New
Engenharia

Avaliação de Potencial Hídrico Superficial para Captação e Potencial Hidrogeológico

Chupinguaia - RO

Porto Alegre

Janeiro, 2021.

SOLICITANTE: Marfrig Global Foods S.A.

CNPJ nº: 03.853.896/0053-70

Estrada Projetada – km 04

Linha 119 - Lote 68, s/n

Chupinguaia/RO

EMPREENDIMENTO: Frigorífico – Abate de bovinos e preparação de carne e subprodutos.

Estrada Projetada – km 04

Linha 119 - Lote 68, s/n

Chupinguaia/RO

Avaliação do potencial hídrico para captações superficiais e do potencial hidrogeológico, elaborado pela New Engenharia Projetos Ambientais, neste ato representado pelo técnico João Pedro S. Kessler, Geólogo, CREA RS n° 233.891.

INFORMAÇÕES GERAIS

Identificação da Empresa Consultora Contratada

Razão Social: SKL SERVICOS DE ENGENHARIA AMBIENTAL LTDA

Título do Estabelecimento: NEW ENGENHARIA PROJETOS AMBIENTAIS

CNPJ: 20.444.629/0001-38

Endereço: Avenida Senador Tarso Dutra, n° 565 Conj: 1610

Bairro Petrópolis/Porto Alegre - RS - CEP: 90.690-140

Fone/Fax: +55 (51) 3029-3999

E-mail: charles@newengenharia.eng.br

Registro no Cadastro Técnico Federal (IBAMA): 5015516

Representante Legal e Contato:

Nome: Charles Schimuneck **CPF nº:** 988.352380-72

Endereço: Avenida Senador Tarso Dutra, nº 565 Conj: 1610

Bairro Petrópolis/Porto Alegre - RS - CEP:90.690-140

Fone/Fax: +55 (51) 99739-7020

E-mail: charles@newengenharia.eng.br

Equipe Técnica:

Título	Nome	Conselho/Registro
Título	**Nome**	**Conselho/Registro**
Eng. Ambiental	Charles Schimuneck	CREA/RS 153.848
Eng. Agrícola	Raul Eugênio Leitão	CREA/RS 92.775
Eng. Ambiental e San.	Lucas Sprendor Flores	CREA/RS 227.408
Geólogo	João Pedro Sandri Kessler	CREA/RS 233.891
Geólogo	Diorles Luís dos Santos	CREA/RS 245.549
Est. Geologia	Júlia Corrêa dos Santos	

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 4

2 LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO 4

3 AVALIAÇÃO HÍDRICA SUPERFICIAL 6

3.1 INTRODUÇÃO 6
3.1.1 Hidrografia Regional 6
3.1.2 Sub-bacia Hidrográfica Madeira 7
3.1.3 Hidrografia Local 8
3.1.3.1 Captação superficial da unidade 10
3.1.3.2 Qualidade da água superficial 11
3.2 MODELAGEM HIDROLÓGICA E REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES 15
3.2.1 Introdução 15
3.2.1 Base Conceitual e Princípios 15
3.2.2 Metodologias para Regionalização de Vazões de Referência 16
3.2.2.1 Vazão Específica 16
3.2.2.2 Método Tradicional 17
3.2.2.3 Método da Curva Adimensional 18
3.2.2.4 Método da Conservação de Massas 18
3.2.3 Origem das séries de vazões 19
3.2.4 Caracterização Pluviométrica 23
3.2.5 Regionalização das Vazões 26
3.3 AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ABASTECIMENTO ATRAVÉS DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS 30
3.3.1 AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL 30
3.3.1.1 Alternativas locacionais para captação 33
3.4 AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO ATUAL 36

4 AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUBTERRÂNEA 40

4.1 INTRODUÇÃO 40
4.2 CONTEXTO GEOLÓGICO 40
4.2.1 Geologia Regional 40
4.2.1.1 Bacia dos Parecis 40
4.2.1.1.1 Grupo Parecis 41
4.2.2 Geologia Local 42
4.2.2.1 Formação Fazenda da Casa Branca 42
4.2.2.2 Formação Rio Ávila 43
4.2.2.3 Afloramentos rochosos 45
4.3 CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL 47
4.4 CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO 47
4.4.1 Hidrogeologia regional 47
4.4.1.1 Sistema Aquífero Parecis (SAP) 48
4.4.2 Hidrogeologia local 51
4.4.2.1 Dados de produtividade 51
4.4.2.2 Características físico-químicas 52
4.4.2.3 Captações subterrâneas existentes no empreendimento 53

4.4.1 Avaliação do sistema de captação atual 65
4.5 DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUBTERRÂNEA 65
4.5.1.1 Características construtivas recomendadas para poços de captação 66
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 67
6 EQUIPE TÉCNICA 69
6.1 COORDENAÇÃO 69
6.2 MEIO FÍSICO 69
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 70
8 ANEXOS 72
8.1 ANEXO I – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART 72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização do empreendimento 5
Figura 2 – Unidade Hidrográfica de Gestão Alto Rio Machado 8
Figura 3 – Ponto de captação superficial no rio Anari/Nariz 10
Figura 4 – Mapa hidrográfico da área de estudo 14
Figura 5 - Disponibilidade Temporal dos Dados das Estações Fluviométricas 20
Figura 6: Mapa da Localização das Estações Fluviométricas 21
Figura 7: Pluviosidade Média Anual na Bacia Hidrográfica do Rio Ji-Paraná (ou Machado) ... 24
Figura 8 - Mapa do Ponto de Captação Atual 32
Figura 9 - Mapa do Ponto de Captação Alternativo 35
Figura 10 - Estação de tratamento de água. 36
Figura 11 – Sistema de tratamento da água residual da ETA para reaproveitamento. 37
Figura 12 – Reservatórios de água tratada e de reuso. 38
Figura 13 – Bombas da captação no curso hídrico 39
Figura 14 – Tubulação de adução posicionada próxima a margem do curso hídrico. = ... 39
Figura 15 - Arenito fino avermelhado com estratificação plano-paralela da Formação Fazenda da Casa Branca em corte de estrada na RO-495 43
Figura 16 - Quartzo-arenito exibindo níveis com bimodalidade granulomética da Formação Rio Ávila, em afloramento na Linha 100 leste, município de Chupinguaia 44
Figura 17 - Estratificação cruzada tabular dos arenitos da Formação Rio Ávila, em afloramento na Linha 100 leste, município de Chupinguaia 44
Figura 18 - Pacote de arenito da Formação Rio Ávila exibindo estratificação cruzada de grande porte, em afloramento na Linha 100 leste, município de Chupinguaia 45
Figura 19 – Mapa geológico da área de estudo e entorno 46
Figura 20 – Mapa hidrogeológico da área de estudo e poços do SIAGAS 50
Figura 21 – Distribuição dos dados de vazão dos poços do SIAGAS 56
Figura 22 – Distribuição dos dados de vazão específica do SIAGAS 57
Figura 23 – Distribuição dos dados de nível estático dos poços do SIAGAS 58

Figura 24 – Distribuição dos dados de nível dinâmico dos poços do SIAGAS 59
Figura 25 – Localização dos poços do empreendimento 60
Figura 26 – Poço 01..... 61
Figura 27 – Detalhe do poço 01 61
Figura 28 – Detalhe do poço 01 62
Figura 28 – Poço 02..... 62
Figura 29 - Detalhe do poço 02 63
Figura 30 – Poço 03 não operante e não tamponado..... 63
Figura 31 – Detalhe do poço 03 não operante..... 64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Síntese dos dados de parâmetros de qualidade da água do rio Pimenta Bueno (estação fluviométrica 15558000) 9
Tabela 2 - Volumes captados por mês e vazões médias no período de julho a outubro de 2020..... 10
Tabela 3 – Análise físico-química da água superficial bruta classe 2 11
Tabela 4 - Exemplo de variáveis dependentes e explicativas no método de regionalização de vazão..... 16
Tabela 5 - Estações Fluviométricas com dados de vazão na bacia hidrográfica de interesse. 22
Tabela 6: Agrupamento Regiões Homogêneas. 28
Tabela 7: Parâmetros e Coeficientes do Ajuste de Regressão Potencial 30
Tabela 9 - Vaões de interesse do ponto indicado no Rio Pimenta Bueno. 33
Tabela 10 - Valores médios das características das águas explotadas por meio de 129 poços tubulares no Sistema Aquífero Parecis – Rondônia 49
Tabela 11 - Síntese das informações dos poços cadastrados no SIAGAS..... 51
Tabela 12 - Síntese dos dados físico-químicos dos poços cadastrados no SIAGAS..... 53
Tabela 13 – Informações gerais dos poços existentes no empreendimento..... 53
Tabela 14 - Volumes captados por mês e vazões médias no período de julho a novembro de 2020 para os poços do empreendimento 55

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Hidrograma de Vazões das Estações Pré-selecionadas..... 25
Gráfico 2 - Curvas de Permanência das Estações Pré-selecionadas 26
Gráfico 3: Ajuste Potencial da Vazão Q_{95}..... 29

1 INTRODUÇÃO

O presente relatório foi elaborado a fim de fornecer subsídios ao empreendimento de abate de bovinos e preparação de carne e subprodutos pertencente a Marfrig Global Foods S.A, inscrita no CNPJ n° 03.853.896/0053-70, situada na Estrada Projetada, km 04 – Linha 119, Lote 68, s/n, no município de Chupinguaia-RO, para a tomada de decisões quanto ao abastecimento hídrico da unidade.

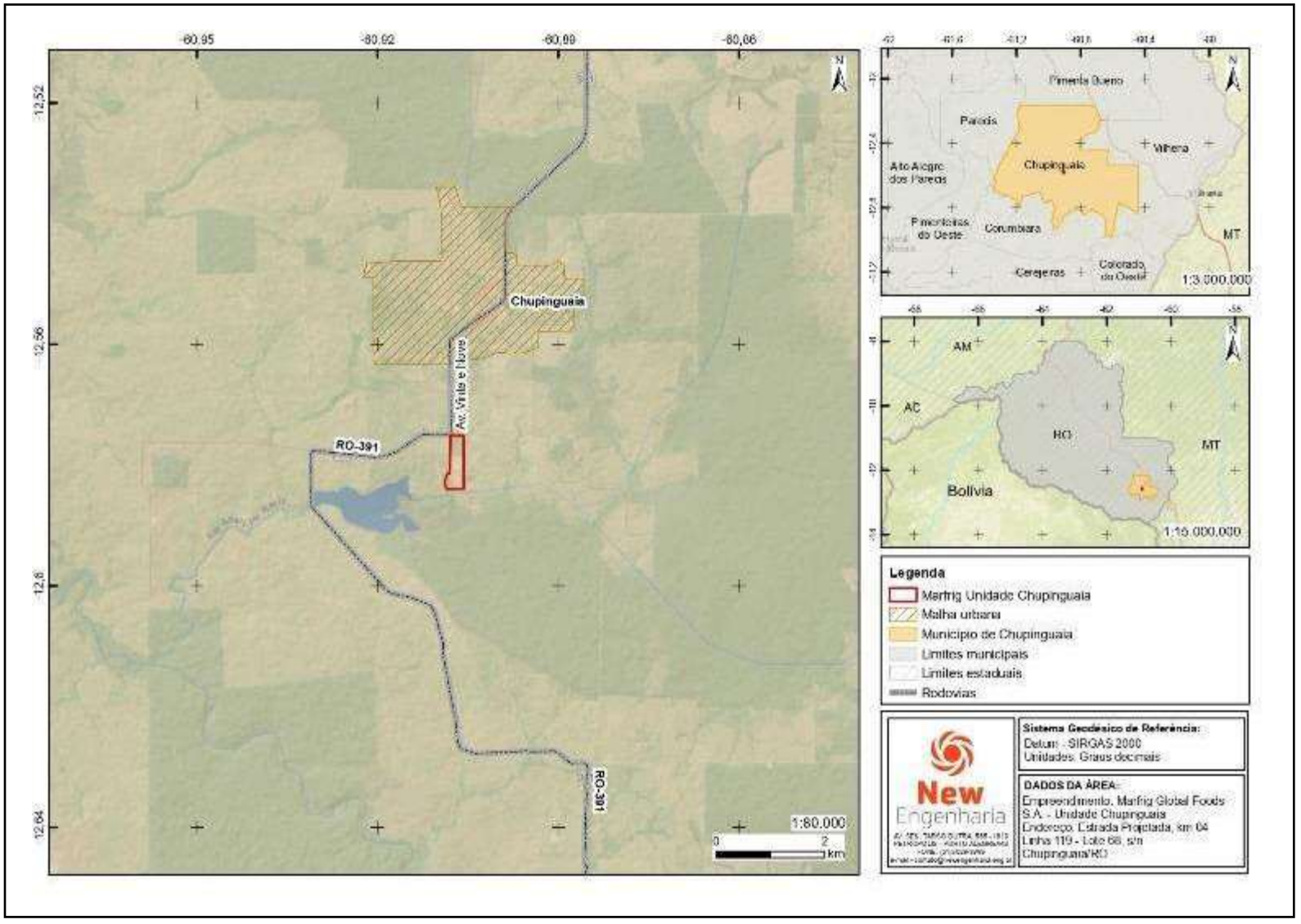
A avaliação foi elaborada através da modelagem hidrológica dos recursos hídricos superficiais para definição das vazões médias e vazões de referência dos cursos hídricos da região do empreendimento para a determinação das captações passiveis de outorga e as alternativas locacionais para captação. Além da avaliação dos recursos hídricos superficiais foi elaborada uma avaliação do potencial hidrogeológico regional, através de levantamentos bibliográficos, cartográficos e levantamentos de campo para indicação do potencial para captação das águas subterrâneas através de poços tubulares profundos e da qualidade das águas subterrâneas.

2 LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O município de Chupinguaia situa-se no sudeste do estado de Rondônia, região Norte do Brasil, na Mesorregião Leste Rondoniense, Microrregião Vilhena. Tem como municípios limítrofes Pimenta Bueno, Vilhena à leste, Corumbiara à sul e Parecis à oeste. Está localizado a cerca de 533 km da capital, Porto Velho.

Apresenta área territorial de 5.126,723 km² (IBGE, 2019) e população estimada para 2020 de 11.472 habitantes, com densidade demográfica de 1,62 hab/km² no censo de 2010 e IDH de 0,652. (IBGE, 2010). Situa-se entre as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 12°33’08" Sul / Longitude: 60³53’59" Oeste, a uma altitude de 360 metros. A área de estudo compreende a unidade frigorífica Marfrig Chupinguaia, situada na área rural do município, localizada na Estrada Projetada, km 04 – Linha 119, Lote 68, s/n, no município de Chupinguaia-RO, conforme demonstra a Figura 1.

Figura 1 – Mapa de localização do empreendimento



Fonte: New Engenharia (2020).

3 AVALIAÇÃO HÍDRICA SUPERFICIAL

3.1 INTRODUÇÃO

Para a avaliação das condições dos cursos hídricos da região do empreendimento tanto para a captação será realizada a modelagem hidrológica para determinação das vazões de interesse, através do método da regionalização de vazões obtidos por meio de dados de séries históricas de vazões disponibilizadas através de estações fluviométricas instaladas no curso hídrico avaliado ou na mesma bacia ou região hidrográfica. A seguir é apresentada a metodologia para obtenção das vazões e os resultados obtidos seguida da avaliação das vazões de acordo com a legislação estadual e federal.

3.1.1 Hidrografia Regional

A rede de drenagem da área de estudo e de seu entorno está inserida na Região Hidrográfica (RH) Amazônica, especificamente na Unidade Hidrográfica (UH) Madeira.

A Região Hidrográfica Amazônica está inserida na bacia Amazônica, que ocupa uma área total de 6.925.674 km² e se estende por sete países (Brasil, Colômbia, Bolívia, Equador, Guiana, Peru e Venezuela). Nesse contexto, a RH Amazônica se limita ao território brasileiro, com uma área aproximada de 3.870.000 km² (45% do território nacional) abrangendo sete estados: Acre, Amazonas, Rondônia, Roraima, Amapá, Pará e Mato Grosso. Compõe uma extensa rede hidrográfica com grande disponibilidade hídrica. (ANA, 2015).

Dentre os principais cursos hídricos dessa RH destacam-se os rios Amazonas, Xingu, Solimões, Madeira, Negro, Purus, Juruá e Guaporé. A RH Amazônica engloba 29 unidades hidrográficas, abrangendo 313 municípios, com uma população total de aproximadamente 9,7 milhões de habitantes, onde 73% destes vivem em centros urbanos, com uma densidade populacional média de 2,51 hab./km², dez vezes menor do que a média do país.

De acordo com dados do INMET, a precipitação anual da RH Amazônica é de 2.205 mm, 25% a mais do que a média nacional, de 1.761 mm. A disponibilidade hídrica superficial é de 73.748 m³/s, que corresponde a 81% da disponibilidade hídrica superficial do país. A vazão média é de 132.145 m³/s, equivalente a 74% da vazão média nacional, sendo a demanda total de 78,8 m³/s, cerca de 3% da nacional. A

vazão específica da RH Amazônica é de 34,1 L/s/km², com um volume máximo de reservação per capita de 2.181 m³/hab., menor que o valor nacional (3.607 m³/hab.). (ANA, 2015).

De acordo com MMA (2006), a RH Amazônica é composta pelos biomas Amazônico e Cerrado e o clima é classificado como úmido a super-úmido, em parte associado com a intensidade da precipitação média anual na região. As temperaturas médias anuais situam-se entre 25° e 29°C. A distribuição sazonal das precipitações regionais varia entre as regiões da bacia amazônica. Na porção sul (Bacia do Rio Madeira), as pluviosidades máximas ocorrem de dezembro a março, enquanto na porção norte (Bacia do Rio Negro), esse comportamento é observado de maio a julho.

Em escala regional, os rios da Bacia Amazônica são relativamente livres de contaminações oriundas de fontes tanto domésticas, quanto industriais e agrícolas, devido a magnitude dos volumes de água do rio Amazonas e de seus maiores tributários, com grande poder de diluição (SEYLER; BOAVENTURA, 2003). No entanto, em escala local, são consideráveis as contaminações decorrentes da urbanização. (MMA, 2006).

3.1.2 Sub-bacia Hidrográfica Madeira

A sub-bacia hidrográfica Madeira ocupa uma área de drenagem de 1.420.000 km², com uma vazão de 31.200 m³/s e vazão específica de 22 L/s/km². Se estende por três países: Bolívia (51%), Brasil (42%) e Peru (7%). Representa 23% da área total da Bacia Amazônica continental e 15% da descarga média total na foz do Rio Amazonas (MMA, 2006).

No território brasileiro, a sub-região hidrográfica Madeira apresenta uma área de 601.025 km², com uma população de 2.238.499 habitantes, sendo 28,4% da área total atingida pela expansão antrópica entre as décadas de 1970 e 1990 (MMA, 2006).

Segundo a tipologia das águas amazônicas, o Rio Madeira pode ser classificado como rio de águas brancas. Caracterizado pela origem na região andina, alta turbidez e grande quantidade de matéria em suspensão, devido a intensa erosão e declividade do curso na bacia hidrográfica. Apresenta valores maiores que 60 µS/cm para condutividade elétrica, pH entre 6,5 e 7 e carga de material em suspensão maior que 100 mg/L. (MMA, 2006).

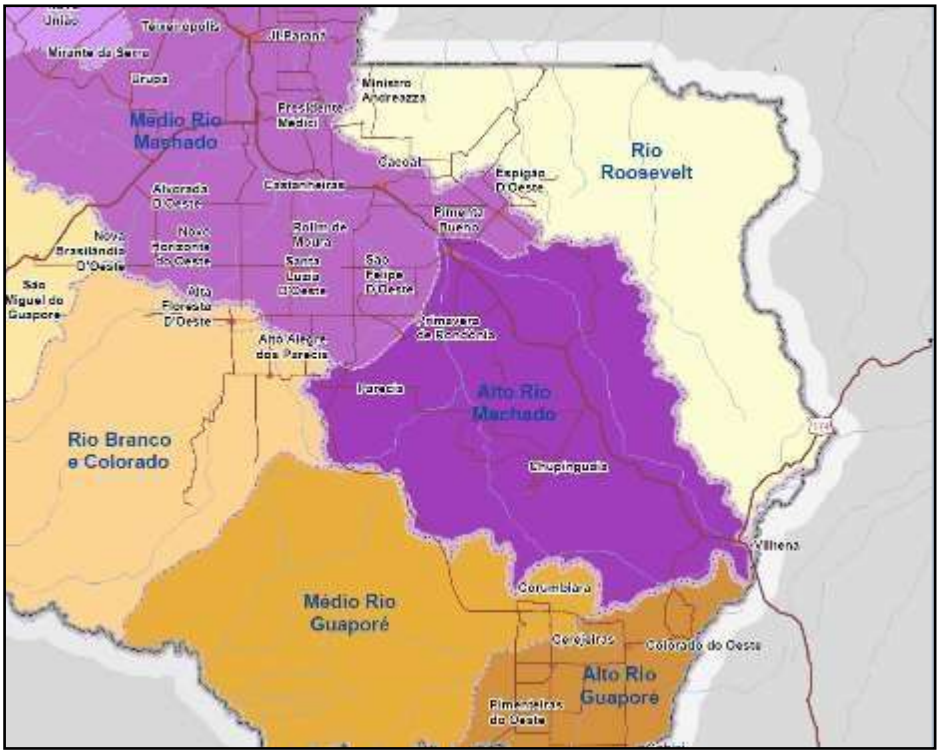
Alguns dos principais tributários da sub-bacia são os rios Guaporé, Candeias, Machado/Ji-Paraná, Pimenta Bueno, Ariquemes, Marmelos, Aripuanã e Sucunduri.

O clima da bacia do rio Madeira é semelhante ao da bacia Amazônica e é caracterizado predominantemente por clima quente e úmido (equatorial). Segundo a classificação de Köppen (1948), o clima é tropical úmido de monção, exibindo longo período com precipitação pluviométrica elevada e curta estação seca. (MUNIZ, 2013). Os valores médios de precipitação anual são de 1940 mm para a área da sub-bacia. (ESPINOZA et al., 2009). Na área de estudo, a precipitação ocorre na faixa de 1000 a 1800 mm anualmente. Na sub-bacia predomina o bioma amazônico, com florestas ombrófilas densas. Em uma pequena faixa à sudeste da bacia ocorre porções de Cerrado, com formações arbóreas e arbustivas. (MMA, 2006).

3.1.3 Hidrografia Local

De acordo com o Decreto n° 10.114/02, o estado de Rondônia é dividido em sete bacias hidrográficas, de forma que a área de estudo se insere na **Bacia Hidrográfica do Rio Machado**, um importante afluente do Rio Madeira. Nesse contexto, a área de estudo ainda compõe o Comitê de Bacia Hidrográfica Rio Alto e Médio Machado, na **Unidade Hidrográfica de Gestão (UHG) Alto Rio Machado**, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Unidade Hidrográfica de Gestão Alto Rio Machado



Fonte: Rondônia (2018).

O rio Machado, como é popularmente conhecido, também leva o nome de **rio Ji-Paraná**, um dos principais cursos hídricos do estado de Rondônia, sendo o mais

longo por percurso exclusivo no território estadual e constitui a segunda bacia hidrográfica mais importante do estado. Sua nascente está localizada na Chapada dos Parecis, no planalto de Vilhena, onde nascem os rios Pimenta Bueno e Barão de Melgaço, que na altura da cidade de Pimenta Bueno a confluência entre os dois forma o rio Ji-Paraná//Machado, que atravessa o estado de Rondônia no sentido sudeste-norte, desembocando no Rio Madeira. (IBGE, 2020). Localmente, a área do empreendimento se situa nas proximidade de um trecho do rio Pimenta Bueno.

O rio Machado é um curso hídrico de sétima ordem e situa-se na margem direita do rio Madeira e possui como afluentes principais os rios Jaru, Urupá, Machadinho e Jacundá. Engloba quatro UHGs em sua área de drenagem, sendo elas: Alto Rio Machado, Baixo Rio Machado, Médio Rio Machado e Rio Jaru.

Segundo consta no Plano Estadual de Recursos Hídricos de Rondônia - PERH/RO (2018), o estado não possui proposta de enquadramento dos corpos d'água. Segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces são consideradas classe 2. Estudos realizados a partir de dados de estações fluviométricas da região apontam os seguintes resultados para a qualidade da água do rio Pimenta Bueno, expostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Síntese dos dados de parâmetros de qualidade da água do rio Pimenta Bueno (estação fluviométrica 15558000)

	OD (mg/L)	pH	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	Turbidez (UNT)
Mínimo	1,41	4,40	3,70	7,48	1,43	6,12
Máximo	8,80	7,49	3,70	7,48	26,10	69,50
Média	5,68	6,04	3,70	7,48	14,38	33,07
VMP (CONAMA 357/2005)	**>5,0**	**Entre 6 e 9**	**<5,0**	**-**	**<500**	**100**

Fonte: (PERH/RO, 2018).

Comparando os dados da estação fluviométrica com os valores máximos permitidos (VMP) para cursos hídricos classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005, pode-se perceber que a faixa em que os valores de DBO, Sólidos dissolvidos totais e turbidez se encontram estão dentro dos limites estipulados pela legislação. São exceção os valores mínimos encontrados para os parâmetros de OD e pH, níveis

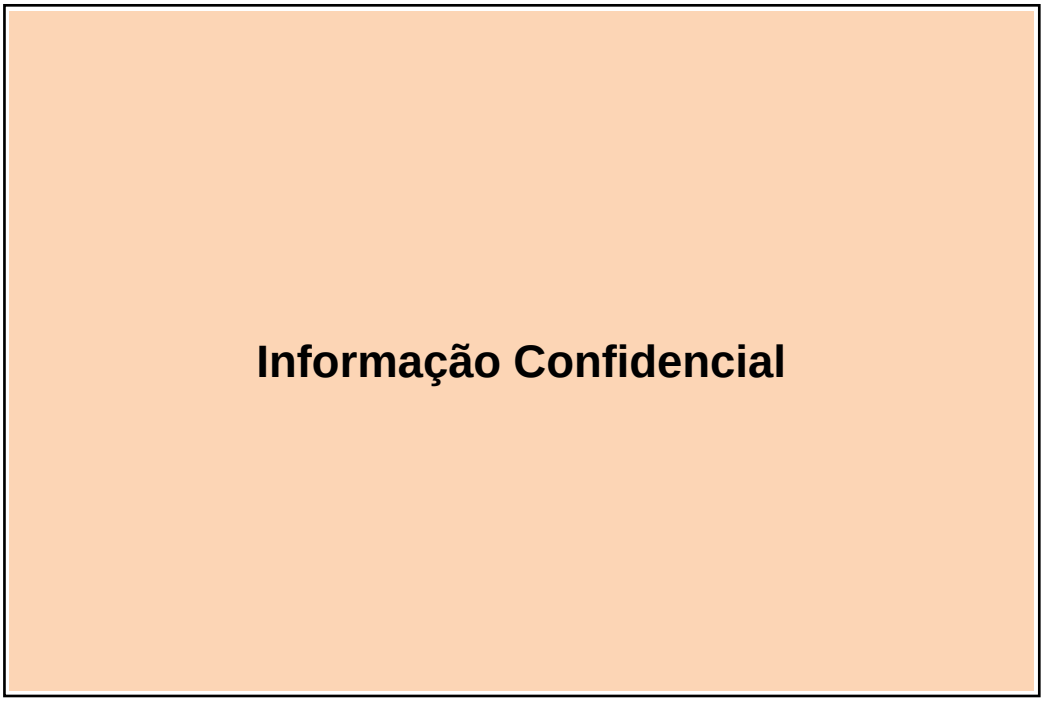
esses que marcam, respectivamente, excesso de matéria orgânica e acidificação da água no período analisado. Para o valor de DQO não há limite estipulado nessa resolução, portanto, o dado que consta, como aproximadamente o dobro dos valores de DBO, se encontram dentro do esperado, segundo PERH/RO (2018).

De acordo com o mapa da Figura 4, a área do empreendimento situa-se junto à margem direita do rio Anari/Nariz, entre dois pontos de barragem do curso hídrico. O rio Anari é afluente do rio Pimenta Bueno, que ocorre na área do entorno com sentido de sudeste para noroeste. A desembocadura do rio Anari no rio Pimenta Bueno ocorre a cerca de 6 km a sudoeste do empreendimento.

3.1.3.1 Captação superficial da unidade

De acordo com informações obtidas com a Unidade Marfrig Chupinguaia, o empreendimento realiza captação superficial no rio Anari/Nariz, em um ponto localizado nas coordenadas geográficas: **Informação Confidencial** O, sendo a vazão captada **Informação Confidencial** . Segundo o empreendimento, são realizadas análises semestrais de qualidade da água captada, analisando os parâmetros que constam naResolução CONAMA n° 357/2005, considerando os limites estipulados para cursos hídricos de classe 2.

Figura 3 – Ponto de captação superficial no rio Anari/Nariz



Fonte: New Engenharia (2020).

Tabela 2 - Volumes captados por mês e vazões médias no período de julho a outubro de 2020

	Captação superficial no Rio Anari/Nariz		
Mês/2020	Volume máx. outorgado (m³/mês)	Volume captado	Vazão média (m³/h)
Julho	**Informação Confidencial**		
Agosto			
Setembro			

Fonte: Marfrig (2020).

A partir dos dados da Tabela 2, pôde-se perceber que o volume captado no período analisado ficou dentro do limite outorgado por mês para captação superficial, o volume total ainda corresponde a pouco mais da metade do volume atualmente outorgado, de **Informação Confidencial** .

3.1.3.2 Qualidade da água superficial

Na Tabela 3 constam os resultados analíticos de uma amostragem de água superficial bruta, da captação, realizada no mês de junho de 2020, onde constam resultados para os parâmetros físico-químicos presentes na Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas doces classe 2.

Tabela 3 – Análise físico-química da água superficial bruta classe 2

Parâmetro	Unidade	Resultado	VMP
Coliformes termotolerantes (fecais)	UFC/100 mL		1000
DBO	mg/L	**Informação Confidencial**	
Turbidez	NTU		
Cor verdadeira	UC		
Clorofila *a*	µg Clorofila a/L		
Cianobactérias	cél/mL		
Sólidos dissolvidos totais	mg/L		
Alumínio dissolvido	mg/L		
Antimônio	mg/L		
Arsênio	mg/L		
Bário	mg/L		
Berílio	mg/L		

Parâmetro	Unidade	Resultado	VMP
Boro	mg/L		0,5
Cádmio	mg/L	**Informação Confidencial**	
Chumbo	mg/L		
Cianeto livre	mgCN^-/L		
Cloreto	mg/L		
Cobalto	mg/L		
Cobre dissolvido	mg/L		
Cromo	mg/L		
Ferro dissolvido	mg/L		
Fluoreto	mg/L		
Fósforo total	mg/L		
Lítio	mg/L		
Manganês	mg/L		
Níquel	mg/L		
Nitrato (como N)	mg/L		
Nitrito (como N)	mg/L		
Nitrogênio Amoniacal total	mg NH_3-N/L		
Prata	mg/L		
Selênio	mg/L		
Sulfato	mg/L		
Sulfeto	mg/L		
Urânio	mg/L		
Vanádio	mg/L		
Zinco	mg/L		

Fonte: Relatório de ensaio n° 444398 – Eurofins (2020).

Conforme consta na Tabela 3, todos os parâmetros analisados apresentaram valores inferiores aos limites estipulados pela legislação além dos parâmetros inorgânicos presentes na Tabela 3, foram analisados todos os parâmetros orgânicos que constam na Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas doces classe 2, e todos

esses estavam presentes com concentrações inferiores aos VMP estipulados na legislação.

Figura 4 – Mapa hidrográfico da área de estudo

Fonte: New Engenharia (2021).

3.2 MODELAGEM HIDROLÓGICA E REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES

3.2.1 Introdução

Para a avaliação das condições dos cursos hídricos da região do empreendimento tanto para a captação para determinação das vazões de interesse através do método de regionalização de vazão através de dados de séries históricas de vazões obtidas através de estações fluviométricas instaladas no curso hídrico avaliado ou na mesma bacia ou região hidrográfica. A seguir é apresentada a metodologia para obtenção das vazões e os resultados obtidos seguida da avaliação das vazões outorgáveis.

3.2.1 Base Conceitual e Princípios

As vazões mínimas e curvas de permanência estão diretamente relacionadas ao conhecimento da disponibilidade hídrica, que é fundamenta na gestão de recursos hídricos para evitar conflitos e que as demandas não superem a disponibilidade para abastecimento, evitando assim efeitos danosos a viabilidade dos sistemas ambientais e riscos ao abastecimento humano e dessedentação animal. O conhecimento das vazões médias e das curvas de regularização relaciona-se ao potencial de regularização da vazão de um rio. As vazões máximas afetam diretamente a segurança da população e os empreendimentos econômicos no interior das bacias.

A regionalização de vazões consiste num conjunto de ferramentas que exploram ao máximo os dados disponíveis para estimar variáveis hidrológicas em locais sem dados ou com dados em quantidade insuficiente (Tucci 2002). Desta maneira, é possível realizar a transferências de informações relevantes de um local a outro, desde que as regiões apresentem comportamentos hidrológicos semelhantes. Os estudos de regionalização de vazões envolvem procedimentos matemáticos e estatísticos aplicados às séries de dados históricos de vazões e às características físicas e climáticas das bacias hidrográficas, tornando indispensável a utilização de sistemas computacionais.

Os dados físicos e climatológicos constituem as principais variáveis independentes ou explicativas das características das bacias hidrográficas utilizadas para o estudo de regionalização. Estes dados descritivos, físicos, climatológicos e

hidrológicos cobrindo todo o território nacional são disponibilizados pela Agência Nacional das Águas (ANA) por meio do endereço eletrônico do sistema Hidro-Web.

Para realizar um estudo de regionalização de vazões é necessário definir uma região homogênea, ou seja, definir uma região que apresente comportamento similar nos processos hidrológicos na região em análise. Em uma região hidrologicamente homogênea as diversas características físicas e climáticas têm variabilidade mínima e sua delimitação depende da metodologia de regionalização escolhida. Em uma mesma área de interesse é possível definir diferentes regiões hidrologicamente homogêneas, conforme a variável de interesse, uma vez que os processos que regem, por exemplo, o comportamento das vazões máximas é diferente daqueles que determinam as vazões mínimas.

Tabela 4 - Exemplo de variáveis dependentes e explicativas no método de regionalização de vazão.

Variável Dependente	Variáveis Explicativas
Vazão média	Área da bacia e precipitação
Vazão média de cheia	Área da bacia, precipitação, declividade e comprimento do rio principal
Vazão mínima	Área da bacia e densidade de drenagem
Tempo de concentração	Comprimento, declividade e área da bacia

Fonte: Tucci (2002)

3.2.2 Metodologias para Regionalização de Vazões de Referência

3.2.2.1 Vazão Específica

Uma metodologia largamente utilizada para a determinação de vazões em locais com insuficiência de dados supõe que a proporcionalidade linear entre as áreas de uma bacia é obedecida pela vazão, em termos práticos, toma-se a vazão específica de um local mais próximo com dados e multiplica-se a vazão específica pela área sem dados. A metodologia descrita pode ser razoável se as bacias apresentarem características muito próximas, contudo muitas vezes essa metodologia é aplicada sem muito critério, pois exige uma resposta rápida em um local com ausência de dados. Isso geralmente ocorre em projetos urgentes em bacias de pequeno e médio porte, e os dados fornecidos são de grande escala, tal efeito geralmente não é levado em consideração.

A vazão média específica é dada por:

$$q = Qm/A$$

Em que q é a vazão específica m³/s/(km²), Qm é a vazão média de longo período em m³/s e A é a área da bacia em km²

Esta variável apresenta pequena variação numa região quando as isoietas de precipitação média anual têm pequeno gradiente espacial, admitindo-se os outros condicionantes como uniformes. Com valores de variação de precipitação na faixa de 10% o erro não e muito significativo (Tucci, 2002).

O critério para adotar essa metodologia é com base nas homogeneidade hidrológica das bacias e na ordem de grandeza das bacias em comparação com a bacia que não se tem dados. No caso de não haver esse critério da mesma ordem de grandeza, o que muitas vezes é o que ocorre no caso de bacias pequenas (dezenas ou algumas centenas de km²), pela falta de dados, pode se determinar as vazões específicas das regiões que possuem dados e se fazer uma média ponderada ou aritmética destas vazões e multiplica-la pela área sem dados.

De acordo com Tucci (2002), quando há grande diferença entre as áreas de contribuição das bacias, o erro pode ser significativo, principalmente para bacias menores que 50 km². A tendência, no caso das vazões médias, é a subestimação da vazão, se aplicada esta metodologia a partir de vazões com grande diferença de escala.

3.2.2.2 Método Tradicional

O método tradicional emprega a análise de regressão múltipla para investigar como as variações nas variáveis independentes afetam a variação da variável dependente. As funções matemáticas que relacionam as variáveis são aplicadas utilizando artifício de transformação algébrica, que podem ser do tipo *Linear, Potencial, Exponencial, Logarítmico* ou *Recíproco.*

Os modelos são aplicáveis a vazão mínima, média, e máxima e curva de permanência. Para a regionalização da curva de regularização só o modelo potencial é aplicável.

A utilização da regressão linear múltipla e a estimação dos parâmetros estatísticos permitem a obtenção das equações que caracterizam o comportamento

hidrológico das bacias e a avaliação objetiva dos modelos identificando o mais adequado à situação em estudo.

3.2.2.3 Método da Curva Adimensional

Para o método da curva adimensional, as variáveis hidrológicas que podem ser regionalizadas são a vazão mínima e a vazão máxima. O método da curva é aplicado às séries de eventos extremos (máximos ou mínimos) anuais, de forma a relacioná-los a tempos de retorno, em anos.

3.2.2.4 Método da Conservação de Massas

O método da Conservação de Massas, desenvolvido por Pereira (2004) e aperfeiçoado por Novaes (2005), fundamenta-se no pressuposto de que a vazão na foz dos afluentes da bacia hidrográfica, estimada a partir do modelo de regressão para o rio principal, é mais representativa do que a vazão obtida pontualmente para a seção considerada (Novaes, 2005). Nesse sentido, diferencia-se do método Tradicional por induzir as equações de regressão a passarem pelas vazões tanto nos pontos cujas estações estão localizadas, quanto nos pontos de deságue. São consideradas três situações:

- O rio principal formado pelos trechos unifilares e sequuenciais que englobem o maior número possível de estações;
- Afluente que possua pelo menos uma estação fluviométrica; e
- Afluente que não possua estação fluviométrica, para o qual se aplica uma equação linear simples que passe pela origem e pelo valor da vazão no ponto de deságue no rio principal.

A escolha do método regionalização restringe as variáveis que podem ser regionalizadas.

O método tradicional é aplicável às vazões mínimas, máximas e médias, bem como às curvas de regularização e de permanência. O método da curva adimensional somente pode ser aplica- do às vazões mínimas e máximas. O método da conservação de massas às vazões mínimas e médias e à curva de permanência.

Dependendo da variável, algumas informações complementares passam a ser requeridas. Para a vazão mínima deverão ser informados o tempo de retorno e a duração; para a vazão máxima o tempo de retorno; e para a curva de permanência a probabilidade de excedência da vazão no tempo.

Na aplicação do procedimento não se utiliza o método dos mínimos quadrados, mas um processo iterativo, sendo disponibilizados diversos resultados.

3.2.3 Origem das séries de vazões

A bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná ou Machado, é uma das sete principais bacias do estado de Rondônia. Está localizada na Amazônia Ocidental entre os paralelos de 08º 00’ e 13º 00’ de Latitude Sul e meridianos de 60º 00’ e 63º 00’ de Longitude Oeste.

Os dados fluviométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Ji-Paraná ou Machado foram obtidos a partir do inventário de estações da Agência Nacional de Águas (ANA), disponibilizado através do HidroWeb (BRASIL, 2013), juntamente com as suas séries históricas de vazão média diária. As áreas de drenagem foram delimitas por meio de técnicas de geoprocessamento com auxílio do software *Quantum GIS*, utilizando a base de dados do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) com resolução espacial de 30 metros.

As estações fluviométricas utilizadas no estudo foram todas aquelas que respeitaram os seguintes pré-requisitos:

a) Medição de descarga líquida

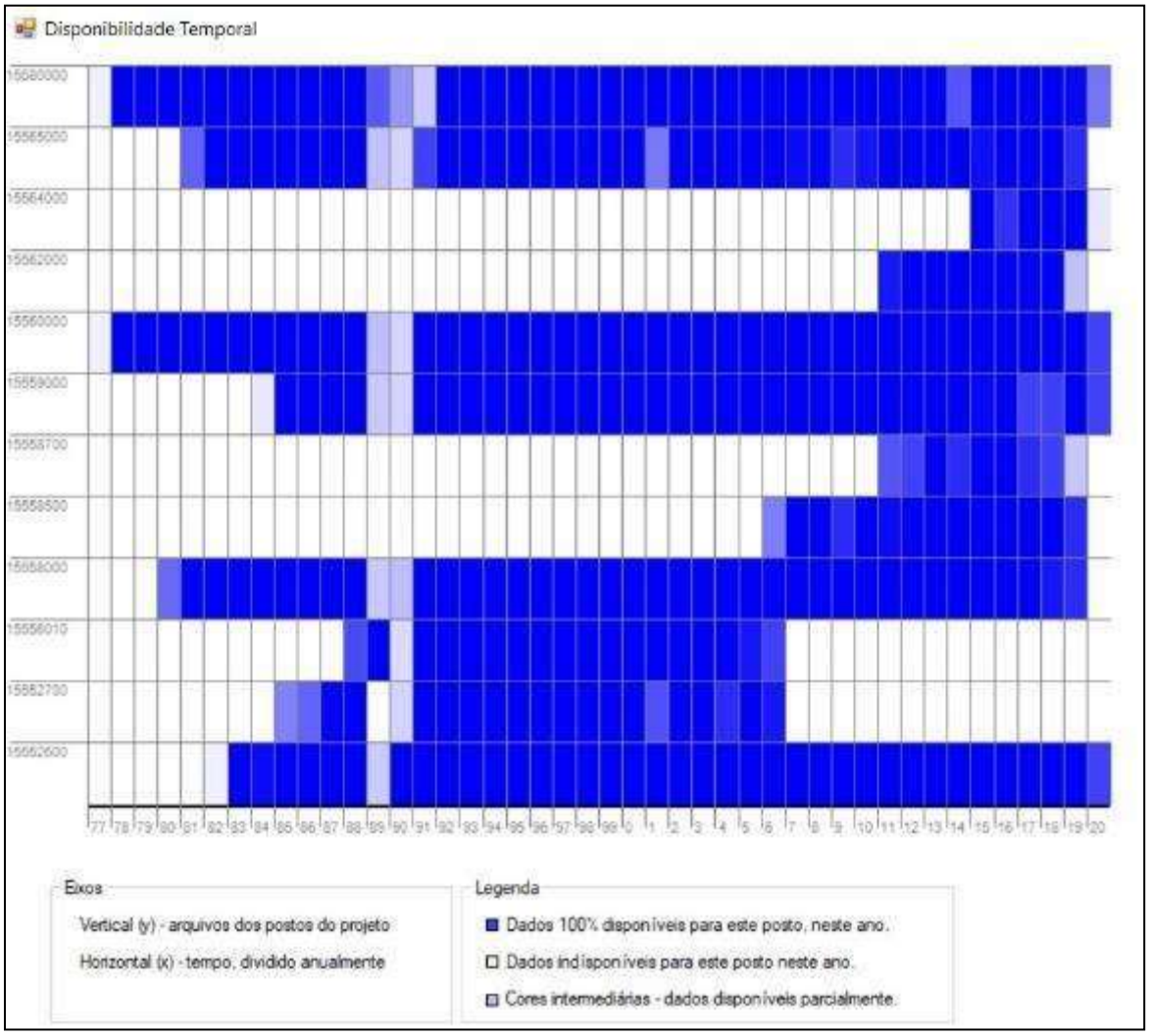
b) Dados de vazão disponíveis

c) Registros de dados de vazão com pelo menos 5 anos de dados consecutivos.

Para avaliar a disponibilidade temporal de dados e comparar hidrogramas. foi utilizado o software Super Manejo de Dados. desenvolvido pelo grupo de pesquisa em Hidrologia em Grande Escala (HGE) do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH).

A Figura 5 a seguir apresenta a disponibilidade temporal de dados e serve de comparativo para avaliação das séries utilizadas em detrimento das falhas. Para o estudo de regionalização, em que são geradas as curvas de permanência de cada estação, foram utilizados anos com até 3 dias de falhas. Para o cálculo das vazões médias, utilizou-se meses com até 1 dia de falha.

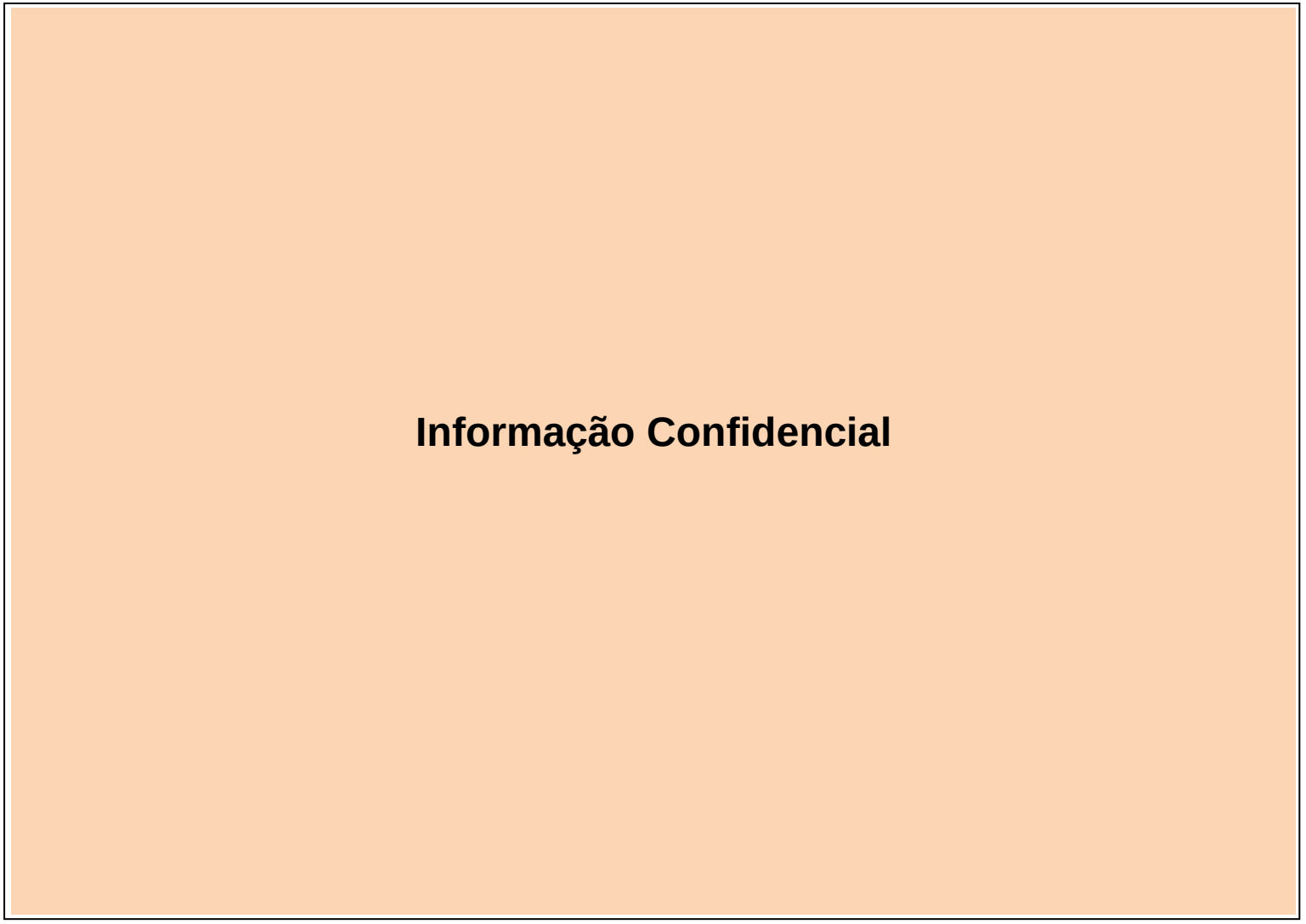
Figura 5 - Disponibilidade Temporal dos Dados das Estações Fluviométricas



Fonte: New Engenharia (2021)

Ao todo, foram encontradas 12 estações com dados de acessíveis no portal entretanto, algumas estações apresentaram muitos anos sem dados, principalmente dados de anos recentes, a partir de 2006, ou áreas de drenagem demasiadamente maiores em relação às áreas de drenagem do delimitadas para a unidade, o que impossibilitou a utilização destas estações para a análise do estudo.

Figura 6: Mapa da Localização das Estações Fluviométricas



Fonte: New Engenharia (2021)

Após esta seleção, as séries históricas de 12 estações fluviométricas de acordo com os critérios já descritos Na Tabela 5 é apresentado o resultado da seleção das estações com medição de vazão.

Tabela 5 - Estações Fluviométricas com dados de vazão na bacia hidrográfica de interesse.

Código	Nome	Longitude	Latitude	Rio	Área (km²)
15564000	Jaruaru	-62,8925	-10,8317	Rio Jaru	133
15562000	Ouro Preto do Oeste	-62,2572	-10,7711	Igarapé Boa Vista	242
15558700	Espigão do Oeste	-61,0511	-11,5725	Rio Palmeiras	277
15558500	Fazenda Apurú	-62,1172	-11,0017	Rio Urupa	3600
15565000	Jaru	-62,4656	-10,4458	Rio Jaru	3960
15552600	Fazenda Flor do Campo	-60,8678	-11,7489	Rio Comemoração	4360
15552700	Ponte Comemoração (Pimenta Bueno)	-61,1811	-11,6703	Rio Comemoração	5790
15556010	Pch Primavera Jusante	-61,2394	-11,9011	Rio Apedia ou Pimenta Bueno	9600
15558000	Pimenta Bueno	-61,1922	-11,6836	Rio Apedia ou Pimenta Bueno	10100
15559000	Sítio Bela Vista	-61,215	-11,6525	Rio Ji-Paraná (ou Machado)	16100
15560000	Ji-Paraná	-61,9356	-10,8736	Rio Ji-Paraná (ou Machado)	32800
15580000	Tabajara	-62,0556	-8,9322	Rio Ji-Paraná (ou Machado)	60200

Fonte: New Engenharia (2021)

3.2.4 Caracterização Pluviométrica

A precipitação média anual da bacia foi calculada através das isoietas disponibilizadas pelo Atlas Pluviométrico do Brasil (PINTO et al.,2011), com dados de precipitação compreendidos entre 1977 a 2006. Usando a ferramenta de interpolação TOPO TO RASTER do programa ArcGIS 10.4, foi gerado um arquivo raster a partir das isolinhas.

Em ‘Regionalização da Q7,10 na bacia do Taquari-Antas (RS) usando regressão simples e robusta: o problema da variável explicativa precipitação’, Melati e Marcuzzo (2015) afirmam que a variável explicativa área de drenagem, sozinha, não é adequada na geração da equação Q7,10 da área. Acrescentando a variável precipitação média anual, foram obtidos os critérios de aceitação da equação, mas esta apresentou coeficiente potencial negativo para a variável precipitação. Isto significaria que para uma mesma região, maiores valores de precipitação gerariam menor vazão e por isso a utilização da equação não é recomendada.

O trabalho ressalta a necessidade de estudos mais aprofundados para a utilização da variável explicativa precipitação na regionalização de vazões mínimas, visto que o escoamento de base está fortemente relacionado com a hidrogeologia da bacia.

Considerando a precipitação média anual na área territorial da bacia do rio Ji-Paraná, nota-se que as regiões mais baixas, da metade norte da bacia até a foz do rio principal, são as que apresentaram os maiores volumes precipitados, considerandoa média dos 30 anos estudados.

A precipitação varia 1639,21 até 2417,04 mm de média anual em todo o território analisado, sendo que na área onde está localizada a unidade as médias são de 1700 a 1800 mm de chuva durante o ano.

Figura 7: Pluviosidade Média Anual na Bacia Hidrográfica do Rio Ji-Paraná (ou Machado)

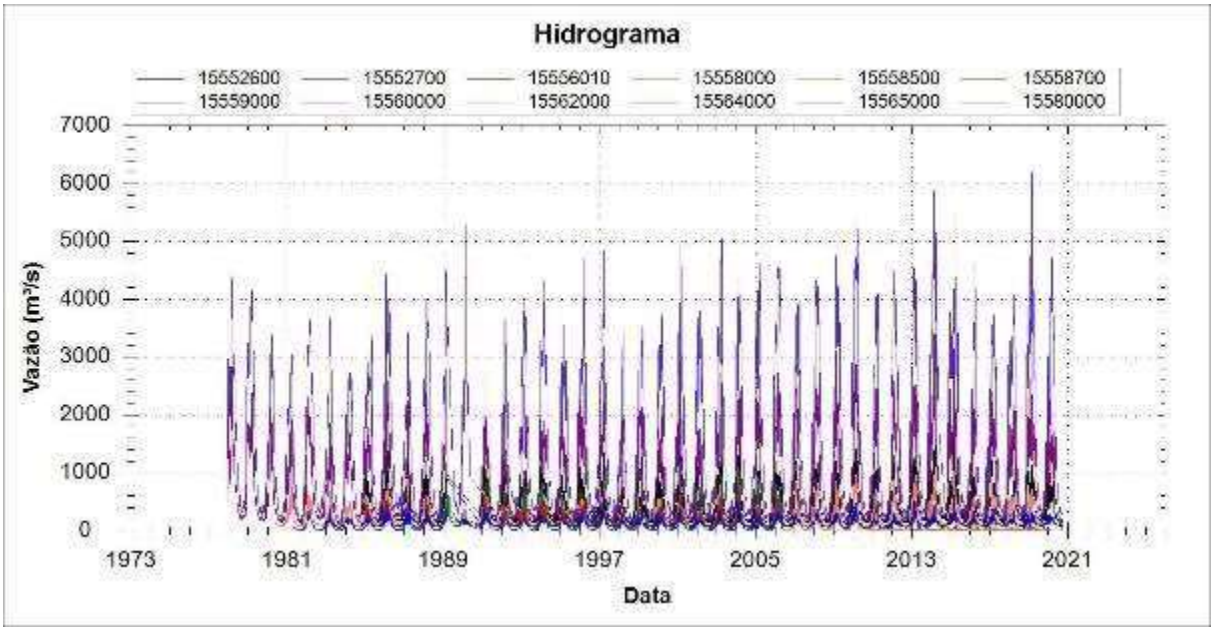
Informação Confidencial

Fonte: New Engenharia (2021)

Para avaliar os dados hidrológicos utilizou-se o software Super Manejo de Dados. desenvolvido pelo grupo de pesquisa em Hidrologia em Grande Escala (HGE) do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH).

Para avaliar o comportamento das vazões da bacia no tempo, o hidrograma das séries de vazão das estações foram plotados conforme o Gráfico 1 a seguir:

Gráfico 1: Hidrograma de Vazões das Estações Pré-selecionadas



Fonte: New Engenharia (2021)

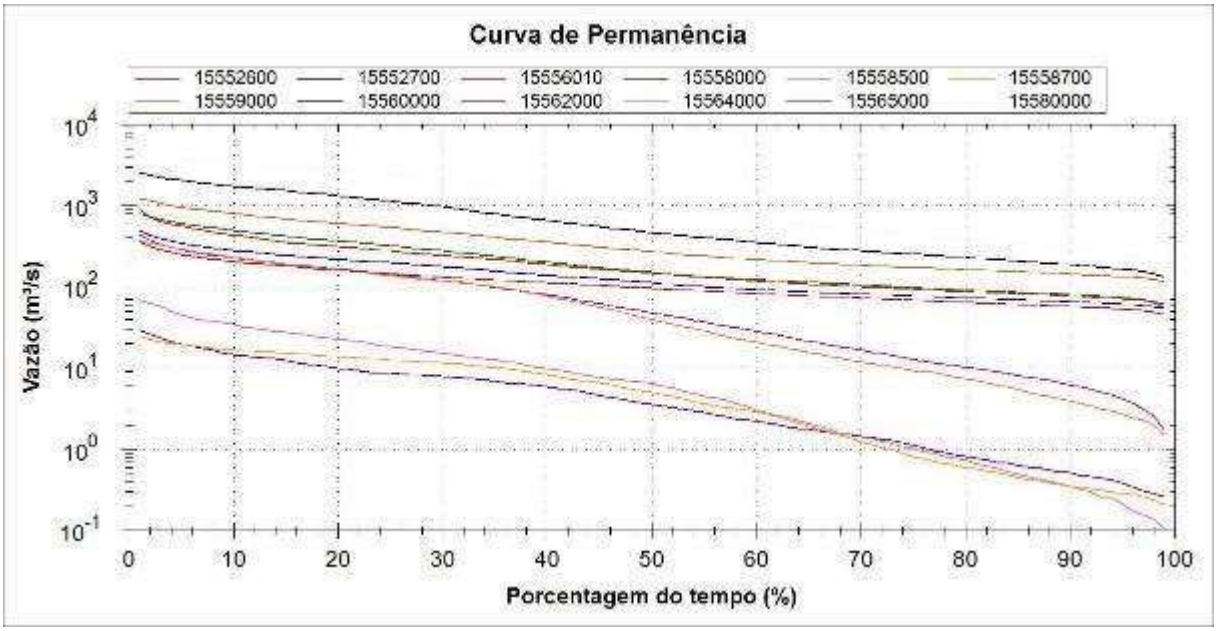
A curva de permanência nada mais é do que uma distribuição de frequência dos eventos acumulada, em que se determina a probabilidade de igualdade ou excedência de um determinado valor de interesse.

Para o cálculo da vazão de referência Q95 utilizou-se a metodologia apresentada por Collischonn e Dornelles (2013): através da curva de permanência.

A curva de permanência foi elaborada através de planilhas do Excel, usando a função PERCENTIL para encontrar os valores dos quantis de 1 a 99%. O percentil 5% corresponde à vazão Q95%, ou seja, a vazão que é igualada ou superada 95% do tempo.

As curvas de permanência das séries foram geradas com objetivo de se obter as vazões de referência de interesse para o estudo através do método de regionalização mais adequado O Gráfico 2 apresenta as curas de permanência das estações fluviométricas utilizadas.

Gráfico 2 - Curvas de Permanência das Estações Pré-selecionadas



Fonte: New Engenharia (2021)

3.2.5 Regionalização das Vazões

O agrupamento das estações foi feito através de análise da curva adimensional de permanência e indicadores regionais. Definiu-se três regiões homogêneas para a regionalização das vazões.

As curvas de permanência variam de acordo com as características da bacia hidrográfica na qual o local de estudo está inserido. As tendências que podem ser observadas nas curvas de permanência estão normalmente relacionadas ao tamanho da bacia e, sendo assim, a análise destas curvas para um grupo de estações não alcança resultados significantes. Apesar disso, é possível extrair importantes correlações a partir da adimensionalização das curvas de permanência das estações escolhidas. Os resultados podem auxiliar na determinação de regiões homogêneas para o estudo da regionalização de vazões (TUCCI, 2002).

As curvas adimensionais de permanência foram elaboradas dividindo as curvas pela vazão média de longo termo (Q_{mlt}) das séries de vazões das estações fluviométricas utilizadas no estudo. Alguns valores específicos de maior importância são relações da curva de permanência: RCP_{95} e que são, respectivamente, as vazões de referência Q95% divididas por Q_{mlt}. A análise das curvas adimensionais, junto destes valores de referência, contribuiu para a definição de regiões homogêneas e o consequente agrupamento de estações para a regionalização de vazões.

Outros indicadores também foram analisados buscando agrupar as estações da forma mais eficaz possível. Calculou-se, além da Q_{mlt}, a vazão média de longo período por unidade de área de drenagem ($q_{mlt-esp}$) para cada estação fluviométrica

Após alguns testes iniciais de regressão e análise dos indicadores regionais, a sub-bacia foi dividida em duas regiões distintas. Durante os primeiros testes pode-se distinguir diferentes comportamentos, que resultaram em uma primeira divisão em três regiões homogêneas. Comparando estas divisões com os indicadores calculados, observou-se que a configuração que se comportou de forma mais coerente é fortemente associada à RCP_{95}. A divisão foi ajustada com base neste indicador e os testes resultaram em regressões melhores.

A Região 01 foi definida para gerar a curva regional e por conseguinte determinação vazões de referência na região do estudo, uma vez que apresentou os melhores ajustes da curva de regressão.

Tabela 6: Agrupamento Regiões Homogêneas.

Regiões	Estação	Nome	Longitude	Latitude	Rio	Área (km²)	Q_{mlp}	Q_{95}	$Q_{mlp-esp}$	RCP_{95}
1	15564000	Jaruaru	-62,8925	-10,8317	Rio Jaru	133	12,37	0,21	0,09	0,02
	15558500	Fazenda Apurú	-62,1172	-11,0017	Rio Urupa	3600	84,53	2,67	0,02	0,03
	15558700	Espigão do Oeste	-61,0511	-11,5725	Rio Palmeiras	277	7,14	0,29	0,03	0,04
	15565000	Jaru	-62,4656	-10,4458	Rio Jaru	3960	89,00	4,17	0,02	0,05
	15562000	Ouro Preto do Oeste	-62,2572	-10,7711	Igarapé Boa Vist	242	6,07	0,38	0,03	0,06
2	15580000	Tabajara	-62,0556	-8,9322	Rio Ji-Paraná (ou Machado)	60200	1455,31	249,63	0,02	0,17
	15560000	Ji-Paraná	-61,9356	-10,8736	Rio Ji-Paraná (ou Machado)	32800	741,71	164,80	0,02	0,22
	15558000	Pimenta Bueno	-61,1922	-11,6836	Rio Apedia ou Pimenta Bueno	10100	226,00	70,61	0,02	0,31
	15556010	PCH Primavera Jusante	-61,2394	-11,9011	Rio Apedia ou Pimenta Bueno	9600	212,61	73,43	0,02	0,35
	15559000	Sítio Bela Vista	-61,215	-11,6525	Rio Ji-Paraná (ou Machado)	16100	381,03	132,62	0,02	0,35
	15552700	Ponte Comemoração (Pimenta Bueno)	-61,1811	-11,6703	Rio Comemoração	5790	147,96	60,64	0,03	0,41
	15552600	Fazenda Flor do Campo	-60,8678	-11,7489	Rio Comemoração	4360	116,30	53,33	0,03	0,46

Fonte: New Engenharia (2021)

A equação de regressão é dada em função da área de drenagem, que é uma característica física da bacia. Como citado anteriormente, a equação do tipo potência é a mais utilizada nestes casos, gerando equações do tipo:

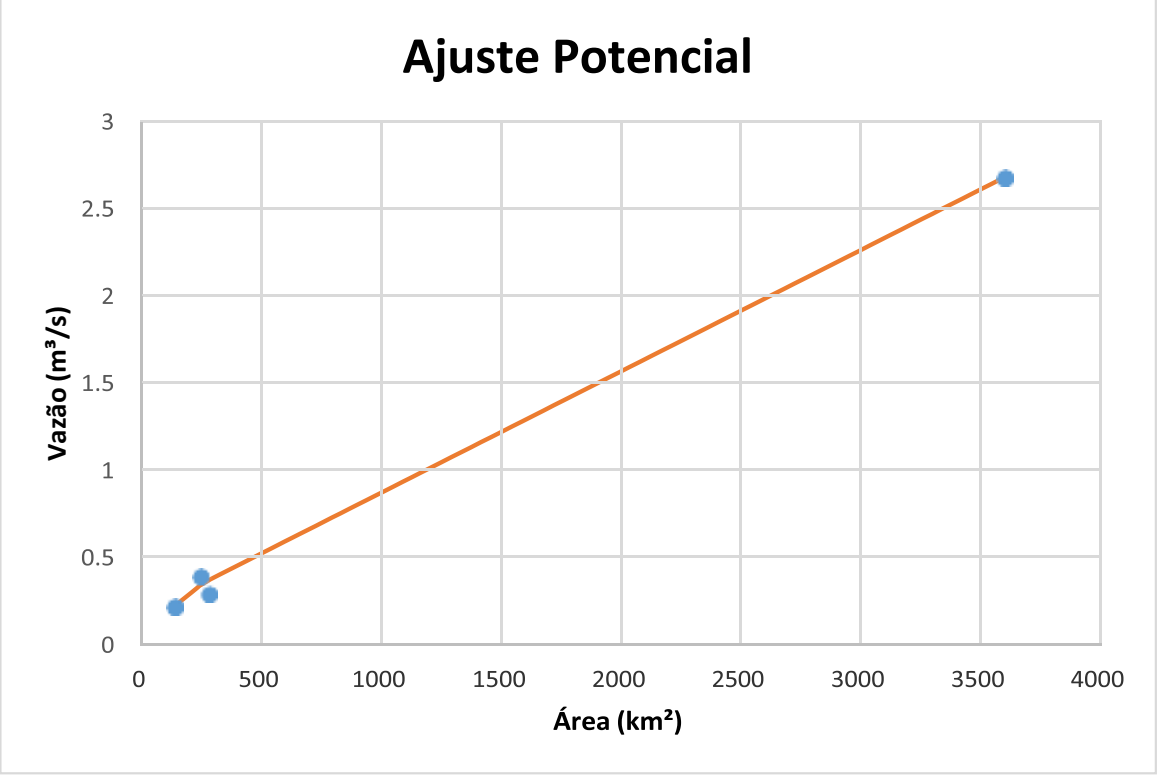
$$Qcalc = a \times A^b$$

Em que *Qcalc* corresponde a vazão de referência ($Q_{95\%}$), *a* é o coeficiente linear da reta e *b* é o coeficiente angular da reta.

A partir destes resultados são definidos *a* e *b*, e consequentemente a equação de regionalização para cada uma das vazões de referência, Os coeficientes são definidos pelo método dos mínimos quadrados no Excel.

A região 01 apresentou um bom ajuste com coeficiente de determinação de 0,996 através do método utilizado, por estar inserida de uma área de caracterização geológica e pluviométrica semelhante à área de interesse do estudo, esta foi escolhida como a equação utilizada no ajuste.

Gráfico 3: Ajuste Potencial da Vazão Q_{95}



Fonte: New Engenharia (2021)

A Tabela 7 seguir apresenta os coeficientes da equação e o coeficiente de determinação, principais parâmetros do ajuste para a curva de regionalização usada no estudo.

Tabela 7: Parâmetros e Coeficientes do Ajuste de Regressão Potencial

Parâmetros	Q95
a	0,004
b	0,787
R²	0,998

Fonte: New Engenharia (2021)

3.3 AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ABASTECIMENTO ATRAVÉS DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

De acordo com o escopo proposto pelo estudo, buscou-se avaliar o potencial de captação superficial da unidade de maneira a atender as demandas atuais e de forma analítica, realizar um estudo de prospecção de demandas para futuras ampliações.

3.3.1 AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL

Para o estado de Rondônia é estabelecido através do Plano Estadual de Recursos hídrico (PERH) as vazões outorgáveis em cursos hídricos de domínio federal. Para o caso especifico da Unidade de Gestão do Alto Rio Machado, onde o empreendimento se encontra inserido, é estabelecido o percentual de 70% da Q95 como vazão outorgável

A unidade atualmente realiza a sua captação em um ponto do curso do Rio Anari/Nariz, sendo assim foi inicialmente avaliada a disponibilidade hídrica no ponto atual de captação através da metodologia de modelagem hidrológica apresentada anteriormente neste relatório.

Cabe ressaltar que em pedidos de outorga de direito de uso o órgão pode vir a restringir os volumes outorgáveis em decorrência de demais captações existentes a montante do ponto em análise. Visto que o percentual de 70% da vazão de referência é a vazão outorgável global do trecho do curso hídrico em questão.

A vazão de referência no ponto atual de captação é de 0,301 m³/s, desta forma a vazão passível de outorga neste trecho do Rio Anari é de 18.230,4 m³/dia. O que atende à demanda atual da unidade possibilitando ainda ampliações da capacidade produtiva.

As características hidrológicas do ponto de captação no Rio Anari e as suas vazões de interesse são demostradas na Tabela A localização do ponto atual de captação é demostrado na Figura 8.

Tabela 8 - Vazões de interesse do ponto atual de captação da unidade.

Nome Ponto	Latitude	Longitude	Área Drenagem (km²)	Q95 (m³/s)	70% Q95 (m³/s)	Vazão Outorgável m³/dia
Rio Anari ou Nariz	**Informação Confidencial**					

Fonte: New Engenharia (2021).

Figura 8 - Mapa do Ponto de Captação Atual

Fonte: New Engenharia (2021)

Informação Confidencial

3.3.1.1 Alternativas locacionais para captação

Além do curso hídrico atualmente utilizado para o abastecimento do empreendimento o rio que apresenta um potencial hídrico superior na região é o Rio Pimenta Bueno

O trajeto da adutora concebido para a captação neste curso hídrico seguir a premissa de priorização da sua passagem por estradas vicinais não pavimentadas, de forma evitar a passagem por rodovias, áreas de terceiros e áreas que requeiram a supressão de vegetação, ou intervenções sobre áreas de preservação permanente, de forma a reduzir custos com as obras de implantação, áreas de servidão ou que dificultem o licenciamento das obras.

Para a captação neste curso hídrico seria necessária a instalação de uma adutora com cerca de 10,77 quilômetros se adotadas as premissas indicadas no parágrafo anterior. O trajeto da adutora é indicado na Figura 9

O Rio Pimenta Bueno no ponto indicado possui uma vazão de referência (Q95) de 2,047 m³/s, desta forma a vazão outorgável neste local é de **Informação Confidencial** Sendo, por tanto, que este curso hídrico possui uma elevada disponibilidade hídrica, de forma que não restringiria o abastecimento do empreendimento mesmo frente demandas hídricas excepcionais.

As características hidrológicas do ponto de captação indicado no Rio Pimenta Bueno e as suas vazões de interesse são demostradas naTabela 8

Tabela 8 – Vazões de interesse do ponto indicado no Rio Pimenta Bueno.

Nome Ponto	Latitude	Longitude	Área Drenagem (km²)	Q95 (m³/s)	70% Q95 (m³/s)	Vazão Outorgável (m³/dia)
Rio Pimenta Bueno	12,6042	60,9688	2573,81	2,047	1,433	**Informação Confidencial**

Fonte: New Engenharia (2021)

Figura 9 - Mapa do Ponto de Captação Alternativo

Fonte: New Engenharia (2021)

Informação Confidencial

3.4 AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO ATUAL

A produção média da unidade de Chupinguaia atual é de cerca de 1.000 a 1.050 cabeças por dia, com um consumo médio de Informação Confidencial por animal abatido, o que representa uma demanda hídrica entre 2.400 a 2.520 m³/dia. Através dos registros deconsumo da unidade verificasse que é captado atualmente através dos poços uma vazão máxima de até 3,0 m³/h, o que representa um volume diário de Informação Confidencial , visto que é autorizado através das portarias de outorga a captação durante 20 horas por dia, por tanto seria necessário captar através dos recursos superficiais volumes entre Informação Confidencial

A estação de tratamento de água da unidade (Figura 10) possui capacidade para o tratamento de até 160 m³/h

Informação Confidencial

Figura 10 - Estação de tratamento de água.

Fonte: New Engenharia (2021)

A ETA ainda conta com um sistema de aproveitamento da água residual do tratamento, possuindo basicamente um sistema de decantação dos sólidos da água residual (Figura 11). Esta água é utilizada para fins menos nobres, como aspersão do gado, sendo indicado que o volume de reuso é de cera de 20% do volume de água tratada.

Figura 11 – Sistema de tratamento da água residual da ETA para reaproveitamento.

Fonte: New Engenharia (2021)

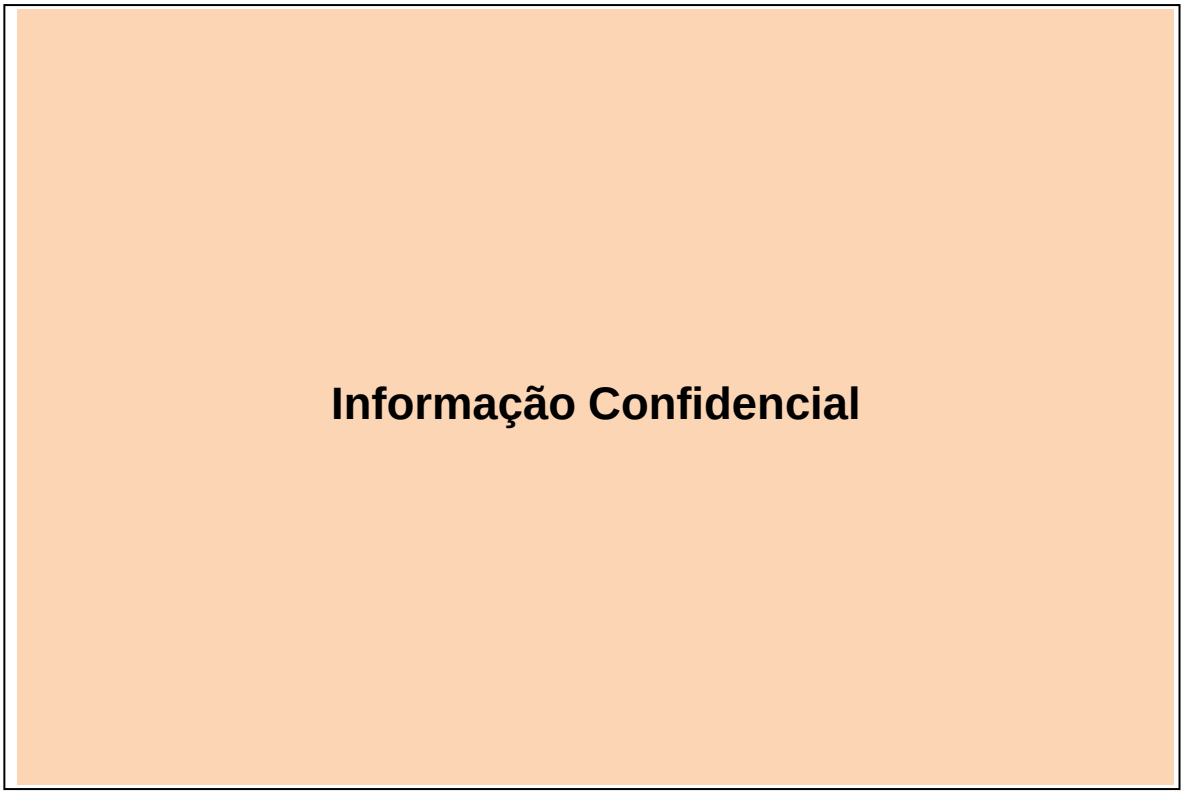
Informação Confidencial

Figura 12 – Reservatórios de água tratada e de reuso. .

Fonte: New Engenharia (2021)

Quanto a estação de bombeamento da captação foi verificado que esta possui duas bombas, sendo uma utilizada como reserva, os equipamentos de bombeamento encontravam-se em boas condições de conservação (Figura 13) . Quanto a captação, esta apresenta estruturas adequadas para a demanda atual.

Figura 13 – Bombas da captação no curso hídrico.



Fonte: New Engenharia (2021)

Figura 14 – Tubulação de adução posicionada próxima a margem do curso hídrico. =

Fonte: New Engenharia (2021)

4 AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUBTERRÂNEA

4.1 INTRODUÇÃO

Este item visa caracterizar o meio hidrogeológico da região, a partir das unidades geológicas e estruturas relacionadas e dos dados disponíveis de poços, para realizar uma estimativa a respeito da disponibilidade hídrica subterrânea da área de estudo, de forma qualitativa e quantitativa.

4.2 CONTEXTO GEOLÓGICO

4.2.1 Geologia Regional

Para a caracterização geológica, foi utilizada a bibliografia e cartografia geológica disponíveis. Os dados de nomenclaturas das unidades e do Sistema de Informações Geográficas (SIG) foram obtidos a partir do mapeamento realizado por CPRM (2007) em escala 1:1.000.000, enquanto que as cores das unidades utilizadas no mapa da geologia local da Figura 19 foram obtidas a partir do Mapa Geológico do Estado de Rondônia, realizado por CPRM (1999), também em escala 1:1.000.000.

De acordo com o mapeamento realizado por CPRM (2007), o estado de Rondônia apresenta 69 unidades litoestratigráficas hierarquizadas em Complexos, Suítes, Grupos, Formações, Unidades e Corpos. As unidades representadas formaram-se durante os eventos geológicos que ocorreram no intervalo entre o Paleoproterozóico (1.770 Ma) e o Recente.

Nesse contexto, a área de estudo se insere na Bacia Sedimentar dos Parecis, constituída por rochas de idades paleo-mesozoicas e localizada no sudeste do Cráton Amazônico. (CPRM, 2007).

4.2.1.1 Bacia dos Parecis

No estado de Rondônia, as coberturas sedimentares paleozóicas e mesozoicas são partes da Bacia dos Parecis, que está inserida no sudoeste do Cráton Amazônico, localizada entre as bacias do Solimões, Alto Tapajós e Paraná. No total, abrange as regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil, ocupando cerca de 500.000 km² nos estados de Rondônia e Mato Grosso. (CPRM, 2007).

A Bacia do Parecis contém cerca de 7.000 m de rochas sedimentares siliciclásticas. Em Rondônia, é constituída pela cobertura sedimentar paleozoica da Fossa Tectônica de Rondônia (SIQUEIRA, 1989), que corresponde a fase rifte da

bacia, representada em superfície pelas formações Pimenta Bueno e Pedra Redonda. Sucedendo a fase rifte, ocorrem as sequências sedimentares associadas à formação de uma bacia do tipo intracratônica, sobre os riftes, sendo estas representadas em superfície pela Formação Fazenda Casa Branca e pelo Grupo Parecis (formações Corumbiara, Rio Ávila e Utiariti). As manifestações magmáticas na Bacia do Parecis no Estado de Rondônia encontram-se representadas por basaltos, diabásios e gabros da Formação Anari, além de intrusões de kimberlitos.

Segundo Siqueira (1989) a Fossa Tectônica de Rondônia é composta pelos *grabens* de Pimenta Bueno e Colorado, separados pelo Alto Estrutural do Rio Branco do Guaporé (SOEIRO et al., 1987), e limitados de norte a sul pelos lineamentos Presidente Hermes, Itapuã e Colorado, respectivamente. A fossa tem evidências de subsidência no Paleozoico, com preenchimento de conglomerados, arenitos, siltitos, calcários e folhelhos, nesta ordem e em direção ao depocentro, que finaliza com depósitos glaciais na borda norte e importantes reativações durante o Mesozoico. Segundo Pedreira e Bahia (2004), a evolução da Bacia do Parecis ocorreu em duas fases distintas, sendo a primeira como tafrogênese e formação dos *grabens* de Pimenta Bueno e Colorado, seguida da segunda fase como coilogênese e consequentemente formação de uma bacia do tipo intracratônica.

4.2.1.1.1 Grupo Parecis

Em seção geológica realizada ao longo da rodovia RO 399 entre a BR-364 e a cidade de Colorado d'Oeste, Pedreira e Bahia (2004), descrevem a Formação Parecis como composta por intercalação de arenitos seixosos com estratificação cruzada tabular de grande porte e argilitos ou arenitos argilosos e sugerem uma espessura de 200 m. Durante o mapeamento das folhas Pimenteiras e Vilhena, o detalhamento do Grupo Parecis por Rizzotto et al. (2007a, 2007b) permitiu redefini-lo e dividi-lo nas formações Corumbiara, Anari, Rio Ávila e Utiariti, com espessura total estimada de 280 m.

As rochas deste grupo ocorrem na porção norte-nordeste e leste das folhas 1:250.000 de Pimenteiras e centro-norte da Folha Vilhena, correspondentes à Chapada dos Parecis. Os arenitos sustentam os platôs de cotas mais elevadas da região, de até 600 m. Embora boa parte das formações estejam cobertas por solos arenosos e depósitos residuais resultantes do desmantelamento dos arenitos, além de parcial capeamento por manto laterítico, a continuidade das camadas é visível ao

longo da antiga estrada não pavimentada de Colorado d'Oeste a Vilhena, passando pela Vila Conquista. Suas rochas também ocorrem nos primeiros 15 km da estrada entre Colorado d'Oeste e Corumbiara, bem como na estrada secundária entre a Vila Jataí e a fazenda Maringá e da vila à Comodoro, no Mato Grosso.

Morros testemunhos ocorrem a sul de Colorado d'Oeste e a norte de Cerejeiras. As rochas do Grupo Parecis estão dispostas em camadas sub-horizontais que repousam em discordância erosiva sobre o Complexo Colorado, os granitoides das suítes intrusivas e os arenitos da Formação Fazenda Casa Branca. (CPRM, 2007).

4.2.2 Geologia Local

O mapa geológico da área de estudo (Figura 19), indica a ocorrência do empreendimento predominantemente sobre as litologias da Formação Fazenda da Casa Branca, com uma pequena porção à sudoeste que inclui a Formação Rio Ávila, do Grupo Parecis, ambas pertencentes à Bacia dos Parecis.

4.2.2.1 Formação Fazenda da Casa Branca

A Formação Fazenda da Casa Branca foi anteriormente denominada de unidade PCIII por Pinto Filho et al., (1977), ao descreverem um conjunto de arenitos ortoquartzíticos, arenitos feldspáticos, siltitos, argilitos e conglomerados. Durante o mapeamento geológico da região centro-sul de Rondônia, Leal et al., (1978) descreveram a ocorrência de rochas semelhantes às da unidade PCIII de Pinto Filho et al., (1977) nas bordas nordeste, sudoeste e sul da Fossa Tectônica de Rondônia (SIQUEIRA, 1989), e definem uma das seções-tipo como situadas na cachoeira do Apertado, do rio Comemoração.

Devido à ocorrência de fósseis de *psaronius sp*, esta unidade é posicionada no Permo-Carbonífero, de acordo com Olivatti e Ribeiro Filho (1976). Segundo CPRM (2007), o contato inferior é brusco e concordante com folhelhos da Formação Pimenta Bueno.

Conforme CPRM (2007), a formação é composta por arenitos avermelhados a arroxeados, micáceos, finos a muito finos, ortoquartzíticos e/ou feldspáticos, com grãos subarredondados a subangulosos, de esfericidade baixa a média, dispostos em estruturas de estratificação plano-paralela (Figura 15), cruzada acanalada e tabular de pequeno porte. Os conglomerados ocorrem em lentes, são polimíticos sustentados

por clastos de quartzo, quartzito, granito e gnaisse. Os pelitos são subordinados e ocorrem como camadas métricas a decamétricas intercaladas nos arenitos.

O ambiente deposicional dos sedimentos da unidade é interpretado como fluvial, com depósitos de barras de canal (arenitos), resíduos de canal (conglomerados) e de planície de inundação (pelitos). (CPRM, 2007).

Figura 15 - Arenito fino avermelhado com estratificação plano-paralela da Formação Fazenda da Casa Branca em corte de estrada na RO-495

Fonte: CPRM (2007).

4.2.2.2 Formação Rio Ávila

A Formação Rio Ávila é a unidade intermediária do Grupo Parecis e um dos pacotes sedimentares mais expressivos em área de ocorrência e espessura do Grupo Parecis em Rondônia. Situa-se entre cotas de 540 a 320 m, indicando uma espessura mínima de 240 m. (CPRM, 2007).

A unidade é composta por arenitos bimodais finos, esbranquiçados a amarelados, com estratificação cruzada tabular cuneiforme de médio a grande porte. Os *sets* variam entre 10 a 30 cm de espessura, por vezes atingindo 3-4 m. Pode apresentam níveis centimétricos de provável ilmenita. Passam lateralmente para arenitos finos a médios com leitos de seixos dispersos que retratam canais com 30 cm a 45 cm de espessura lateralmente contínuos. Os seixos são bem arredondados,com 4 a 5 cm de diâmetro e compostos por quartzo de veio e calcedônia. Os arenitos ortoquartzíticos e siltitos possuem intercalações de arenitos feldspáticos e arcóseos

com clastos de argilitos/siltitos e, portanto, conglomerados intraformacionais. Os arenitos contém camadas de 1 m a 2 m, localmente de até 5 m, de siltitos violáceos e argilitos com laminação plano-paralela, os quais predominam no topo do pacote. Estas apresentam camadas lateralmente contínuas de arenito fino. Por intemperismo, os siltitos violáceos adquirem aspecto variegado, dado por filetes e manchas esbranquiçadas.(CPRM, 2007).

O ambiente deposicional da formação é interpretado como de regime climático desértico, com formação de depósitos de dunas, interdunas e de *wadis*. (CPRM, 2007). Segundo Pedreira (1998), os arenitos com níveis de seixos representam canais entrelaçados de alto gradiente, provavelmente efêmeros, desenvolvidos em regiões interdunas, ao passo que os conglomerados retratam canais abandonados de correntes efêmeras. A superposição de canais indica migração lateral de rios efêmeros e entrelaçados. Pedreira (1998) também sugere que a porção superior da formação, composta por siltitos intercalados com arenitos, representa locais com lagos interdunas, cobertos por dunas migrantes dos períodos secos.

Figura 16 - Quartzo-arenito exibindo níveis com bimodalidade granulomética da Formação Rio Ávila, em afloramento na Linha 100 leste, município de Chupinguaia

Fonte: CPRM (2007).

Figura 17 - Estratificação cruzada tabular dos arenitos da Formação Rio Ávila, em afloramento na Linha 100 leste, município de Chupinguaia

Fonte: CPRM (2007).

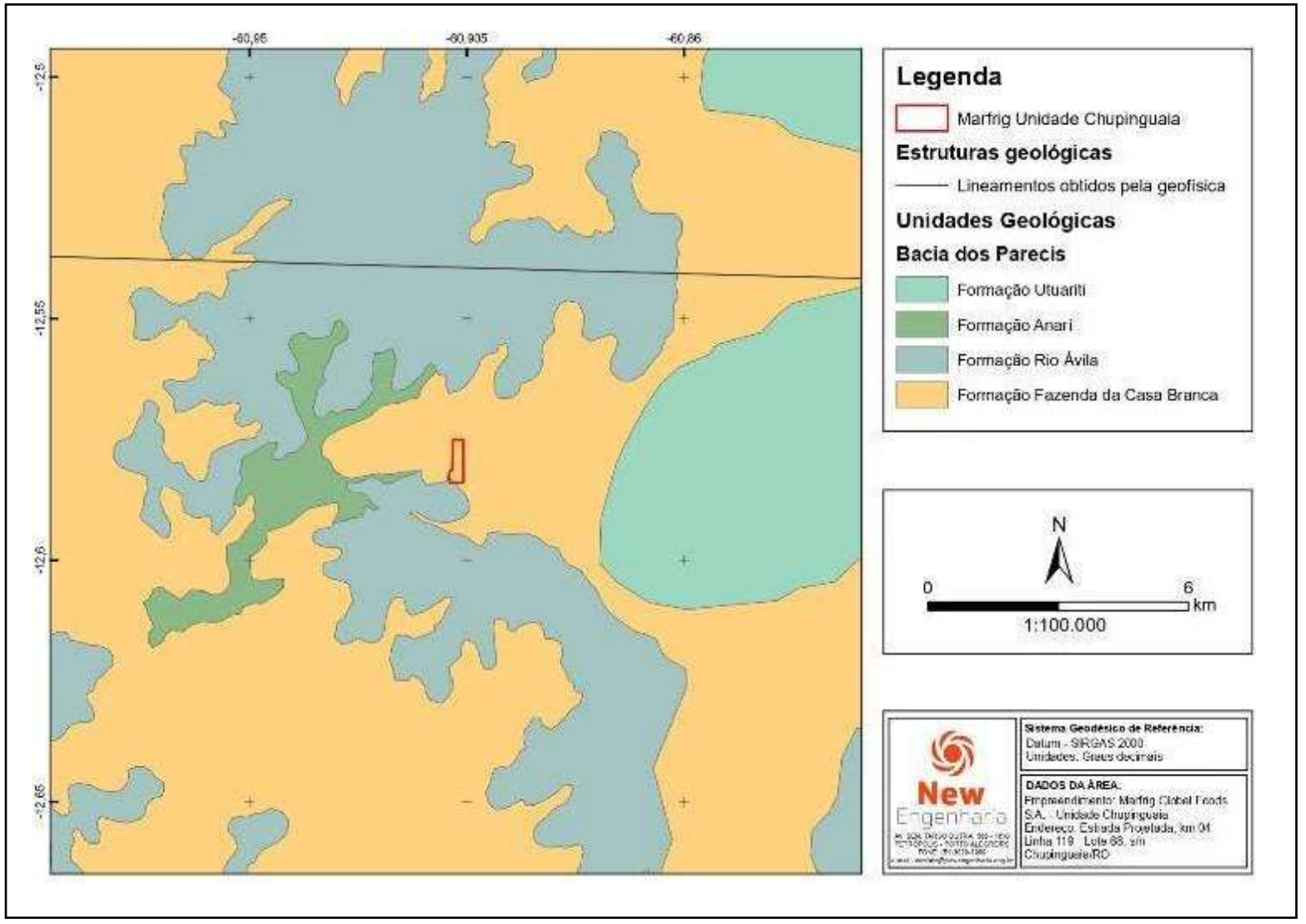
Figura 18 - Pacote de arenito da Formação Rio Ávila exibindo estratificação cruzada de grande porte, em afloramento na Linha 100 leste, município de Chupinguaia

Fonte: CPRM (2007).

4.2.2.3 Afloramentos rochosos

Em inspeção de campo na área do empreendimento e seus arredores, não foram encontrados afloramentos rochosos que permitissem maior detalhamento do contexto geológico local. A região compreende relevo predominantemente plano, e sem afloramentos em corte de estrada.

Figura 19 – Mapa geológico da área de estudo e entorno



Fonte: Adaptado de CPRM (2007).

4.3 CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL

O mapeamento na escala 1:1.000.000 realizado pela CPRM (2007) não indica em superfície feições que caracterizam estruturas geológicas na área de estudo. Na área do entorno, de acordo com o mapa da Figura 19, há a identificação de um lineamento, obtido por métodos geofísicos. Durante as atividades de campo não foram identificadas estruturas de porte regional ou local.

4.4 CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO

4.4.1 Hidrogeologia regional

O contexto hidrogeológico da região foi realizado a partir dos dados obtidos no Mapa Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo publicado pela CPRM (2014), representado por **Unidades Hidrolitológicas (UHL)** e **Unidades Hidroestratigráficas (UHE)**.

Nesse contexto, a área do empreendimento se encontra integralmente inserida na Unidade hidroestratigráfica Formação Fazenda da Casa Branca (Figura 20), que consiste uma unidade hidrolitológica granular de classe 4. Na área do entorno, ocorrem ainda a UHE Grupo Parecis, que compreende uma UHL classe 1, e a UHE Formação Anarí, que consiste em uma UHL fraturada classe 6, ou seja, uma unidade não aquífera.

A **UHE Formação Fazenda da Casa Branca** é constituída por arcóseos, quartzo-arenitos, arglitos, conglomerados e folhelhos, e possui uma espessura que varia entre 10 e 100 m, com um manto de intemperismo de 5 a 30 m. Constitui uma **UHL Granular classe 4**, com baixo grau de fraturamento. Apresenta vazões médias que variam entre 10 e 25 m³/h, vazões específicas entre 0,4 e 1,0 m³/h/m, transmissividades da ordem de 10^{-5} e 10^{-4} m²/s e condutividades hidráulicas entre 10^{-7} e 10^{-6} m/s, indicando uma unidade de **produtividade baixa porém localmente moderada**, indicado para fornecimentos de água para suprir abastecimentos locais ou para consumo privado. (CPRM, 2014).

A **UHE Grupo Parecis** é constituída por arenitos, siltitos e conglomerados, e possui uma espessura que varia entre 10 e 100 m, com um manto de intemperismo de 5 a 30 m. Constitui uma **UHL Granular classe 1**, com baixo grau de fraturamento. Apresenta vazões médias que maiores que 100 m³/h, vazões específicas maiores que

4,0 m³/h/m, transmissividades da ordem de 10^{-2} m²/s e condutividades hidráulicas de 10^{-4} m/s, caracterizando uma unidade de **produtividade muito alta**, que indica fornecimentos de água de importância regional (abastecimento de cidades e grandes irrigações) e representam aquíferos com destaques de âmbito nacional. (CPRM, 2014).

A **UHE Formação Anarí** é constituída por basaltos, e possui uma espessura que varia entre 10 e 100 m, com um manto de intemperismo de 5 a 30 m. Constitui uma **UHL Fraturada classe 6**, com médio grau de fraturamento. Apresenta vazões médias menores que 1,0 m³/h, indicando uma unidade de **produtividade pouco produtiva ou não aquífera**, que indica fornecimentos insignificantes de água, com abastecimentos restritos ao uso de bombas manuais. (CPRM, 2014).

4.4.1.1 Sistema Aquífero Parecis (SAP)

O Sistema Aquífero Parecis no estado de Rondônia possui uma área de aproximadamente 20.000 km², sendo limitado a oeste pelos *grabens* Pimenta Bueno e Colorado e Complexo Colorado, ao norte pela suíte intrusiva Rio Pardo e ao sul pelo Complexo Colorado. A leste ultrapassa o limite do estado de Rondônia adentrando no estado do Mato Grosso. Esse sistema consiste de sedimentos arenosos depositados por processos fluvio-lacustres (formações Utiariti e Fazenda da Casa Branca) e por depósitos essencialmente eólicos (Formação Rio Ávila) durante os períodos Mesozoico e Paleozoico.

Representa as maiores vazões e profundidades do estado de Rondônia, podendo chegar a 264 m³/h e 144 m, respectivamente. Os sedimentos aluviais e as coberturas, apesar de associados às rochas deste sistema, possuem pequena vocação hidrogeológica. A recarga desde sistema ocorre basicamente pela infiltração direta das águas das chuvas. Possui uma espessura média de 400 m e transmissividade média de 2,38 x 10^{-3} m²/s (MORAIS, 1998).

Conforme consulta ao banco de dados SIAGAS - Sistema de Informação de Águas Subterrâneas, no Sistema Aquífero Parecis existem 129 poços tubulares cadastrados cujas características gerais encontram-se resumidas na Tabela 9.

A produtividade do aquífero é elevada a média. Os poços que captam água desse aquífero possuem uma vazão média de 54,0 m³/h, variando de 1 a 264 m³/h, com predominância de vazões superiores a 41 m³/h. (CPRM, 2012).

Tabela 9 - Valores médios das características das águas explotadas por meio de 129 poços tubulares no Sistema Aquífero Parecis – Rondônia

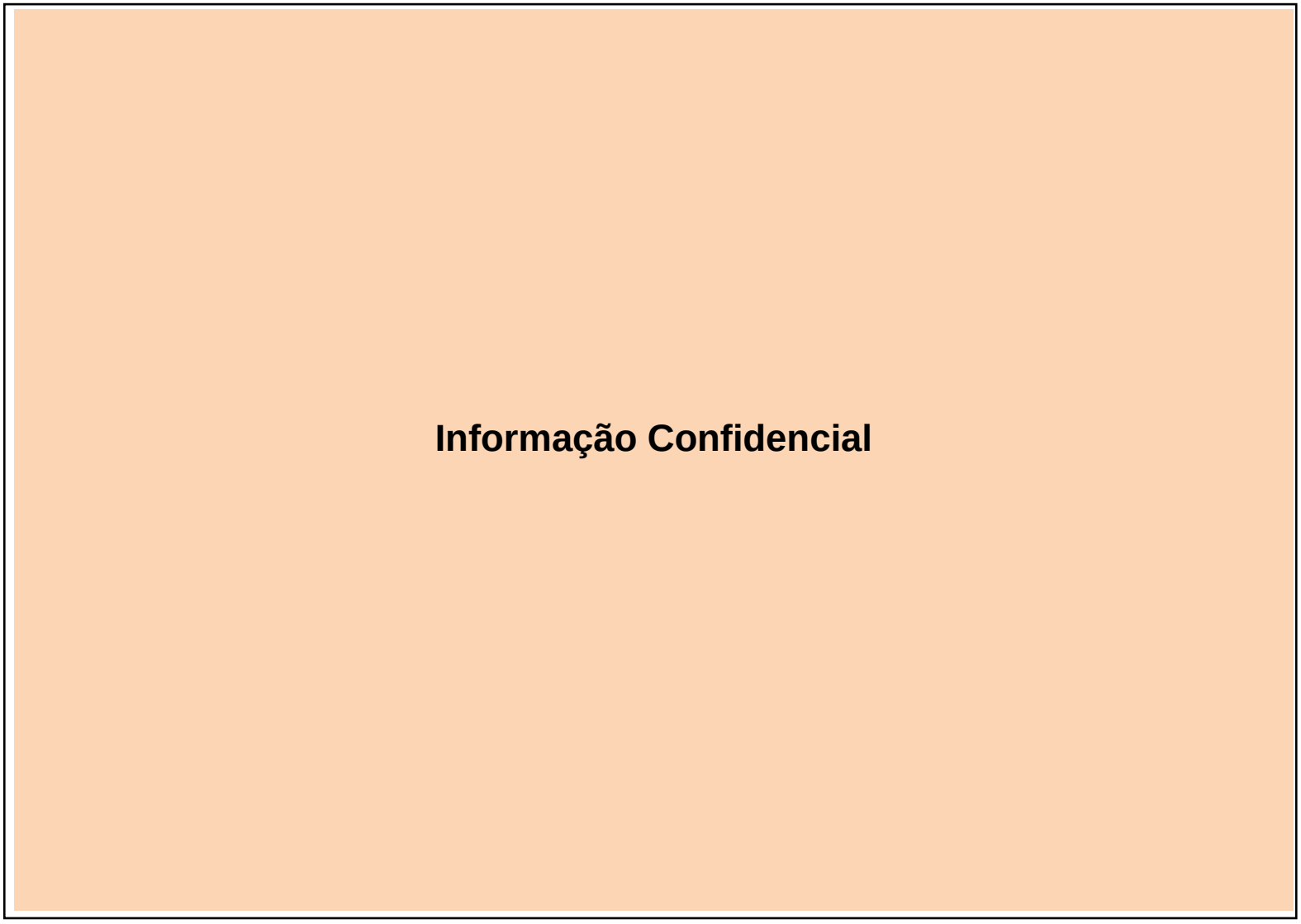
	Prof. (m)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m^3/h)	Capacidade específica ($m^3/h/m$)	STD (mg/L)
Média	80,16	13,8	37,00	54,00	5,06	401,10

Fonte: CPRM (2012), a partir de SIAGAS (2009).

Quanto às características químicas, as águas subterrâneas são de boa qualidade química. Morais (1998), a partir de sete amostras classificou as águas do sistema aquífero Parecis como cloretadas sódicas. A condutividade elétrica e o resíduo seco mostraram-se extremamente baixos, com média de 15,4 µS/cm e 24 mg/L, respectivamente.

Algumas áreas de recarga do Sistema Aquífero Parecis são bastante vulneráveis à poluição, uma vez que é aflorante, e praticamente nenhum dos núcleos urbanos dispunham de esgotamento sanitário até o ano de 2012. (CPRM, 2012).

Figura 20 – Mapa hidrogeológico da área de estudo e poços do SIAGAS



Fonte: Adaptado de CPRM (2014) e SIAGAS (2020).

4.4.2 Hidrogeologia local

4.4.2.1 Dados de produtividade

Em relação à região da área de estudo, em consulta ao Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS, 2020) do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), foram encontrados cadastros de 16 poços tubulares, além dos dois poços tubulares da unidade, espacialmente distribuídos conforme demonstra a Figura 20.

Os poços do SIAGAS com informações referentes aos níveis estático e dinâmico, vazão específica e vazão de estabilização dos testes de bombeamento são muito escassos, ocorrendo apenas oito com essas informações. Isso impossibilitou uma análise mais detalhada da região. A captação de água subterrânea da área de estudo se insere no contexto do **Sistema Aquífero Parecis**, conforme informações dos perfis dos poços. A síntese dos dados hidrogeológicos disponíveis dos poços do SIAGAS consta na Tabela 10.

Tabela 10 - Síntese das informações dos poços cadastrados no SIAGAS

	Prof. (m)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m^3/h)	Vazão específica ($m^3/h/m$)
Mínimo	**Informação Confidencial**				
Máximo					
Média					

Fonte: Adaptado de SIAGAS (2020).

De acordo com as informações obtidas, predominam poços tubulares profundos (>80 m de profundidade), segundo CPRM (2012), com média de 80,25 m de profundidade na região estudada. O nível estático (Figura 23) ocorre em média a 30,25 m de profundidade, variando entre 16 e 68 m, sendo o valor mínimo encontrado no poço 01 da unidade. O nível dinâmico (Figura 24) ocorre com média de 47,75 m, variando entre 25 e 75 m, com valor mínimo registrado nos dois poços da unidade.

De acordo com os dados de vazão (Figura 21) e perfis dos poços do SIAGAS, pode-se determinar que as vazões que ocorrem na região da área de estudo apresentam uma média de **Informação Confidencial**, indicativo de produtividades muito baixas a localmente baixas, segundo CPRM (2014). Vazões específicas variam de **Informação Confidencial**

Quanto aos poços da unidade, os dois possuem vazões de Informação Confidencial , aproximadamente a média das vazões dos poços que ocorrem no entorno.

Dos 18 poços analisados, sete apresentam perfis litológicos, e todos esses indicam a ocorrência de arenitos avermelhados siltosos com argilas, até uma profundidade de 30 m, e a profundidades maiores camadas de diabásio, que chegam até a profundidade final dos poços. Esses diabásios pertencem à Formação Anarí, que compreende os derrames basálticos que recobrem a Formação Rio Ávila na região. Como para os demais poços não há dados hidrológicos, não é possível inferir sobre uma possível influência dessa litologia nos dados de produtividade dos poços.

O poço mais próximo aos 02 existentes no empreendimento, a cerca de 2 km, não apresenta dados hidrológicos ou perfil geológico, não sendo possível realizar um comparativo com os poços da unidade.

Os dois poços mais produtivos na região estão localizados na área urbana do município, a uma distância de 2,2 a 2,6 km a norte dos poços do empreendimento, e apresentam vazões de Informação Confidencial m^3/h. Ambos apresentam perfis litológicos caracterizados pela ocorrência de arenito avermelhado siltoso nos primeiros 30 m de profundidade, e até 110 e 118 m com ocorrência de diabásios. O poço mais produtivo, com Informação Confidencial , possui diâmetro de 6” (15,24 cm) ao longo de toda a perfuração, enquanto que o poço com Informação Confidencial , possui um diâmetro de 14” (35,56 cm) nos primeiros 30 m, onde ocorre o arenito, e a partir disso, 6” até a profundidade total de 118 m, onde ocorrem diabásios.

4.4.2.2 Características físico-químicas

Quanto à qualidade da água dos poços do SIAGAS, 11 poços contam com dados de pH e condutividade elétrica, únicos parâmetros disponibilizados no banco de dados. No entanto, esses dados constam apenas para os poços na área urbana do município, não sendo representativo para os poços do empreendimento. Uma síntese desses dados é apresentada na Tabela 11.

Tabela 112 - Síntese dos dados físico-químicos dos poços cadastrados no SIAGAS

	pH	Condutividade elétrica (µS/cm)
Mínimo	Informação Confidencial	
Máximo		
Média		

Fonte: SIAGAS (2020).

Tendo em vista os valores máximos permitidos na Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), que estabelece os limites para o parâmetro de pH entre 6 e 9, dois poços apresentaram águas ácidas, com valores de Informação Confidencial. Já o parâmetro de condutividade elétrica, sem valores indicados na portaria, indica a presença de sais dissolvidos na água, onde valores mais elevados podem estar associados a uma maior ocorrência de sólidos dissolvidos e é influenciada pela composição do solo e geologia da região, entre outros fatores. Entretanto, o valor máximo de 255,00 ainda se mostra moderado para as águas subterrâneas da região.

4.4.2.3 Captações subterrâneas existentes no empreendimento Quanto às captações subterrâneas do empreendimento, tem-se 03 poços tubulares profundos, 02 em operação cujas informações de localização, profundidade e vazões são apresentadas na Tabela 12, e 01 poço inoperante.

Tabela 12 – Informações gerais dos poços existentes no empreendimento

	Poço 01	Poço 02
Coordenadas geográficas dos poços	Informação Confidencial	
Portaria de outorga atual		
Uso da água		
Profundidade (m)		
Vazão (m³/h)		
Vazão nominal (m³/h)		
Vazão outorgada (m³/h)		
Bombeamento (h/dia)		

NE (m)	Informação Confidencial
Vazão específica* (m³/h/m)	
Diâmetro de revestimento e perfuração	

Fonte: Marfrig (2020) e (*)SIAGAS (2020).

A partir dos dados de vazão da Tabela 12, foi verificado que os dois poços apresentam vazões nominais de Informação Confidencial , que correspondem, para os poços 01 e 02a vazões diárias de Informação Confidencial, com bombeamento durante Informação Confidencial. Quanto ao poço 03, não operante, é possível que o mesmo, se operante, possuísse a mesma capacidade produtiva, sendo necessário a realização de um ensaio de vazão para maior detalhamento, e a verificação da ocorrência de interferência entre os três poços. Verificou-se, porém, que a vazão outorgada dos poços é Informação Confidencial no entanto o empreendimento tem um processo solicitando vazão de Informação Confidencial para ambos os poços, visto que aparentemente os poços possuem essa capacidade produtiva.

Considerando o nível estático medido em campo para o poço 3, que se encontra inoperante, de Informação Confidencial , é possível que os demais poços possuam valores similares, visto que houve uma grande divergência quanto aos dados fornecidos dos poços. Não foi indicado o motivo da não utilização do poço 03.

Na Tabela 134 constam os dados médios de volume mensal captado para os dois poços operantes do empreendimento, a fim de comparar com o volume máximo outorgado durante o período entre julho e outubro de 2020, sendo as médias calculadas para esse período. De acordo com as Portarias n° 857/2019 e 858/2019, o bombeamento é realizado durante Informação Confidencial , operando durante Informação Confidencial no mês, com uma vazão outorgada Informação Confidencial m³/mês.

Tabela 134 - Volumes captados por mês e vazões médias no período de julho a novembro de 2020 para os poços do empreendimento

	Poço 01			Poço 02		
	Vazão outorgada: 1800 m³/mês			Vazão outorgada: 1800 m³/mês		
Mês/2020	Volume máx. outorgado (m³)	Volume captado (m³/mês)	Vazão média (m³/h)	Volume máx. outorgado (m³)	Volume captado (m³/mês)	Vazão média (m³/h)
Julho	**Informação Confidencial**					
Agosto						
Setembro						
Outubro						

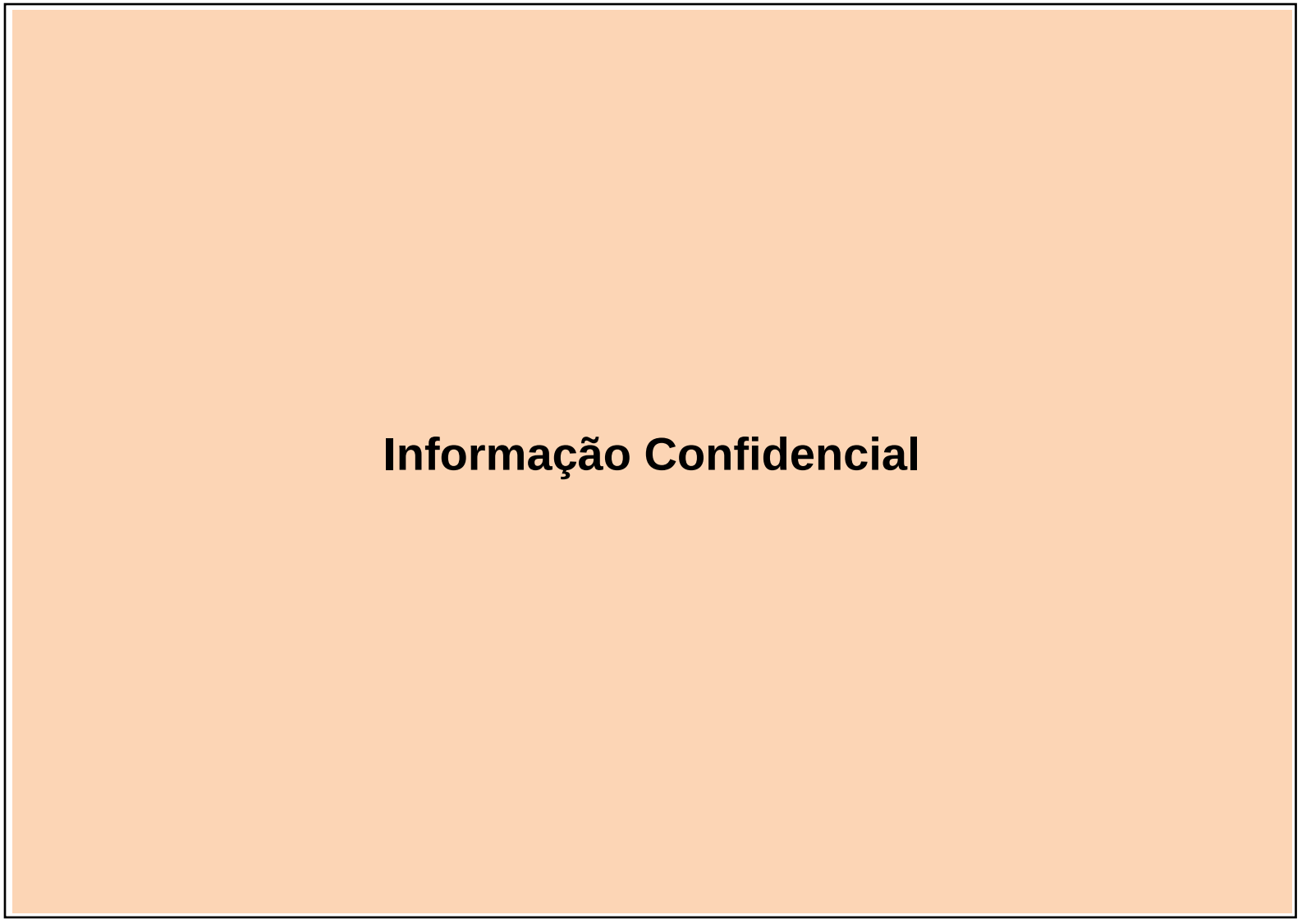
Fonte: Marfrig (2020).

A partir dos dados da Tabela 13, pode-se perceber que o volume captado, no período analisado, ficou dentro do limite outorgado por mês para a captação subterrânea nos dois poços. Mesmo o volume explotado no mês de julho, com captação em todos os dias, foi inferior ao volume outorgado de **Informação Confidencial** m³/mês.

Através de documentos fornecidos pela unidade, cujos dados mostraram divergências consideráveis, não foi possível indicar se os poços teriam capacidade para aumento de vazão. Por isso, sugere-se que sejam feitos novos testes de bombeamento a fim de alcançar resultados mais confiáveis, visto que a vazão atual já se encontra na média das vazões encontradas em poços da região.

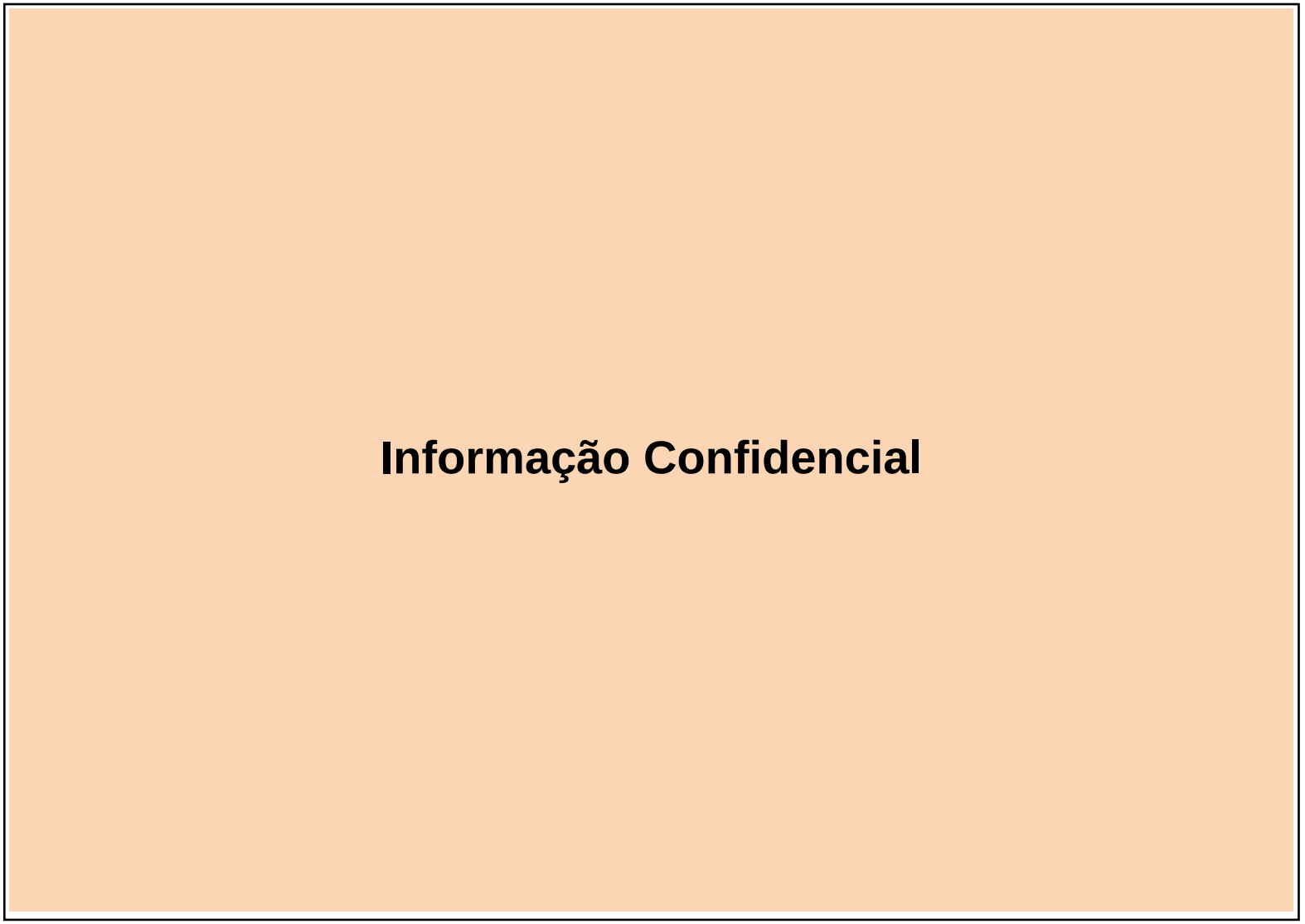
A localização dos poços é indicada na Figura 25. Os poços 01 **Informação Confidencial**

Figura 21 – Distribuição dos dados de vazão dos poços do SIAGAS



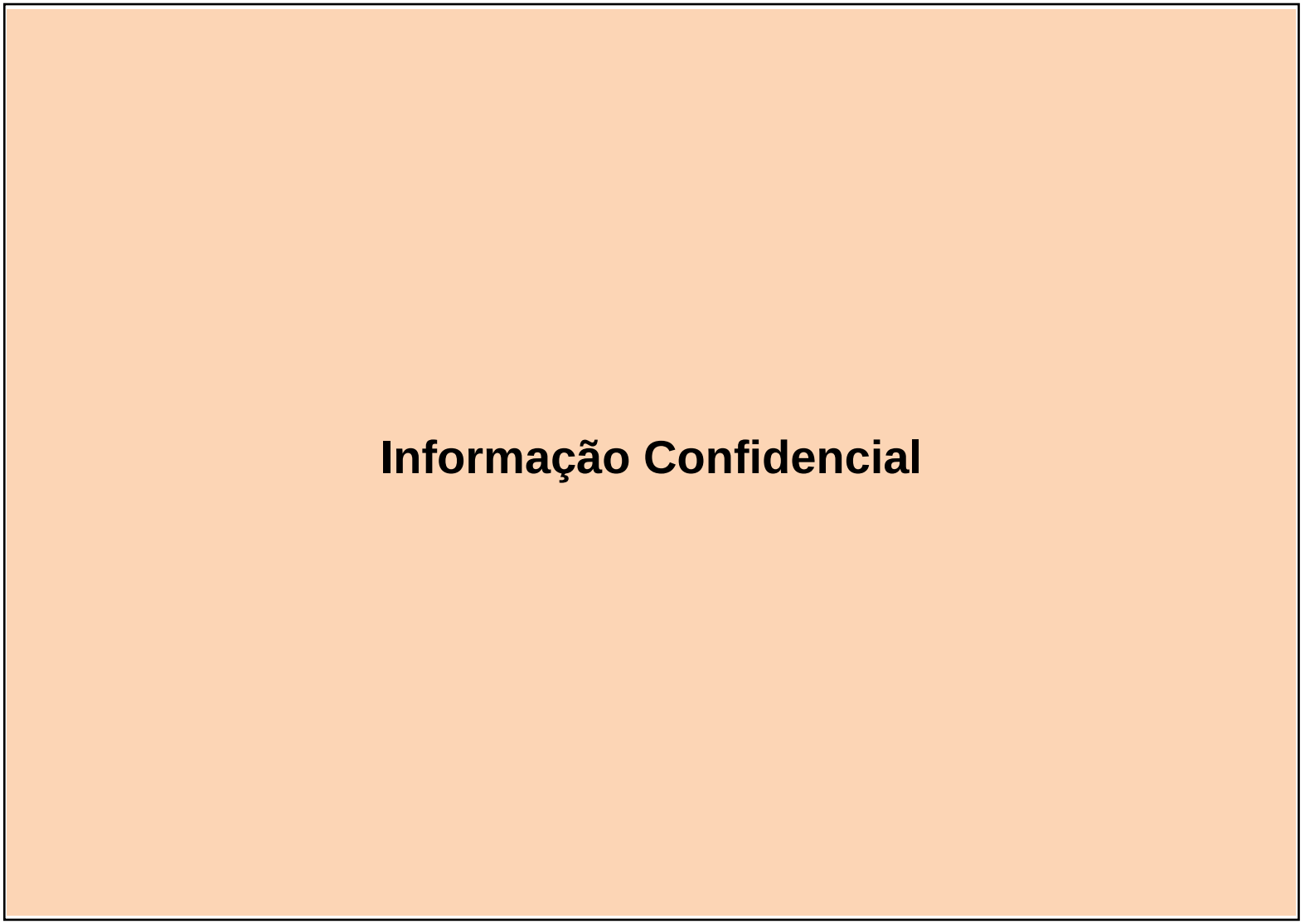
Fonte: Adaptado de SIAGAS (2020).

Figura 22 – Distribuição dos dados de vazão específica do SIAGAS



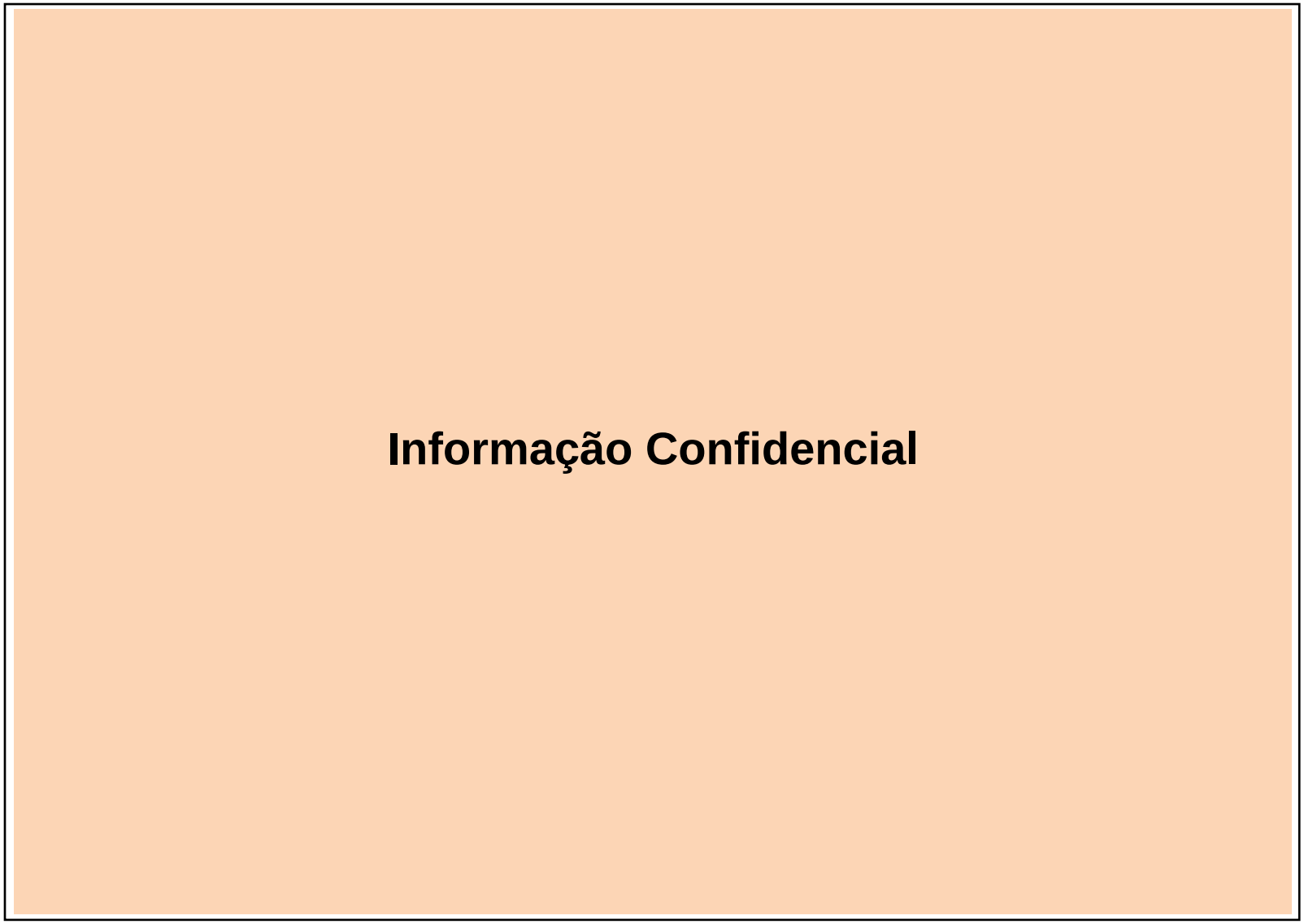
Fonte: Adaptado de SIAGAS (2020).

Figura 23 – Distribuição dos dados de nível estático dos poços do SIAGAS



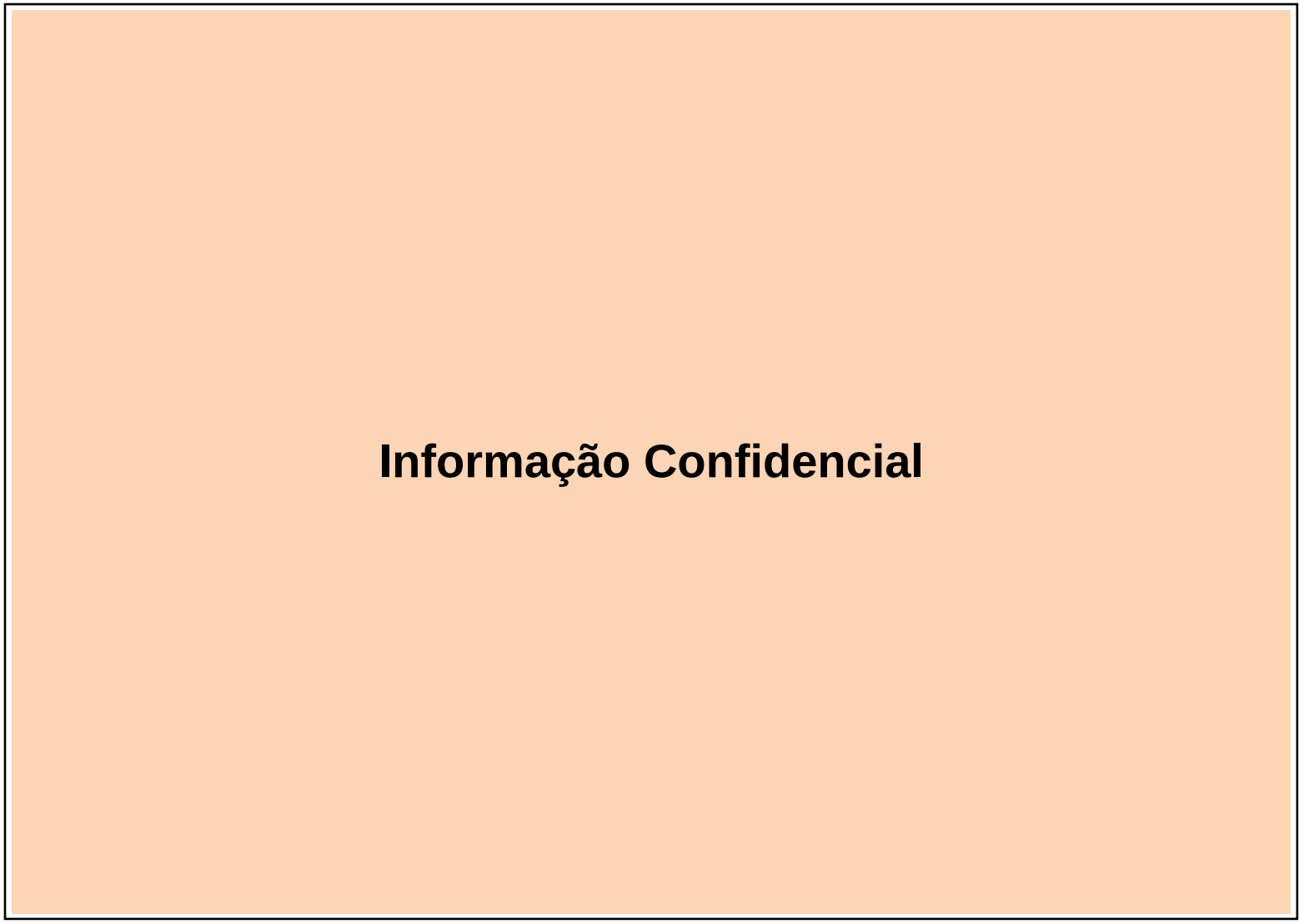
Fonte: Adaptado de SIAGAS (2020).

Figura 24 – Distribuição dos dados de nível dinâmico dos poços do SIAGAS



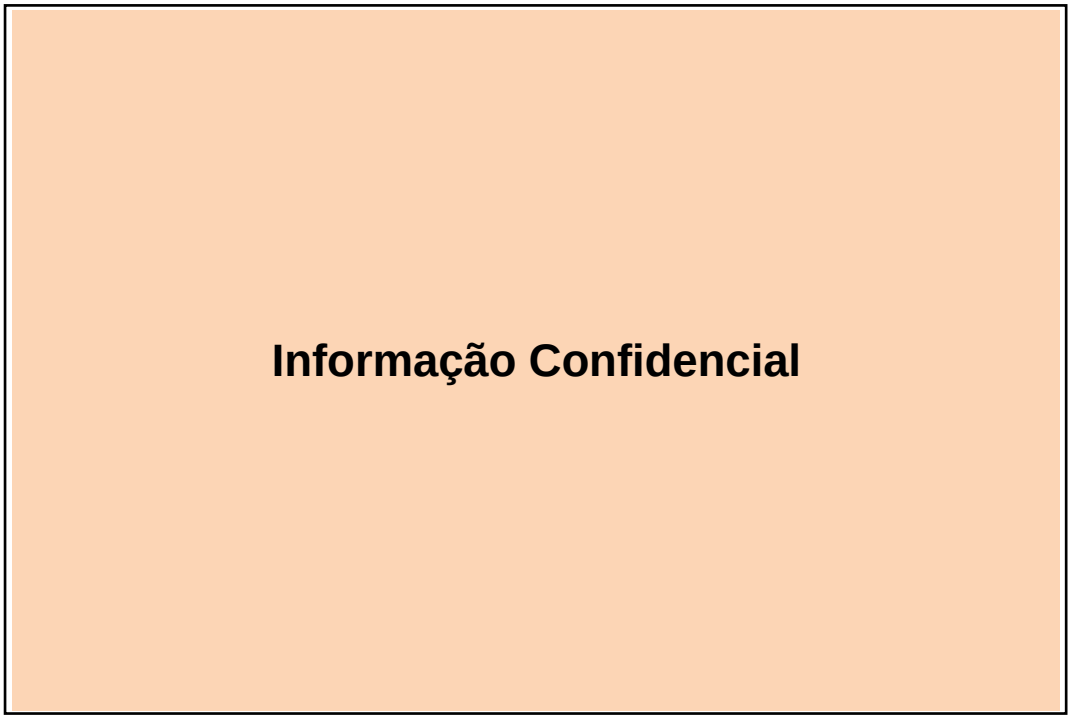
Fonte: Adaptado de SIAGAS (2020).

Figura 25 – Localização dos poços do empreendimento



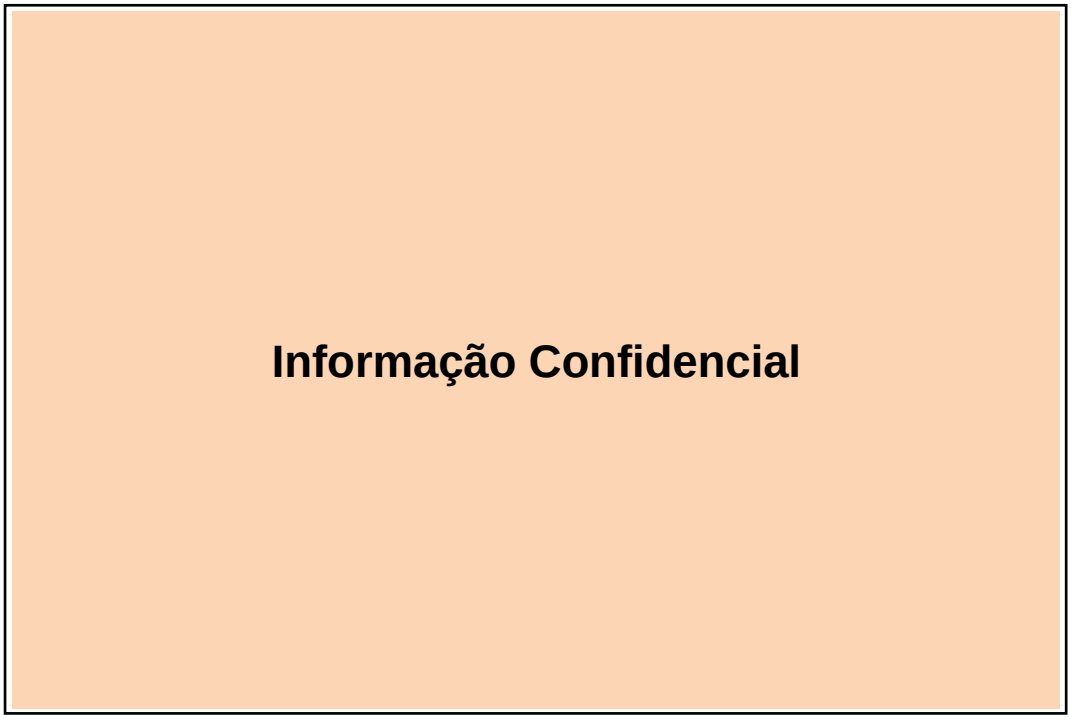
Fonte: New Engenharia (2020).

Figura 26 – Poço 01



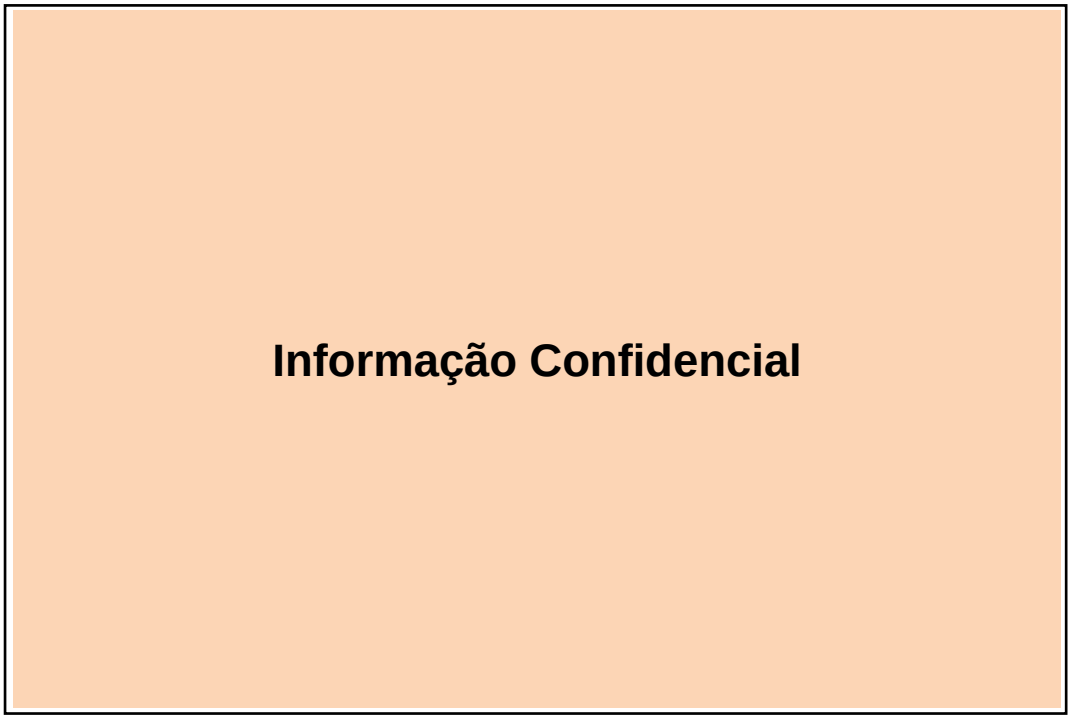
Fonte: New Engenharia (2020).

Figura 27 – Detalhe do poço 01



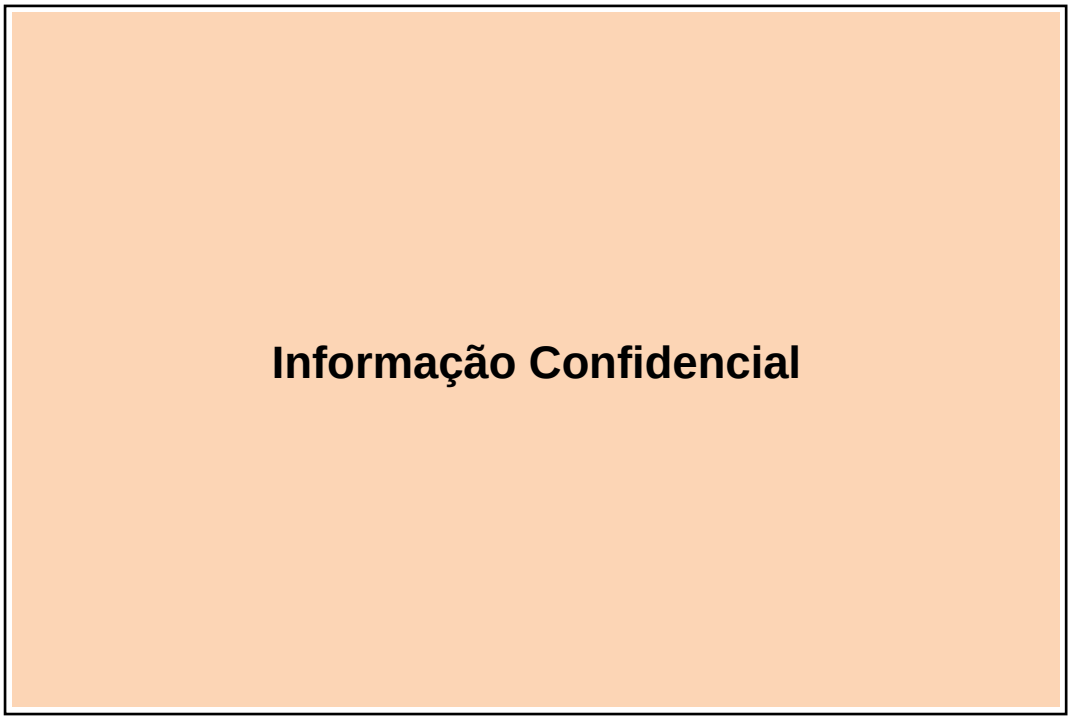
Fonte: New Engenharia (2020).

Figura 28 – Detalhe do poço 01



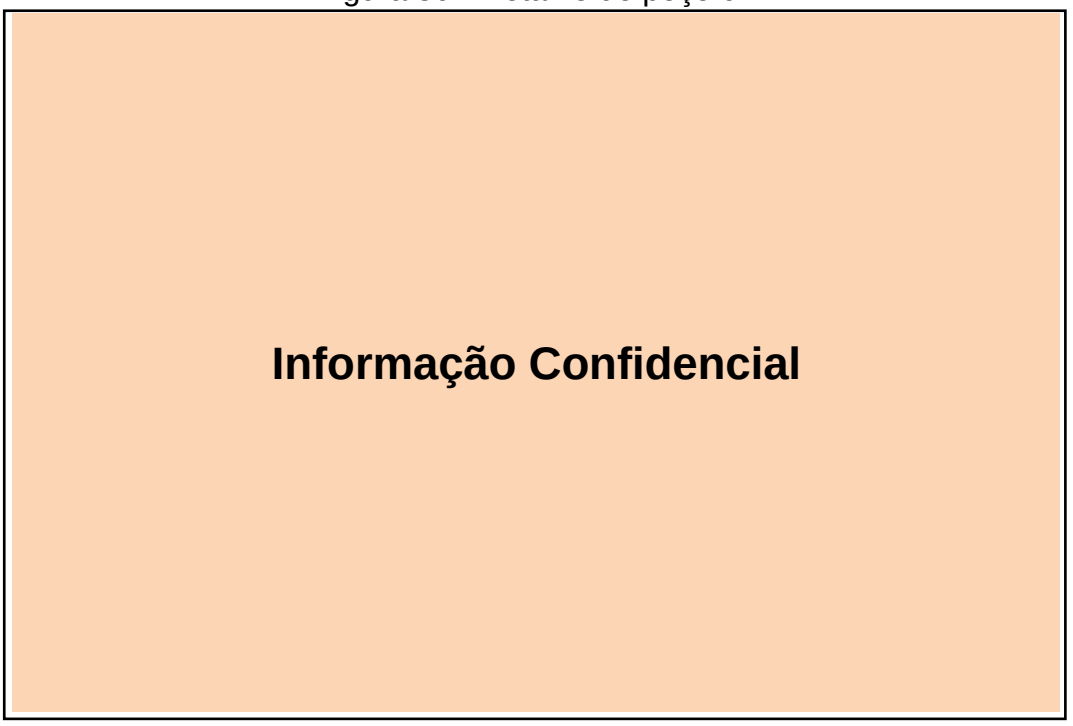
Fonte: New Engenharia (2020).

Figura 29 – Poço 02



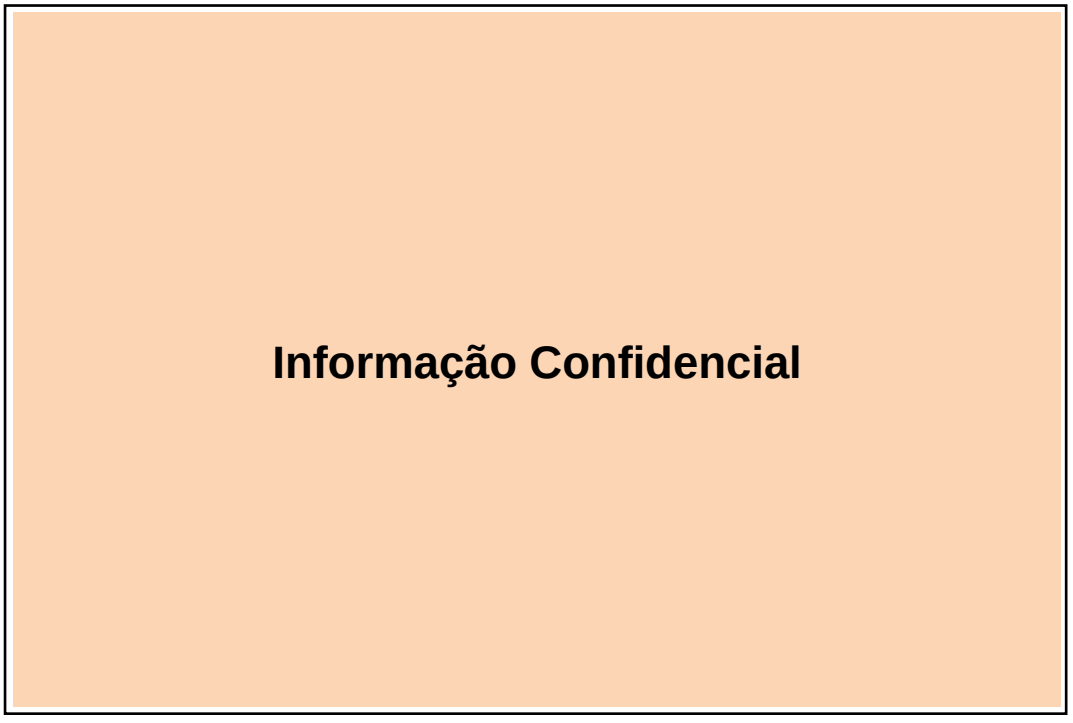
Fonte: New Engenharia (2020).

Figura 30 - Detalhe do poço 02



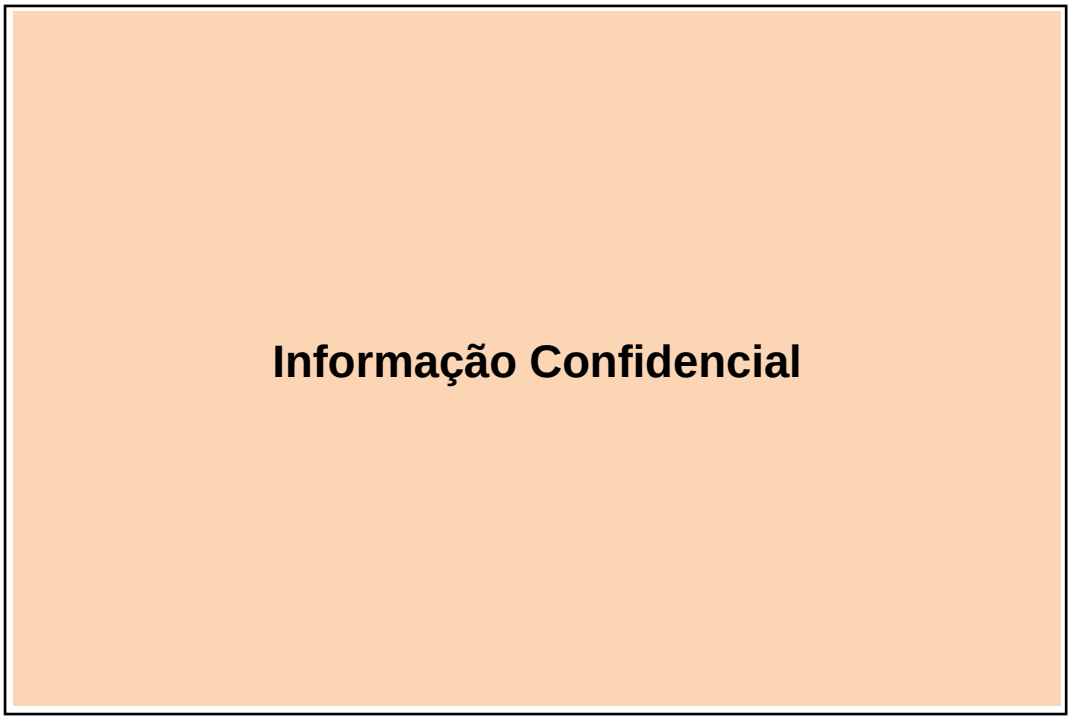
Fonte: New Engenharia (2020).

Figura 31



Fonte: New Engenharia (2020).

Figura 32



Fonte: New Engenharia (2020).

4.4.1 Avaliação do sistema de captação atual

Informação Confidencial

4.5 DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUBTERRÂNEA

Informação Confidencial

Informação Confidencial

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

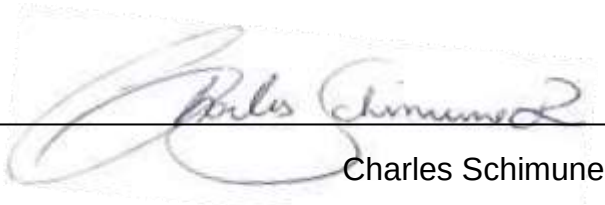
Através das avaliações realizadas foi verificado que o ponto atual de captação da unidade possui capacidade para atender as demandas hídricas atuais do empreendimento, possibilitando ainda ampliações significativas nos volumes captados.

Informação Confidencial

Informação Confidencial

6 EQUIPE TÉCNICA

6.1 COORDENAÇÃO



Charles Schimuneck

Engenheiro Ambiental – CREA/RS 153848

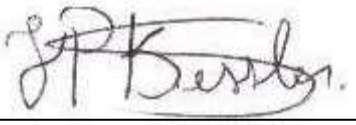
Raul Eugênio Leitão

Engenheiro Agrônomo – CREA/RS 092775

Lucas Sprendor Flores

Engenheiro Ambiental e Sanitarista – CREA/SC nº 159384-0.

6.2 MEIO FÍSICO



João Pedro Sandri Kessler

Geólogo – CREA/RS nº 233.891

Diorles Luís dos Santos

Geólogo – CREA RS n° 245.549

Júlia Corrêa dos Santos

Estagiária de Geologia

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – Agência Nacional de Águas**. Conjuntura dos recursos hídricos do Brasil: regiões hidrográficas brasileiras**. Brasília: ANA, 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 5, DE 28 DE SETEMBRO DE 2017.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Mapa Hidrogeológico do Brasil: escala 1:5.000.000**. CPRM, 2014.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Mapa geológico do Estado de Rondônia: escala 1:1.000.000**. CPRM, Porto Velho, Brasil. 1999.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Geologia e recursos minerais do Estado de Rondônia: Sistema de Informações Geográficas – SIG: Texto Explicativo do Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado de Rondônia**. Escala 1:1.000.000. Porto Velho: CPRM, 2007. 153p.: (il.).

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Sistema Aquífero Parecis no Estado de Rondônia, Bacia Sedimentar dos Parecis**. Cláudio Cesar de Aguiar Cajazeiras, Maria Antonieta Alcântara Mourão, Coord. Belo Horizonte: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2012.

ESPINOZA, V. J. C. et al. **Contrasting regional discharge evolutions in the Amazon basin (1974–2004)**. J. Hydrol., 375(3-4), 297–311. 2009. Disponível em: https://www.academia.edu/15962987/Contrasting_regional_discharge_evolutions_in_the_Amazon_basin_1974_2004_. Acesso em: 22 dez. 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Chupinguaia, RO:** Densidade demográfica: IBGE, Censo Demográfico 2010, Área territorial brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ro/chupinguaia.html. Acesso em 29 dez. 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Chupinguaia, RO:** Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência 1o de julho de 2019. 2019.Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ro/chupinguaia.html. Acesso em: 29 dez. 2020.

LEAL, J.W.L. et al. **Geologia.** In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAM BRASIL. Folha SC.20 Porto Velho; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1978. 663p. (Levantamento de Recursos Naturais, 16) p. 17- 184.

MMA – Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. 2006. **Caderno da Região Hidrográfica Amazônica.** Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao03032011024915.pdf. Acesso em: 05 nov. 2020.

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

MUNIZ, L. S. **Análise dos padrões fluviométricos da Bacia do Rio Madeira**. Dissertação. Universidade Federal do Amazonas. 2013.

OLIVATTI, O.; RIBEIRO FILHO, W. **Projetos Centro-Oeste de Mato Grosso, Alto Guaporé e Serra Azul**. CPRM, 1976. 51p.

PEDREIRA A.J.; BAHIA, R.B.C. **Estratigrafia e Evolução da Bacia dos Parecis Região Amazônica, Brasil: integração e síntese de dados dos Projetos Alto Guaporé, Serra Azul, Serra do Roncador, Centro-Oeste de Mato Grosso e Sudeste de Rondônia**. Brasília: CPRM. Serviço Geológico do Brasil/DEPAT/DIEDIG, 2004. 39p.

PEDREIRA, A. J. **Sistemas deposicionais e estratigrafia da Bacia dos Parecis no Estado de Rondônia**. CPRM, 1998 (relatório interno).

PINTO FILHO, F.P. et al. **Projeto Sudeste de Rondônia**. Relatório final. Porto Velho: DNPM/CPRM, 1977. 4v. il.

PERH/RO – **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia**. Curitiba: 2018. Rondônia – Governo do estado e Ministério do Meio Ambiente.

SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. Disponível em: http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php. Acesso em: 04 jan. 2021.

SEYLER, P. T; BOAVENTURA, G. R. **Distribution and partition of trace metals in the Amazon basin.** Hydrol. Process., 17: 1345-1361. 2003. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/hyp.1288. Acesso em 30 dez. 2020.

SIQUEIRA, L. P. **Bacia dos Parecis**. Boletim de Geociências da Petrobras, v.3, n.1-2, p. 3-16, 1989.

8 ANEXOS

8.1 ANEXO I – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

New
Engenharia