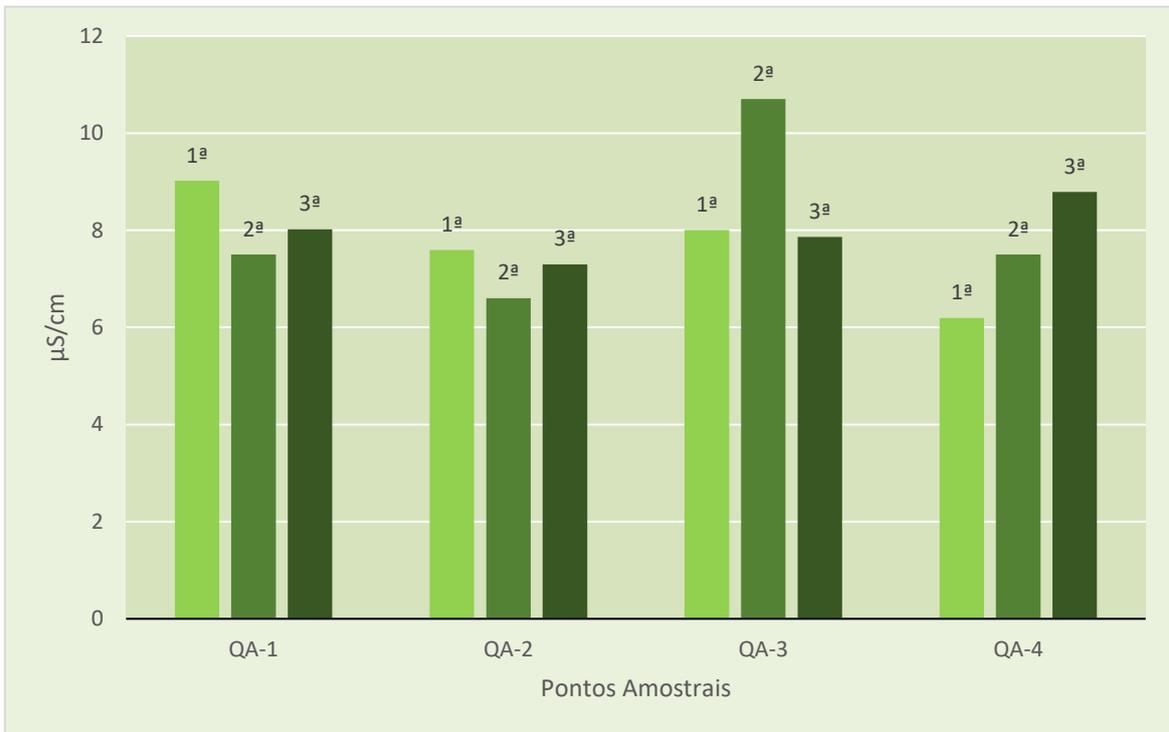


Figura 2.50: Condutividade elétrica nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

A interpretação desses dados através da representação gráfica revela que a segunda campanha demonstrou valores levemente superiores, conforme ilustrado na Figura 2.51, possivelmente associados ao início do período chuvoso. Este fenômeno pode ser atribuído às primeiras precipitações, as quais desempenham um papel significativo na lavagem do solo, transportando substâncias para os corpos hídricos. Dentre essas substâncias, destacam-se os íons com capacidade de condução elétrica, responsáveis por incrementar a concentração da condutividade.

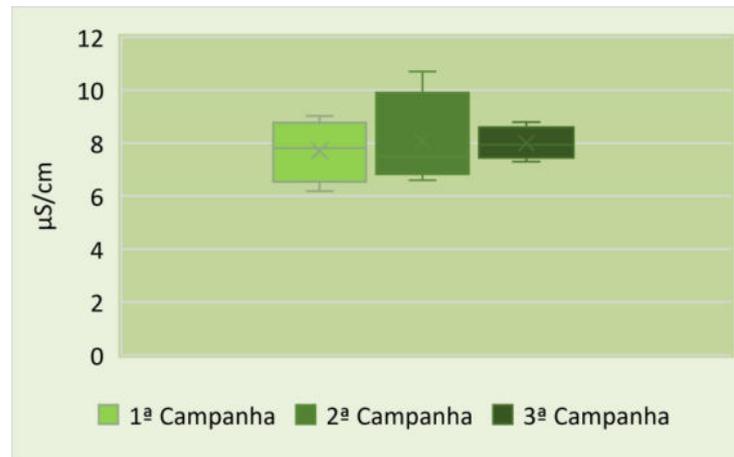


Figura 2.51: Gráfico de caixas com a distribuição da concentração da Condutividade elétrica nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

### 2.9.2.3 Cor verdadeira

A cor é uma característica da água e está relacionada à existência de substâncias dissolvidas em solução que absorvem na parte visível do espectro eletromagnético. Essa coloração pode se derivar da presença de diversas substâncias, como de íons metálicos (como, por exemplo, ferro e manganês), plâncton, algas, húmus, ligninas e produtos de sua decomposição e efluentes industriais (MACEDO, 2000).

Para o parâmetro cor verdadeira, os valores observados variaram de 8,6 uH (QA-2; 3ª campanha) a 21,6 uH (QA-1; 1ª campanha), conforme expresso na Tabela 2.24 e na Figura 2.52. Os valores observados em ambas as campanhas estão bem abaixo do limite máximo estipulado pela Resolução CONAMA nº 357/05, que corresponde a 75 uH. A baixa intensidade da cor verdadeira é um indicativo de um teor reduzido de substâncias dissolvidas na água.

Tabela 2.24: Cor verdadeira nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Campanhas	Pontos Amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª Campanha (jul)	21,6	19,6	19,2	17,8
2ª Campanha (set)	10,1	11,6	9,5	11,9
3ª Campanha (nov)	8,7	8,6	8,6	10

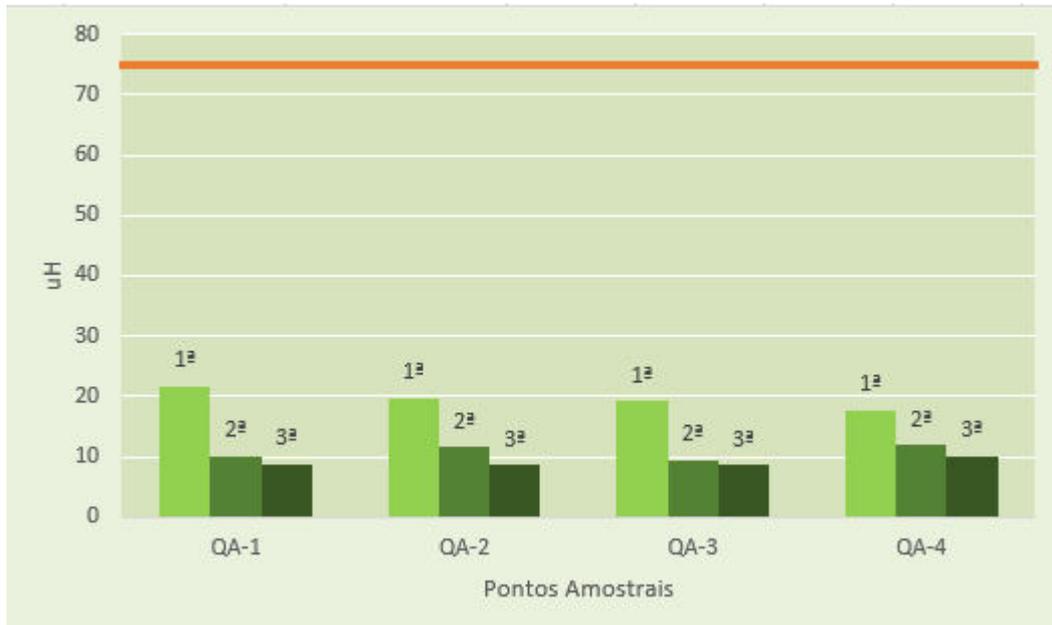
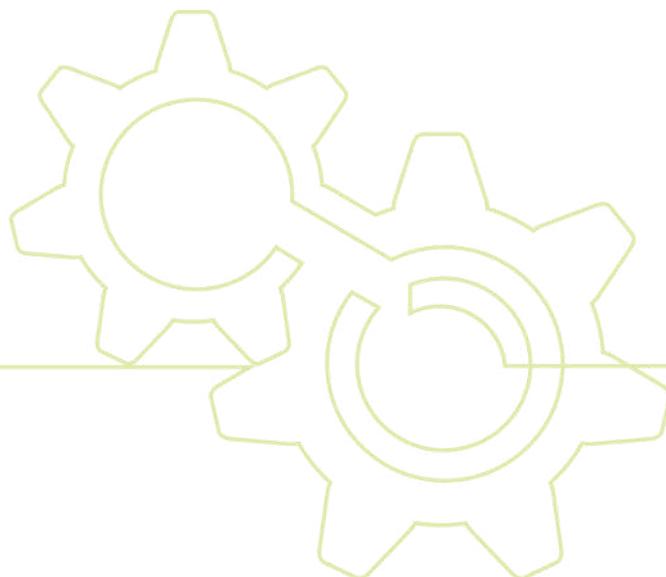


Figura 2.52: Cor verdadeira nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Não obstante, através do gráfico de caixa é possível observar a representação dos dados e que os maiores valores obtidos para esse parâmetro ocorreram durante o período de seca (1ª campanha), conforme descrito na Figura 2.53. Um dos motivos para esse resultado é o fato de que durante o período de seca o nível da água é menor, o que pode ocasionar na concentração de determinados materiais, como as substâncias dissolvidas que são responsáveis por elevar a concentração da cor verdadeira.



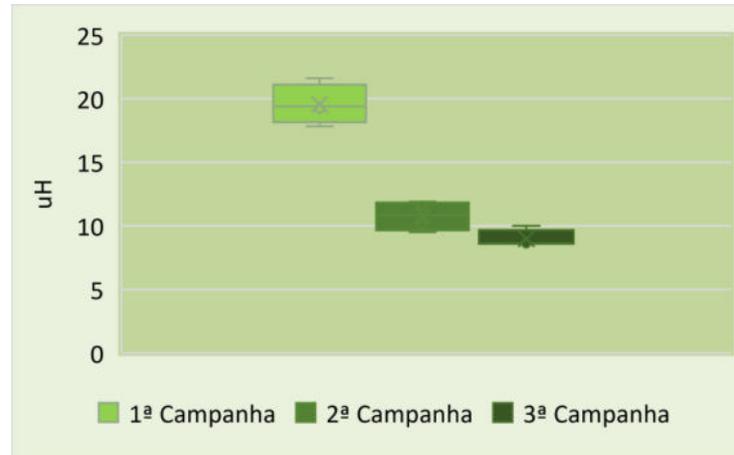


Figura 2.53: Gráfico de caixas para a Cor verdadeira nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

#### 2.9.2.4 Dureza Total

A dureza total em águas superficiais refere-se à concentração de íons de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) presentes na água. Esse parâmetro é um indicador da presença de minerais dissolvidos e tem implicações diretas na qualidade da água, uma vez que águas mais duras são frequentemente associadas a maiores concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , podendo afetar características organolépticas e a aptidão da água para usos específicos, como consumo humano.

Para a dureza total, os valores observados variaram de 2,42 mg/L (1ª e 3ª campanha) a 9,69 mg/L (QA-1 e QA-2; 2ª campanha) (Tabela 2.25 e Figura 2.54). Durante o período chuvoso, ocorrem processos de lixiviação e erosão mais pronunciados devido ao aumento da precipitação. A água das chuvas, ao entrar em contato com o solo, pode dissolver minerais, especialmente carbonatos de cálcio e magnésio, aumentando assim a dureza total da água nos corpos hídricos. Esse fator pode estar relacionado ao aumento das concentrações da dureza no início do período chuvoso, na campanha de setembro.



Tabela 2.25: Dureza total nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Campanhas	Pontos Amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª Campanha (jul)	2,42	2,42	2,42	2,42
2ª Campanha (set)	9,69	9,69	8,74	7,27
3ª Campanha (nov)	2,42	2,42	2,42	2,42

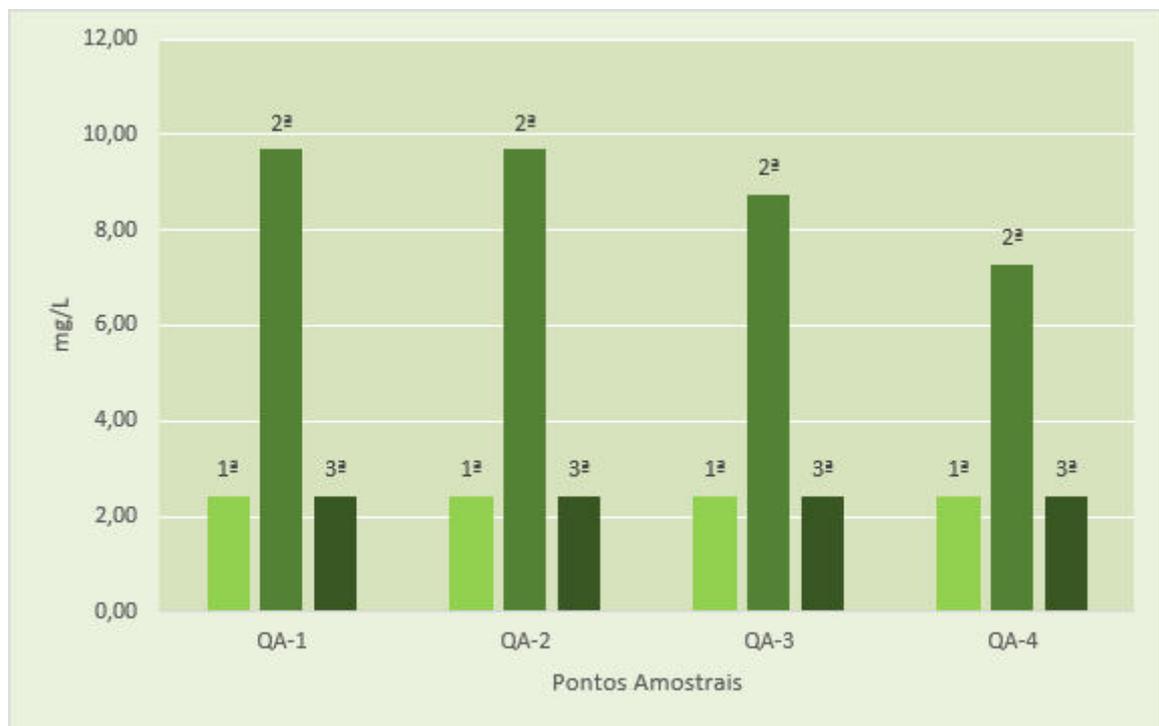


Figura 2.54: Dureza total nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

### 2.9.2.5 Turbidez

A turbidez da água é devida à dispersão dos raios luminosos, causada pela presença de partículas em suspensão, tais como: silte, massas coloidais e microrganismos (BRANCO, 1978; WETZEL & LIKENS, 2002). Em resumo, indica a capacidade da água em dispersar a radiação luminosa. O aumento da turbidez da água pode comprometer direta ou indiretamente os múltiplos usos de um ecossistema aquático, pois influencia aspectos importantes como na fotossíntese e geração de oxigênio dissolvido.

Para a turbidez, os valores observados variaram de 1,32 NTU (QA-4; 1ª campanha) a 4,93 NTU (QA-1; 3ª campanha) (Tabela 2.26 e Figura 2.55). Todos os valores obtidos estiveram bem abaixo do limite de até 100 NTU imposto pela Resolução CONAMA 357/2005, o que representa uma água de boa qualidade no que tange este parâmetro.

Tabela 2.26: Turbidez nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Campanhas	Pontos Amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª Campanha (jul)	4,77	3,08	1,79	1,32
2ª Campanha (set)	3,12	3,01	3,74	2,86
3ª Campanha (nov)	4,93	3,84	4,34	2,28

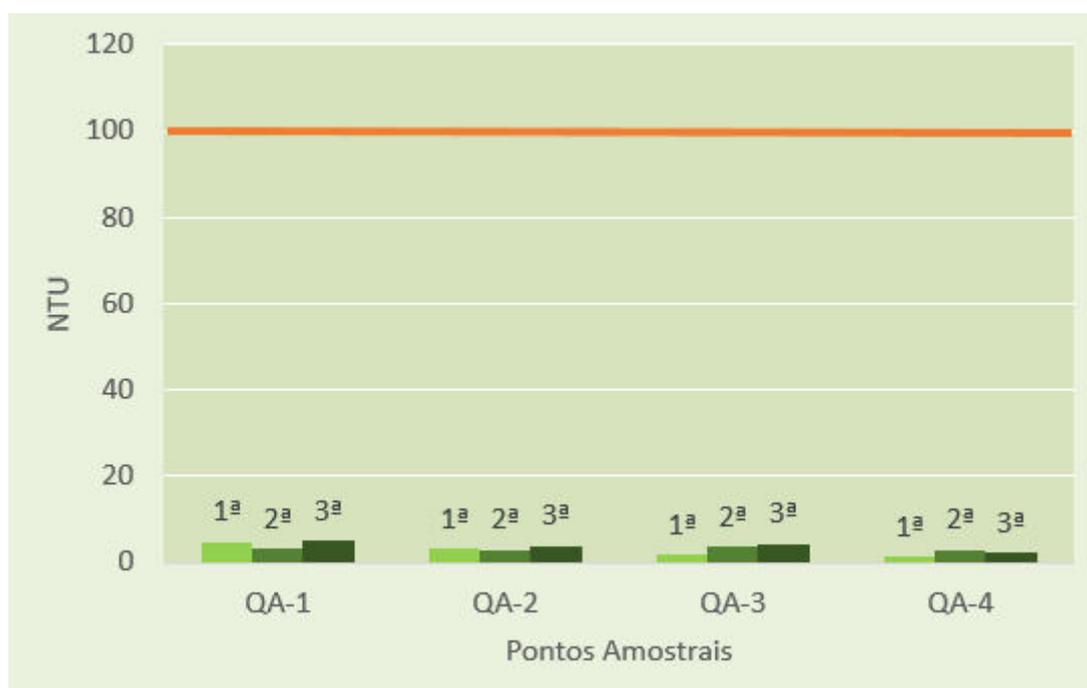


Figura 2.55: Turbidez nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

### 2.9.2.6 Série de sólidos dissolvidos, suspensos, sedimentáveis e sólidos totais (mg/L)

Com relação aos sólidos no ambiente hídrico, eles podem ser divididos em sólidos suspensos e sólidos dissolvidos, em que as duas formas somadas representam a fração de sólidos totais. Nas águas naturais a análise de sólidos dissolvidos totais - SDT é capaz de medir pequenas porções de substâncias minerais e orgânicas que estão em solução na água, ou seja, molecular ou ionicamente dispersas, dentre os mais comuns são encontrados: cálcio, cloretos, nitrato, fósforo, ferro, sulfetos, etc. A concentração de SDT afeta diretamente a condutividade elétrica da água, pois indica a presença de íons e compostos químicos dissolvidos.

Avaliando todos os resultados registrados para SDT na área de influência do estudo, os valores obtidos na primeira e segunda campanha ficaram abaixo do limite mínimo de detecção do método laboratorial adotado, que corresponde a 5 mg/L. Já os valores obtidos na terceira campanha variaram de 30 mg/L (QA-2 e QA-4; 3ª campanha) a 90 mg/L (QA-3; 3ª campanha)

Tabela 2.27 e Figura 2.56). Todos os resultados de STD estão dentro do limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/05, que determina valores de até 500 mg/L.

Tabela 2.27: SDT nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Campanhas	Pontos Amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª Campanha (jul)	5	5	5	5
2ª Campanha (set)	5	5	5	5
3ª Campanha (nov)	60	30	90	30

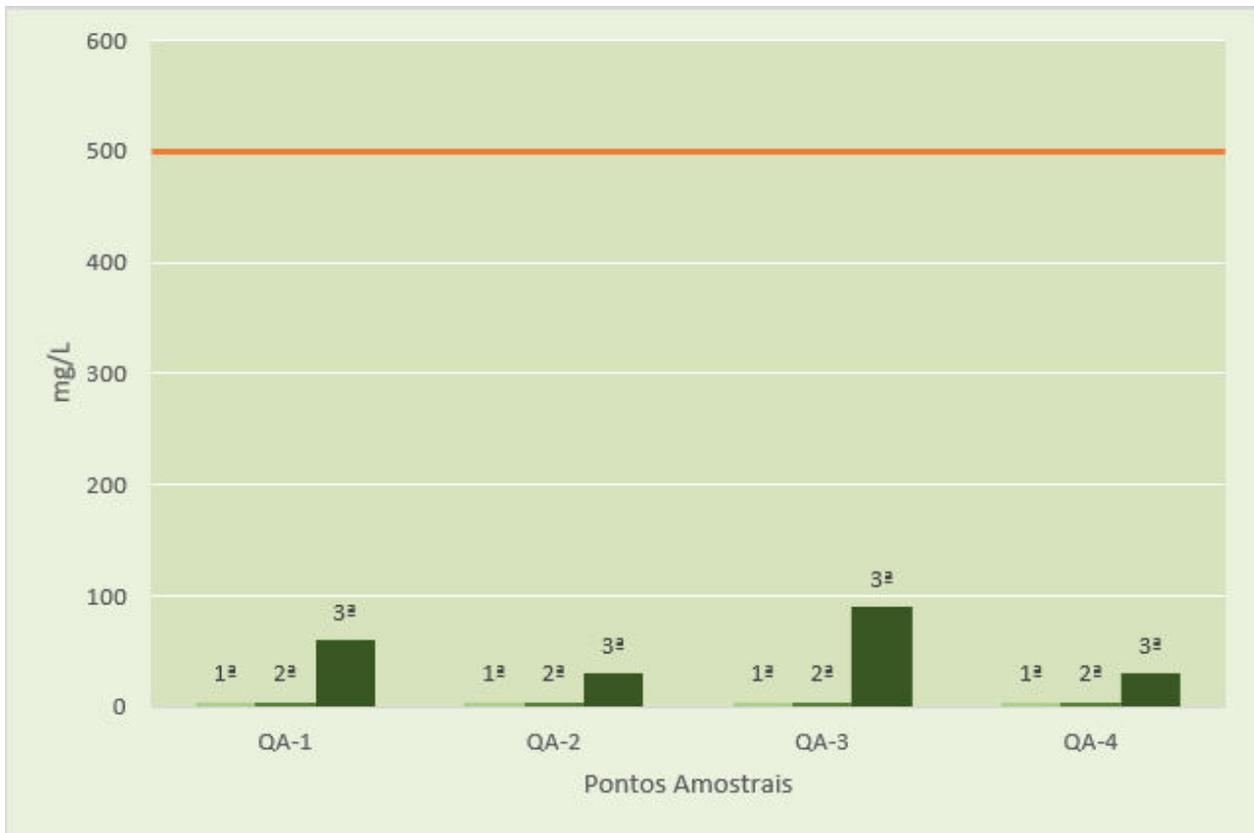
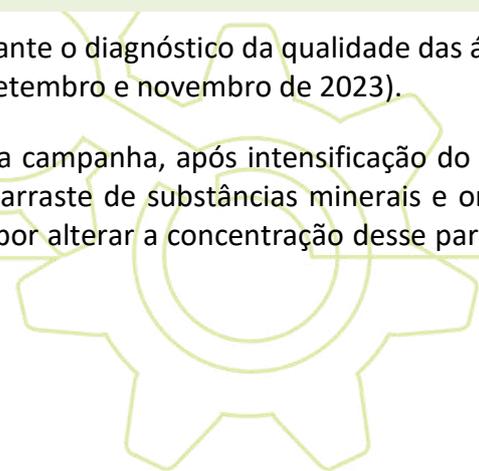


Figura 2.56: SDT nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Os valores mais elevados foram obtidos na terceira campanha, após intensificação do período chuvoso, o que pode ter sido influenciado com o arraste de substâncias minerais e orgânicas que estão em solução na água e são responsáveis por alterar a concentração desse parâmetro, conforme ilustrado na Figura 2.57.



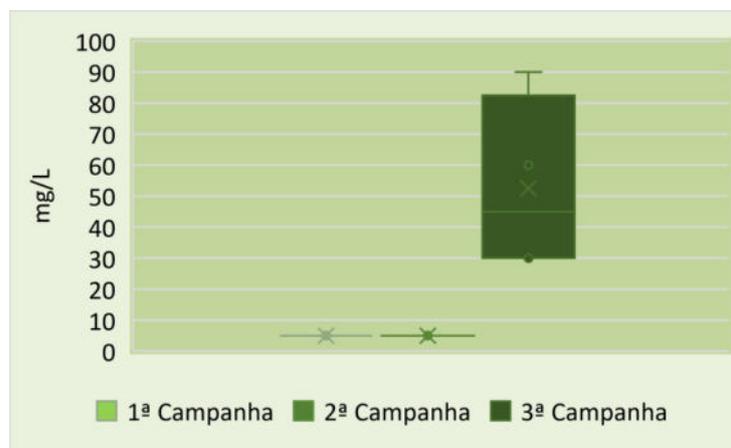


Figura 2.57: Gráfico de caixas com a distribuição dos dados de SDT nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Os sólidos suspensos em corpos hídricos representam uma fração significativa da carga de material particulado transportado pela água, consistindo em partículas minerais, orgânicas e coloidais que permanecem em suspensão devido à força da correnteza ou agitação da água.

Para os sólidos suspensos, os valores observados variaram entre <5,0 mg/L (concentração menor que o limite de detecção) a 10,0 mg/L (QA-3; 3ª campanha) (Tabela 2.28 e Figura 2.58). Ambas as campanhas apresentaram baixas concentrações de sólidos suspensos. A baixa concentração desse parâmetro na água pode ser justificada por diversos fatores, como, por exemplo, às características hidrodinâmicas do sistema. A presença de correntes fluviais e movimentos de água induzidos pelo vento pode facilitar a sedimentação dessas partículas, resultando em uma diminuição natural de sua concentração desse parâmetro na coluna d'água (BOWEN et al., 2018).

Tabela 2.28: Sólidos suspensos nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Campanhas	Pontos Amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª Campanha (jul)	5	5	5	5
2ª Campanha (set)	5	<5	<5	<5
3ª Campanha (nov)	10	<5	<5	<5

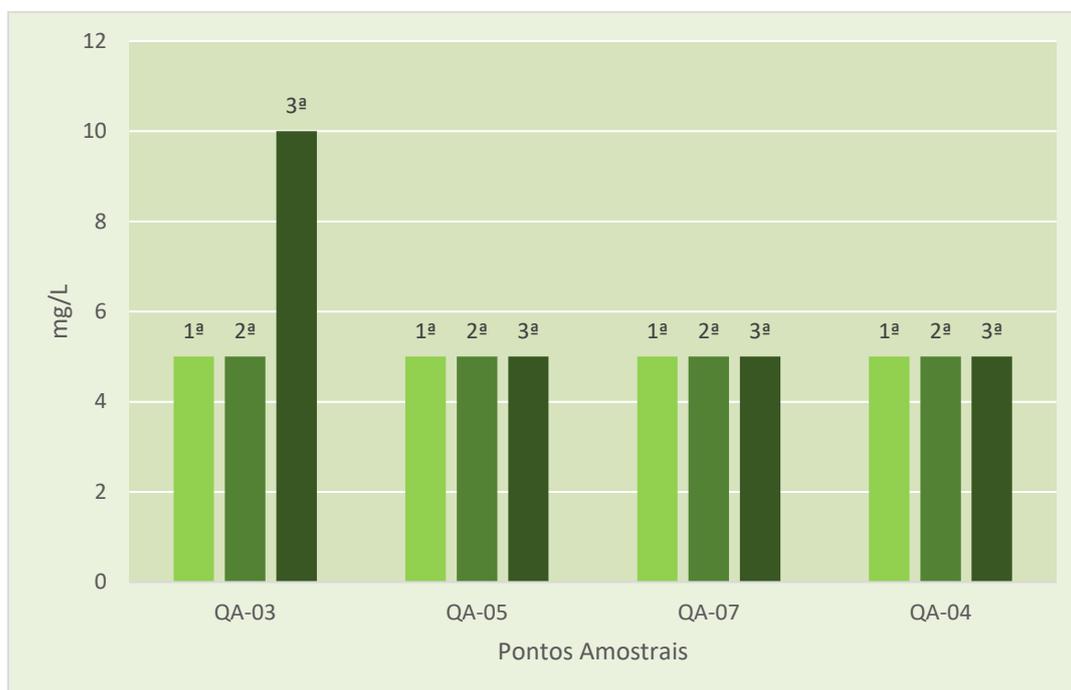


Figura 2.58: Sólidos suspensos nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Os sólidos sedimentáveis em corpos hídricos referem-se às partículas em suspensão que, devido à sua natureza mais pesada, têm a capacidade de se depositar no leito do corpo d'água quando a velocidade do fluxo diminui. Essas partículas são predominantemente formadas por sedimentos minerais e materiais orgânicos.

A importância desse parâmetro para a qualidade da água se deve a diversos fatores, como: por ser um indicador da turbidez, por influenciar no habitat de macroinvertebrados bentônicos e por atuar no transporte de nutrientes no ambiente aquático.

Os valores obtidos para os sólidos sedimentáveis ficaram abaixo do limite mínimo de detecção do método adotado, que corresponde a valores menores que 0,1 mg/L (Tabela 2.30 e Figura 2.60). Esses valores baixos representam um bom indicativo quanto a qualidade da água no que se refere a concentração deste parâmetro específico, uma vez que a sua alta concentração pode representar, dentre outros impactos, o soterramento de habitats aquáticos e a elevação da turbidez no corpo hídrico.

Tabela 2.29: Sólidos sedimentáveis nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Campanhas	Pontos Amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª Campanha (jul)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
2ª Campanha (set)	0,1	<0,1	<0,1	<0,1
3ª Campanha (nov)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

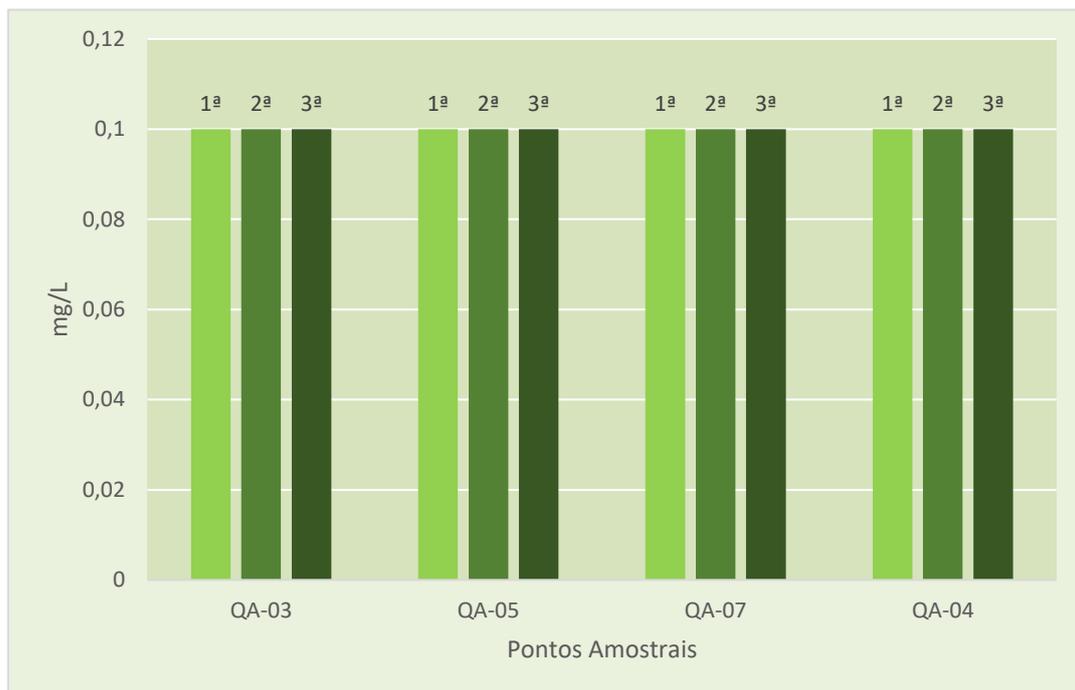


Figura 2.59: Sólidos sedimentáveis nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Ao analisar os sólidos totais, que expressam o somatório das formas solúveis e dissolvidas, é possível ter uma visão mais abrangente da carga total de sólidos na água, integrando aspectos da qualidade química e física. Os valores obtidos desse parâmetro variaram de 5 mg/L (QA-3; 2ª campanha) a 90 mg/L (QA-3; 3ª campanha) (Tabela 2.30 e Figura 2.60).

Tabela 2.30: Sólidos totais nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Campanhas	Pontos Amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª Campanha (jul)	8	6	6	7
2ª Campanha (set)	7	6	5	9
3ª Campanha (nov)	70	30	90	30

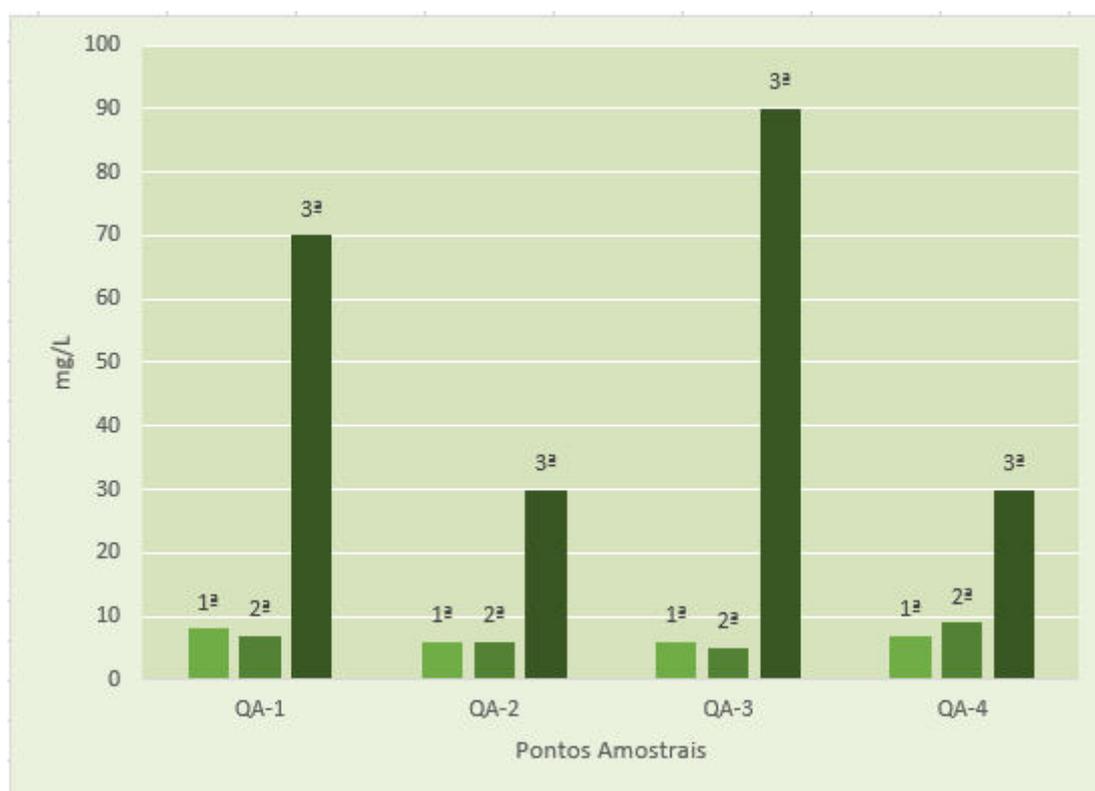


Figura 2.60: Sólidos totais nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Assim como no caso dos SDT, os sólidos totais também apresentaram baixas concentrações. Valores baixos de sólidos totais em uma amostra de água podem ser interpretados como indicativos de uma menor concentração de materiais no meio aquoso. Essa condição geralmente sugere uma água de qualidade superior em termos de impurezas e carga de sólidos. A análise dos sólidos totais é uma medida integral que engloba tanto os componentes dissolvidos quanto os suspensos, fornecendo uma visão abrangente da carga total de sólidos presentes na água.

#### 2.9.2.7 Oxigênio Dissolvido (OD) (mg/L)

O oxigênio é um dos mais importantes elementos na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos. As principais fontes de oxigênio para a água são a aeração atmosférica e a fotossíntese

(ESTEVES, 2011). Os teores de oxigênio dissolvido são importantes indicadores do funcionamento dos ecossistemas aquáticos, e são de grande importância nas avaliações de qualidade da água, uma vez que o teor desse gás quantifica o balanço entre a produção fotossintética, o suprimento atmosférico e o consumo ocasionado por processos metabólicos (KALFF,2002).

Considerando os valores de oxigênio dissolvido para área do futuro empreendimento, os valores variaram de 6,2 mg/L (QA-1; 1ª campanha) a 8,1 mg/L (QA-4; 1ª campanha) (Tabela 2.31 e Figura 2.61). Diante disso, todos os valores encontrados foram compatíveis com os estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/05, que determina valores acima de 5 mg/L para o oxigênio dissolvido na classe 2.

Tabela 2.31: OD nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Campanhas	Pontos Amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª Campanha (jul)	6,2	7,4	6,5	8,1
2ª Campanha (set)	7,2	7,1	6,8	7,2
3ª Campanha (nov)	6,6	6,5	6,4	6,3

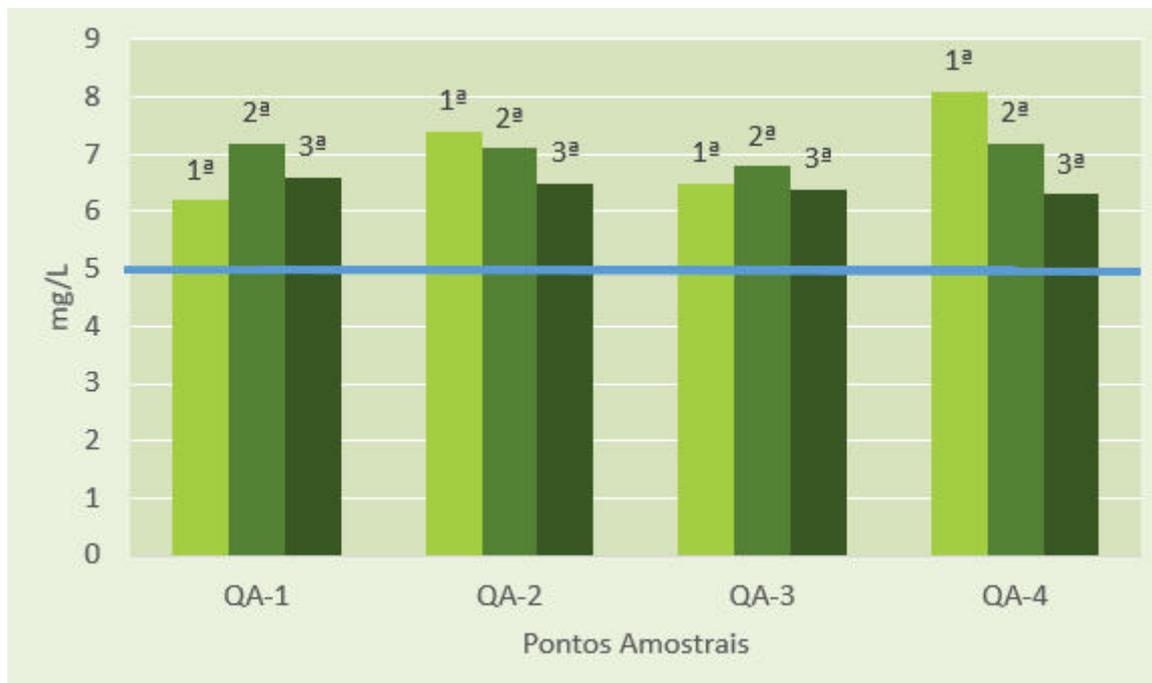


Figura 2.61: OD nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

As concentrações elevadas de OD em um corpo hídrico é um indicador de uma boa qualidade da água, uma vez que representa o equilíbrio entre a atividade microbológica e o processo de aeração. Ademais, concentrações altas de OD também contribuem para a oxidação de

poluentes e a diminuição da atividade de microrganismos anaeróbios que, muitas vezes, são responsáveis por gerar gases tóxicos e subprodutos indesejados.

A análise sazonal dos dados revela que, a primeira campanha durante o período de seca exibiu os valores mais elevados, conforme evidenciado na representação gráfica na Figura 2.62. Esta observação pode ser atribuída ao fato de que durante o período chuvoso há um significativo arraste de nutrientes para os corpos hídricos, fomentando o aumento do consumo e da reprodução dos microrganismos presentes. Este incremento na atividade biológica contribui para a redução dos níveis de oxigênio dissolvido na água.

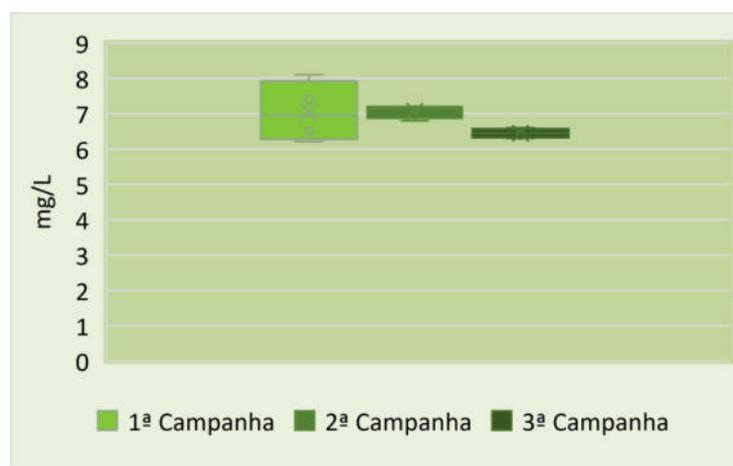


Figura 2.62: Gráfico de caixas com a distribuição dos dados de OD nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

#### 2.9.2.8 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (5 dias)

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) está intimamente relacionada à população de microrganismos heterotróficos no ecossistema. É um parâmetro de fundamental importância na caracterização do grau de poluição de um corpo de água por inferência da quantidade de matéria orgânica presente (ANA, 2012). A DBO é um processo de análise que relaciona a presença de matéria orgânica no corpo d'água. Essa análise se destina a caracterizar a biomassa orgânica presente na água, e que tem implicações nas condições de aerobiose do meio aquático, sendo, portanto, um indicador da poluição por dejetos orgânicos.

Com relação aos valores de DBO, todas as concentrações obtidas ficaram abaixo do limite mínimo de detecção do método laboratorial adotado, que corresponde a 2 mg/L. O que se enquadra dentro do limite regulatório imposto pela Resolução CONAMA 357/05 que determina valores de até 5 mg/L para o parâmetro DBO na classe 2 (Tabela 2.32 e Figura 2.63).

As baixas concentrações de DBO em corpos hídricos é um indicativo relevante da boa qualidade da água. Quando os níveis de DBO são baixos, isso geralmente sugere uma menor carga de poluentes orgânicos na água.

Tabela 2.32: DBO nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Campanhas	Pontos Amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª Campanha (jul)	2	2	2	2
2ª Campanha (set)	2	2	2	2
3ª Campanha (nov)	2	2	2	2

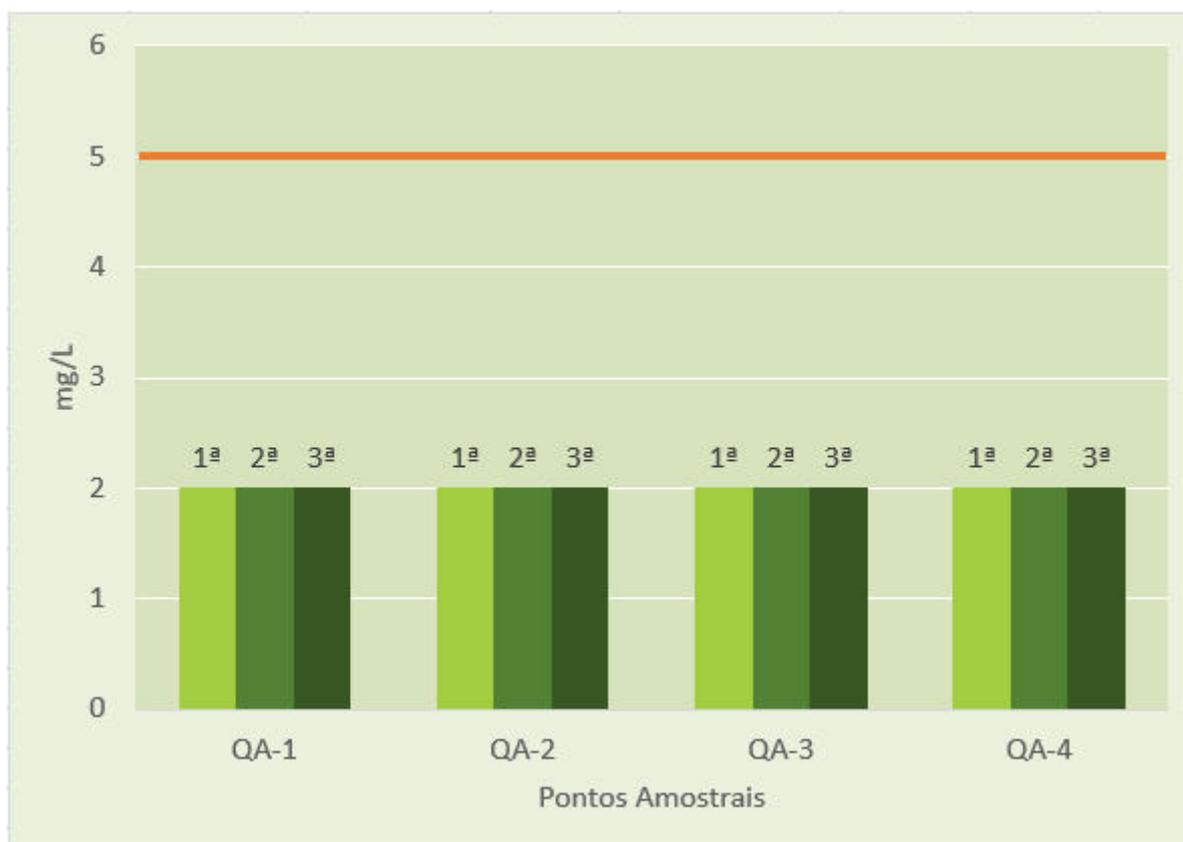


Figura 2.63: DBO nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

### 2.9.2.9 Ferro dissolvido

O ferro dissolvido advém da dissolução do minério de ferro pelo gás carbônico da água. Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e à ocorrência de processos de erosão das margens.

O ferro é um elemento de particular interesse para a vida na água. Em primeiro lugar, constitui o elemento essencial para a síntese dos pigmentos respiratórios de muitos animais, a hemoglobina; também faz parte de numerosas enzimas como a peroxidase, catalase, etc. O ferro também é essencial para a fotossíntese já que faz parte de ao menos 2 citocromos que transferem elétrons durante este processo (ANA, 2013).

Apesar de sua importância vital para a vida aquática, o ferro, em concentrações elevadas, pode manifestar efeitos prejudiciais. Consequentemente, a Resolução CONAMA estabelece limites para a concentração de ferro na água, sendo que para corpos hídricos classificados como classe 2, esse limite não deve ultrapassar 0,3 mg/L.

Os valores registrados de ferro apresentaram concentrações variando de <0,1 mg/L a 0,48 mg/L (QA-3; 1ª campanha) (Figura 2.64 e Tabela 2.33). Os valores mais elevados foram registrados no período de seca (jul/20). Estando, inclusive, acima do limite disposto na Resolução CONAMA nº 357/2005.

Os níveis de ferro registrados na amostragem abrangeram uma faixa de concentrações, variando de <0,1 mg/L (QA-3; 3ª campanha), a 0,48 mg/L (QA-3; 1ª campanha), conforme apresentado na Tabela 2.33 e na Figura 2.64. Destaca-se que as concentrações mais elevadas foram observadas durante o período de estiagem (jul/23). Quase todos os pontos analisados na primeira campanha excederam os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, apenas com exceção do ponto QA-4.

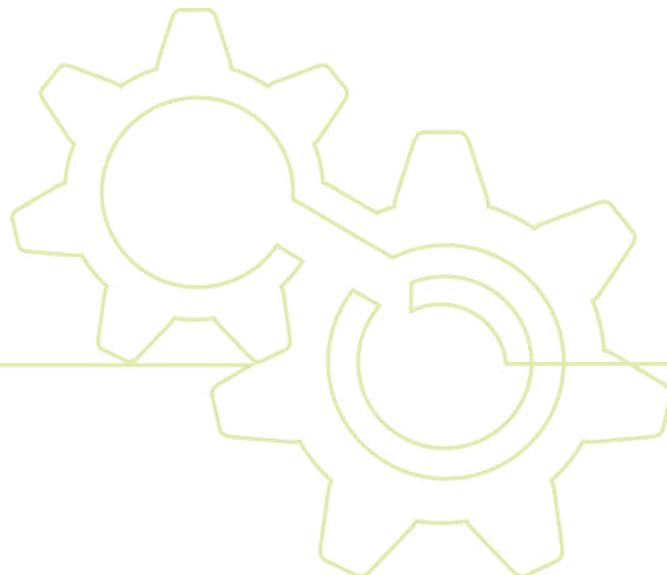


Tabela 2.33: Ferro dissolvido nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Campanhas	Pontos Amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª Campanha (jul)	0,31	0,37	0,48	0,15
2ª Campanha (set)	0,26	0,16	0,18	0,21
3ª Campanha (nov)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

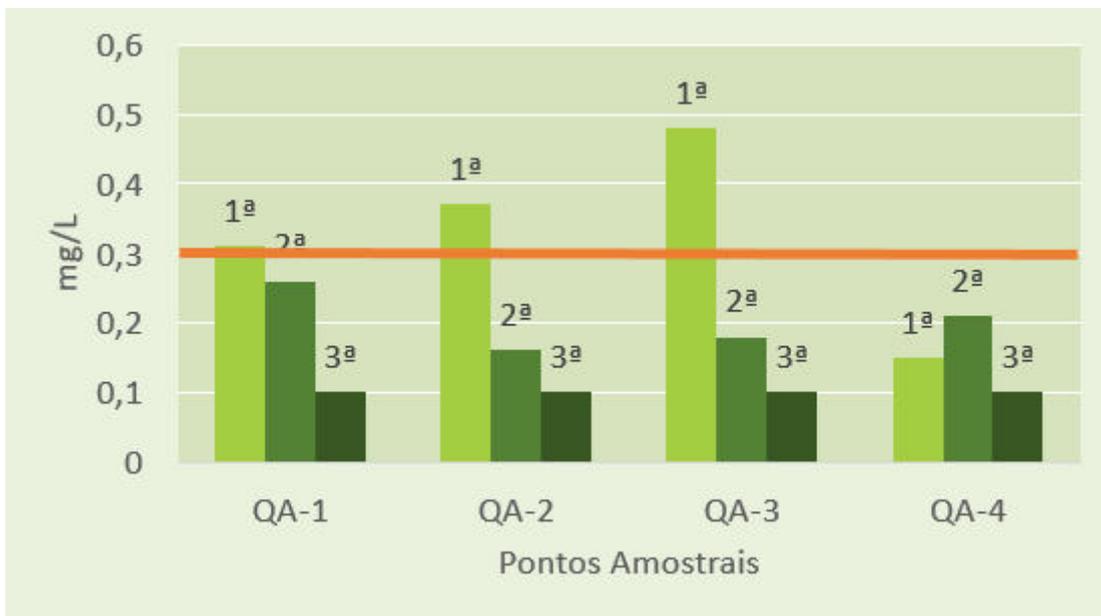


Figura 2.64: Ferro dissolvido nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

O incremento na concentração de ferro dissolvido na água durante o período de seca está associado a diversos fatores. A redução do nível da água é um elemento influente, já que a evaporação resulta na concentração de componentes específicos, incluindo o ferro. Além disso, a deposição de material orgânico e a oxidação de minerais ferrosos presentes no solo ou no leito do rio são eventos adicionais que podem contribuir para esse fenômeno. A Figura 2.65 ilustra a concentração de ferro dissolvido em cada campanha.

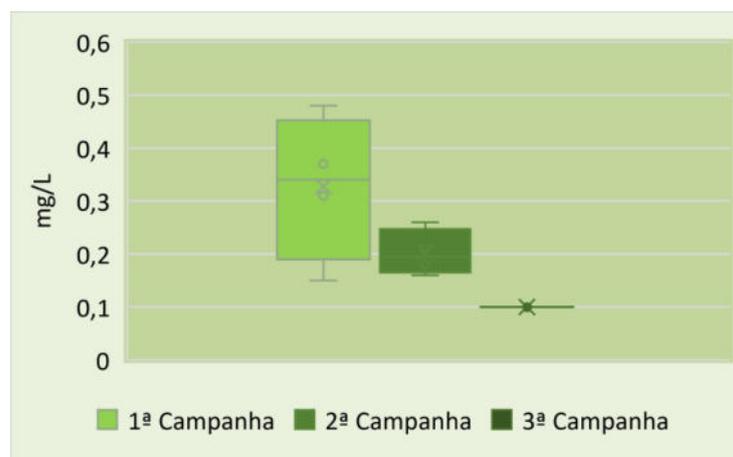


Figura 2.65: Gráfico de barras com a distribuição dos dados de Ferro dissolvido nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

#### 2.9.2.10 Fosfato

O fosfato ( $PO_4^{3-}$ ) é uma das principais formas de fósforo encontrados nos corpos hídricos, sendo um íon inorgânico e desempenhando um papel fundamental em processos biogeoquímicos. Seu monitoramento é de extrema importância para compreender e gerenciar a qualidade da água, bem como para mitigar impactos ambientais negativos associados ao excesso ou a deficiência desse nutriente.

Os valores obtidos em ambos os pontos e ambas as campanhas ficaram abaixo do limite mínimo detectável pelo método adotado, que é de  $<0,1$  mg/L. A baixa concentração de fosfato nos pontos analisados é um indicativo de boa qualidade da água, no que se refere a este parâmetro específico (Tabela 2.34 e Figura 2.66). A escassa quantidade de fosfato em corpos hídricos pode ser justificada por diversos fatores, como as interações biogeoquímicas, processos naturais e/ou ações de gestão de nutrientes.

Tabela 2.34: Fosfato nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Campanhas	Pontos Amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª Campanha (jul)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
2ª Campanha (set)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
3ª Campanha (nov)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

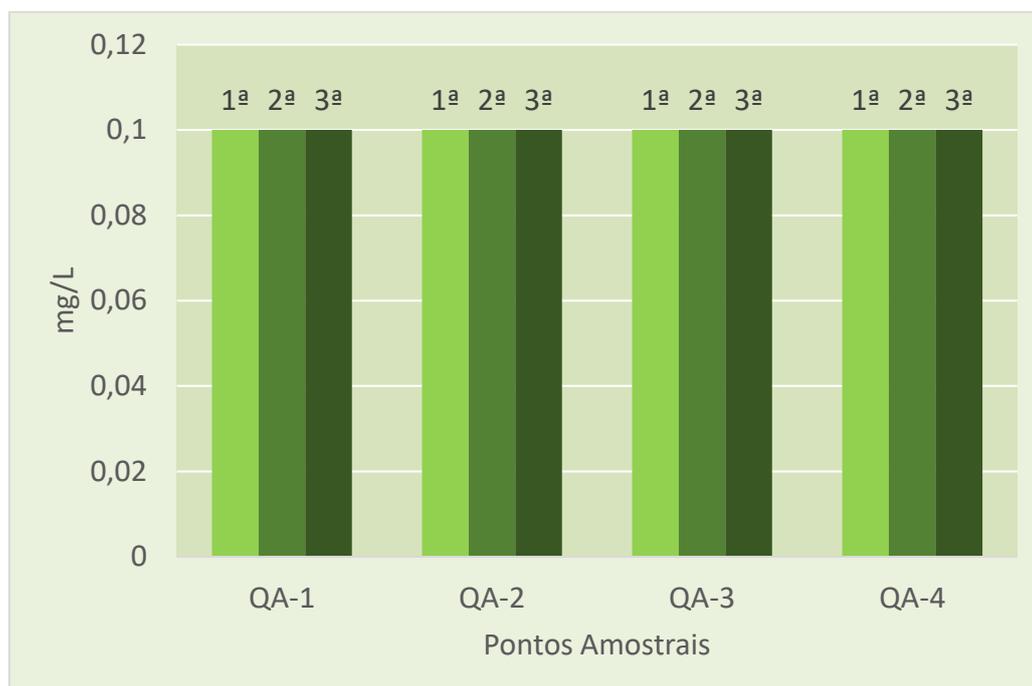


Figura 2.66: Fosfato nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

#### 2.9.2.11 Fósforo total P (mg/L)

O fósforo é um elemento de extrema importância considerando a eutrofização artificial dos corpos de água e sua relação com o sistema biológico. Em comparação com os demais nutrientes, o fósforo é o menos abundante e, portanto, é o fator mais limitante na produtividade primária. Ademais, o fósforo faz parte das moléculas essenciais para a vida (ANA, 2013). O elemento fósforo na natureza é proveniente da dissolução dos solos e decomposição de matéria orgânica, já sua ocorrência antrópica pode advir do uso de fertilizantes, despejos domésticos e industriais, detergentes e excrementos animais. O fósforo quando em excesso em um curso d'água pode possibilitar um supercrescimento de algas, podendo causar eutrofização (DANELON et al., 2012).

Ao considerar os dados registrados nas três campanhas, as concentrações de fósforo total variaram de <0,01 mg/L (valor mínimo detectável pela metodologia laboratorial adotada) nos 4 pontos das campanhas 1 e 3 a 0,79 mg/L (ponto QA-1; 2ª campanha), conforme apresentado na Tabela 2.35 e Figura 2.67. Notavelmente, todos os dados coletados durante a segunda campanha exibiram valores elevados, superando o limite regulatório estipulado pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que corresponde a 0,1 mg/L para ambientes lóticos de classe 2. Em contrapartida, os dados obtidos na primeira e terceira campanhas situaram-se abaixo do limite mínimo de detecção do método laboratorial adotado, estabelecido em 0,01 mg/L.

Tabela 2.35: Fósforo total nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Campanhas	Pontos Amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª Campanha (jul)	0,01	0,01	0,01	0,01
2ª Campanha (set)	0,79	0,3	0,51	0,21
3ª Campanha (nov)	0,01	0,01	0,01	0,01

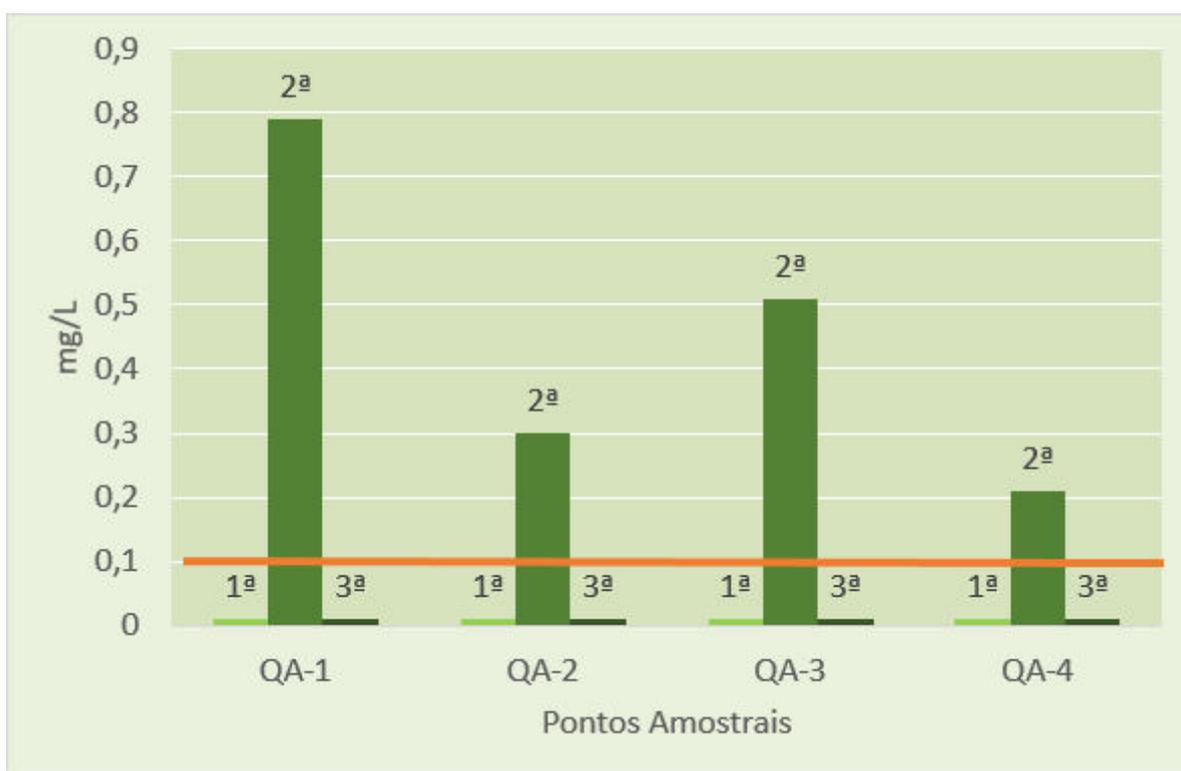


Figura 2.67: Fósforo total nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

A elevada presença de fósforo durante a segunda campanha pode estar associada ao início do período chuvoso. Este fenômeno é atribuído, principalmente, às descargas iniciais de precipitação, as quais desempenham um papel crucial ao lavar o solo e transportar sedimentos para os corpos hídricos. Este processo é conhecido por propiciar um aumento na concentração de fósforo, conforme observado na Figura 2.68. A correlação entre o início do período de chuvas e os níveis elevados de fósforo está em conformidade com os padrões observados em estudos similares (SMITH et al., 2018).

Após a ocorrência das primeiras chuvas quando o solo experimenta o processo de "lavagem", verifica-se uma redução significativa na contribuição para a concentração de fósforo durante as precipitações subsequentes, conforme visto na campanha de novembro. Tal fenômeno decorre do fato de que uma parcela substancial do fósforo inicialmente presente no solo já foi

transportada durante os eventos pluviométricos iniciais, resultando em uma diminuição significativa no aporte desse elemento nas chuvas subsequentes.

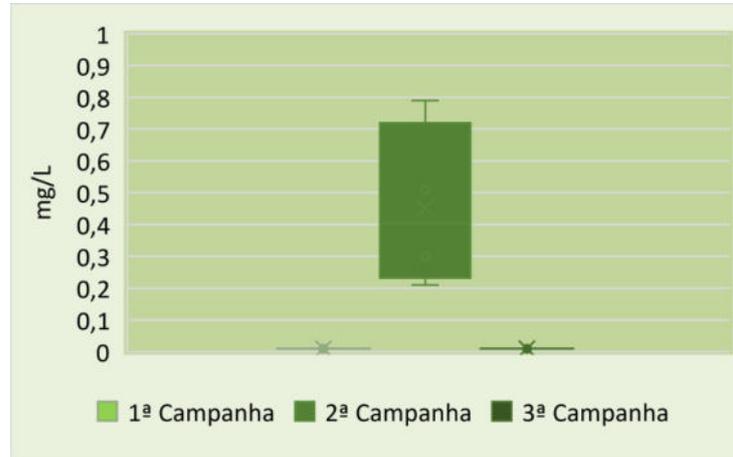


Figura 2.68: Gráfico de caixas com a concentração de Fósforo total nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

#### 2.9.2.12 Nitrato

O nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) é uma das principais formas do nitrogênio e desempenha um papel significativo na qualidade da água, pois é um nutriente importante para o crescimento de plantas e animais aquáticos. Embora seja válido destacar que em concentrações elevadas ele é prejudicial por favorecer o florescimento excessivo de cianobactérias e ocasionar a eutrofização.

Desta forma, a Resolução CONAMA nº 357/2005 aponta um valor máximo de até 10 mg/L para águas superficiais de classe 2. As concentrações obtidas desse parâmetro variaram de <0,1 mg/L (valor mínimo de detecção do método adotado) nos 4 pontos na campanha 1 e no ponto QA-2 na campanha 3 a 0,48 mg/L (QA-4; 2ª campanha), valores significativamente abaixo do limite preconizado, conforme expresso na Tabela 2.36 e na Figura 2.69.

Tabela 2.36: Nitrato nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Campanhas	Pontos Amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª Campanha (jul)	0,1	0,1	0,1	0,1
2ª Campanha (set)	0,23	0,37	0,33	0,48
3ª Campanha (nov)	0,36	0,1	0,43	0,34

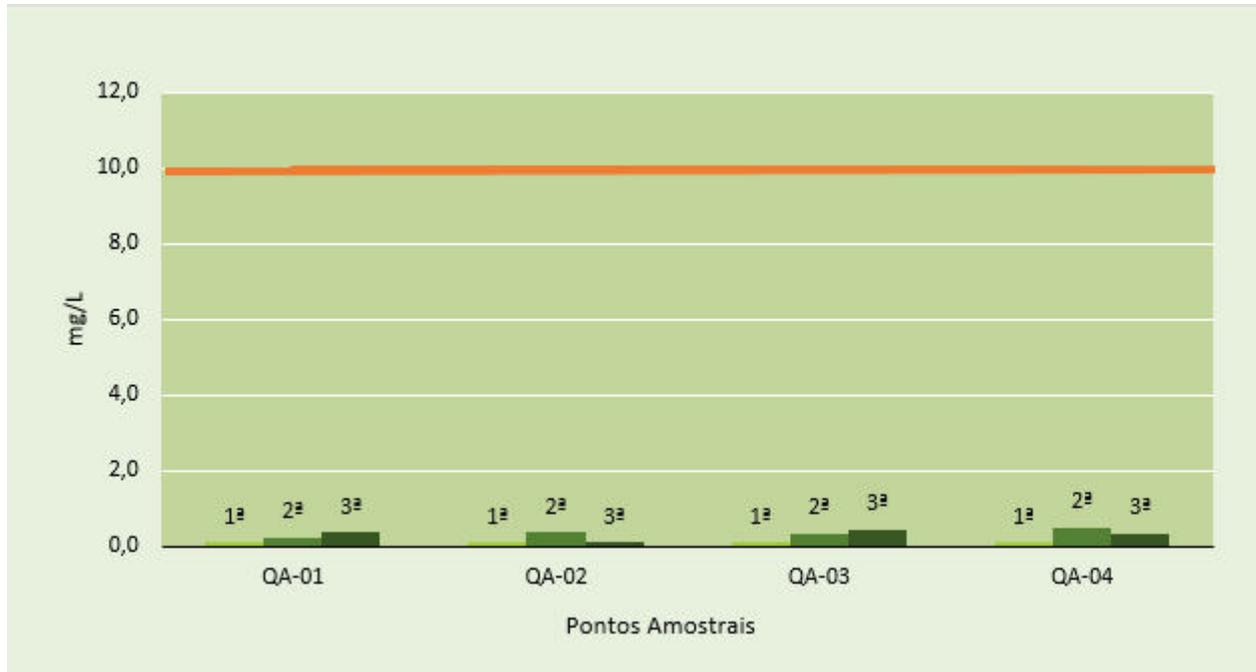
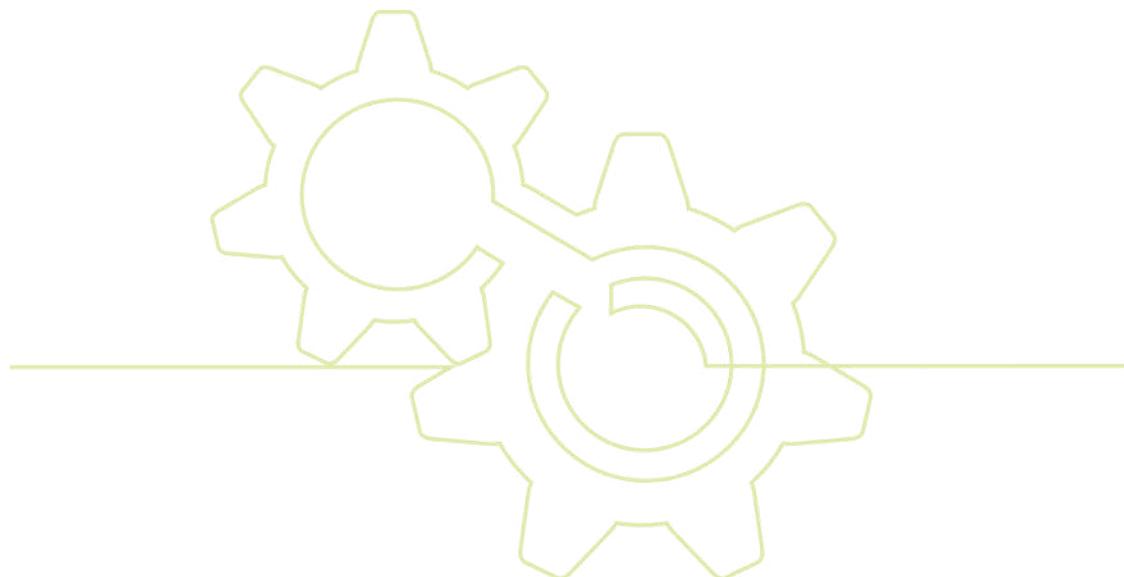


Figura 2.69: Nitrato nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Embora as concentrações de nitrato estejam bem abaixo do limite regulatório, é possível observar uma elevação desse nutriente na segunda e na terceira campanha, o que está atribuído aos impactos sazonais do período chuvoso. Durante esta fase, ocorre o arraste de nutrientes, incluindo o nitrato, do solo para o corpo hídrico, o que é responsável por elevar a concentração desses parâmetros. A representação gráfica apresentada na Figura 2.70 esquematiza a distribuição desses dados ao longo de cada campanha.



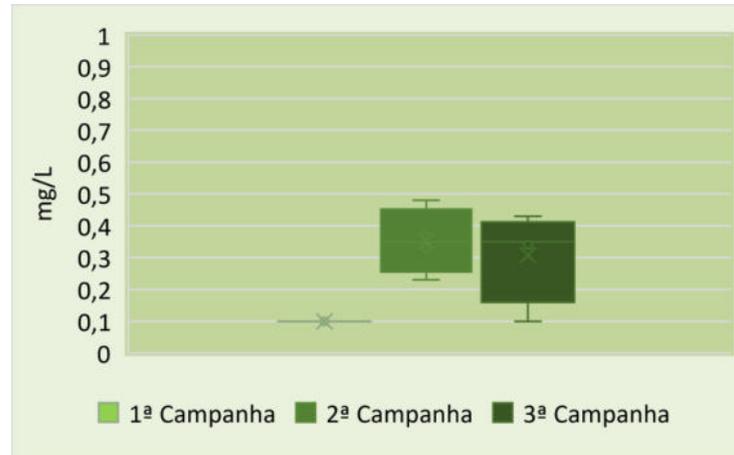


Figura 2.70: Gráfico de barras com a distribuição dos dados de Nitrato nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

#### 2.9.2.13 Nitrito

O nitrito é um composto intermediário do processo de nitrificação, em que a amônia é transformada (oxidada) por bactérias para nitrito e a seguir para nitrato (NO<sub>3</sub>), sendo um componente tóxico para muitos organismos, dependendo da concentração (ANA, 2013).

A resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece que para rios de Classe 2 a concentração de nitrito deverá ser menor que 1 mg/L. Considerando os resultados registrados nas três campanhas contemplando os períodos de seca e chuva, os valores foram menores que o limite de quantificação do equipamento (<0,1 mg/L), mantendo a mesma média para as três campanhas (Tabela 2.37), apresentando assim, resultados em conformidade ao limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/05 (Figura 2.71 e Tabela 2.37).

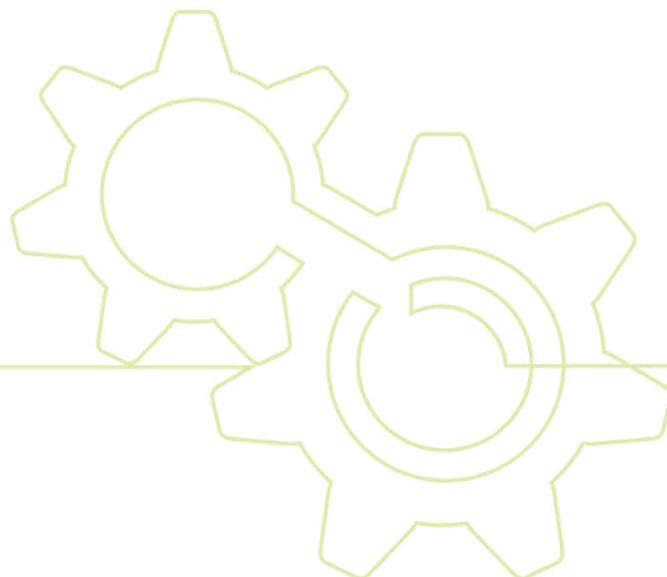


Tabela 2.37: Nitrito nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Campanhas	Pontos Amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª Campanha (jul)	0,1	0,1	0,1	0,1
2ª Campanha (set)	0,1	0,1	0,1	0,1
3ª Campanha (nov)	0,1	0,1	0,1	0,1

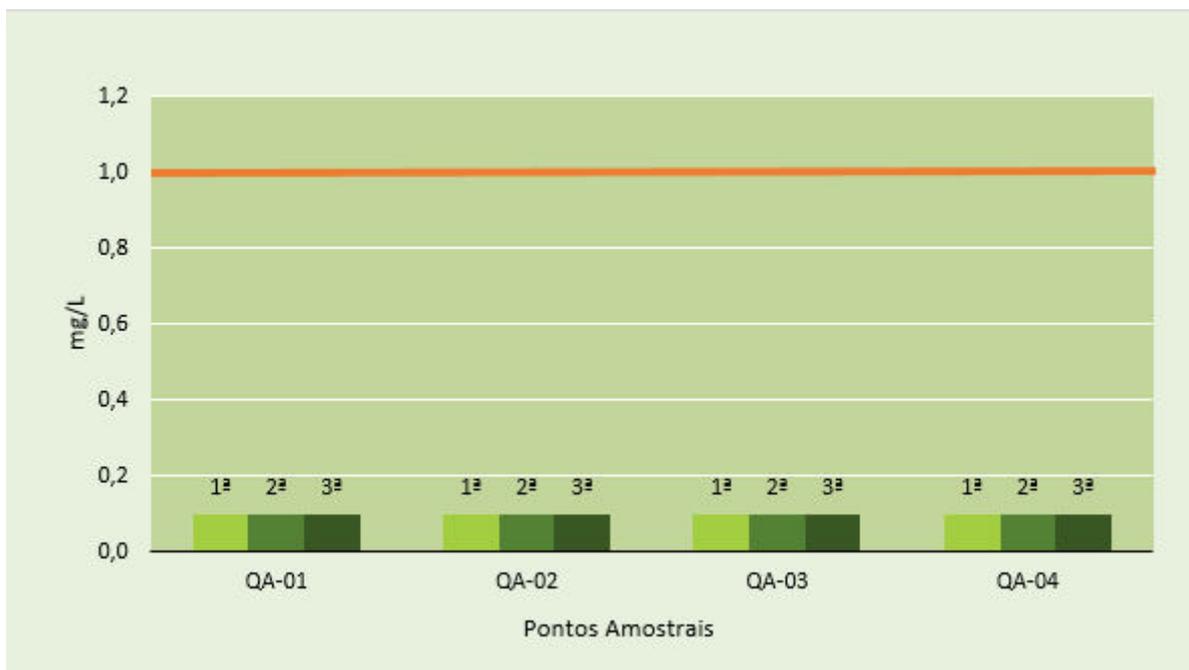


Figura 2.71: Nitrito nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

#### 2.9.2.14 Nitrogênio amoniacal

O nitrogênio amoniacal é uma das formas de nitrogênio e é originado, principalmente, a partir da decomposição de matéria orgânica e de resíduos nitrogenados. A presença elevada de nitrogênio amoniacal na água é frequentemente associada à contaminação por resíduos orgânicos, como esgoto doméstico ou efluentes industriais. Desta forma, altos níveis podem indicar poluição orgânica e atividade microbológica associada à decomposição de matéria orgânica.

Os valores para esse parâmetro variaram de <math><0,10\text{ mg/L}</math> nos 4 pontos na campanha 1 e nos pontos QA-1, QA-3 e QA-4 na campanha 3 a 0,50 mg/L (QA-4; 2ª campanha) (Tabela 2.38 e Figura 2.72), apresentando pouca variação entre os períodos de seca e chuva, com maiores valores registrados para o período chuvoso (valor médio = 0,165 mg/L). Os valores registrados estiveram dentro dos limites preconizados pela Resolução CONAMA n° 357/2005. A referida Resolução estabelece que para rios de Classe 2, a concentração de Nitrogênio amoniacal deverá

ser menor que 3,7 mg/L para águas com pH ≤ 7,5, valores usuais para este corpo hídrico, o rio Comemoração (consultar 2.9.2.18).

Tabela 2.38: Nitrogênio Amoniacal nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Campanhas	Pontos Amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª Campanha (jul)	0,1	0,1	0,1	0,1
2ª Campanha (set)	0,21	0,11	0,11	0,5
3ª Campanha (nov)	0,1	0,35	0,1	0,1

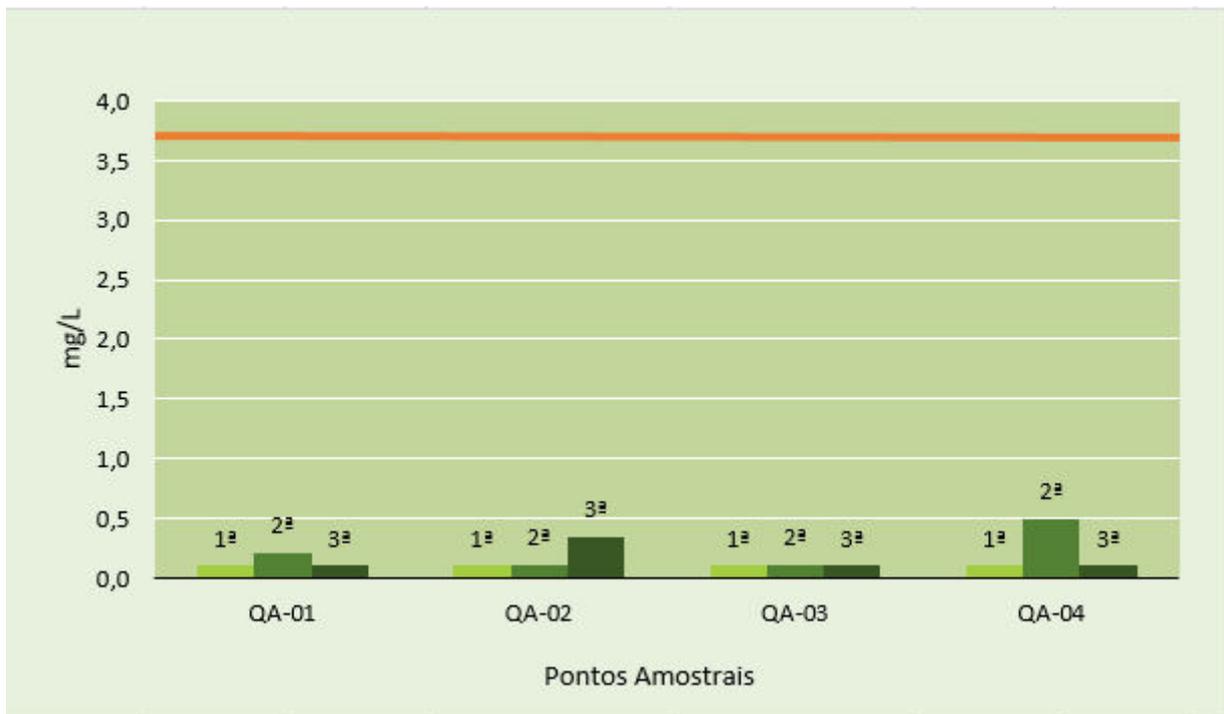


Figura 2.72: Nitrogênio amoniacal nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

As concentrações deste parâmetro registraram uma elevação durante as campanhas conduzidas no período chuvoso, provavelmente devido ao fenômeno de arraste de nutrientes do solo para o corpo hídrico. Destaca-se que os valores mais elevados foram observados durante a segunda campanha, realizada no início do período chuvoso, em setembro. Nessa fase, o solo é submetido a uma lavagem das substâncias armazenadas durante o período de seca, resultando em um aumento substancial no transporte de sedimentos e nutrientes para o corpo hídrico. A Figura 2.73 ilustra de maneira visual a distribuição dos dados em cada campanha.

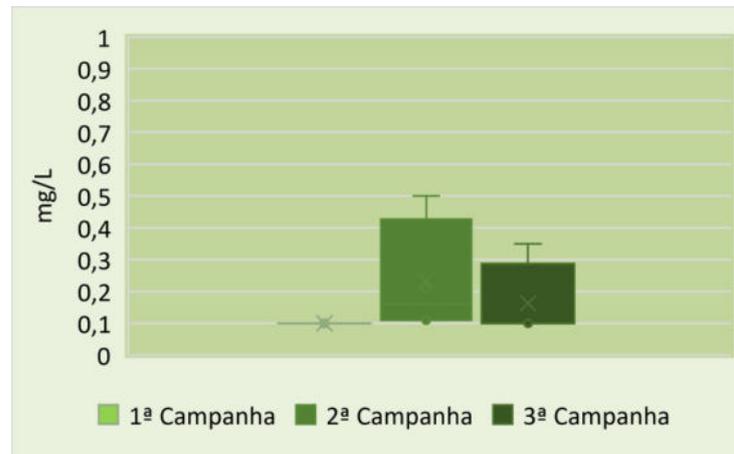


Figura 2.73: Gráfico de caixas com a distribuição dos dados de Nitrogênio amoniacal nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

#### 2.9.2.15 Nitrogênio Kjeldahl Total (NKT)

O Nitrogênio Kjeldahl Total refere-se à soma de todas as formas de nitrogênio orgânico e inorgânico presentes em uma amostra de água. Sua análise oferece informações importantes sobre a presença e a forma de compostos nitrogenados em corpos hídricos.

Os valores obtidos em ambos os pontos e ambas as campanhas ficaram abaixo do limite mínimo detectável pelo método adotado, que é de <5,0 mg/L (Tabela 2.39 e Figura 2.74). A baixa concentração de NKT nos pontos analisados é um indicativo de boa qualidade da água, no que se refere a este parâmetro específico.

A baixa concentração de NKT está de acordo com a concentração das demais formas de nitrogênio, que também apresentaram baixas concentrações. Dentre os motivos possíveis para este resultado é possível destacar a presença de bactérias nitrificantes que realizam a conversão de nitrogênio, o que reduz a concentração de NKT na água; bem como a fixação biológica e a baixa incidência de lançamentos domésticos e/ou industriais que contenham altas concentrações deste parâmetro.

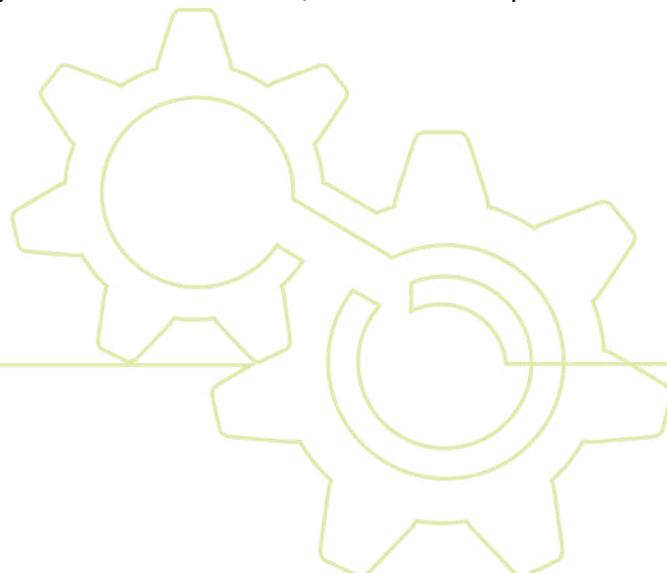


Tabela 2.39: NKT nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Campanhas	Pontos Amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª Campanha (jul)	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
2ª Campanha (set)	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
3ª Campanha (nov)	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0

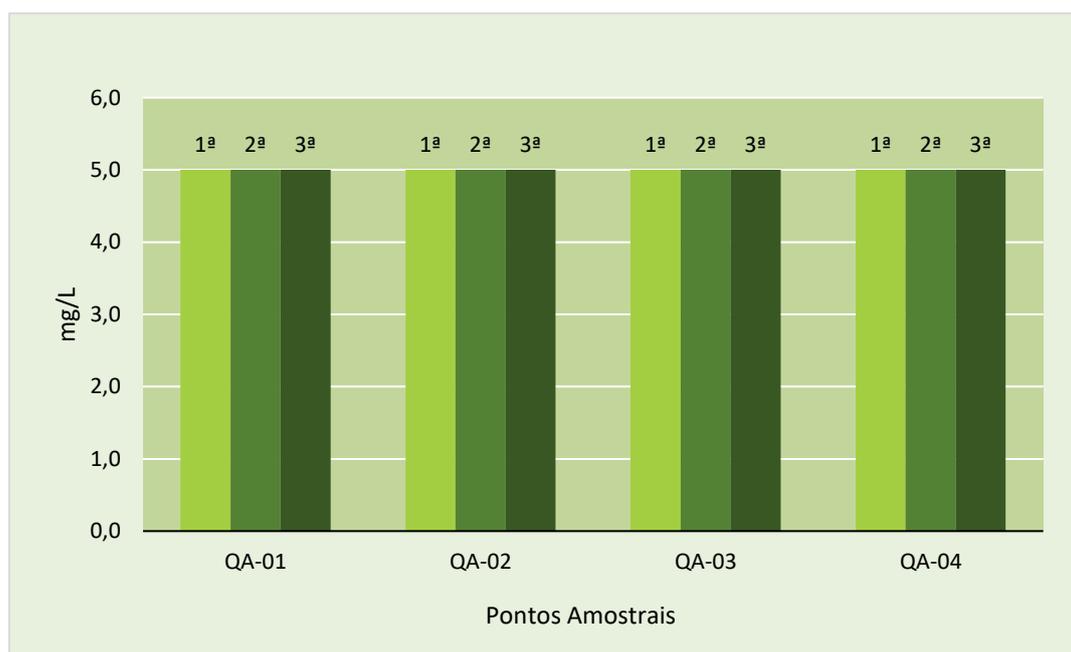


Figura 2.74: NKT nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

### 2.9.2.16 Nitrogênio Total

Ao analisar o nitrogênio total, que expressa o somatório das formas de nitrogênio presentes na água, como o nitrato, nitrito e a amoniacal, é possível ter uma visão mais abrangente da carga total deste nutriente. Os valores obtidos desse parâmetro variaram de <0,5 mg/L (valores obtidos nos 4 pontos na 1ª e nos pontos QA-03 e QA-4 na 3ª campanha) a 3,35 mg/L (QA-2; 2ª campanha) (Tabela 2.40 e Figura 2.75).

Tabela 2.40: Nitrogênio Total nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Campanhas	Pontos Amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª Campanha (jul)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
2ª Campanha (set)	1,81	3,35	0,93	1,75
3ª Campanha (nov)	0,72	1,55	<0,5	<0,5

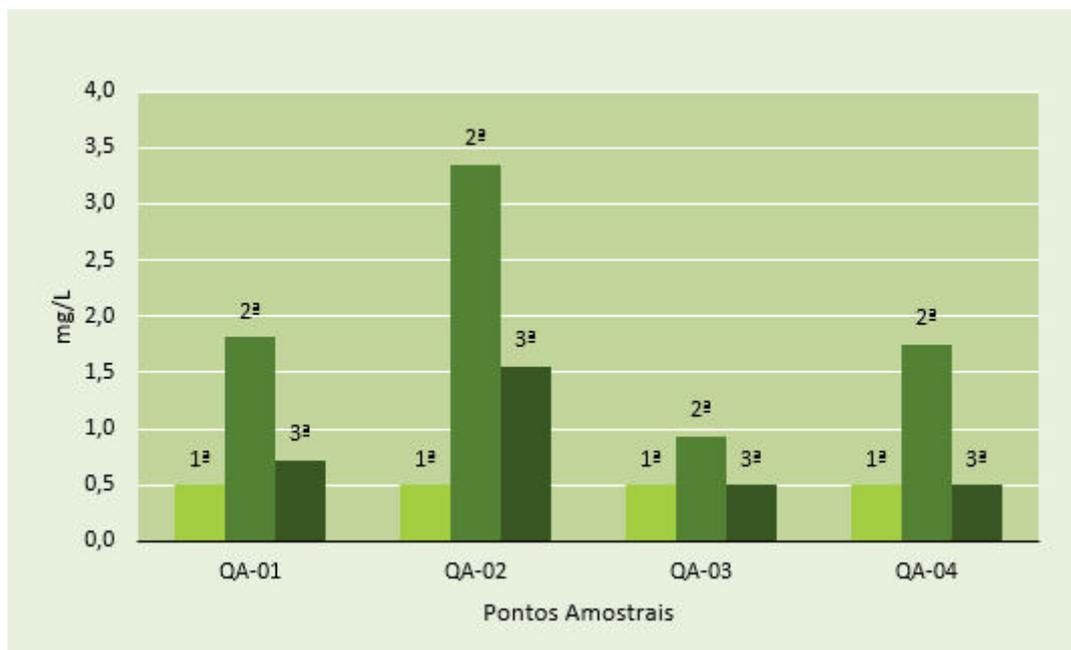


Figura 2.75: Nitrogênio total nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Assim como as demais formas de nitrogênio anteriormente citadas, as concentrações deste parâmetro também tiveram baixos resultados, indicando uma boa qualidade da água no que se refere a este nutriente específico. Embora ambas as concentrações sejam baixas, os valores obtidos durante a segunda campanha foram os mais expressivos, o que reforça a influência do início do período chuvoso no arraste de partículas e nutrientes ao corpo hídrico. A representação gráfica apresentada na Figura 2.76 esquematiza a distribuição desses dados ao longo de cada campanha.

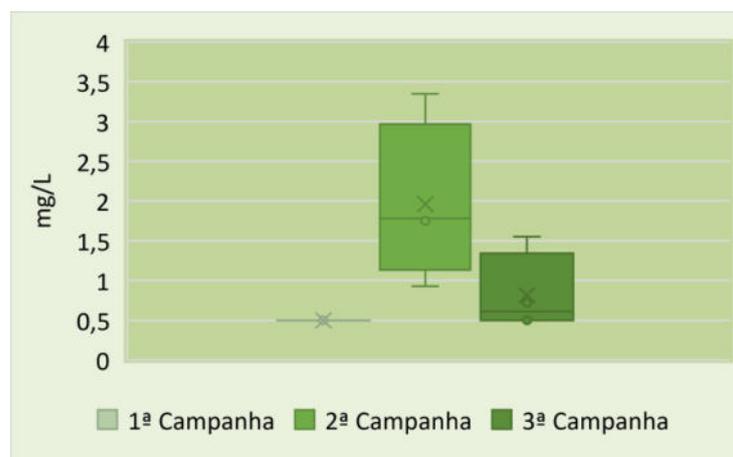


Figura 2.76: Gráfico de barras com a distribuição dos dados de Nitrogênio total nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

#### 2.9.2.17 Óleos e Graxas Totais

Os óleos e graxas é um parâmetro que abrange as substâncias como gorduras animais, sabões, graxas, óleos e ceras. Essas substâncias normalmente advêm de efluentes industriais e domésticos, águas residuárias de oficinas mecânicas e postos de gasolina, bem como da lavagem de estradas e vias públicas, sendo raramente presentes em condições naturais nos corpos hídricos.

Os valores obtidos para esse parâmetro em ambos os pontos monitorados e ambas as campanhas foram de virtualmente ausente, conforme expresso na Tabela 2.41, o que indica a escassez em níveis detectáveis deste parâmetro no corpo hídrico monitorado, o rio Comemoração.

Tabela 2.41: Óleos e Graxas nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Campanhas	Pontos Amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª Campanha (jul)	Virtualmente ausente	Virtualmente ausente	Virtualmente ausente	Virtualmente ausente
2ª Campanha (set)	Virtualmente ausente	Virtualmente ausente	Virtualmente ausente	Virtualmente ausente
3ª Campanha (nov)	Virtualmente ausente	Virtualmente ausente	Virtualmente ausente	Virtualmente ausente

#### 2.9.2.18 pH

O pH é um parâmetro fundamental na avaliação da qualidade da água e representa o potencial hidrogeniônico, sendo uma medida que indica a acidez ou alcalinidade de uma solução aquosa. Ele é expresso numa escala que varia de 0 a 14, onde valores abaixo de 7 indicam acidez,

valores iguais a 7 denotam neutralidade, e valores acima de 7 apontam alcalinidade. Sua importância se deve, dentre outros motivos, por desempenhar um papel crítico em diversos processos ecológicos e industriais.

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais é devida diretamente a seus efeitos sobre a fisiologia de diversas espécies. O efeito indireto é também muito importante podendo, em determinadas condições de pH, contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados, além de que podem exercer efeitos sobre a solubilidade de nutrientes.

Para o parâmetro pH, foram registrados valores variando de 5,96 (QA-4; 3ª campanha) a 7,05 (QA-1; 1ª campanha), conforme apresentado na Tabela 2.42 e na Figura 2.77. Diferentemente de outros parâmetros convencionais, o pH está sujeito a dois limites regulatórios, conforme estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, sendo um limite mínimo de 6 e um limite máximo de 9.

Observou-se que, dos pontos avaliados, apenas o ponto QA-4, durante a terceira campanha, não atendeu às especificações desta resolução, apresentando um resultado de 5,96. Essa variação no pH pode ter implicações significativas na qualidade da água, uma vez que o pH influencia processos químicos e biológicos nos ecossistemas aquáticos. Apesar de apresentar um valor em discordância com as recomendações, o resultado observado para o pH foi próximo ao limite aceitável de 6.

Dentre os fatores potenciais que podem ter contribuído para esse resultado, destaca-se a influência do período chuvoso. Durante essa fase, o pH da água pode sofrer alterações devido à composição química da chuva ou ao arraste de partículas atmosféricas. A chuva tem a capacidade de transportar partículas do ar para a água, incorporando poeira e outras substâncias que podem modificar a composição química do meio aquático e, conseqüentemente, seu pH.

Tabela 2.42: pH nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Campanhas	Pontos Amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª Campanha (jul)	7,05	6,85	6,35	6,76
2ª Campanha (set)	6,65	6,57	6,25	6,62
3ª Campanha (nov)	6,43	6,09	6,62	5,96

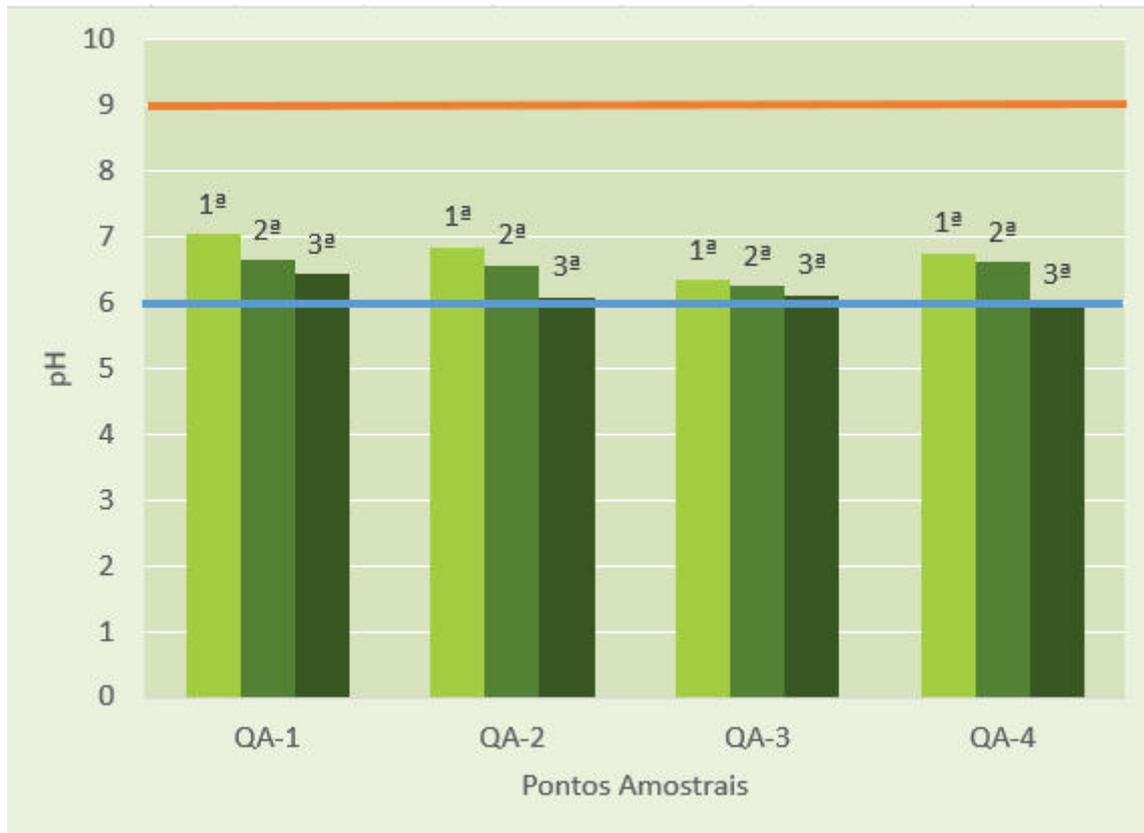


Figura 2.77: pH nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

### 2.9.2.19 Sulfato

O sulfato é um íon inorgânico e sua presença em corpos hídricos em concentrações adequadas desempenha um papel significativo na qualidade da água, influenciando aspectos físico-químicos e biológicos, como a dureza da água, a solubilidade de minerais e a biodiversidade aquática. Em contrapartida, sua concentração em excesso pode desequilibrar essas questões e ser prejudicial. Desta forma, a Resolução CONAMA estipula sua concentração máxima em até 250 mg/L para corpos hídricos de classe 2.

As concentrações desse parâmetro manifestaram variação entre 8,4 mg/L (QA-4; 1ª campanha) e 34,8 mg/L (QA-1; 2ª campanha), conforme documentado na Tabela 2.43 e ilustrado na Figura 2.78. Importante ressaltar que todos os valores identificados estão em conformidade com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005.

Tabela 2.43: Sulfato nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Campanhas	Pontos Amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª Campanha (jul)	9,5	9,4	13	8,4
2ª Campanha (set)	34,8	10	11,2	10
3ª Campanha (nov)	10	10	10	10

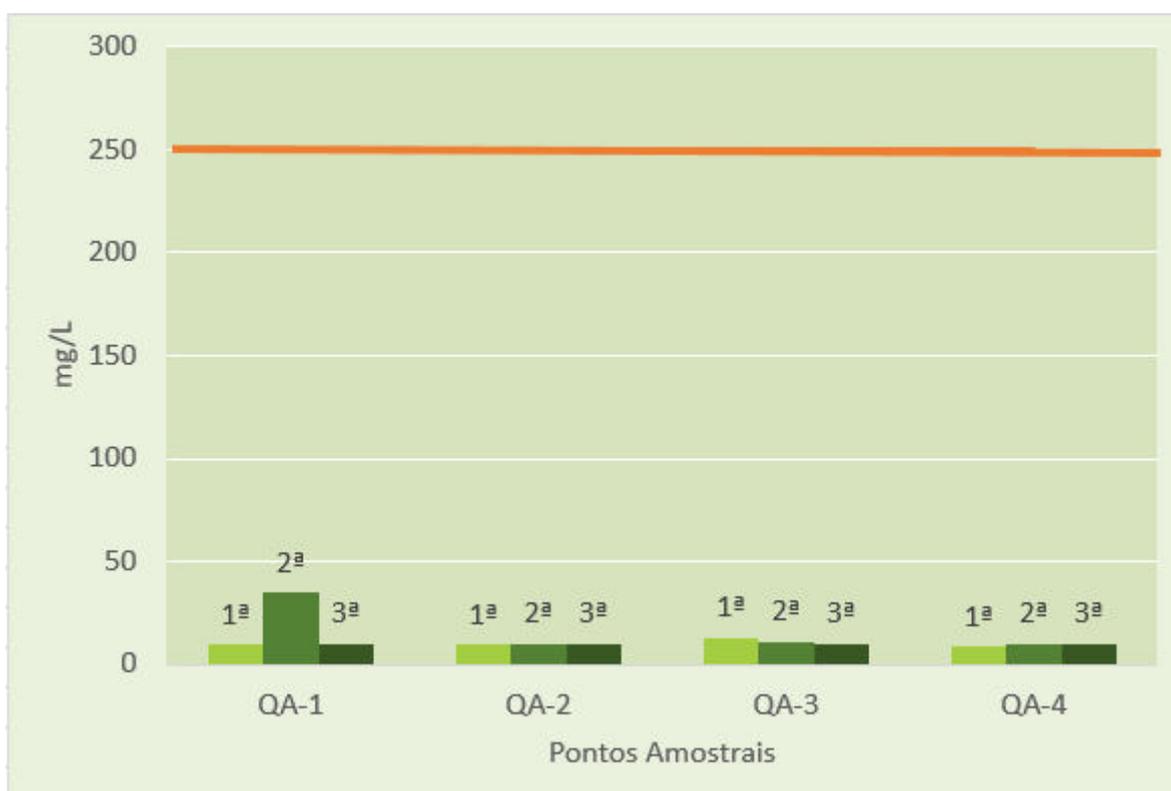


Figura 2.78: Sulfato nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Embora as concentrações de sulfato estejam bem abaixo do limite regulatório, é possível observar uma elevação desse nutriente na segunda campanha, o que está atribuído aos impactos sazonais do início do período chuvoso. Nessa fase, o solo é submetido a uma lavagem das substâncias armazenadas durante o período de seca, resultando em um aumento substancial no transporte de sedimentos e nutrientes para o corpo hídrico, incluindo o sulfato, que é responsável por elevar a concentração desse parâmetro. A representação gráfica apresentada na Figura 2.79 esquematiza a distribuição desses dados ao longo de cada campanha.

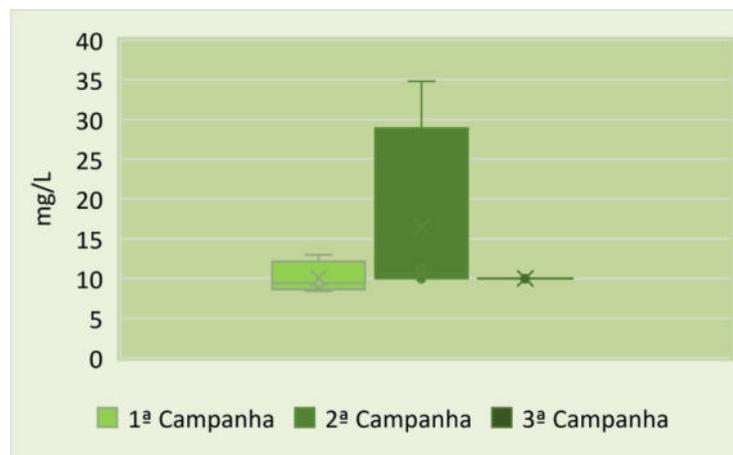


Figura 2.79: Gráfico de barras com a distribuição dos dados de Sulfato nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

### 2.9.2.0 Temperatura da Água

A temperatura da água influencia diversas características do corpo hídrico, como na viscosidade e na densidade da água, e na taxa de saturação de oxigênio dissolvido. Sendo, portanto, um parâmetro de grande importância.

Os valores obtidos para a temperatura da água variaram de 25,9 °C (QA-1; 1ª Campanha) até 30,6 °C (QA-2; 2ª Campanha) (Tabela 2.44 e Figura 2.80). Os valores elevados da temperatura da água estão de acordo com o clima equatorial na qual a região da PCH Rondon I está inserida, que apresenta altas temperaturas e alta umidade o ano todo.

Tabela 2.44: Temperatura da Água nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Campanhas	Pontos Amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª Campanha (jul)	25,9	26,2	26,1	26
2ª Campanha (set)	30,1	30,6	28,7	29,9
3ª Campanha (nov)	29,8	29,3	28,7	29

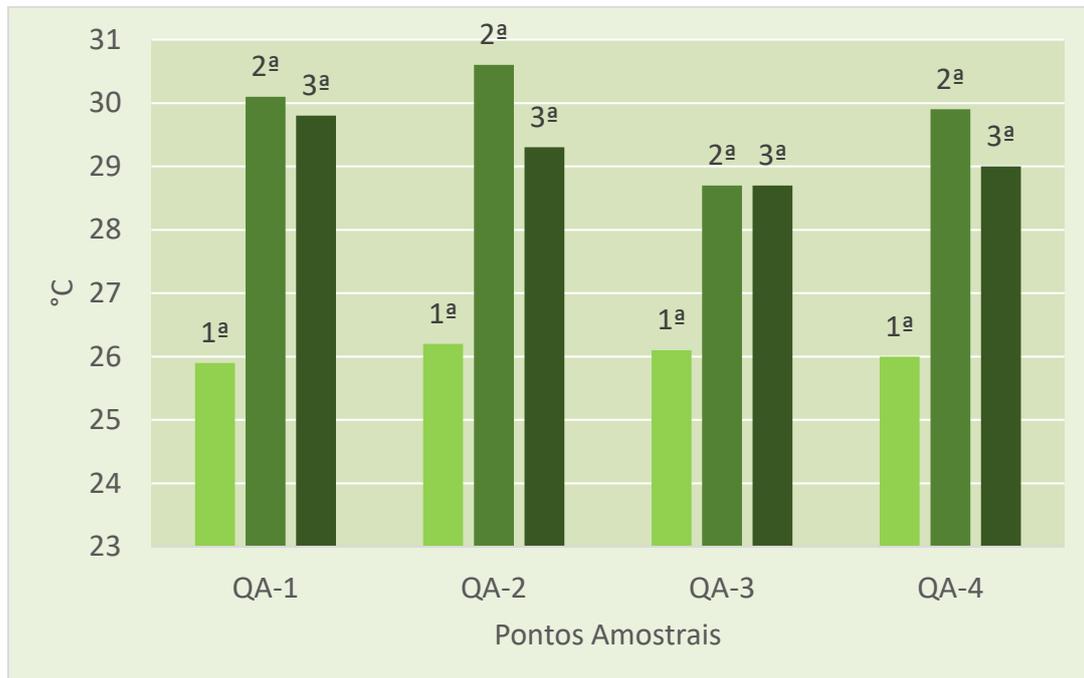


Figura 2.80: Temperatura da água nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

## 2.9.3 Parâmetros Biológicos

### 2.9.3.1 Coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*

Os coliformes representam um grupo de bactérias gram-negativas, e são comumente encontradas no trato gastrointestinal de animais de sangue quente, incluindo seres humanos. A presença de coliformes em amostras de água é reconhecida como um indicador microbiológico relevante para avaliar a qualidade bacteriológica desse recurso (APHA, 2017).

Dessa forma, a presença de coliformes na água pode indicar poluição, pois representa o risco potencial da presença de microrganismos patogênicos. Já a sua ausência pode ser considerada uma evidência de uma água bacteriologicamente potável, uma vez que são mais resistentes na água que as bactérias patogênicas de origem intestinal. A principal fonte de coliformes fecais para as águas é o despejo de esgoto, principalmente doméstico, sem tratamento prévio ou com tratamento insuficiente.

Como o grupo dos coliformes totais inclui gêneros que não são de origem exclusivamente fecal, isto limita sua aplicação como indicador específico de contaminação fecal. O reconhecimento deste fato levou ao desenvolvimento de métodos de enumeração de um subgrupo de coliformes denominados coliformes fecais (termotolerantes), os quais são diferenciados dos coliformes totais pela sua capacidade de fermentar a lactose em temperatura elevada (44,5 +/- 0,2°C). Os coliformes termotolerantes são um grupo de bactérias indicadoras de organismos originários predominantemente do trato intestinal humano e de outros animais.

A *Escherichia coli* (*E. coli*) é classificada como um dos principais tipos de coliforme termotolerante, e a sua presença em amostras de água é um indicador crucial da possível

contaminação fecal e, por conseguinte, do potencial risco à saúde humana. O monitoramento desses organismos fornece informações valiosas sobre a qualidade microbiológica da água, sendo uma prática essencial em programas de controle de qualidade ambiental.

Considerando os resultados dos coliformes termotolerantes registrados ao longo das campanhas, os valores variaram de 60 NMP/100mL (QA-1; 1ª campanha) a 510.000 NMP/100mL (QA-3; 3ª campanha) (Tabela 2.45 e Figura 2.81) As maiores concentrações foram atribuídas ao período chuvoso, nas campanhas realizadas em setembro e novembro. A maior parte dos dados de coliformes termotolerantes nesse período apresentaram valores acima do limite de 1.000 NMP/100mL imposto à classe 2 pela Resolução CONAMA 357/2005.

Os resultados evidenciam a possibilidade de uma influência sazonal das precipitações nas concentrações de coliformes termotolerantes. Este fenômeno é atribuído ao aumento do índice pluviométrico, o qual provavelmente incide no transporte dos microrganismos para o rio comemoração, resultando em uma possível intensificação da contaminação. Essa constatação está em consonância com as observações de Nogueira et al. (2003), os quais identificaram um incremento nas taxas de coliformes durante o período de verão, concomitante ao aumento nos índices pluviométricos.

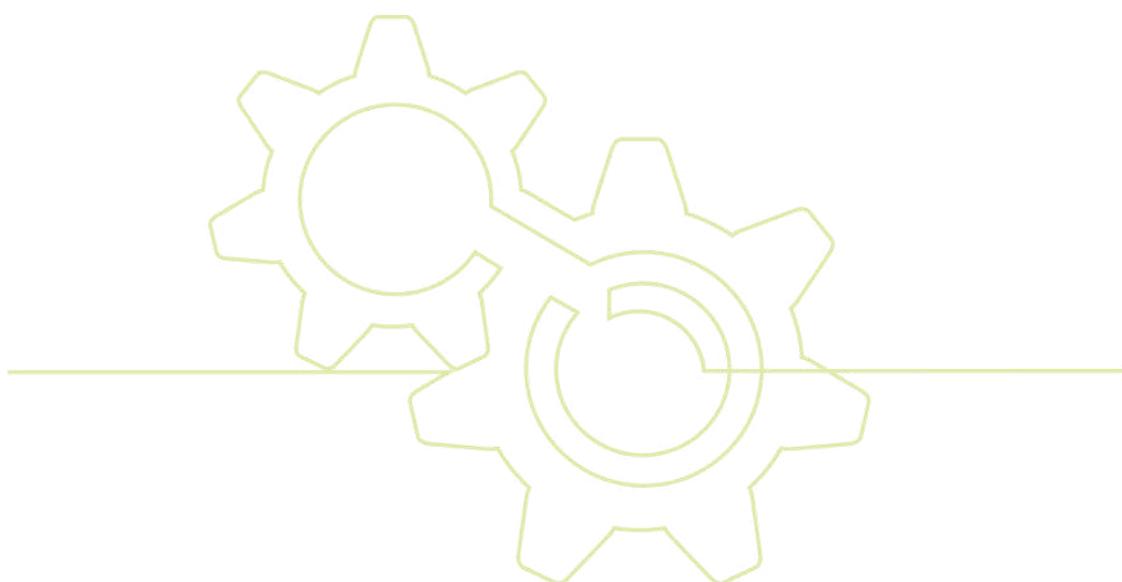


Tabela 2.45: Coliformes termotolerantes nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Campanhas	Pontos Amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª Campanha (jul)	60	120	260	980
2ª Campanha (set)	2.500	350	2.300	5.300
3ª Campanha (nov)	4.800	6.200	510.000	4.300

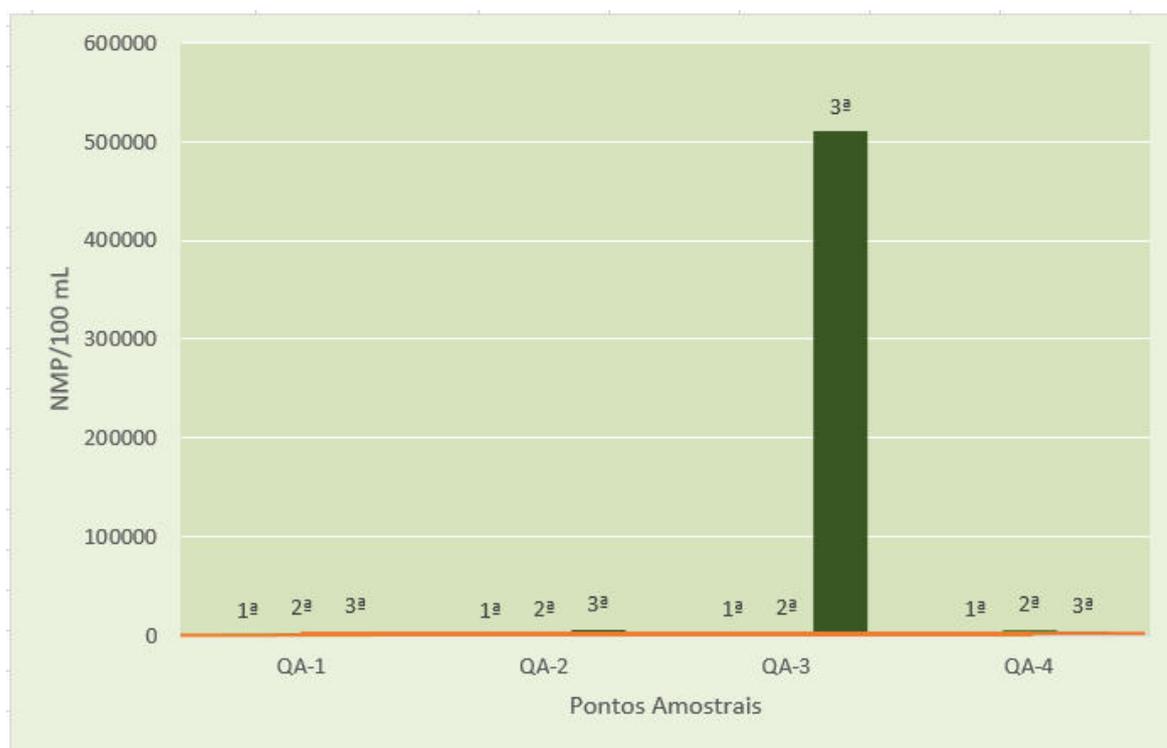


Figura 2.81: Coliformes termotolerantes nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Adicionalmente ao impacto sazonal, destaca-se que o valor significativamente elevado registrado no ponto QA-3 de 510.000 NMP/100mL durante a terceira campanha pode estar correlacionado à uma fazenda com criação de bovinos que fica próxima desse ponto de monitoramento. A presença dos dejetos dos animais, potencialmente transportados para o corpo hídrico após eventos pluviais, pode explicar a exorbitante concentração verificada. Este cenário é congruente com a compreensão da influência antrópica na qualidade microbiológica da água em ambientes rurais (Smith et al., 2010).

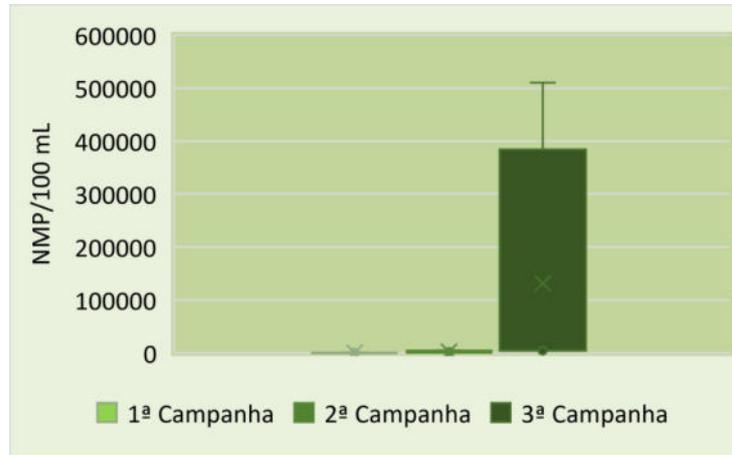
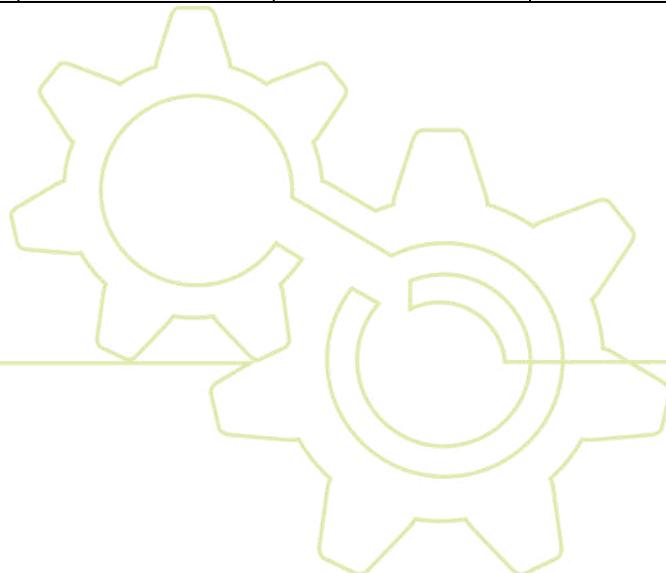


Figura 2.82: Gráfico de caixas com os valores de coliformes termotolerantes nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Os valores para E. Coli variaram de 30 NMP/100mL (QA-4; 1ª campanha) a 28.000 NMP/100mL (QA-3; 3ª campanha) (Figura 2.83 e Tabela 2.45). Embora não haja limites regulatórios estabelecidos para a E. Coli, é possível observar que alguns pontos apresentaram valores elevados, principalmente no ponto QA-3, também estando possivelmente atrelados ao período chuvoso e à fazenda de bovinos nas proximidades deste ponto.

Tabela 2.46: E. Coli nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

Campanhas	Pontos Amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª Campanha (jul)	47	100	130	30
2ª Campanha (set)	380	160	210	320
3ª Campanha (nov)	2.600	1.800	28.000	290



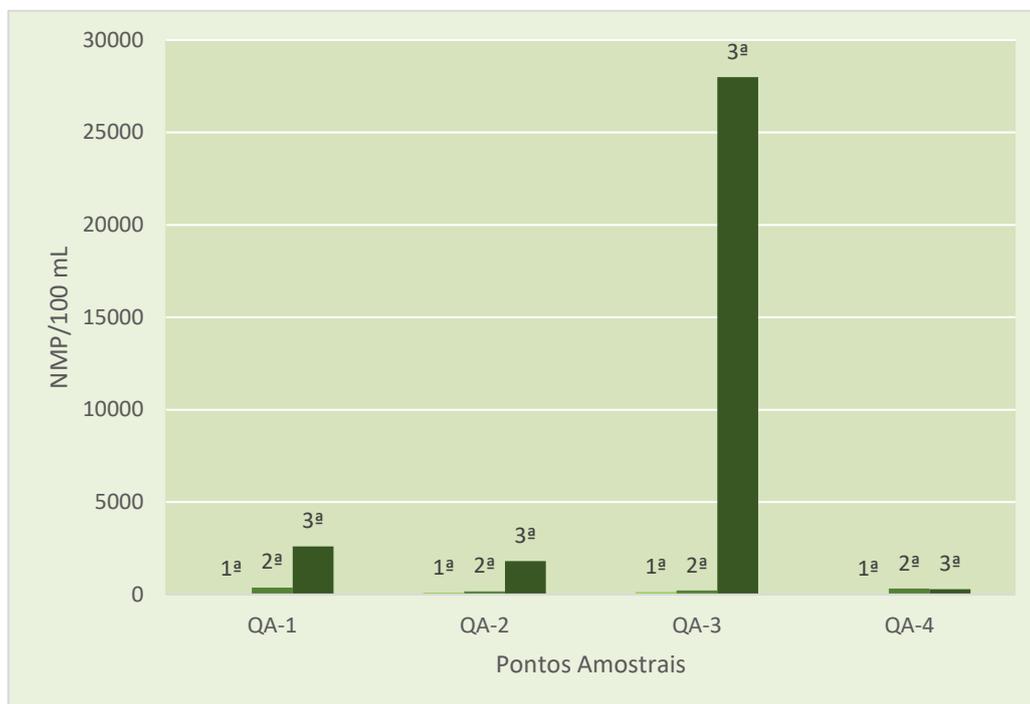


Figura 2.83: E. Coli nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro de 2023).

## 2.9.4 Comunidade Fitoplancônica

A Tabela 2.47 apresenta os resultados quantitativos e qualitativos dos dados de fitoplâncton coletados para os 4 pontos de amostragem no rio Comemoração.

Tabela 2.47: Densidade de Fitoplâncton (N°ORG/mL) nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (dezembro de 2023).

Classificação Taxonômica	Ponto de Amostragem			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
<b>Bacillariophyceae</b>				
Fragilaria tenera	15	2	1	10
Fragilaria longifusiformis	5	-	-	-
Amphora sp.	-	1	-	-
Eunotia sp.	-	1	2	-
<b>Coscinodiscophyceae</b>				
Angustissima	8	1	3	3
<b>Cryptophyceae</b>				
Cryptomonas sp.1	10	6	13	6
Chroomonas sp.1	6	10	22	4
cf. Rhodomonas sp.	4	4	-	5
cf. Cyanomonas sp.	-	6	-	-

Classificação Taxonômica	Ponto de Amostragem			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
Chlorophyceae				
Desmodesmus brasiliensis	20	10	-	15
Monoraphidium pusillum	15	15	-	10
Monoraphidium tortile	15	11	18	10
Coenochloris sp.	4	-	-	6
Tetrastrum heteracanthum	1	-	-	4
Tetrastrum triangulare	6	-	-	3
Willea sp.	4	-	-	2
Scenedesmus ecornis	-	5	3	5
Trebouxiophyceae				
Acanthosphaera sp.	-	-	2	-
<b>Densidade</b>	<b>113</b>	<b>72</b>	<b>64</b>	<b>83</b>
<b>Diversidade</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>13</b>
<b>Índice de Shannon (H')</b>	<b>1,02</b>	<b>0,96</b>	<b>0,7</b>	<b>1,05</b>
<b>Equitabilidade (J')</b>	<b>0,40</b>	<b>0,39</b>	<b>0,34</b>	<b>0,41</b>

#### 2.9.4.1 Caracterização da Assembleia de Fitoplâncton

Ao considerar os dados registrados em quatro pontos amostrais no rio Comemoração, a comunidade fitoplanctônica apresentou uma densidade total de 332 org/mL, registrando um total de 18 espécies e morfoespécies, distribuídas em 5 classes. As classes encontradas na coleta foram: Bacillariophyceae (37 org/mL); Coscinodiscophyceae (15 org/mL); Cryptophyceae (96 org/mL); Chlorophyceae (182 org/mL); Trebouxiophyceae (2 org/mL).

Já em relação a riqueza de espécies, as classes apresentaram o seguinte número de espécies: Bacillariophyceae (4 espécies); Coscinodiscophyceae (1 espécie); Cryptophyceae (4 espécies); Chlorophyceae (8 espécies); Trebouxiophyceae (1 espécie), conforme mostrado na Tabela 2.47.

Com relação aos pontos de amostragem, o ponto QA-1 registrou a maior densidade da comunidade fitoplanctônica (113 org/mL), e a classe mais representativa foi Chlorophyceae, com 7 espécies. Já a menor diversidade foi atribuída ao ponto QA-3 (64 org/mL), em que a classe com mais diversidade foram Bacillariophyceae e Chlorophyceae, ambas com 2 espécies.

A análise geral dos dados revela uma riqueza considerável de espécies, com um total de 18 espécies diferentes identificadas ao longo dos quatro pontos de amostragem. A diversidade da comunidade fitoplanctônica, medida pelo índice de Shannon (H'), não apresenta variações significativas entre as campanhas, com exceção do ponto QA-3 que apresentou um resultado menor em relação aos demais pontos analisados. O que está de acordo com o resultado dos parâmetros analisados, como no caso do coliformes termotolerantes que apresentou valor extremamente elevado neste ponto na campanha realizada em novembro de 2023. A equitabilidade (J'), por sua vez, quase não apresenta flutuações entre os resultados obtidos, o

que sugere uma distribuição similar das espécies. Embora seja válido destacar que novamente QA-3 foi o ponto que apresentou o menor resultado.

#### 2.9.4.2 Densidade Fitoplanctônica

Com relação a densidade fitoplanctônica, foi registrada uma densidade média de 83 org/mL. Em que, no ponto QA-1 foi registrada a maior densidade, com 113 indivíduos/mL, sendo as classes Chlorophyceae (65 org/mL), Cryptophyceae (20 org/mL) e Bacillariophyceae (20 org/mL) as mais representativas.

Já no ponto QA-2 foi registrada uma densidade menor em relação ao ponto QA-1, com um total de 72 organismos por mL, e as classes Chlorophyceae (41 org/mL) e Cryptophyceae (26 org/mL) as mais representativas.

O ponto QA-3 apresentou a menor densidade dentre os quatro pontos analisados, com um total de 64 organismos por mL. As classes mais representativas foram Cryptophyceae (35 org/mL) e Chlorophyceae (21 org/mL).

Por fim, o ponto QA-4 apresentou uma densidade total de 83 organismos por mL, onde as classes Chlorophyceae (55 org/mL) e Cryptophyceae (15 org/mL) foram as mais representativas.

A Figura 2.84 apresenta a diversidade fitoplanctônica em cada ponto de amostragem do rio Comemoração.

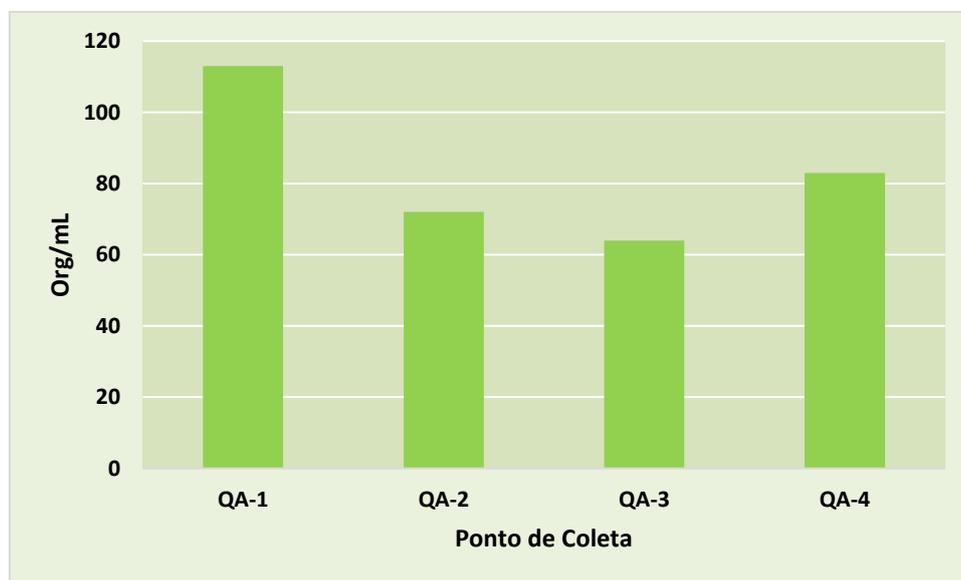


Figura 2.84: Densidade fitoplanctônica nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I.

#### 2.9.5 Comunidade Zooplânctônica

A Tabela 2.47 apresenta os resultados quantitativos e qualitativos dos dados de zooplâncton coletados para os 4 pontos de amostragem no rio Comemoração.

Tabela 2.48: Densidade de Zooplâncton (n°org/mL) nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (dezembro de 2023).

Classificação Taxonômica	Ponto de Amostragem			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
Asplanchnidae				
Asplanchna sieboldi	50	30	15	40
Brachionidae				
Brachionus dolabratus (Harring, 1915)	20	-	-	15
Brachionus falcatus Zacharias, 1898	29	-	-	15
Keratella cochlearis (Gosse, 1851)	-	-	-	30
Conochilidae				
Conochilus unicornis	130	130	100	150
Conochilus coenobasis	-	-	66	-
Lecanidae				
Lecane bulla	70	60	11	70
Lecane luna (Müller, 1776)	70	-	-	30
Lecane ludwigi	-	-	22	-
Lecane signifera	10	40	31	40
Bosminidae				
Bosmina cf. freyi De Melo & Hebert, 1994	15	30	21	10
Chydoridae				
Chydorus eurynotus Sars, 1901	19	15	-	10
Sididae				
Diaphanosoma birgei Korineck, 1981	4	10	-	5
Diaptomidae				
Notodiaptomus iheringi (Wright, 1935)	60	46	23	60
<b>Densidade</b>	<b>477</b>	<b>361</b>	<b>289</b>	<b>475</b>
<b>Diversidade</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>12</b>
<b>Índice de Shannon (H')</b>	<b>0,90</b>	<b>0,79</b>	<b>0,79</b>	<b>0,91</b>
<b>Equitabilidade (J')</b>	<b>0,38</b>	<b>0,38</b>	<b>0,38</b>	<b>0,37</b>

### 2.9.5.1 Caracterização da Assembleia de Zooplâncton

Ao considerar os dados registrados nos quatro pontos amostrais no rio Comemoração (RO), a comunidade zooplanctônica apresentou uma densidade total de 1602 org/mL, registrando um total de 14 espécies e morfoespécies, distribuídas em 8 classes. As classes encontradas na amostragem foram: Asplanchnidae (135 org/mL); Brachionidae (109 org/mL); Conochilidae (576 org/mL); Lecanidae (454 org/mL); Bosminidae (76 org/mL); Chydoridae (44 org/mL); Sididae (19 org/mL); Diaptomidae (189 org/mL).

Já em relação a riqueza de espécies, as classes apresentaram o seguinte número de espécies: Asplanchnidae (1 espécie); Brachionidae (3 espécies); Conochilidae (2 espécies); Lecanidae (4 espécies); Bosminidae (1 espécie); Chydoridae (1 espécie); Sididae (1 espécie); Diaptomidae (1 espécie), conforme mostrado na Tabela 2.48.

Com relação aos pontos de amostragem, o ponto QA-1 registrou a maior densidade da comunidade fitoplanctônica (477 org/mL), e a classe mais representativa foi Lecanidae, com 3 espécies. Já a menor diversidade foi atribuída ao ponto QA-3 (289 org/mL), em que a classe com mais diversidade foram Lecanidae (3 espécies) e Conochilidae (2 espécies).

A análise geral dos dados revela uma riqueza considerável de espécies, com um total de 14 espécies diferentes identificadas ao longo dos quatro pontos de amostragem. A diversidade da comunidade zooplanctônica, medida pelo índice de Shannon ( $H'$ ), não apresenta grandes variações significativas entre as campanhas, embora os valores obtidos nos pontos QA-2 e QA-3 sejam ligeiramente menores. O que novamente se enquadra dentro do esperado quando se compara aos demais dados analisados, como o caso dos coliformes termotolerantes. Já para a equitabilidade ( $J'$ ), praticamente não houve variação entre os resultados obtidos, o que sugere uma distribuição similar das espécies nos pontos amostrados.

#### 2.9.5.2 Densidade Zooplanctônica

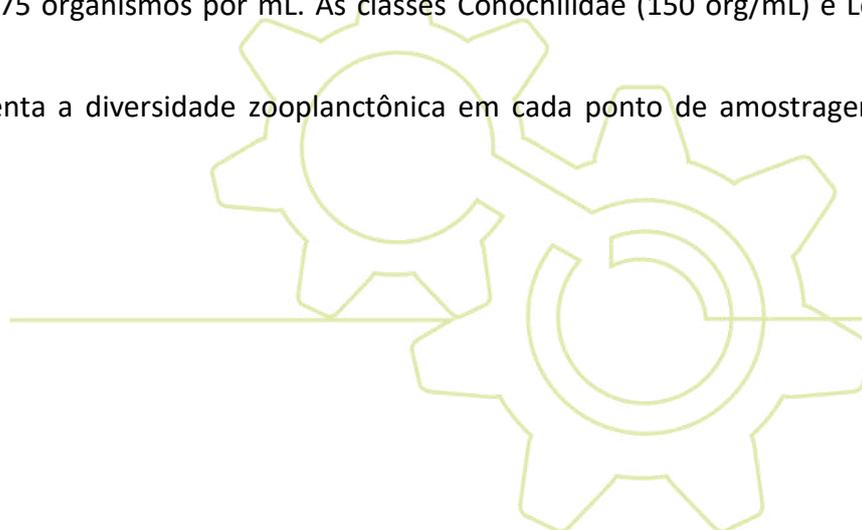
Com relação a densidade zooplanctônica, foi registrada uma densidade média de 401 org/mL. Em que, no ponto QA-1 (dezembro/2023) foi registrada a maior densidade, com 477 org/mL, sendo as classes Conochilidae (576 org/mL) e Lecanidae (454 org/mL) as mais representativas.

Já no ponto QA-2 (dezembro/2023) a densidade zooplanctônica registrada foi de 361 organismos por mL, e as classes Conochilidae (130 org/mL) e Lecanidae (100 org/mL) foram as mais representativas.

O ponto QA-3 apresentou a menor densidade entre os quatro pontos analisados, com um total de 289 organismos por mL. As classes mais representativas foram Conochilidae (166 org/mL) e Lecanidae (64 org/mL).

Por fim, o ponto QA-4 apresentou a segunda maior diversidade dentre os pontos amostrados, tendo um valor de 475 organismos por mL. As classes Conochilidae (150 org/mL) e Lecanidae (140 org/mL).

A Figura 2.84 apresenta a diversidade zooplanctônica em cada ponto de amostragem do rio Comemoração.



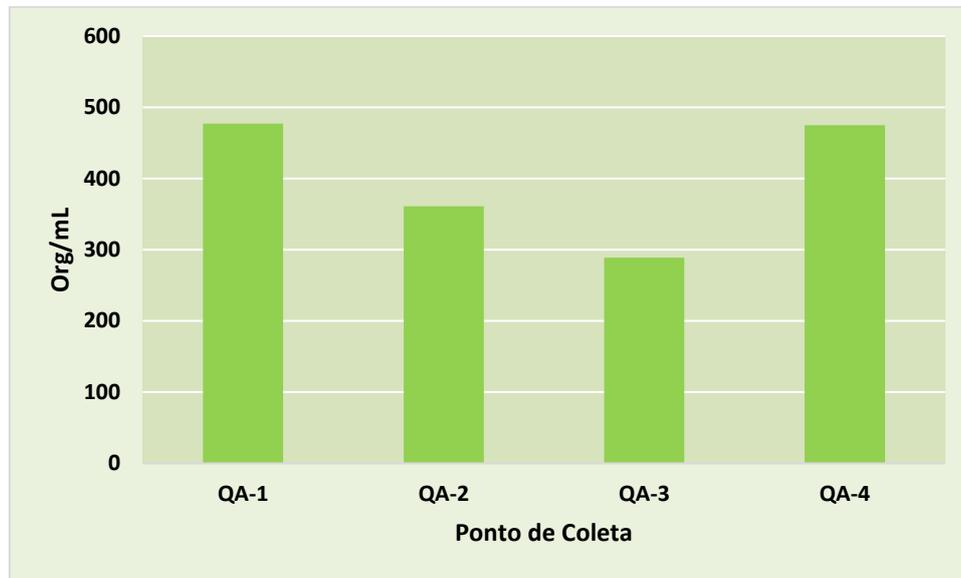


Figura 2.85: Densidade Zooplancônica nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I.

### 2.9.6 Comunidade Bentônica

Para a comunidade bentônica, ambas as quatro amostragens realizadas nos pontos QA-1, QA-2, QA-3 e QA-4 não registraram nenhum organismo pertencente ao grupo dos macroinvertebrados bentônicos.

Os bentos desempenham um papel fundamental na estrutura e na função dos ecossistemas aquáticos, influenciando a ciclagem de nutrientes, a qualidade da água e a disponibilidade de alimentos para outros organismos. Dentre os fatores que podem estar relacionados à falta de bentos nos sedimentos de um rio, é possível citar: como modificações no leito do rio que causem a perda de habitat desses organismos; elevação demasiada da vazão do rio, o que dificulta a adaptação dos bentos; excesso de sedimentação; dentre outros.

A falta de bentos nos sedimentos de um rio pode indicar impactos mais amplos na saúde do ecossistema aquático. O que torna necessária a adoção de avaliações periódicas da comunidade bentônica, juntamente com análises ambientais mais abrangentes.

### 2.9.7 Índice de Qualidade da Água (IQA)

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) foi elaborado em 1970 pelo National Sanitation Foundation (NSF), dos Estados Unidos, a partir de uma pesquisa de opinião realizada com especialistas em qualidade da água. Nessa pesquisa, cada especialista indicou os parâmetros a serem avaliados, seu peso relativo e a condição em que se apresenta cada parâmetro. De modo que estas opiniões foram consideradas no desenvolvimento do índice. No Brasil, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB) utiliza, desde 1975, uma versão do IQA adaptada da versão original do *National Sanitation Foundation*.

Os índices foram desenvolvidos para sintetizar, na forma numérica, o estado de conservação de um dado objeto de estudo. O cálculo do IQA leva em consideração diversos parâmetros de qualidade, tanto biológicos quanto químicos, e reflete principalmente a contaminação do corpo d'água por esgotos sanitários e por outros materiais orgânicos, por nutrientes e por sólidos (ANA, 2013). A informação transmitida por meio de índices de qualidade de água deve ser utilizada na avaliação de média a longo prazo, das condições de qualidade em determinados cursos d'água.

Para realização do cálculo do IQA, levou-se em consideração os seguintes parâmetros: OD, temperatura, coliformes termotolerantes, pH, sólidos totais, DBO, nitrogênio total, fósforo total e turbidez.

Segundo o IQA, os pontos QA-1 e QA-2 durante a primeira campanha (julho de 2023) apresentaram os melhores valores, sendo classificados como de ótima qualidade. Os demais pontos de todas as campanhas foram considerados como de boa qualidade, com exceção do ponto QA-3 da terceira campanha (novembro de 2023), que foi classificado como regular (médio).

Conforme os parâmetros do IQA, os pontos QA-1 e QA-2, avaliados durante a primeira campanha em julho de 2023, exibiram os valores mais elevados, sendo categorizados como de ótima qualidade. Todos os outros pontos, ao longo de todas as campanhas, foram avaliados como de boa qualidade, com exceção do ponto QA-3, durante a terceira campanha em novembro de 2023, que foi classificado como de qualidade regular. Essa análise reflete a variação na qualidade da água ao longo do tempo e destaca a necessidade de monitoramento contínuo para compreender e abordar possíveis variações nos diferentes pontos de amostragem.

O ponto QA-3 apresentou o menor valor obtido com a aplicação do IQA, além de apresentar concentrações elevadas para diversos parâmetros como coliformes termotolerantes, E. coli e fósforo total. Um dos motivos para este comportamento é a o impacto sazonal ocasionado pelas chuvas que carregam sedimentos e nutrientes para os corpos hídricos. Adicionalmente ao impacto sazonal, destaca-se que o valor significativamente elevado registrado no ponto QA-3 de 510.000 NMP/100mL durante a terceira campanha pode estar correlacionado à uma fazenda com criação de bovinos que fica próxima desse ponto de monitoramento. A presença dos dejetos dos animais, potencialmente transportados para o corpo hídrico após eventos pluviais, pode explicar a exorbitante concentração verificada.

A análise temporal do IQA revela uma diminuição nos valores durante o período chuvoso em comparação com o período de seca, que registrou resultados mais favoráveis (Tabela 2.49 e Figura 2.86). Essa tendência pode ser atribuída, em parte, ao aumento dos níveis de coliformes termotolerantes durante as precipitações, sendo este um dos principais parâmetros empregados no cálculo do IQA. Outro parâmetro que se mostrou problemático foi o fósforo total (consultar 2.9.2.11), que apresentou resultados acima do nível regulatório durante a segunda campanha e que, por conseguinte, impactou os valores obtidos de IQA neste período.

Tabela 2.49: IQA nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro/2023).

Campanhas	Pontos amostrais			
	QA-1	QA-2	QA-3	QA-4
1ª (jul)	80 (ótimo)	80 (ótimo)	75 (bom)	73 (bom)
2ª (set)	64 (bom)	72 (bom)	64 (bom)	64 (bom)
3ª (nov)	65 (bom)	62 (bom)	44 (médio)	64 (bom)

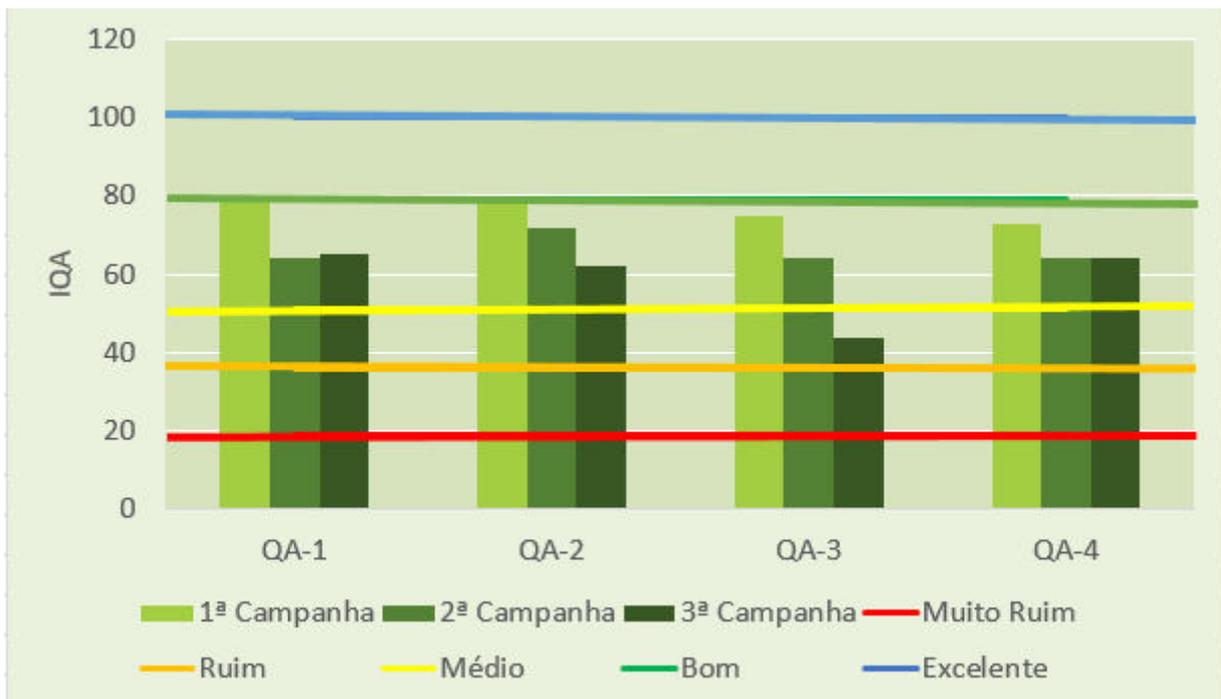


Figura 2.86: IQA nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro/2023).

Os valores mais elevados de IQA, que representam uma melhor condição da qualidade da água, foram obtidos na primeira campanha, durante o período de seca. Esse resultado se deve ao impacto que as chuvas tem para o corpo hídrico, uma vez são responsáveis por carrear nutrientes e sedimentos para o ambiente aquático, contribuindo para a elevação de diversos parâmetros, como, por exemplo, o fósforo total e os coliformes. A Figura 2.87 lustra a representação dos dados de IQA em todas as campanhas.

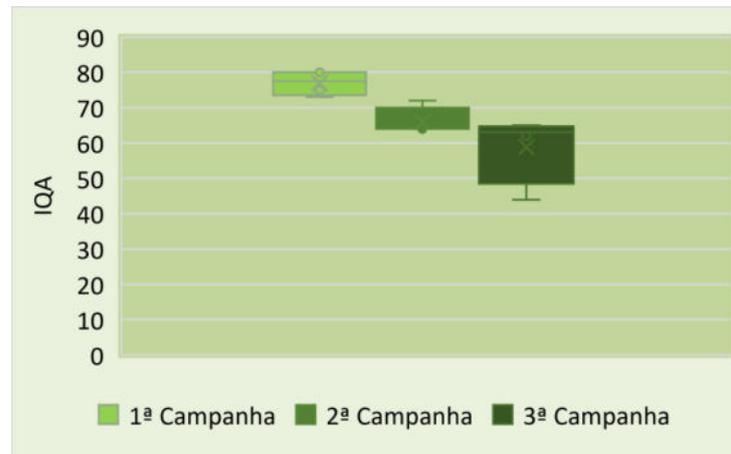


Figura 2.87: Gráfico de caixas com a distribuição dos valores de IQA nos pontos de amostragem durante o diagnóstico da qualidade das águas superficiais da PCH Rondon I (julho, setembro e novembro/2023).

## 2.10 ASSOREAMENTO E VIDA ÚTIL DO RESERVATÓRIO

### 2.10.1 Dados Sedimentológicos Existentes

A sedimentologia é o estudo dos processos de erosão, transporte e deposição dos sedimentos. Estes processos podem ser de origem natural ou podem ser provocados por atividades antrópicas. Os processos naturais ocorrem continuamente ao longo dos anos e contribuíram para moldar a configuração da superfície terrestre. Os principais agentes externos naturais responsáveis pela dinâmica da sedimentação são os impactos das gotas da chuva no solo, o escoamento superficial difuso, o escoamento superficial concentrado nos talwegues e cursos de água e a ação dos ventos.

As atividades antrópicas principais são: a mineração, a construção de estradas, a expansão da malha urbana, com a implantação de loteamentos em locais com características geológico-geotécnicas não apropriadas, a preparação de terras para uso agrícola, pastoreio intensivo, desmatamento, construção de obras hidráulicas, entre outras, que, junto com os agentes naturais, são responsáveis pela morfologia atual de vários cursos de água.

A primeira fase do processo de sedimentação está ligada à produção de sedimentos, natural e provocada, e está resumida nas seguintes etapas:

a) Erosão geológica: é definida como a erosão da superfície terrestre em condições naturais; isto é, sem a intervenção do homem. Varia de acordo com as características da formação rochosa do clima e da vegetação;

b) Atividade agrícola: o uso da terra em atividades agrícolas para produção de alimentos data de longo tempo. A atividade de preparo das terras acelera o processo de erosão e produz grande quantidade de sedimentos. Além disso, a erosão do solo é feita em sua camada superficial que é a parte mais fértil, com matéria orgânica e condições propícias à agricultura e à formação de vegetação nativa. Assim sendo, o processo de erosão propicia a perda do solo das terras agricultáveis, trazendo como consequências perdas econômicas incalculáveis;

- c) Urbanização: cria problemas de erosão localizada com produção de sedimentos, principalmente na fase de construção, pois envolve grandes movimentações de terra. Os processos de urbanização desprovidos de sistemas de drenagem adequados, provocando a impermeabilização do solo, tornam o fluxo proveniente das águas pluviais concentrado, aumentando a velocidade de carreamento dos sedimentos;
- d) Construção de estradas: grandes focos de erosão podem ocorrer durante a construção de rodovias, em função da realização de desmatamentos, de cortes e aterros, ou estes focos também podem ocorrer nas áreas de empréstimos;
- e) Mineração: outra atividade grande produtora de sedimentos na fase de operação;
- f) Alteração do regime dos cursos d'água: o poder erosivo das águas é função de seu volume e velocidade de escoamento. O aumento destas variáveis, através de obras, quebra o equilíbrio da morfologia do leito do rio. A busca do novo equilíbrio é feita através do processo de erosão/assoreamento, e conseqüentemente, produção de sedimentos.

A segunda fase do processo de sedimentação está ligada ao transporte dos sedimentos pelo escoamento. Os sedimentos são transportados pelas correntes líquidas em suspensão, por arraste ou saltação. Nem todo material sólido, proveniente dos processos erosivos descritos, transportado pela água através do sistema de drenagem alcança o exutório da bacia hidrográfica ou o oceano. Estudos registram que, na grande maioria das bacias, apenas uma pequena parte do volume de sedimento produzido alcança a seção de controle ou exutório. Este volume transportado chega a ser menor que  $\frac{1}{4}$  do total de sólidos decorrentes do processo de erosão.

A terceira e última fase do processo é a deposição ou sedimentação propriamente dita, que é o processo oposto da erosão. O produto da erosão pode depositar-se imediatamente abaixo do local produtor, ou pode ser transportado pelo escoamento e depositar-se nos canais dos rios, nas planícies fluviais, nos lagos, reservatórios, estuários e oceanos. Na maioria das vezes, o depósito de sedimentos é prejudicial, principalmente em se tratando de deposição em reservatórios em suas diversas finalidades, que, no caso em estudo, refere-se à geração hidrelétrica.

As bacias hidrográficas de Rondônia exibem uma grande variabilidade no que tange ao transporte de sedimentos. Tal fenômeno é intrinsecamente associado ao volume global de sedimentos fornecido à rede de drenagem por meio dos processos erosivos, englobando tanto a concentração de sedimentos em suspensão quanto o transporte de material de fundo (CPRM, 2010).

Os dados existentes de transporte de sedimentos em suspensão no estado de Rondônia apontam uma grande variação, sendo a concentração mínima de 0,1 ppm, no rio Pimenta Bueno, e a concentração máxima de 9,59 ppm, no rio Madeira. Já os dados de descarga sólida total em suspensão variaram de 0,57 t/dia, no rio Pimenta Bueno, até 4.884.460 t/dia no rio Madeira (CPRM, 2010).

### 2.10.2 Dados do Reservatório

O reservatório da PCH Rondon I apresenta, para o NA Normal (206,50 m), um volume de 9,363 hm<sup>3</sup> e uma área de 2,190 km<sup>2</sup>, das quais 0,45 km<sup>2</sup> correspondem a calha natural do rio e 1,74 km<sup>2</sup> é a área a ser inundada além do leito do rio.

O comprimento do reservatório, ao longo da calha do rio, é de 14,467 km, a profundidade máxima do reservatório é de 14,40 m, e a profundidade média é de 4,275 m, obtida pela razão entre o volume e a área do reservatório para o NA normal.

### 2.10.3 Eficiência de Retenção de Sedimentos

A eficiência de retenção de sedimentos é definida por diversos autores como sendo a razão entre a quantidade de água utilizada no processo de remoção e a quantidade de sedimentos removidos, considerando, para tanto, fatores como a massa específica dos sedimentos existentes no reservatório (AINON, 2018).

A determinação da eficiência de retenção de sedimentos em um reservatório pode ser derivada por meio de medições sistemáticas da carga sólida afluente e a jusante da barragem. Em estudos prévios à construção da barragem, curvas provenientes de levantamentos de reservatórios já existentes são empregadas. No caso de reservatórios de médio e grande porte, a curva de Brune é utilizada, enquanto para reservatórios menores, a curva de Churchill é adotada (CARVALHO et al., 2000).

A curva de Brune apresenta no eixo das ordenadas o valor da eficiência de retenção de sedimentos no reservatório, em porcentagem, e no eixo das abscissas, a Capacidade de Afluência (CA), calculada pela seguinte **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

$$CA = \frac{V_{res}}{Q}$$

Equação 2.2: Eficiência de retenção de sedimentos pelo método de Bruce.

A curva de Churchill fornece a porcentagem de sedimento afluente que passa para jusante da barragem, em função do Índice de Sedimentação (IS), obtido pela Equação 2.3:

$$IS = \frac{g \times V_{res}^2}{Q^2 \times L}$$

Equação 2.3: Eficiência de retenção de sedimentos pelo método de Churchill.

Sendo que, para as duas expressões apresentadas, tem-se a seguinte simbologia:

V<sub>res</sub> – Volume máximo normal do reservatório (m<sup>3</sup>);

Q – Deflúvio médio anual (m<sup>3</sup>) para grandes reservatórios e Vazão média de longo termo (m<sup>3</sup>/s) para pequenos reservatórios;

g – Aceleração da gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>);

L – Comprimento do reservatório.

#### 2.10.4 Cálculo da Vida Útil

A produção de sedimentos pode ocasionar diversos efeitos indesejados, tais como: destruição das comunidades aquáticas; interferência no processo de fotossíntese; aumento da turbidez, tornando a água imprópria para a recreação e lazer; aumento do custo de tratamento das águas para abastecimento; diminuição da vida útil dos equipamentos de geração de energia e de captação; transporte de outros poluentes para os mananciais.

Dessa forma, se torna importante avaliar a sedimentologia e o assoreamento do reservatório. Nas tabelas a seguir são apresentados os resultados de vida útil para o reservatório da PCH Rondon I em função da sedimentologia conforme Projeto Básico:

A Tabela 2.50 mostra as informações relativas à produção de sedimentos adotadas para o cálculo da vida útil do reservatório, como a vazão média, o volume do reservatório e a área de drenagem. Já a Tabela 2.51 trata do cálculo da vida útil do reservatório pela produção de sedimentos.

Tabela 2.50: Avaliação da Descarga Sólida Total para a PCH Rondon I.

Produção de sedimentos adotada	
Vazão média (m <sup>3</sup> /s)	103,0
Comprimento do reservatório (m)	15000
Volume do reservatório - Total (m <sup>3</sup> )	9.363.000,00
Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	3860

Tabela 2.51: Vida Útil do Reservatório.

Produção de sedimentos adotada	
Produção específica da produção de sedimentos em suspensão PSS (t/km <sup>2</sup> /ano)	25
Deflúvio Sólido Dst (t/ano)	96.500,00
Metodologia Brune	3,0x10 <sup>-3</sup>
Retenção (%)	15%
Metodologia Churchill	5,5x10 <sup>5</sup>
Sedimento Efluente (%)	55%
Vida útil pela produção de sedimentos	<b>273 anos</b>

Observa-se ainda que parte dos sedimentos já ficarão retidos no reservatório da UHE Rondon II, localizada a montante da PCH, aumentando assim a vida útil do reservatório.

#### 2.11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção de aproveitamentos hidrelétricos, mesmo em empreendimentos de pequeno e médio porte, geralmente demanda a construção de barragens, o que invariavelmente altera o regime do rio e os ecossistemas constituídos pelos cursos d'água e seus territórios emersos imediatos, assim como também as relações sociais e econômicas que ali são desenvolvidas.

Portanto, o dimensionamento adequado do compromisso ambiental de um empreendimento energético é um exercício de reflexão que envolve uma diversidade de aspectos equivalentes à complexidade do ambiente, cujas características estão sendo avaliadas.

Os estudos ambientais aqui apresentados buscaram, além da produção do diagnóstico das características que constituem o meio físico que compõe o território afetado ou influenciado pela PCH Rondon I, a realização de uma avaliação global que subsidie uma melhor compreensão da área e a realização de novos estudos subsequentes.

A qualidade da água do rio Comemoração, em sua maioria, revela-se boa com base na análise da grande maioria dos parâmetros. No entanto, há pontos identificados que merecem atenção, especialmente relacionados aos coliformes termotolerantes, fósforo total e ferro dissolvido, principalmente durante o período chuvoso, que contribuiu para a elevação da concentração de diversos parâmetros no corpo hídrico.

Já em relação ao IQA, boa parte dos pontos analisados apresentaram um resultado bom ou ótimo quanto a qualidade da água, com exceção do ponto QA-3, durante a terceira campanha em novembro de 2023, que foi classificado como de qualidade regular.

O grau de erodibilidade também foi calculado para a área de influência da PCH Rondon I através do cruzamento de três informações: pedologia, declividade e uso do solo. E cerca de 71% da área total do empreendimento foi enquadrada como sendo de potencial moderado a erosão. Desta forma, é válido destacar a necessidade de adotar uma abordagem técnica e cuidadosa para mitigar os potenciais impactos adversos associados aos processos erosivos, estabelecendo medidas preventivas de controle, de modo a assegurar a estabilidade do terreno e a integridade estrutural da PCH Rondon I.

A área da PCH Rondon I corresponde ao vale do rio Comemoração, já quanto a sua geomorfologia, a área se caracteriza por extenso domínio de terrenos de cotas modestas, que se estabeleceram sobre um cenário geológico que passou por diversos eventos tectônicos, de diversas idades, que passaram por longos e elaborados períodos de aplainamento generalizado.

Em relação aos domínios hidrogeológicos e as bacias sedimentares encontrados na sub-bacia do rio Comemoração, compreendem-se: a Bacia dos Parecis (Fazenda da Casa Branca, Rio Ávila, Utiariti), Bacia de Pimenta Bueno (Pimenta Bueno) e Cristalino (Rio Pardo).

A vida útil do reservatório da PCH Rondon I foi dimensionada tendo como base a produção de sedimentos, em que se projetou uma vida útil de 273 anos, valor considerável e dentro do esperado para empreendimentos desta magnitude.

Por fim, este estudo se trata de um diagnóstico exaustivo do meio físico, com elaboração de dados primários, mapeamento de dados secundários, campanhas de campo, entrevistas e estudos detalhados das características ambientais, físicas e químicas do ambiente em que a PCH I se encontra.

Desta forma, a equipe responsável pela elaboração deste Diagnóstico entende que com relação aos aspectos do Meio Físico não há óbices quanto a viabilidade locacional da PCH Rondon I, desde de que tomadas as devidas ações de mitigação e compensação dos impactos observados e previstos, e o respeito a legislação ambiental vigente.

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A.N. Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil. São Paulo: FFLCH/USP, 1969. p. 45-48.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). Monitoramento da Qualidade da Água em Rios e Reservatórios. 2013.

AINON, Maurice. REMOÇÃO DE SEDIMENTOS EM RESERVATÓRIOS DE BARRAGENS DE USINAS HIDRELÉTRICAS ATRAVÉS DE DESCARGA DE FUNDO. Porto Alegre: Curso de Engenharia Civil / EE / UFRGS, 2018.

APHA. (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd ed. American Public Health Association.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. AASHTO M 145: Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes. 1973.

BARBOSA, J. M. C.; PINTO, M. R.; CASTRO, M. A. H. EROÇÃO E ASSOREAMENTO EM RESERVATÓRIOS. In: XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 2014, Natal. Água e Desenvolvimento. Porto Alegre: ABRH, 2014.

BARROS, C. G. D. ; SOUZA, R. A. ; ROSA, A. L. D. . CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO COMEMORAÇÃO, SITUADO NA BACIA AMAZÔNICA. REVISTA AIDIS DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES, v. 15, p. 185, 2022.

Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. Conservação do solo. 4.ed. São Paulo: Ícone, 1999.

BOUYOUCOS, G. J. The Clay ratio as a criterion of susceptibility of soils to erosion. American Society of Agronomy Journal, v.27, p.738-741, 1935.

Bowen, J.L., et al. (2018). Hydrodynamics and particle flux in estuarine systems. "Journal of Geophysical Research: Oceans," 123(9), 6149-6165.

BRANCO, S.M. - Hidrobiologia aplicada a engenharia sanitária e ambiental. 2ª Ed. São Paulo. CETESB. 1978. 620p.

CARVALHO, N. O.; GUILHON, L. G.; TRINDADE, P. A. O ASSOREAMENTO DE UM PEQUENO RESERVATÓRIO - ITIQUIRA, UM ESTUDO DE CASO. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 5 n.1 Jan/Mar 2000, 69-79.

CETESB. Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo: Índices de Qualidade das Águas, Apêndice D. São Paulo: CETESB, 2017. 32p.;

CLOUGH, R.W.; PENZIEN, J. Dynamics of Structures. Third Edition. Computers & Structures, Inc. Berkeley, California, USA, 2003.

CPRM. GEODIVERSIDADE DO ESTADO DE RONDÔNIA. PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE. 2010.

CPRM. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Rondônia. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, Nota Explicativa do Mapa Geológico do Estado de Rondônia, Esc. 1:1.000.000. Ministério das Minas e Energia, Superintendência Regional de Manaus, Residência de Porto Velho, 2007.

DANELON, J. R. B.; LUZ NETTO, F. M.; RODRIGUES, S. C. Análise do nível de fósforo total, nitrogênio amoniacal e cloretos nas águas do córrego Terra Brancos no município de Uberlândia – MG. Revista Geonorte, v.1, n.4, p. 412-421. 2012.

Dantas, Marcelo E. & Adamy Amilcar (Org.). Compartimentação Geomorfológica do Estado de Rondônia. Geodiversidade do Estado de Rondônia. Serviços Geológicos do Brasil – CPRM. Porto Velho, 2010.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1979). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1)

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. – SiBCS – EMBRAPA – Solos (Rio de Janeiro), Brasil, 306 p. 2018.

EPA. (2012). Drinking Water Standards and Health Advisories. U.S. Environmental Protection Agency.

ESTEVES, F. de A. Fundamentos de limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

GOEDERT, W.J. & LOBATO, E. Avaliação agronômica de fosfatos em solo de Cerrado. R. bras. O. Solo, 8: 97-102, 1985

GOEDERT, Wenceslau J. Região dos Cerrados: potencial agrícola e política para seu desenvolvimento. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 24, n. 1, p. 1-17, 1989.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B (1995). Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Mapa Exploratório de Solos do Estado de Rondônia, Esc 1:1.000.000. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. IBGE, 2006.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Mapa Geomorfologia do Estado de Rondônia, Esc 1:1.000.000. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. IBGE, 2006.

Kalff, J. (2002) Limnology. Inland Water Ecosystems. Prentice Hall, Upper Saddle River.

MACEDO, J. A. Águas & águas. São Paulo; editora Varela, 2000. 1.000p.

MIOTO, J. A. Excertos Sobre Risco Sísmicos no Estado de São Paulo. Revista Universidade Guarulhos-Série Geociências, I(3): 19-23, dezembro de 1996.

MORAIS, P.R.C. Mapa hidrogeológico do Estado de Rondônia: texto explicativo. Escala 1:1.000.000. Porto Velho: CPRM, 1998. 32p. (Programa Recursos Hídricos).

NOGUEIRA, G.; NAKAMURA, C. V.; TOGNIM, M. C. B.; ABREU FILHO, B. A.; DIAS FILHO, B. P. Microbiological quality of drinking water of urban and rural communities, Brazil. *Revista de Saúde Pública* 2003, 37, 232.

OLIVEIRA, A.M.S., BRITO, S.N.A. (Editores). 1998. *Geologia de engenharia*. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. São Paulo. 589 p.

OMM. Organização Meteorológica Mundial. Calculation of monthly and annual 30 - year standard normals. Geneva (WMO). Technical document, v.341; WCDP, n.10, 1989.

Penman, H. L. (1948). "Natural evaporation from open water, bare soil and grass." *Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences*, 193(1032), 120-145.

Pereira, L. C., Cajazeiras, C. C., Paula, T. L., Freitas, M. A., Melo Junior, H. R., Souza, R. R., Diniz, J. A., Mourão, M. A., Monteiro, A. B., Rodrigues, D., Aguiar, C. J., Galvão, M. T., & Bomfim, L. F. (2015). SÍNTESE DA HIDROGEOLOGIA DA BACIA DOS PARECIS. *Águas Subterrâneas*. Recuperado de <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28243>

QUADROS, M. L. do E. S.; RIZZOTTO, G. J. (Org.). *Geologia e Recursos Minerais do Estado de Rondônia: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais do Estado de Rondônia, escala 1:1.000.000*. Porto Velho: CPRM, 2007. 116 p. il. Programa Geologia do Brasil.

RONDÔNIA, Relatório de etapa 01 para elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do estado de Rondônia, 2018. Disponível em: < <https://coreh.sedam.ro.gov.br/wp-content/uploads/2019/08/RELATORIO-ETAPA-01.pdf>>. Acesso em: 12 de dezembro de 2023.

Smith, J., et al. (2018). Influence of seasonal rainfall on phosphorus transport in an agricultural watershed. *Journal of Environmental Quality*, 47(2), 324-332. <https://doi.org/10.2134/jeq2017.08.0321>

Smith, R. F., et al. (2010). Fecal pollution of water. In *Water quality & treatment: a handbook on drinking water* (pp. 16-1). American Water Works Association.

WETZEL, R. G., LINKENS, G.E. *Limnological analyses*. New York: Springer-Verlag. 2002.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Rainfall energy and its relationships to soil loss. *Transactions of the American Geophysical Union, Washington, DC*, v. 39, n. 2, p. 285- 291, 1958.

