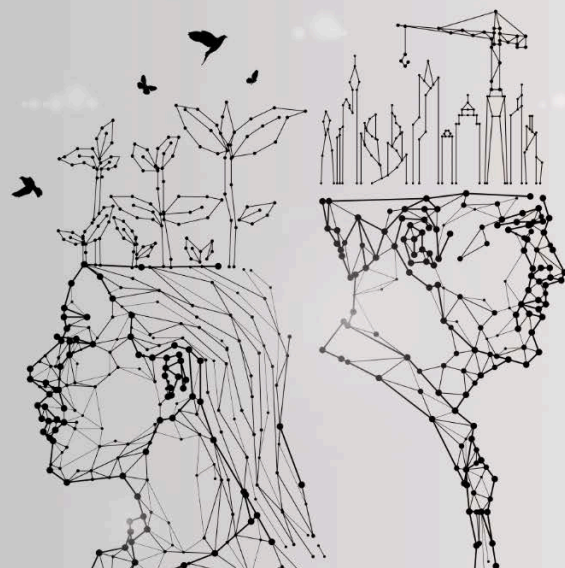


ESTUDO HIDROLÓGICO NA SUB-BACIA DO RIO JACARÉ PEPIRA, MUNICÍPIO DE BROTAS/SP



PRODUTO 1 – META 5.1

SITUAÇÃO DE DEMANDA DE ÁGUA NA ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA, RASTREAMENTO DAS CAPTAÇÕES EXISTENTES E LEVANTAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO CONSIDERANDO A NECESSIDADE DE CONSUMO DAS ATIVIDADES AGRÍCOLAS.

MARÇO/2024

APRESENTAÇÃO

O turismo, um dos pilares da economia do município de Brotas, começou e se desenvolveu com as atividades aquáticas praticadas inicialmente como lazer no rio pela população e que se tornaram atividades turísticas, redefinindo a vocação econômica do Município.

Juntamente com o turismo, o *rafting* se desenvolveu como esporte e hoje há muitos atletas que disputam campeonatos e praticam no Rio Jacaré Pepira.

A relação da cidade com o Rio Jacaré Pepira se reforça também pelo fato de que, no passado, operava uma Pequena Central hidroelétrica que gerava energia para a cidade. Neste lugar, onde o rio é encachoeirado, formando uma paisagem cênica, criou-se um parque urbano municipal, o Parque dos Saltos, principal atrativo turístico público do município.

Desta forma, a identidade municipal de Brotas está intimamente relacionada ao Rio Jacaré Pepira, bem como parte significativa da renda municipal provém de atividades praticadas diretamente no rio.

Em razão de mudanças climáticas e aumento da demanda de captação de água na produção agrícola e expansão urbana, o estudo hidrológico do Rio Jacaré Pepira se faz necessário para o planejamento estratégico e gestão dos recursos hídricos a nível municipal e regional.

Neste contexto, o referido estudo deverá analisar a disponibilidade e demanda hídrica do Rio Jacaré-Pepira, bem como detalhar os problemas que afetam as atividades aquáticas do mesmo. Além disto, deverá avaliar também a necessidade de vazão do rio para as atividades esportivas turísticas e de lazer que não necessitam de outorga, calculando o balanço hídrico da calha principal e seus afluentes.

Assim sendo, para a elaboração do referido estudo serão feitas as seguintes etapas:

- Determinação da demanda de água;
- Levantamento de dados hidrológicos disponíveis na região;
- Determinação de vazões (Q_{mip} , $Q_{7,10}$, $Q_{95\%}$, Q_2 , Q_{10} , Q_{100});
- Cálculo do balanço hídrico (demanda x disponibilidade);
- Levantamento de dados da realidade das atividades do rio;
- Comparação com as informações do estudo hidrológico;
- Análise dos problemas hidrológicos que afetam as atividades;
- Definição de valores de referência para a manutenção das atividades;
- Prognóstico dos usos múltiplos de água;
- Contato com os técnicos para verificar a viabilidade das propostas.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	9
2	CARACTERIZAÇÃO DA BACIA	11
2.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	11
2.2	BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JACARÉ PEPIRA	19
2.3	RELEVO E DECLIVIDADE DA ÁREA.....	22
2.4	SOLOS E VOLUME DISPONÍVEL.....	25
2.5	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	29
2.6	PERÍMETRO CAR	31
2.6.1	BROTAS/SP	32
2.6.2	SÃO PEDRO/SP.	33
2.6.3	BOA ESPERANÇA DO SUL/SP	34
2.6.4	BOCAINA/SP	35
2.6.5	DOIS CÓRREGOS/SP	36
2.6.6	DOURADO/SP	37
2.6.7	JAÚ/SP.....	38
2.6.8	TRABIJU/SP	39
2.6.9	TORRINHA/SP	40
2.6.10	RIBEIRÃO BONITO/SP	41
3	CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA REGIONAL	42
4	CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	45
5	BALANÇO HÍDRICO SUPERFICIAL	64
5.1	LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS ESTUDADOS E DELIMITAÇÃO DE SUAS BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	64
5.2	LEVANTAMENTO DA BASE DE OUTORGAS NA BACIA DO RIO JACARÉ PEPIRA JUNTO A ÁREA DE ESTUDO.	67
5.3	LEVANTAMENTO SOBRE O CONSUMO DE ÁGUA DAS ATIVIDADE AGRÍCOLAS	70
5.4	MAPEAMENTO DE TRECHOS DA ÁREA DA SUB-BACIA DO RIO JACARÉ PEPIRA POR IMAGENS TÉRREAS E AÉREAS.....	70
6	LEVANTAMENTO NA BASE DE DADOS DO DAEE E ANA SOBRE AS OUTORGAS DE CAPTAÇÃO, LANÇAMENTOS E BARRAMENTOS EXISTENTES E VERIFICAÇÃO DA DEMANDA HÍDRICA NA BACIA DO RIO JACARÉ-PEPIRA ATÉ O PONTO FINAL DE ESTUDO	71
7	IDENTIFICAÇÃO DE CAPTAÇÕES E USOS NÃO REGISTRADOS	76
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
	APÊNDICES	83
	ANEXOS	110

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1. LOCALIZAÇÃO DOS LIMITES DA MANCHA URBANA DO MUNICÍPIO DE BROTAS-SP E LIMITES DA BACIA DE ESTUDO E DA BACIA DO JACARÉ-PEPIRA ATÉ CONFLUÊNCIA COM O RIO TIETÊ.	12
FIGURA 2.2. SITUAÇÃO ATUAL DA REDE PLUVIOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JACARÉ PEPIRA.	17
FIGURA 2.3. SITUAÇÃO FUTURA DA REDE PLUVIOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JACARÉ PEPIRA.	18
FIGURA 2.4. SUB-BACIAS DO RIO JACARÉ-PEPIRA ATÉ RIBEIRÃO DO POTREIRO E CONFLUÊNCIA COM O RIO TIETÊ.	20
FIGURA 2.5. MAPA DE ALTIMETRIA (METROS) PARA A BACIA DE ESTUDO SOBRE O RIO JACARÉ-PEPIRA (BROTAS-SP)	23
FIGURA 2.6. MAPA DE DECLIVIDADE (%) PARA A BACIA DE ESTUDO SOBRE O RIO JACARÉ-PEPIRA (BROTAS-SP).	24
FIGURA 2.7. SOLOS PARA A BACIA DE ESTUDO (BROTAS-SP).	27
FIGURA 2.8. VOLUME HÍDRICO DISPONÍVEL PARA A BACIA, SEGUNDO LEVANTAMENTO DA EMBRAPA.....	28
FIGURA 2.9. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PARA A ÁREA DE ESTUDO (BROTAS-SP).....	30
FIGURA 2.10. ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR, IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – BROTAS/SP.....	32
FIGURA 2.11. ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR, IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – SÃO PEDRO/SP	33
FIGURA 2.12. ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR, IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – BOA ESPERANÇA DO SUL/SP	34
FIGURA 2.13. ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR, IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – BOCAINA/SP.	35
FIGURA 2.14. ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR, IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – DOIS CÔRREGOS/SP	36
FIGURA 2.15. ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR, IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – DOURADO/SP.....	37
FIGURA 2.16. ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR, IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – JAÚ/SP.....	38
FIGURA 2.17. ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR, IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – TRABIJUSP	39
FIGURA 2.18. ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR, IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – TORRINHA/SP.	40
FIGURA 2.19. ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR, IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – RIBEIRÃO BONITO/SP.	41
FIGURA 3.1. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA NA BACIA E ÁREA DE ESTUDO DO RIO JACARÉ PEPIRA.	43

FIGURA 4.1. MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DA BACIA DE ESTUDO E DISTRIBUIÇÃO DE ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS NA REGIÃO.	47
FIGURA 4.2 POLÍGONO DE <i>THIESSEN</i> GERADO ATRAVÉS DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS LEVANTADAS NA REGIÃO DE ESTUDO.	58
FIGURA 4.3. ISOIETAS GERADAS A PARTIR DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL DE CADA ESTAÇÃO SELECIONADA NA REGIÃO.	63
FIGURA 5.1. PONTOS DE INTERESSE E TRAÇADO DAS ÁREAS DE DRENAGEM DENTRO DA BACIA DE ESTUDO.	66
FIGURA 5.2. BACIA DO RIO JACARÉ-PEPIRA (UGRHI 13).	68
FIGURA 5.3. PONTOS DE CAPTAÇÕES, BARRAGENS E LANÇAMENTOS OUTORGADOS NAS BACIAS ESTUDADAS.	69

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1. DENSIDADE MÍNIMA RECOMENDADA POR TIPO DE ESTAÇÃO (ÁREA EM KM ² POR ESTAÇÃO).	13
TABELA 2.2. ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS INSTALADAS NA BACIA HIDROGRÁFICA EM ESTUDO.	14
TABELA 2.3. SUGESTÃO DE ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS A SEREM INSTALADAS.	16
TABELA 2.4. CARACTERÍSTICA MORFOMÉTRICAS DA BACIA E DAS SUB-BACIAS DE ESTUDO (BROTAS-SP).	21
TABELA 2.5. DESCRIÇÃO DAS CLASSES DETERMINADAS PELO MAPBIOMAS E ÁREA QUE COBREM NA BACIA.	29
TABELA 4.1. ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS NO ESTUDO DE PRECIPITAÇÃO.	46
TABELA 4.2. RESUMO ESTATÍSTICO DAS ESTAÇÕES SELECIONADAS	50
TABELA 4.3 RESUMO ESTATÍSTICO DA PRECIPITAÇÃO ANUAL PARA A BACIA DO JACARÉ PEPIRA, POR MEIO DE INTERPOLAÇÃO DOS DADOS DAS ESTAÇÕES SELECIONADAS.	56
TABELA 4.4. PRECIPITAÇÕES ESTIMADAS PARA AS SUB-BACIAS DA REGIÃO, OBTIDAS ATRAVÉS DO POLÍGONO DE THIESSEN.	59
TABELA 5.1. INFORMAÇÕES SOBRE OS PONTOS DE INTERESSE DENTRO DA BACIA DE ESTUDO.	65
TABELA 6.1. MAIORES USUÁRIOS POR FINALIDADE DE USO NA REGIÃO HIDROGRÁFICA UGRHI 13 – TIETÊ-JACARÉ.	75
TABELA 6.2. VAZÃO OUTORGADA POR FINALIDADE DE USO NA REGIÃO HIDROGRÁFICA UGRHI 13 – TIETÊ-JACARÉ	75

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. EXTRATO DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO PARA A REGIÃO DE BROTAS.....	44
GRÁFICO 2. SÉRIE PLUVIOMÉTRICA DA CHUVA ANUAL PARA A ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA D5-006 – TORRINHA/SP.....	52
GRÁFICO 3. SÉRIE PLUVIOMÉTRICA DA CHUVA ANUAL PARA A ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA 2148124 – BOA ESPERANÇA DO SUL/SP.....	52
GRÁFICO 4. SÉRIE PLUVIOMÉTRICA DA CHUVA ANUAL PARA A ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA 2148168 – RIBEIRÃO BONITO/SP.....	53
GRÁFICO 5. SÉRIE PLUVIOMÉTRICA DA CHUVA ANUAL PARA A ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA 2247021 – IPEÚNA/SP.....	53
GRÁFICO 6. SÉRIE PLUVIOMÉTRICA DA CHUVA ANUAL PARA A ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA 2247184 – ITIRAPINA/SP.....	54
GRÁFICO 7. SÉRIE PLUVIOMÉTRICA DA CHUVA ANUAL PARA A ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA 2247185 – SÃO CARLOS/SP.....	54
GRÁFICO 8. SÉRIE PLUVIOMÉTRICA DA CHUVA ANUAL PARA A ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA 2248005 – RIBEIRÃO BONITO/SP.....	55
GRÁFICO 9. SÉRIE PLUVIOMÉTRICA DA CHUVA ANUAL PARA A ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA 2248009 – DOURADO/SP.....	55
GRÁFICO 10. SÉRIE PLUVIOMÉTRICA DA CHUVA ANUAL PARA A ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA 2248116 – GUARAPUÃ/SP.....	56
GRÁFICO 11. SÉRIE HISTÓRICA DE PRECIPITAÇÃO ESTIMADA PARA A BACIA DO RIO JACARÉ-PEPIRA ATÉ O LIMITE DO TRECHO.....	57
GRÁFICO 12 MÉDIA DA PRECIPITAÇÃO ANUAL, EM DÉCADAS, PARA A BACIA DE ESTUDO.....	60
GRÁFICO 13. RELAÇÃO ENTRE A PRECIPITAÇÃO ANUAL, EM DÉCADAS, E A PRECIPITAÇÃO MÉDIA PARA A BACIA.....	61
GRÁFICO 14. GRÁFICO DA FUNÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE NORMAL AJUSTADA PARA AS SÉRIES HISTÓRICAS.....	61
GRÁFICO 15. VAZÃO OUTORGADA POR FINALIDADE DE USO NA REGIÃO HIDROGRÁFICA UGRHI 13 – TIETÊ-JACARÉ EM M ³ /S.....	73
GRÁFICO 16. VAZÃO OUTORGADA POR FINALIDADE DE USO NA REGIÃO HIDROGRÁFICA UGRHI 13 – TIETÊ-JACARÉ EM M ³ /H.....	73
GRÁFICO 17. VOLUME POR FINALIDADE DE USO NA REGIÃO HIDROGRÁFICA UGRHI 13 – TIETÊ-JACARÉ.....	74

1 INTRODUÇÃO

Considerando-se os eventos de secas acontecidos nos últimos anos o manejo dos recursos hídricos é de fundamental importância quando se refere a regionalização e estudos relacionados às vazões disponíveis para caracterização dele. Assim, se tornando necessário estudos voltados ao planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, como suas respectivas bacias hidrográficas e precipitações médias anuais.

Para tanto, é necessário definir, com precisão e exatidão, os valores das vazões ao longo de uma série histórica, utilizando informações de fontes próximas (geograficamente), confiáveis e representativas para o horizonte de tempo do projeto.

Estes tipos de estudos iniciam com uma análise da disponibilidade para determinar o potencial de suprimento de uma determinada demanda de água por meio do recurso hídrico disponível.

No município de Brotas, encontra-se o principal rio da análise dentro da UGRHI 13 (Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos), bacia Tietê/Jacaré, que se denomina Rio Jacaré-Pepira.

Para garantir as atividades aquáticas no Rio Jacaré-Pepira no município de Brotas, é necessário um suprimento de água durante suas fases, sendo que períodos de estiagem no decorrer de algumas destas fases pode ter grande impacto negativo à atividade.

A partir da regionalização hidrológica foram feitas análises a respeito da capacidade de regularização da vazão em função dos pontos de interesse de análise juntamente com suas bacias.

Desta forma visando o atendimento do Produto 1 descrito no Termo de Referência no item Meta 5.1, foram elaborados diversos cenários para otimizar o uso dos recursos hídricos em harmonia com a atividade. Por último foram estimadas as vazões mínimas que ocorre na bacia do Jacaré-Pepira.

Assim para o presente plano de vazões mínimas contemplou os seguintes resultados:

- Balanço agrometeorológico da região determinando o balanço hídrico climática para atender as demandas das atividades aquáticas.
- Balanço hidrológico da bacia do Jacaré-Pepira e determinação do saldo remanescente superficial perante as demandas hídricas.
- Determinar as vazões mínimas pela regionalização e estudo da estação fluviométrica existente.

2 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA

2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

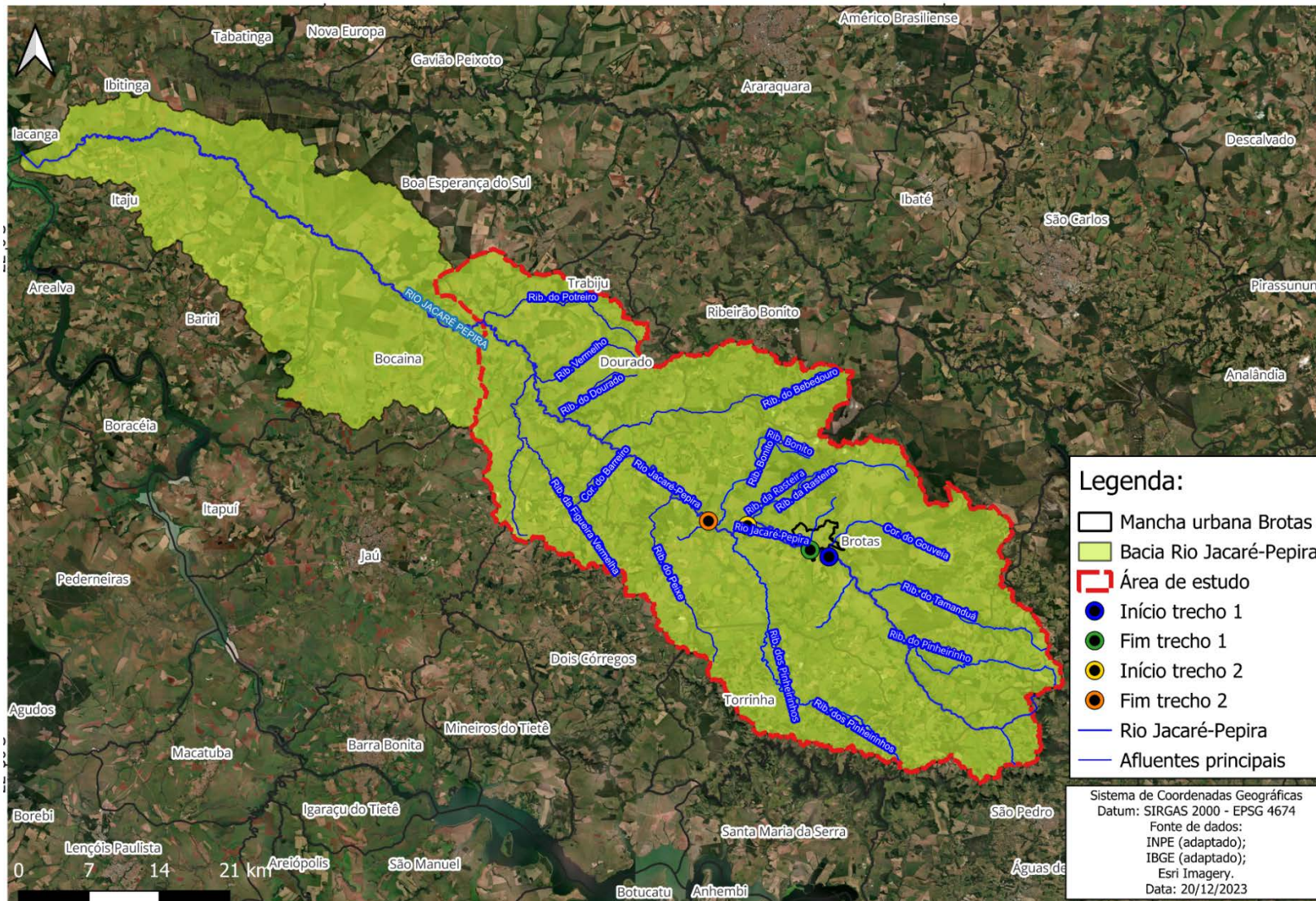
A bacia do Rio Jacaré-Pepira até o ponto final do segundo trecho de interesse está localizada, dentro da UGRHI 13 (Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos), bacia Tietê/Jacaré, compondo o conjunto de bacias classificadas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo CETESB (CETESB, 2023) como em processo de industrialização.

A bacia se localiza predominantemente dentro dos limites no município de Brotas/SP, possuindo parte de sua área de drenagem presente nos municípios de Itirapina/SP, Torrinha/SP e de São Pedro/SP conforme apresentado na Figura 2.1 e mapa anexo (apêndice I).

A bacia se estende sobre uma área de aproximadamente 1773,94 km² ou 177.394,00 ha, inserida entre as coordenadas UTM (Siras 2000, meridiano central 22K) 755,070 km e 824,828 km Leste e 7.565,040 km 7.503,623 km Norte, resultando em uma distância vertical de cerca de 33,98 km e horizontal de cerca de 41,68 km.

Os trechos denominados como 1 e 2, representam os principais pontos de estudo, sendo a referência no Rio Jacaré-Pepira das atividades de rafting na região e município de Brotas, sendo de suma importância socioeconômica na região, apresentados também na **Figura 2.1**.

Figura 2.1. Localização dos limites da mancha urbana do município de Brotas-SP e limites da bacia de estudo e da bacia do Jacaré-Pepira até confluência com o Rio Tietê.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Conforme consta no boletim nº 168 da Organização Mundial de Meteorologia (OMM), a rede meteorológica mínima é aquela que ao ser utilizada corretamente evita deficiências no desenvolvimento e gerenciamento de recursos hídricos de um país, considerando seu atual estágio de desenvolvimento econômico e ambiental.

Segundo a OMM, a quantidade mínima de estações que compõem determinada rede meteorológica encontra-se em função de duas variáveis: a unidade fisiográfica e o tipo de variável meteorológica a ser medida. Em relação a primeira variável, a OMM divide as áreas em 07 unidades fisiográficas: áreas costeiras, montanhas, planícies interiores, regiões acidentadas, pequenas ilhas, áreas urbanizadas e zonas áridas/polares. Em relação à variável meteorológica, a OMM considera 05 tipos de variáveis: precipitação, evaporação, vazão, sedimentos e qualidade da água. O número de estações de cada rede em função da combinação dessas variáveis é apresentado na

Tabela 2.1.

Tabela 2.1. Densidade mínima recomendada por tipo de estação (área em km² por estação).

UNIDADE FISIAGRÁFICA	PRECIPITAÇÃO		EVAPORAÇÃO	VAZÃO	SEDIMENTO	QUALIDADE DA ÁGUA
	MANUAIS	AUTOMÁTICAS				
Áreas Costeiras	900	9.000	50.000	2.750	18.300	55.000
Montanhas	250	2.500	50.000	1.000	6.700	20.000
Planícies Interiores	575	5.750	5.000	1.875	12.500	37.500
Regiões Acidentadas	575	5.750	50.000	1.875	12.500	47.500
Pequenas Ilhas	25	250	50.000	300	2.000	6.000
Áreas Urbanizadas	-	10 a 20	-	-	-	-
Zonas Áridas/Polares	10.000	100.000	100.000	20.000	200.000	200.000

Fonte: Novaes Engenharia, 2024

A Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré Pepira apresenta área de 1.774 km² em área considerada como Planície Interior, segundo a classificação proposta na **Tabela 2.3**, sendo necessário a instalação de 04 Estações Pluviométricas Manuais, conforme cálculo abaixo:

$$n_{estações} = \frac{1.774}{575} = 3,08 \approx 4$$

A atual situação da Rede Pluviométrica da bacia, por sua vez, é ilustrada na **Figura 2.2**, sendo possível observar que esta apresenta atualmente 03 pluviômetros ativos – os postos 2248009 e 2248116 geridos pela Agência de Águas e Saneamento Básico (ANA) e o posto D5-006 gerido pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE) – e 06 pluviômetros ativos localizados próximos aos limites de sua face norte. Os pluviômetros localizados em sua face sul encontram-se desativados. A **Tabela 2.2** apresenta a lista dos pluviômetros e de sua atual situação, sendo: (i) Antiga, pluviômetros que apresentam séries com mais de 30 anos sem atualização; (ii) Desativada, pluviômetros que apresentam séries que estão desatualizadas há pouco tempo (entre 10 e 20 anos); e, (iii) Operante, pluviômetros que estão efetuando registros.

Tabela 2.2. Estações Pluviométricas instaladas na Bacia Hidrográfica em estudo.

ESTAÇÃO	MANUAIS	AUTOMÁTICAS	LATITUDE	LONGITUDE	SITUAÇÃO
D5-002	DAEE	620	22° 16' 58,80" S	48° 07' 58,80" W	Antiga
D5-052		680	22° 19' 58,80" S	48° 06' 00,00" W	Antiga
D5-069		810	22° 25' 01,20" S	48° 01' 01,20" W	Antiga
D4-040		780	22° 13' 58,80" S	47° 58' 58,80" W	Desativada
D4-098		660	22° 22' 01,20" S	47° 58' 58,80" W	Desativada
D5-078		680	22° 16' 58,80" S	48° 07' 01,20" W	Desativada
D5-006		783	22° 23' 44,98" S	48° 09' 50,00" W	Operante
2248008	ANA	702	22° 06' 00,00" S	48° 17' 58,99" W	Desativada
2247025		638	22° 31' 58,80" S	47° 55' 00,08" W	Desativada
2248023		557	22° 34' 00,12" S	48° 08' 59,64" W	Desativada
2248016		682	22° 22' 00,12" S	48° 22' 59,87" W	Desativada
2248050		514	22° 28' 49,80" S	48° 13' 59,88" W	Desativada
2248012		512	22° 18' 00,00" S	48° 31' 59,87" W	Desativada

ESTAÇÃO	MANUAIS	AUTOMÁTICAS	LATITUDE	LONGITUDE	SITUAÇÃO
2248009		711	22° 07' 59,00" S	48° 19' 00,12" W	Operante
2248116		740	22° 15' 00,00" S	48° 22' 58,80" W	Operante
2248130		440	22° 04' 32,16" S	48° 29' 00,96" W	Operante
2148124		493	21° 58' 59,88" S	48° 23' 59,64" W	Operante
2248005		633	22° 04' 59,88" S	48° 10' 59,88" W	Operante
2247185		790	22° 08' 53,84" S	48° 00' 02,12" W	Operante
2247184		914	22° 20' 31,91" S	47° 55' 04,08" W	Operante
2148168		546	21° 57' 41,04" S	48° 14' 56,00" W	Operante
2247021		633	22° 25' 59,87" S	47° 43' 00,12" W	Operante

Fonte: Novaes Engenharia, 2024

Apesar do número de pluviômetros ativos estar próximo ao mínimo recomendado pela OMM, a atual distribuição espacial não atende a critérios de projetos mais exigentes como, por exemplo: (i) a determinação da precipitação média (ou em função de determinada porcentagem) da bacia para estudos de vazões mínimas; (ii) ou do comportamento da precipitação durante tormentas críticas para estimativa de vazões máximas. Em função desse comportamento, recomenda-se:

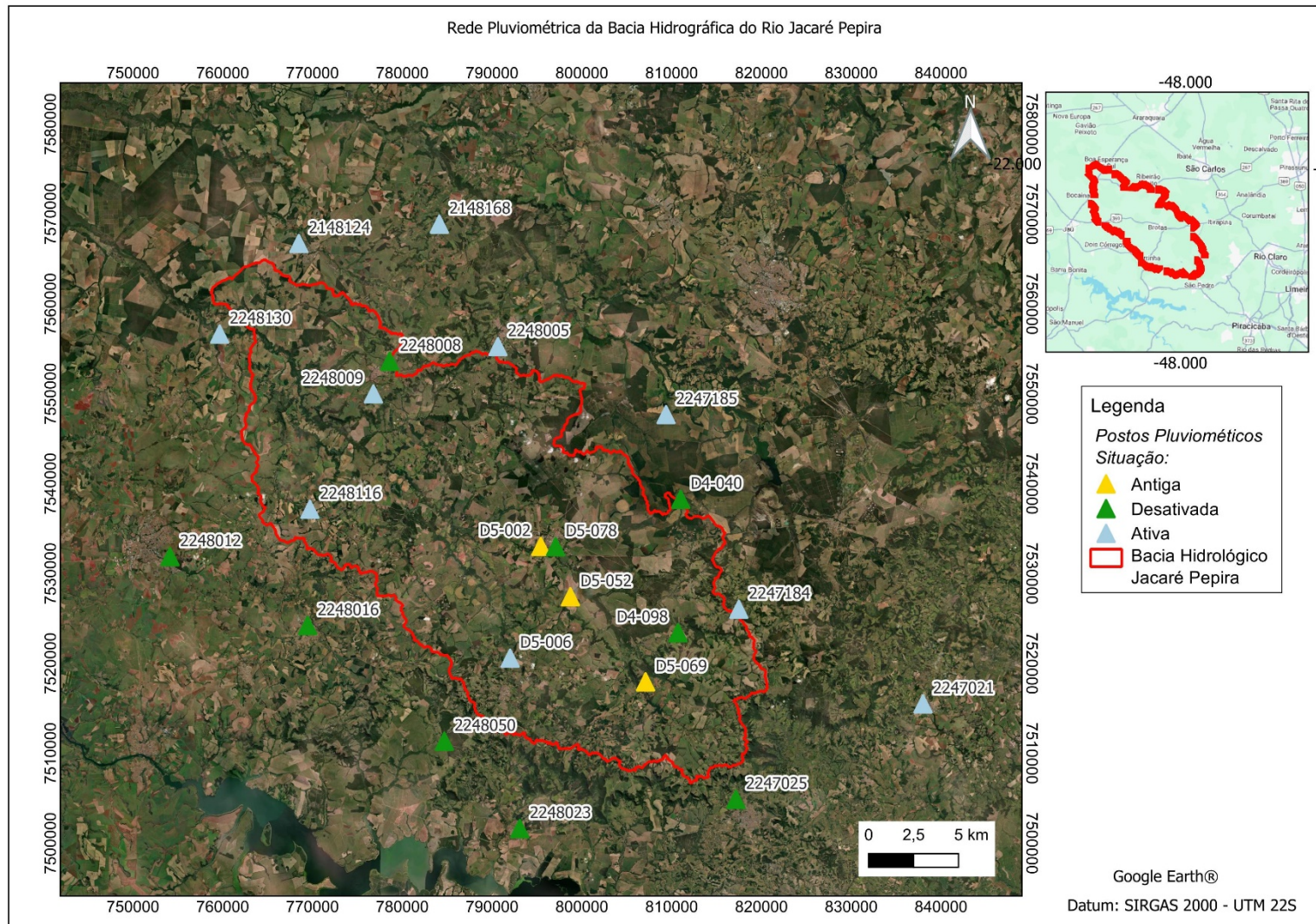
1. Reativação dos postos localizados na porção interna da bacia, a saber: D4-098, D5-078, D4-040;
2. Inserção de 03 novos pluviômetros nas coordenadas apresentadas na **Tabela 2.3** e ilustrado na **Figura 2.3**.

Tabela 2.3. Sugestão de Estações Pluviométricas a serem instaladas.

ESTAÇÃO	OPERADOR	LATITUDE	LONGITUDE	SITUAÇÃO
Novo - 01	DAEE	22° 27' 04,22" S	48° 01' 04,16" W	A instalar
Novo - 02		22° 17' 01,48" S	48° 13' 47,67" W	A instalar
Novo - 03		22° 11' 14,59" S	48° 11' 05,49" W	A instalar

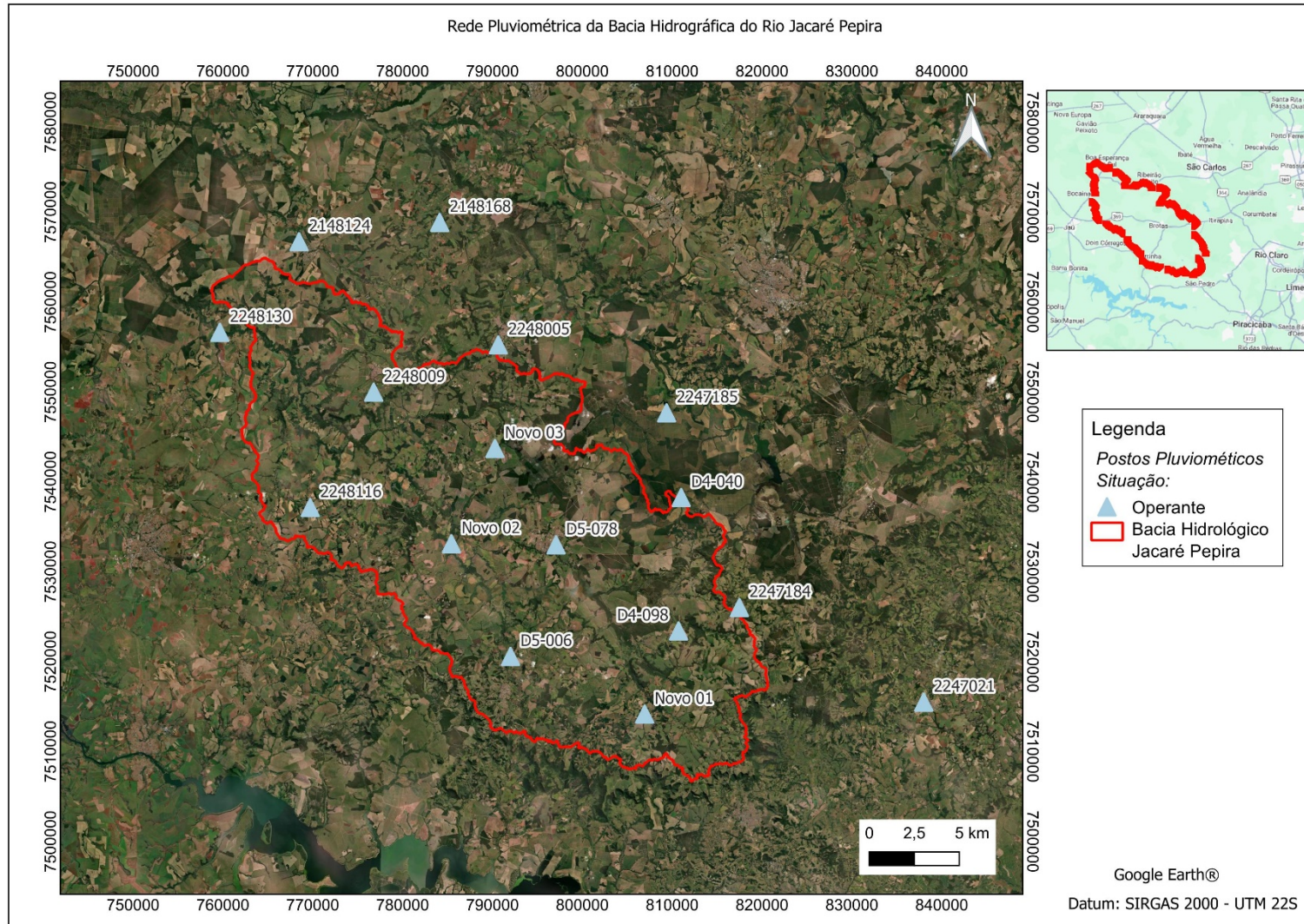
Fonte: Novaes Engenharia, 2024

Figura 2.2. Situação atual da Rede Pluviométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré Pepira.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 2.3. Situação Futura da Rede Pluviométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré Pepira.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

2.2 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JACARÉ PEPIRA

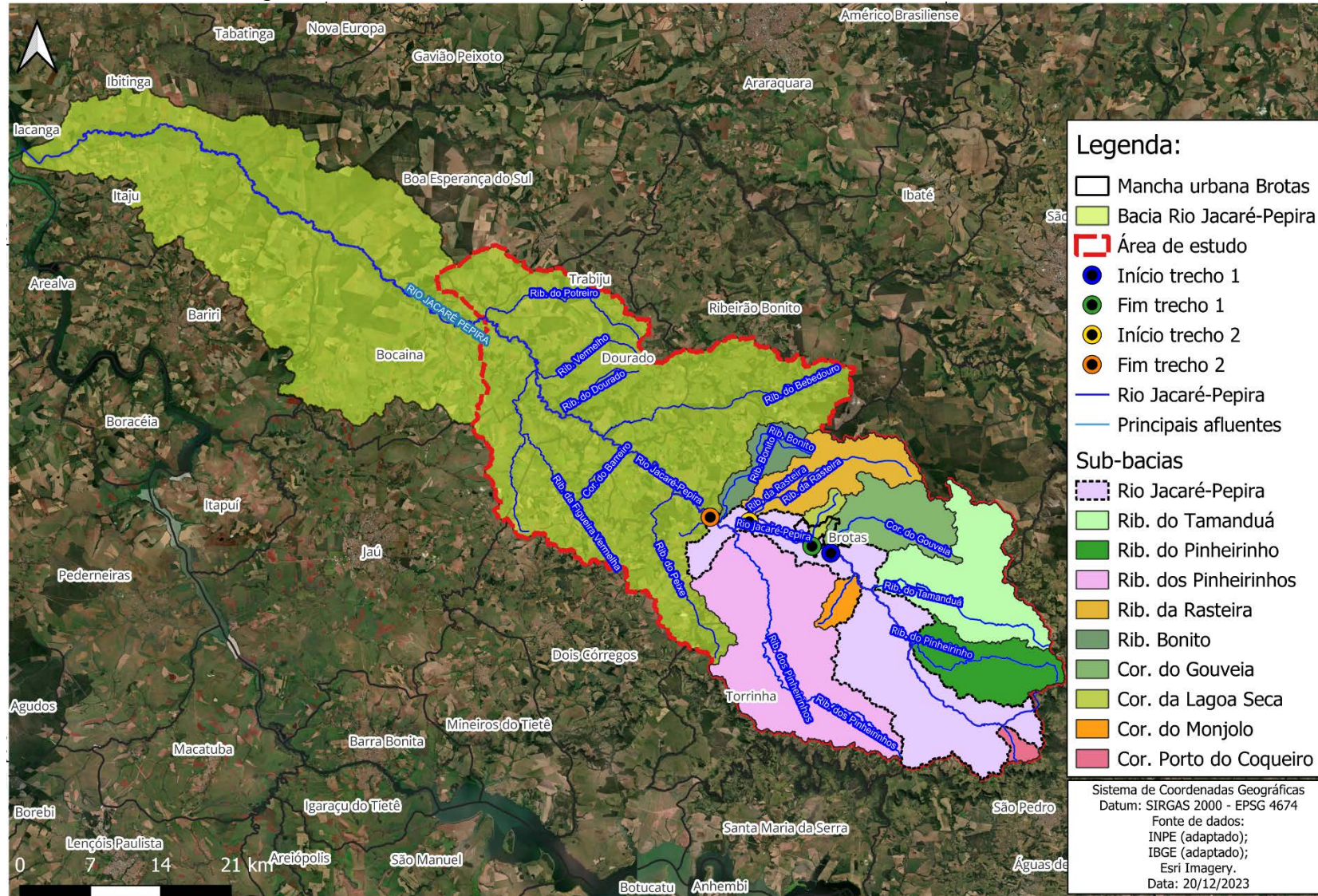
Pertencente à bacia do Tietê-Jacaré, o Rio Jacaré-Pepira tem sua nascente na divisa dos municípios de Brotas e São Pedro, na Serra de Itaquerí, a uma altitude de cerca de 1.040 metros acima do nível do mar. Possuindo uma extensão de cerca de 174 quilômetro e passando por 10 municípios do estado de São Paulo, o rio é um afluente a margem direita do Rio Tietê, desembocando no mesmo na altura dos municípios de Ibitinga e Itaju.

A bacia se destaca pelo seu enorme potencial turístico, sendo esta utilizada para a pratica de esportes náuticos e de esportes de aventura, tornando-a um fator de desenvolvimento regional. O Rio Jacaré-Pepira é um dos poucos no estado de São Paulo livre de poluição e com uma grande reserva de biodiversidade graças a recuperação e preservação das matas ciliares.

Segundo estudos realizados pelo Projeto Piloto do Consórcio do Rio Jacaré, as águas do Rio Jacaré-Pepira são enquadradas na classe II da classificação da CETESB, indicando que são propicias para banho, irrigação, navegação e para o consumo animal, evitando o consumo humano.

O trecho do Rio Jacaré-Pepira até a confluência com o Ribeirão Potreiro possui 20 afluentes principais, conforme apresentado na **Figura 2.4** e mapa anexo (apêndice II) sendo o Ribeirão do Tamanduá e o Ribeirão dos Pinheirinhos os que apresentam maior área de drenagem e por consequência uma forte influência sobre a vazão até o ponto de exultório determinado neste estudo.

Figura 2.4. Sub-bacias do rio Jacaré-Pepira até Ribeirão do Potreiro e confluência com o Rio Tietê.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Na **Tabela 2.4** são apresentados os principais afluentes do rio Jacaré-Pepira até o limite da área de estudo e a descrição de algumas características morfométricas das mesmas

Tabela 2.4. Característica morfométricas da Bacia e das sub-bacias de estudo (Brotas-SP).

DESCRIÇÃO	ÁREA (km ²)	DECLIVIDADE (%)	COMP. TALVEGUE (km)	DECL. TALVEGUE (m/km)
BACIA	1773,93	8,30	56,975	7,55
SUB-BACIAS				
CÓRREGO PORTO DO COQUEIRO	8,48	8,72	4,297	20,95
CÓRREGO LAGOA SECA	11,53	11,02	7,057	17,71
CÓRREGO MONJOLO	15,37	7,51	7,133	25,24
CÓRREGO GOUVEIA	79,26	6,25	15,458	9,38
RIBEIRÃO BONITO	38,64	6,19	18,399	10,87
RIBEIRÃO PINHEIRINHO	82,81	9,84	20,858	15,34
RIBEIRÃO RASTEIRA	85,35	6,98	21,339	11,01
RIBEIRÃO TAMANDUÁ	140,80	10,28	25,217	12,89
RIBEIRÃO PINHEIRINHOS	256,20	8,41	42,942	9,78
CÓRREGO DO BARREIRO	74,57	7,85	7,975	17,66
RIBEIRÃO DO BEBEDOURO	253,42	7,64	31,197	8,24
RIBEIRÃO DO DOURADO	27,81	10,47	10,969	23,67
RIBEIRÃO DA FIGUEIRA VERMELHA	165,12	7,27	30,309	30,31
RIBEIRÃO DO PEIXE	98,24	10,11	23,622	14,05
RIBEIRÃO DO POTREIRO	133,93	7,27	22,088	11,81
CÓRREGO QUENTE	11,2	11,54	4,919	50,58
RIBEIRÃO VERMELHO	36,5	9,37	14,552	19,35

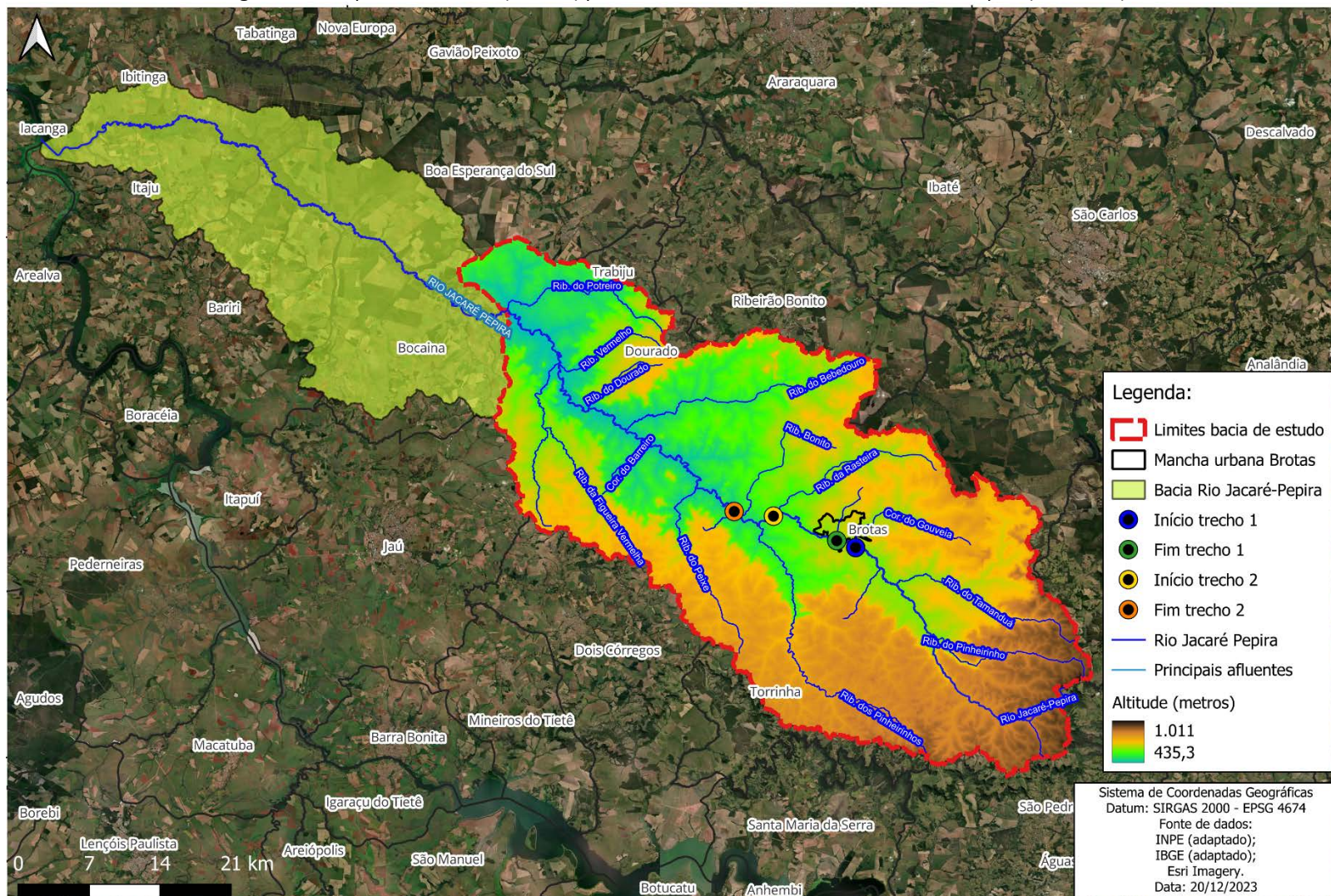
Fonte: Novaes Engenharia, 2024

2.3 RELEVO E DECLIVIDADE DA ÁREA

Na Figura 2.5 e mapa anexo (apêndice III) é apresentado o mapa de altitude (metros) bem como a Figura 2.6 e mapa anexo (apêndice IV) é apresentado o mapa de declividade (%) para a bacia do rio Jacaré-Pepira até o limite da área de estudo.

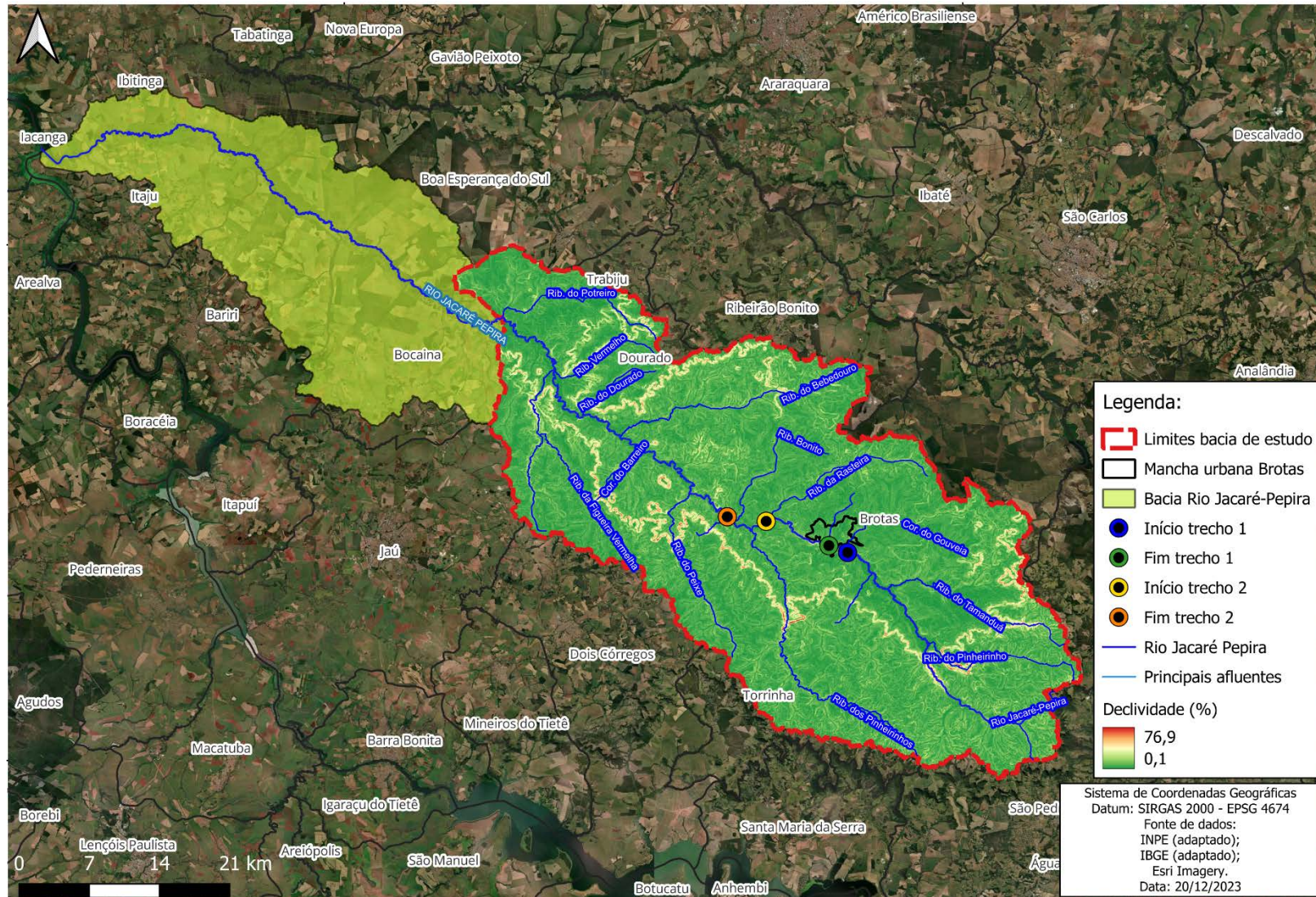
A altitude na bacia varia entre 435 metros e 1.011 metros, estando as áreas mais elevadas nos limites dos municípios de Brotas e São Pedro. A declividade média da bacia é de cerca de 8,8%, possuindo trechos mais íngremes (77% de declividade) nos limites da Serra do Itaquerí.

Figura 2.5. Mapa de altimetria (metros) para a bacia de estudo sobre o Rio Jacaré-Pepira (Brotas-SP)



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 2.6. Mapa de declividade (%) para a bacia de estudo sobre o Rio Jacaré-Pepira (Brotas-SP).



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

2.4 SOLOS E VOLUME DISPONÍVEL

Na **Figura 2.7** e mapa anexo (apêndice V) está apresentada a distribuição dos tipos de solos na região da bacia de estudo. Nota-se que há três tipos de solos que predominam na bacia:

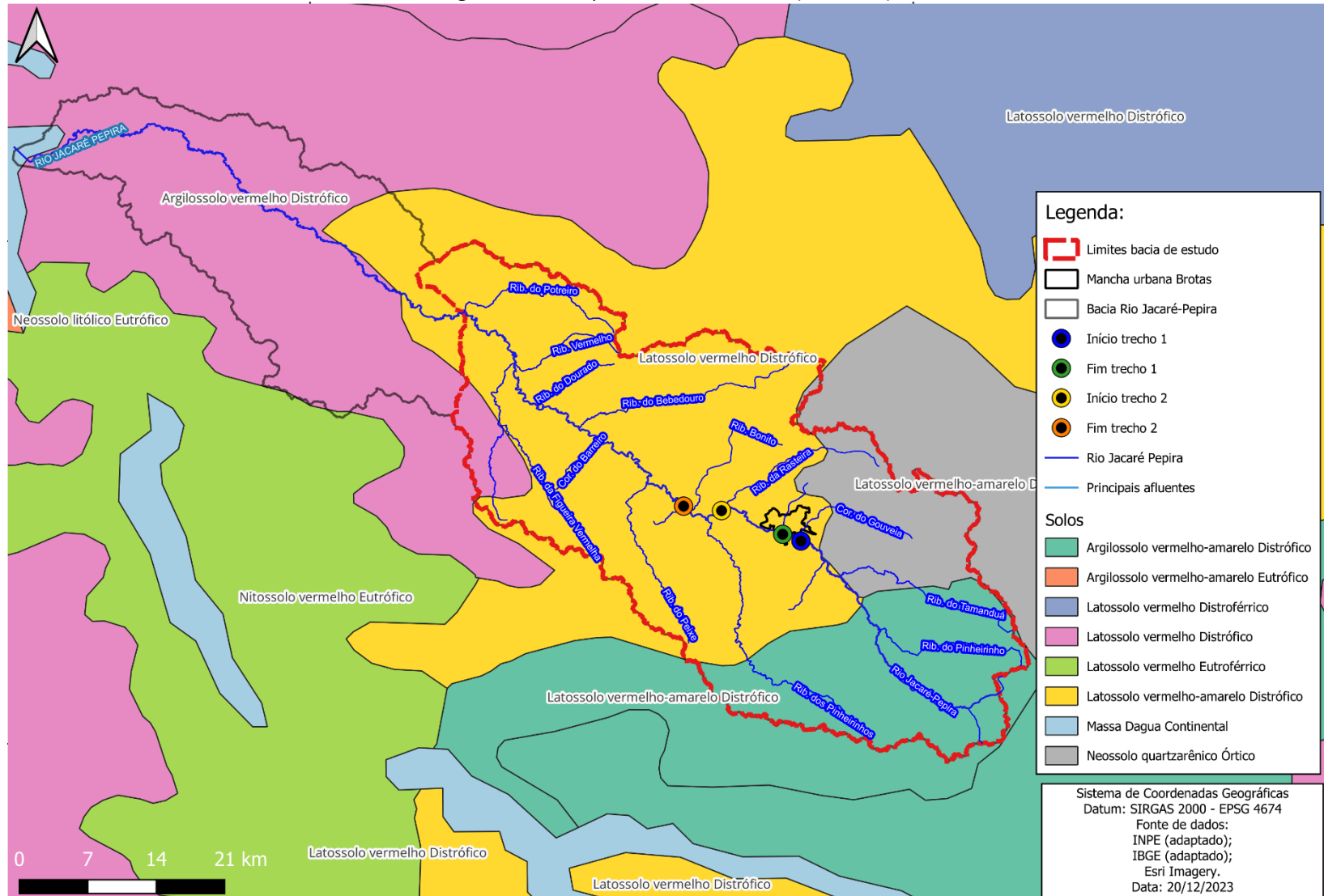
- **Latossolos Vermelho-Amarelo:** presentes em 61,90% da área ou cerca de 1.098,016 km², são solos que ocorrem em ambientes bem drenados, apesar de serem muito profundos e uniformes em características de cor, textura e estrutura em profundidade, apresentam diferença de porosidade entre as camadas superficiais e subsuperficiais, favorecendo os processos de erosão. Como os Argissolos Vermelho-Amarelo, apresentam boa capacidade de retenção de água, favorecendo a recarga do lençol freático e resultando em valores de vazões mínimas maiores nos cursos d'água próximos.
- **Argissolos Vermelho-Amarelo:** presentes em 22,73% da área ou cerca de 403,767 km², são solos profundos e muito profundos, bem estruturados e bem drenados e apresentam horizonte de acumulação de argila (B textural – Bt). Devido à relação textural presente nestes solos, ocorrem diferenças de infiltração nos horizontes superficiais e subsuperficiais, implicando em uma maior suscetibilidade aos processos erosivos (ex: runoff), porém, devido a maior capacidade de retenção de água, estes solos possuem uma tendência a uma maior capacidade de alimentação do lençol freático presente na região, resultando em valores de vazões mínimas maiores.
- **Neossolos Quartzarênico:** presentes em 12,21% da área ou cerca de 216,547 km², normalmente são solos profundos a muito profundos, com textura areia ou areia franca ao longo de pelo menos 150 cm de profundidade ou até o contato lítico. São solos excessivamente drenados e com baixa capacidade de retenção de água, e dependendo do relevo de ocorrência, o processo erosivo não é alto, porém em relevos com maior declividade podem ser sensíveis devido à textura ser essencialmente

arenosa. Devido a sua menor capacidade de retenção de água, estes solos possuem uma tendência a uma menor capacidade de alimentação do lençol freático presente na região, resultando em valores de vazões mínimas menores.

Baseando-se no mapa de estimativa de volume hídrico dos solos, desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2023), o volume hídrico disponível para a bacia variou entre 1,01 e 1,91 mm de água por cm de solo, sendo o valor médio igual a 1,53 mm/cm, valor este classificado como médio a elevado segundo escala proposta pela Embrapa, conforme apresentado na **Figura 2.8** e mapa anexo (apêndice VI).

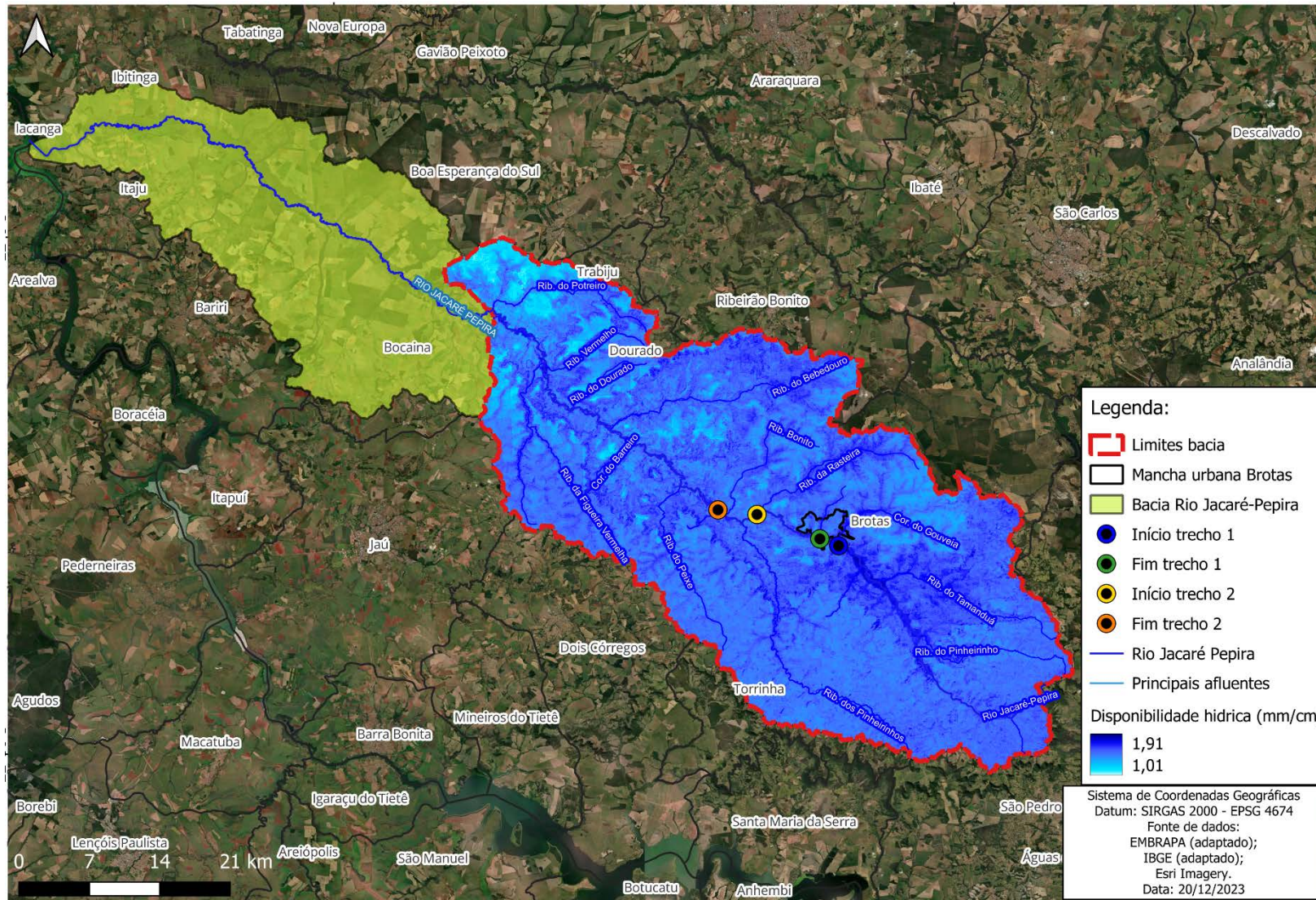
O resultado obtido para a bacia é corroborado com os tipos de solos predominantes na área (Argissolos e Latossolos), que juntos representam cerca de 84,63% da bacia e apresentam boa capacidade de retenção hídrica.

Figura 2.7. Solos para a bacia de estudo (Brotas-SP).



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 2.8. Volume hídrico disponível para a bacia, segundo levantamento da Embrapa



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

2.5 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A maior parte da bacia é constituída por atividades ligadas à agricultura correspondendo a cerca de 81% do uso e ocupação do solo, conforme apresentado

Figura 2.9 e mapa anexo (apêndice VII). Dentre as culturas, se destacam as lavouras temporárias que somadas correspondem a cerca de 34% da área total, com destaque para a cultura de cana-de-açúcar que corresponde a 90% da área de lavoura perene. Os cultivos diversos correspondem a 50,3% do total da área e a silvicultura a 15,6%.

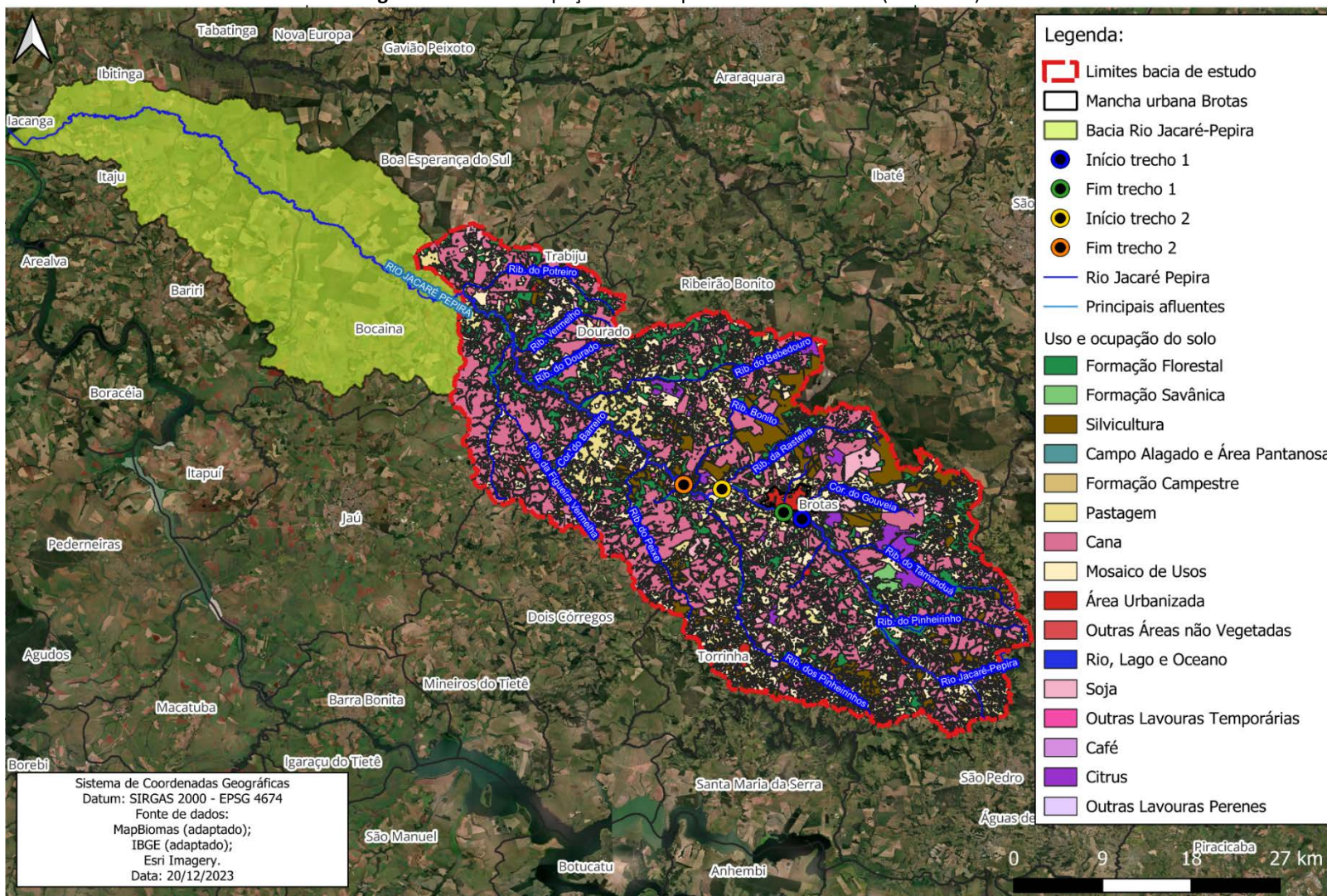
Na **Tabela 2.5** é apresentada a descrição de cada classe definida pelo projeto MapBiomias e a referente área que ocupada dentro da bacia de estudo.

Tabela 2.5. Descrição das classes determinadas pelo MapBiomias e área que cobrem na bacia.

MAPBIOMAS	CLASSE	SUBCLASSE 1	SUBCLASSE 2	ÁREA (km ²)	(%)
1	Florestal	---	---	301,952	17,0
		Formação Florestal	---	280,321	15,7
		Formação Savânica	---	21,631	1,2
2	Nat. não florestal	---	---	27,041	1,5
		Campo Alagado	---	25,007	1,4
		Form. Campestre	---	2,034	0,1
3	Agropecuária	---	---	1.432,568	80,5
		Pastagem	---	172,619	9,7
		Lavoura Temporária	Soja	50,676	2,8
		Lavoura Temporária	Cana	537,262	30,2
		Lavoura Temporária	Outras	7,777	0,4
		Lavoura Perene	Café	3,252	0,2
		Lavoura Perene	Citrus	31,022	1,7
		Lavoura Perene	Outras	3,808	0,2
		Silvicultura	---	139,794	7,9
		Mosaico de uso	---	486,357	27,3
4	Área não vegetada	---	---	15,964	0,9
		Área Urbanizada	---	14,344	0,8
		Outras áreas	---	1,620	0,1
5	Corpo D'água	---	---	2,369	0,1
		Rio, Lago e Oceano	---	2,369	0,1

Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 2.9. Uso e ocupação do solo para a área de estudo (Brotas-SP).



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

2.6 PERÍMETRO CAR

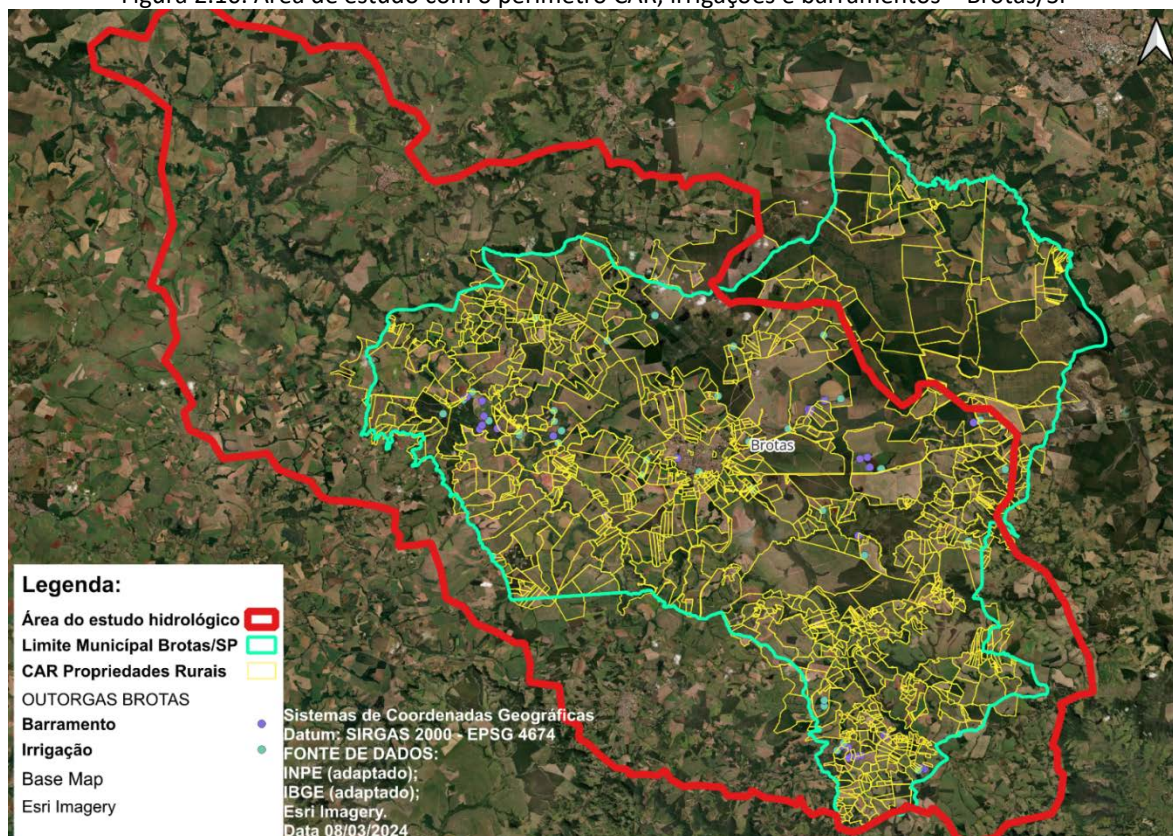
O Cadastro Ambiental Rural (CAR) representa um marco significativo na gestão sustentável dos recursos naturais no contexto agrícola. Introduzido como instrumento fundamental pela Lei nº 12.651/2012, o CAR é um sistema que visa promover o mapeamento e a regularização ambiental de propriedades rurais no Brasil. Este mecanismo tornou-se peça-chave para a implementação do Código Florestal, contribuindo para a conservação de ecossistemas, a preservação da biodiversidade e o desenvolvimento de práticas agrícolas mais responsáveis. Neste cenário, o CAR emerge como uma ferramenta crucial para conciliar a produção agropecuária com a preservação ambiental, estabelecendo uma base sólida para a construção de um futuro sustentável no âmbito rural brasileiro.

Seguindo desta premissa, foram realizados os levantamentos de todas as propriedades rurais dos municípios que fazem parte de área de estudo, disponíveis junto ao Cadastro Ambiental Rural. Estas informações foram compiladas em um banco de dados SIG (Sistema de Informação Geográfica) e serão disponibilizadas em arquivo digital (Shp.). A seguir, serão apresentados os mapas gerados individualmente para cada município.

2.6.1 Brotas/SP

Foram verificados 1.060 imóveis rurais junto a área total do município de Brotas, bem como um total registrados de 38 barramentos e 60 registros de irrigações que fazem parte da área de estudo, conforme apresentados na **Figura 2.10** e apêndice XIV.

Figura 2.10. Área de estudo com o perímetro CAR, irrigações e barramentos – Brotas/SP

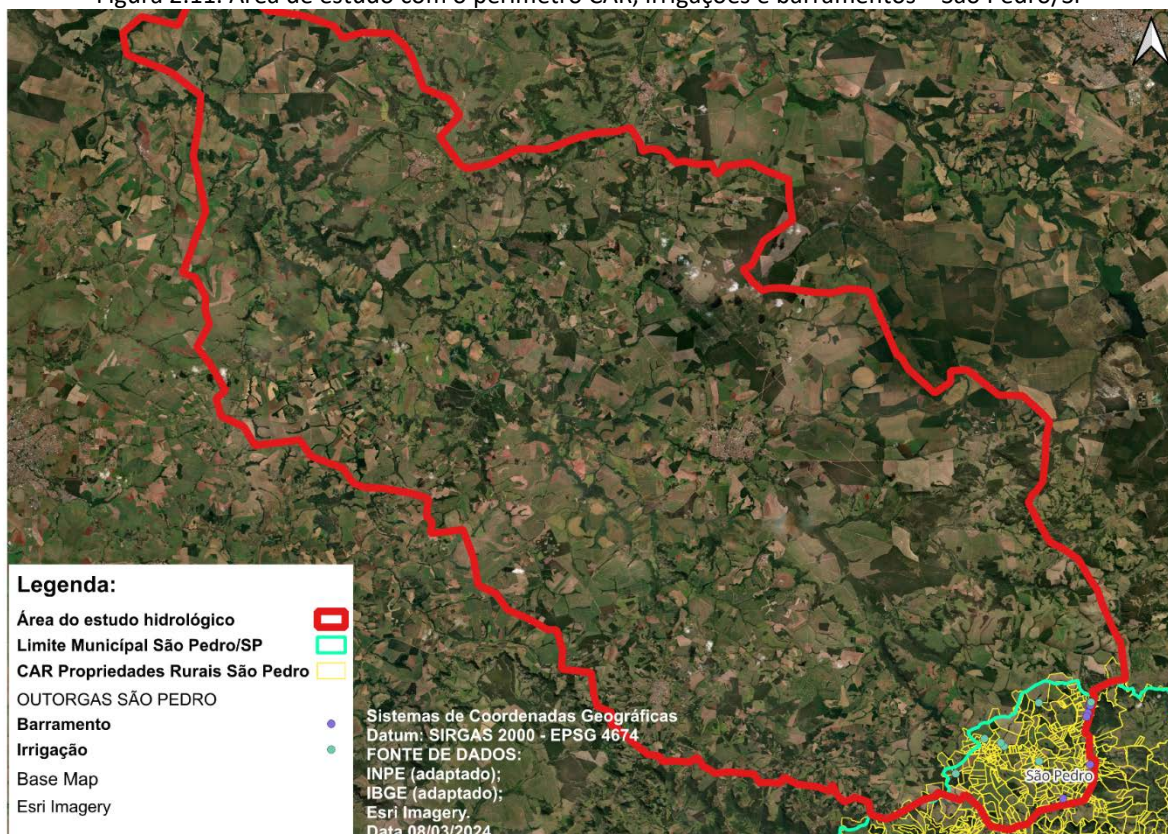


Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

2.6.2 São Pedro/SP.

Foram verificados 988 imóveis rurais junto a área total do município de São Pedro/SP, bem como um total registrados de 7 barramentos e 8 registros de irrigações que fazem parte da área de estudo. Observa-se que este município não possui uma área muito representativa junto a área de estudo, conforme apresentados na **Figura 2.11** e apêndice XV.

Figura 2.11. Área de estudo com o perímetro CAR, irrigações e barramentos – São Pedro/SP

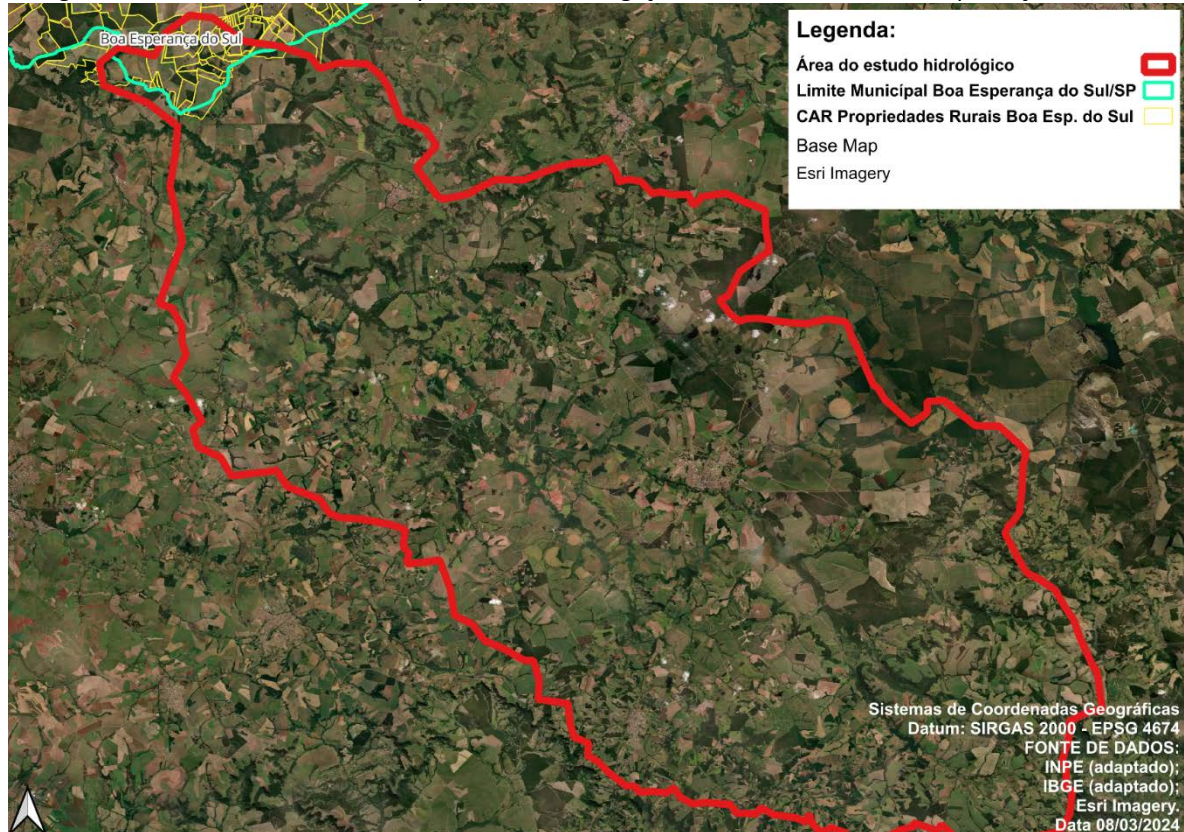


Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

2.6.3 Boa Esperança do Sul/SP

Foram verificados 370 imóveis rurais na a área total do município de Boa Esperança do Sul/SP, porém junto a área de estudo não foram encontradas outorgas de irrigações e barragens registradas junto aos órgãos competentes, conforme apresentados na **Figura 2.12** e apêndice XVI.

Figura 2.12. Área de estudo com o perímetro CAR, irrigações e barramentos – Boa Esperança do Sul/SP

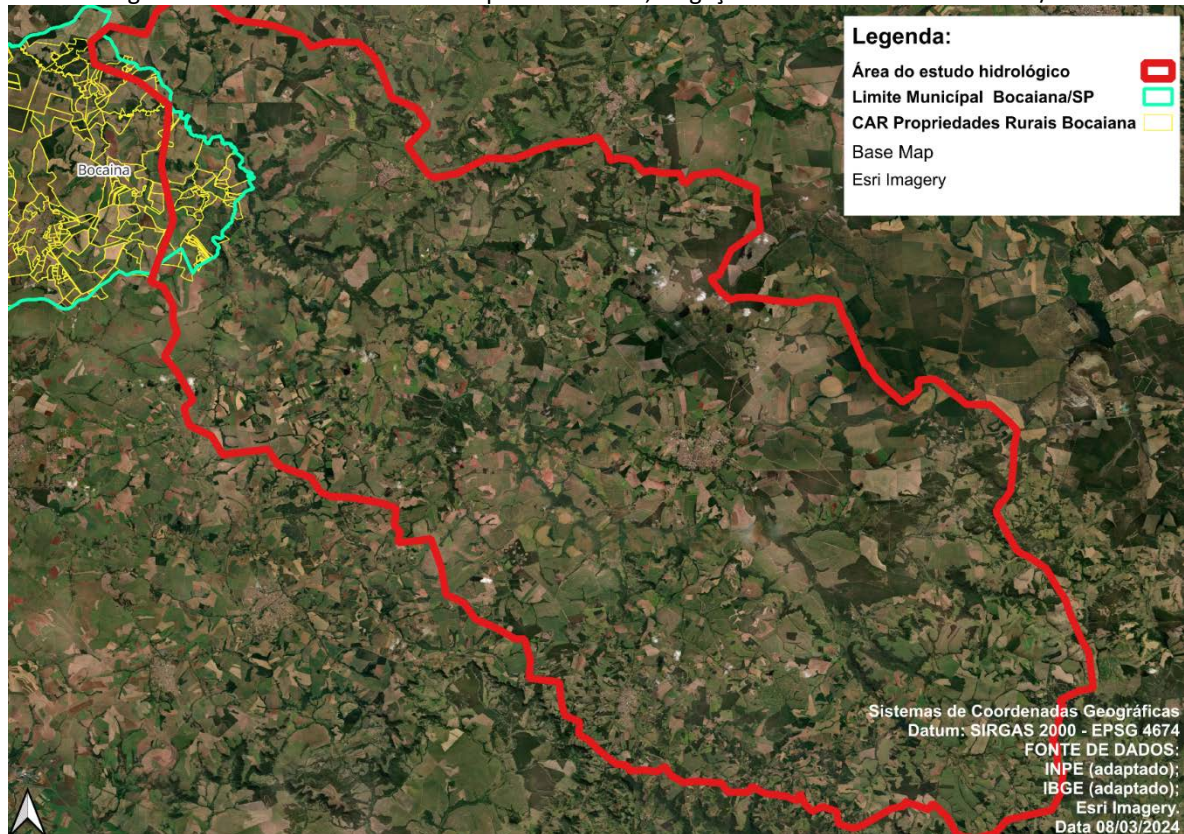


Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

2.6.4 Bocaina/SP

Verificou-se a existência de 307 imóveis rurais na área total do município de Bocaina/SP, porém junto a área de estudo não foram encontradas outorgas de irrigações e barragens registradas junto aos órgãos competentes, conforme apresentados na **Figura 2.13** e apêndice XVII.

Figura 2.13. Área de estudo com o perímetro CAR, irrigações e barramentos – Bocaina/SP.

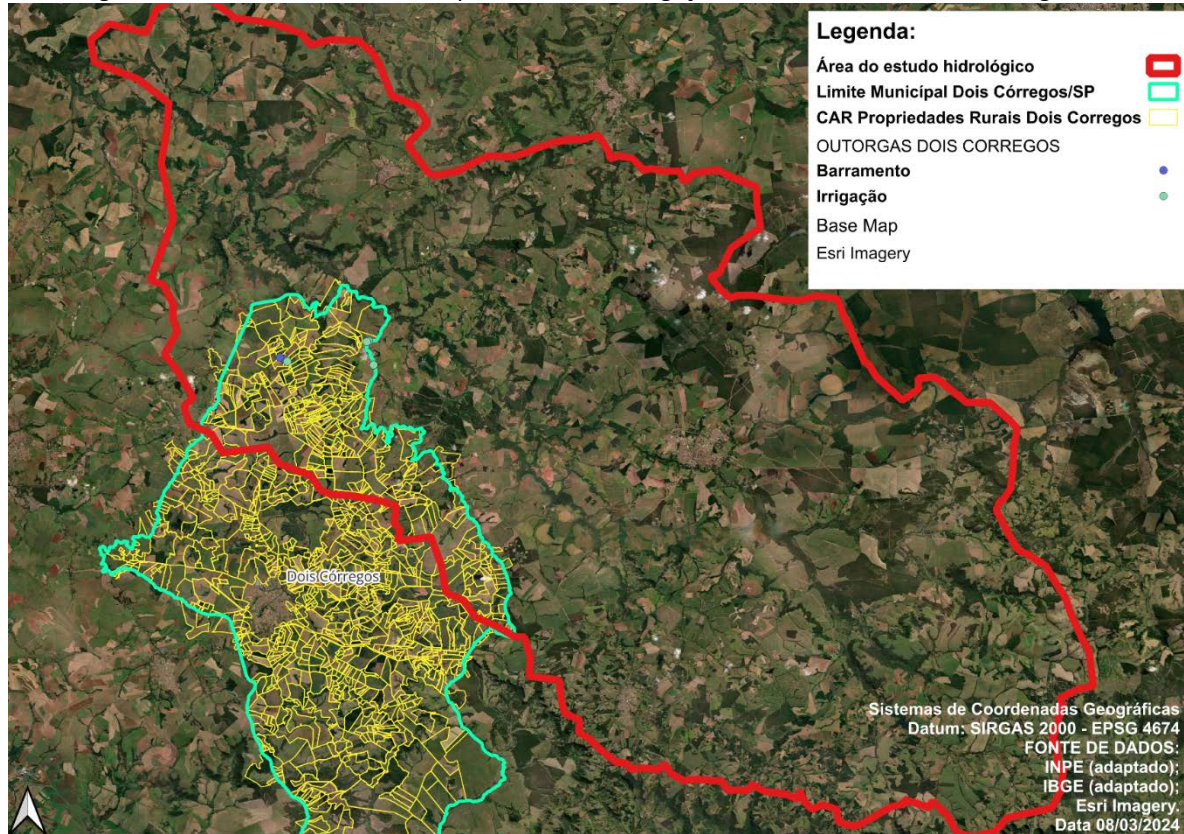


Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

2.6.5 Dois Córregos/SP

Foram verificados 1.065 imóveis rurais junto a área total do município de Dois Córregos/SP, bem como um total de 2 barramentos e 8 irrigações registradas que fazem parte da área de estudo, conforme apresentados na **Figura 2.14** e apêndice XVIII.

Figura 2.14. Área de estudo com o perímetro CAR, irrigações e barramentos – Dois Córregos/SP

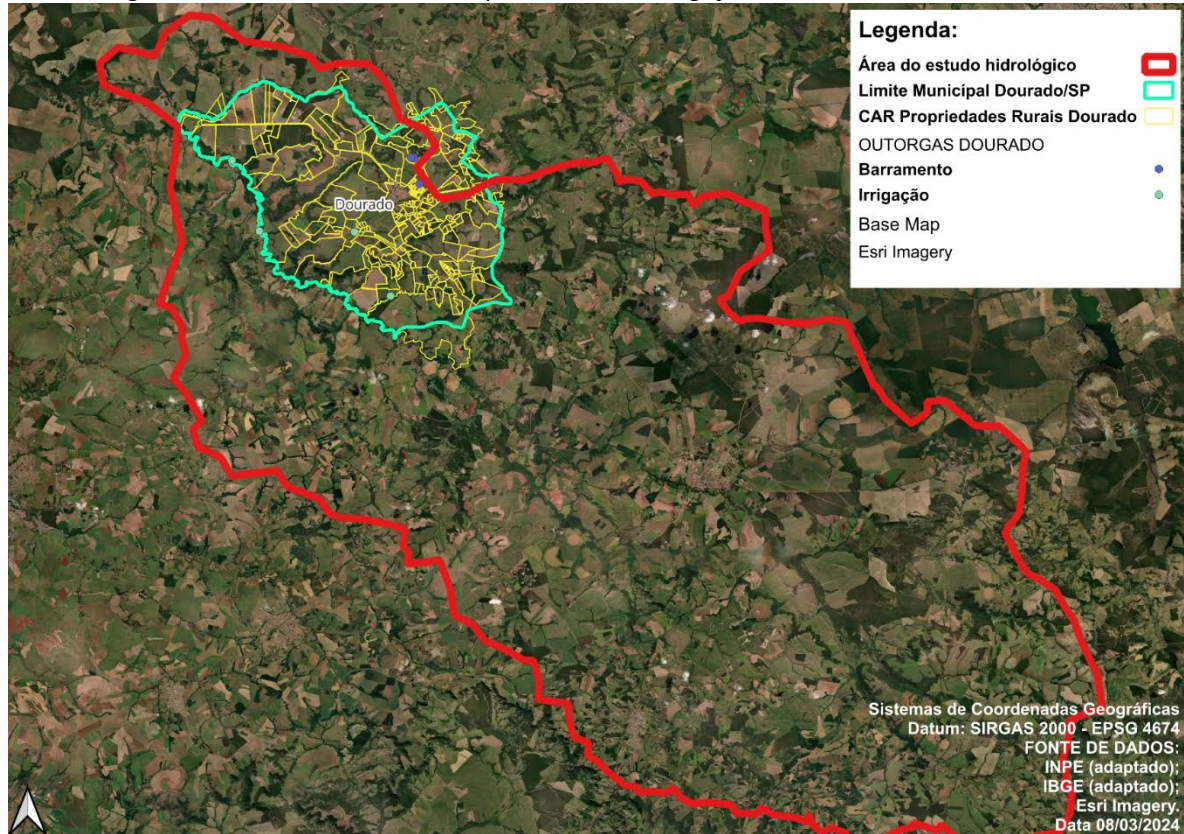


Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

2.6.6 Dourado/SP

Foram verificados 258 imóveis rurais junto a área total do município de Dourado/SP, bem como um total de 3 barramentos e 7 irrigações registradas que fazem parte da área de estudo, conforme apresentados na **Figura 2.15** e apêndice XIX.

Figura 2.15. Área de estudo com o perímetro CAR, irrigações e barramentos – Dourado/SP

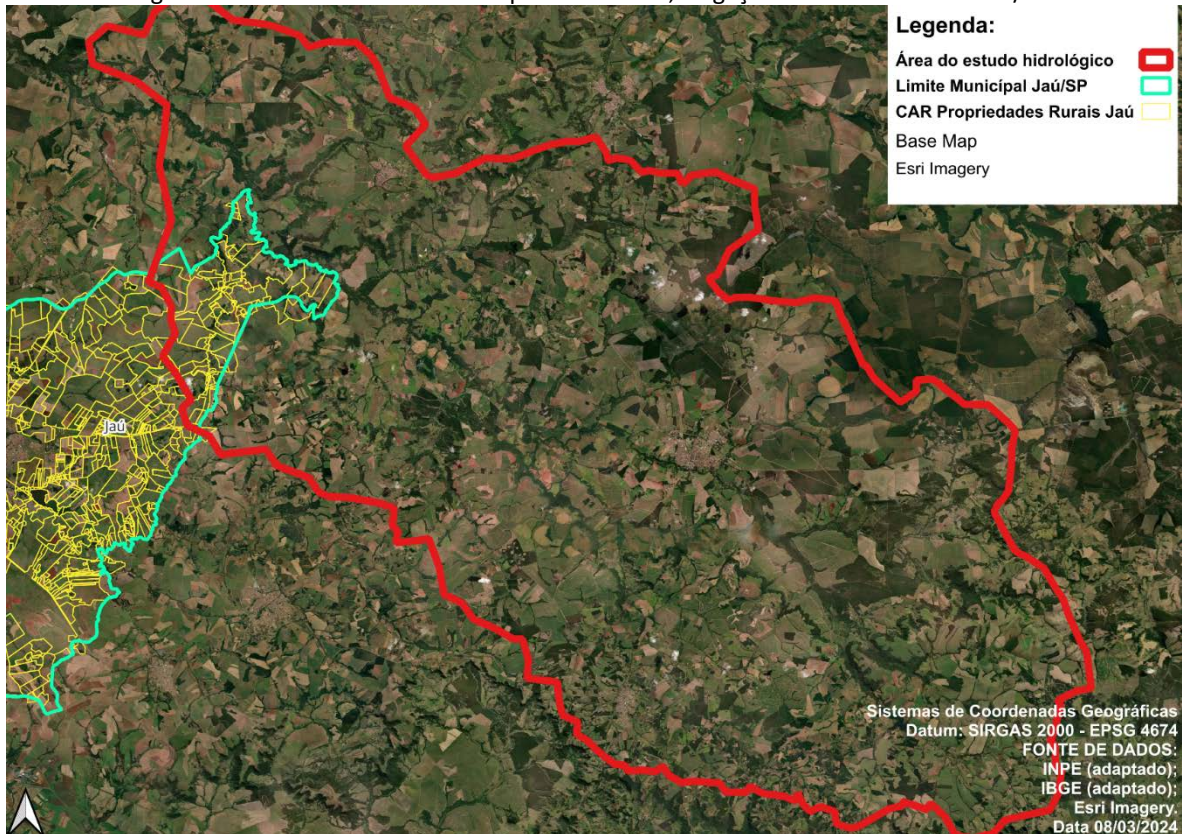


Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

2.6.7 Jaú/SP

Verificou-se a existência de 1194 imóveis rurais na área total do município de Jaú/SP, porém junto a área de estudo não foram encontradas outorgas de irrigações e barragens registradas junto aos órgãos competentes. Observa-se que este município não possui uma área muito representativa junto a área de estudo conforme apresentados na **Figura 2.16** e apêndice XX.

Figura 2.16. Área de estudo com o perímetro CAR, irrigações e barramentos – Jaú/SP.

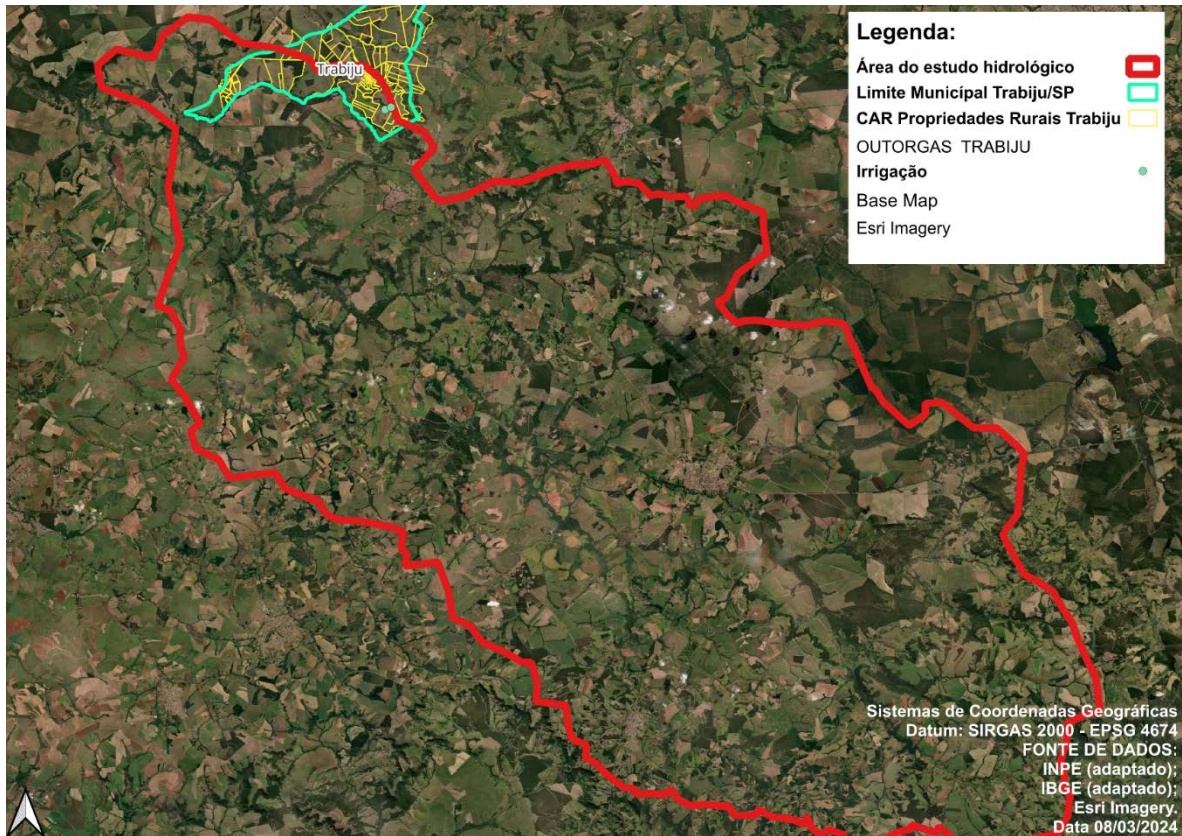


Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

2.6.8 Trabiju/SP

Foram verificados 87 imóveis rurais junto a área total do município de Trabiju/SP, bem como um total 5 irrigações registradas que fazem parte da área de estudo, conforme apresentados na **Figura 2.17** e apêndice XXI.

Figura 2.17. Área de estudo com o perímetro CAR, irrigações e barramentos – TrabijuSP

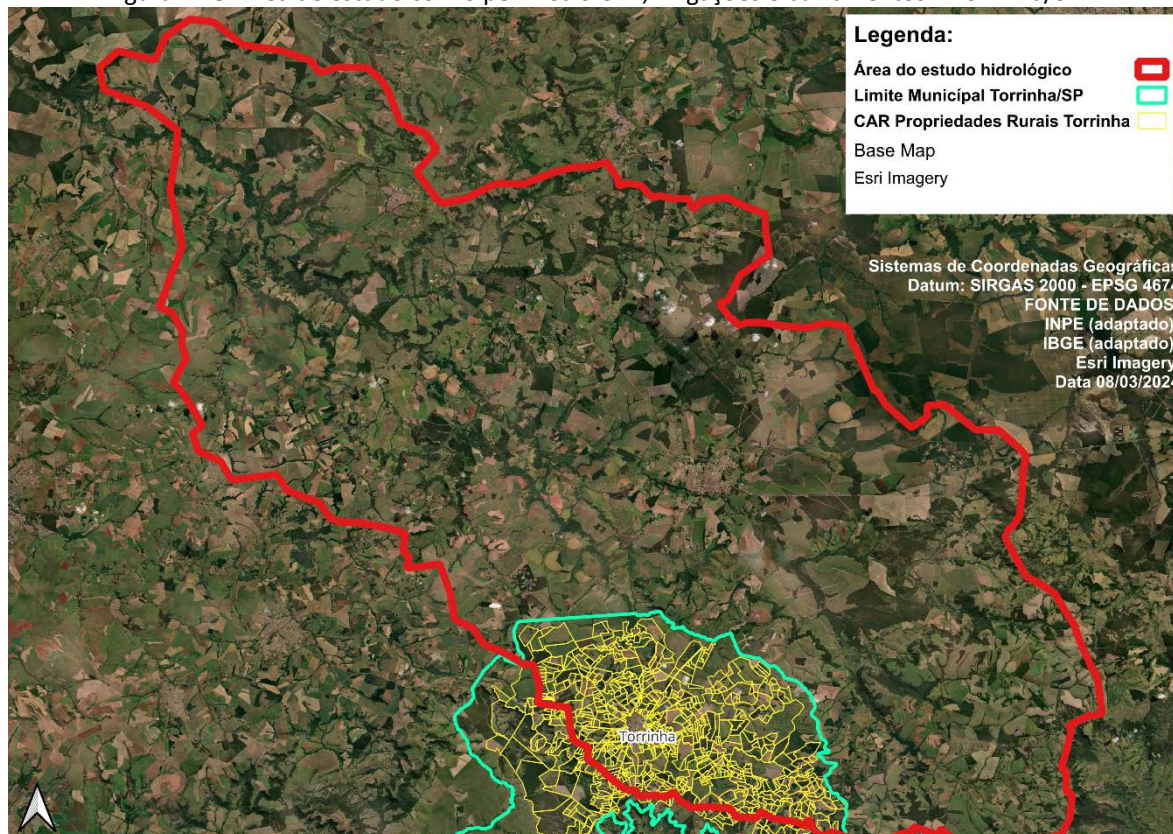


Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

2.6.9 Torrinha/SP

Verificou-se a existência de 805 imóveis rurais na área total do município de Torrinha/SP, porém junto a área de estudo não foram encontradas outorgas de irrigações e barragens registradas junto aos órgãos competentes, conforme apresentados na Figura 2.18 e apêndice XXII.

Figura 2.18. Área de estudo com o perímetro CAR, irrigações e barramentos – Torrinha/SP.

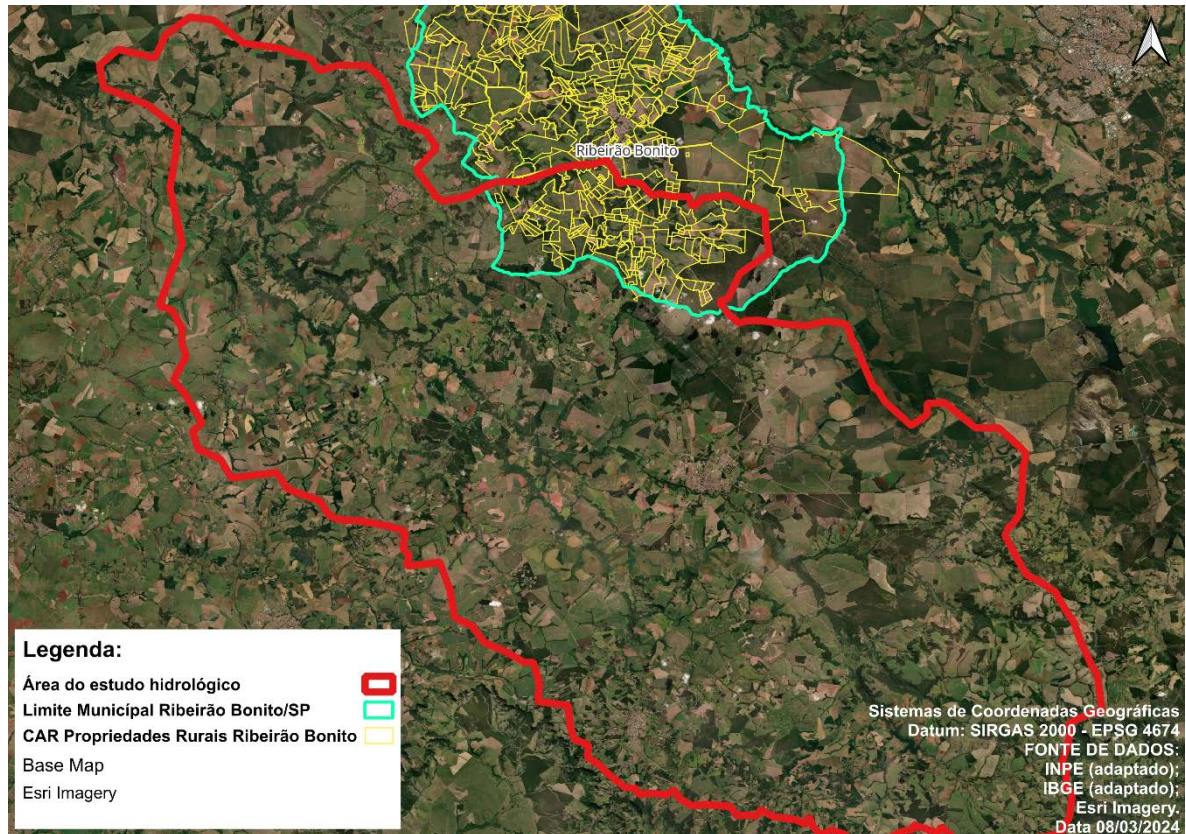


Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

2.6.10 Ribeirão Bonito/SP

Verificou-se a existência de 560 imóveis rurais na área total do município de Ribeirão Bonito/SP, porém junto a área de estudo não foram encontradas outorgas de irrigações e barragens registradas junto aos órgãos competentes, conforme apresentados na **Figura 2.19** e apêndice XXIII.

Figura 2.19. Área de estudo com o perímetro CAR, irrigações e barramentos – Ribeirão Bonito/SP.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

3 CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA REGIONAL

Conforme exposto por Alvares et al. (2013) e demonstrado na **Figura 3.1**, a análise do clima na área de estudo resultou em sua classificação em várias categorias, de acordo com a classificação de *Köppen*. Esta classificação engloba quatro principais categorias, a saber: Cfa, Cfb, Cwa e Cwb.

A categoria "C" é responsável por caracterizar climas temperados, com índices pluviométricos substanciais e temperaturas moderadamente quentes. As subclassificações "fa" e "fb" são intrinsecamente associadas às categorias de clima mencionadas e se caracterizam por apresentar períodos úmidos durante todas as estações do ano.

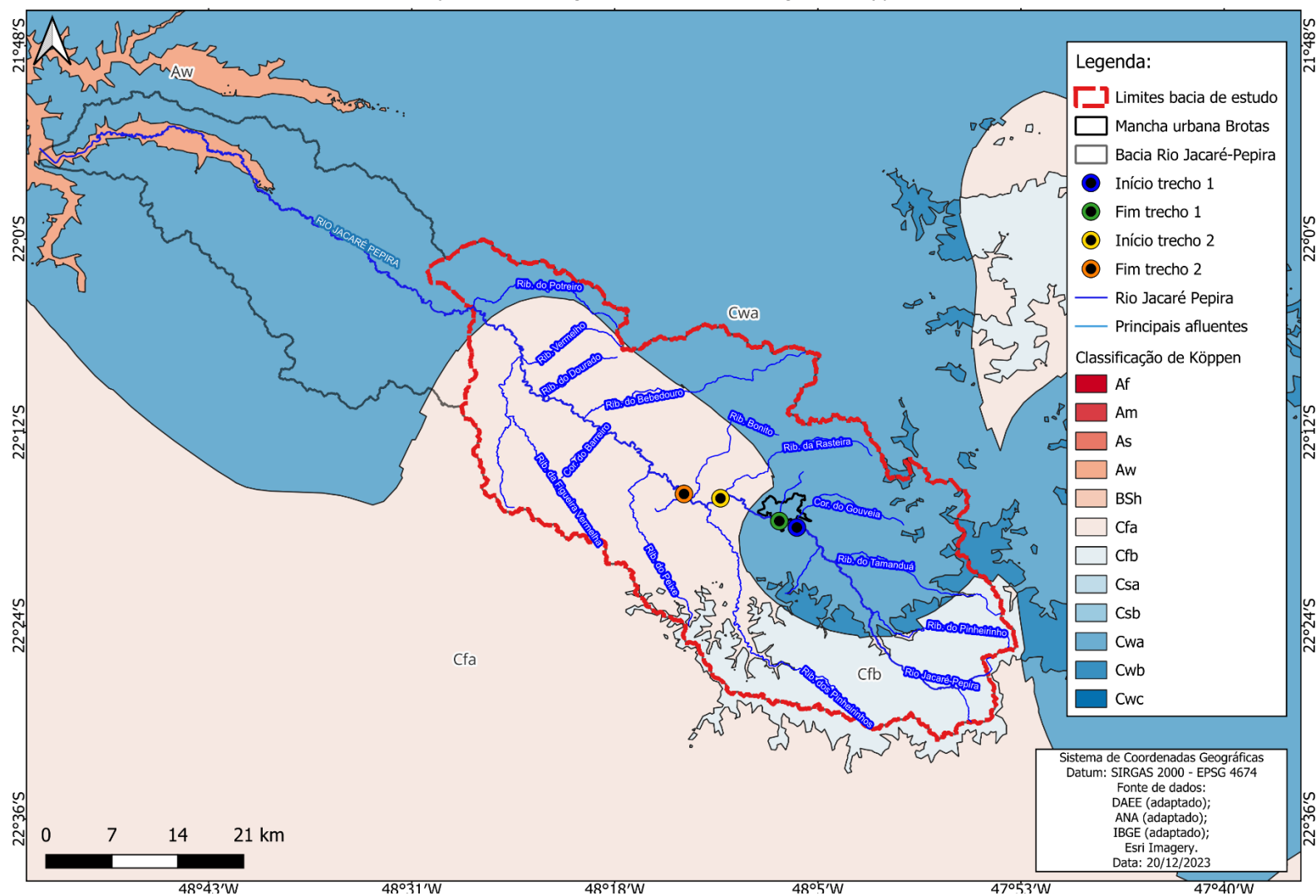
Por outro lado, as subclassificações "wa" e "wb" se destacam pela ocorrência de chuvas predominantes no verão e pela presença de temperaturas quentes neste período. Além disso, é importante ressaltar que a temperatura no mês mais frio oscila entre -3°C e 18 °C, com temperaturas superiores a 10°C durante a estação estival e a presença de estações do ano claramente definidas.

No decorrer do verão, a região experimenta índices pluviométricos que atingem aproximadamente 322 mm durante a estação (dezembro a fevereiro), contrastando com o inverno (junho a agosto), quando os níveis de precipitação giram em torno de 35 mm.

A média anual de precipitação pluviométrica na região é estimada em 1.430 mm. Destaca-se, ainda, a ocorrência frequente de períodos de estiagem, denominados "veranicos", que se caracterizam pela persistência de chuvas inferiores a 5 mm/dia por um período consecutivo de pelo menos 10 dias.

Figura 3.1. Classificação climática na bacia e área de estudo do Rio Jacaré Pepira.

Mapa com localização da bacia e classificação de Köppen



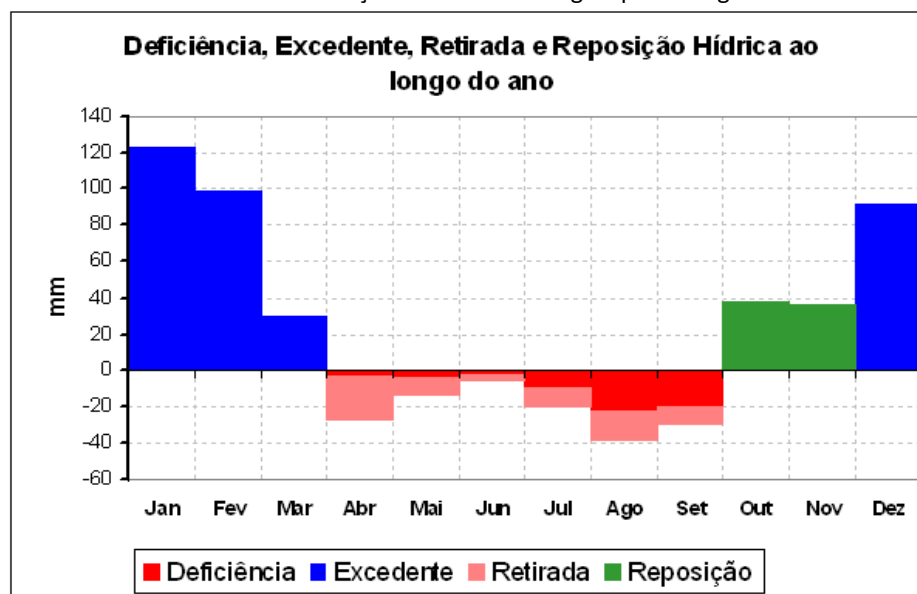
Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Os valores diários da evapotranspiração de referência (ET_o) foram obtidos utilizando metodologia proposta por *Thornthwaite*, adaptado por Camargo (1999). Este método foi utilizado por ser indicado quando se dispõe apenas da temperatura.

Para elaborar os balanços foi utilizada a planilha de cálculo desenhada pelo NURMA (Núcleo de Monitoramento Agroclimático), disponível para diversas localidades do Brasil, disponível no site <<http://www.leb.esalq.usp.br/leb/nurma.html>>.

O **Gráfico 1** apresenta o extrato do balanço hídrico climatológico para a região de Brotas – SP. Por meio do balanço hídrico verifica-se que existem períodos de excedente e déficit ao longo do ano. Entre abril e setembro as chuvas tendem a ser menores e a região passa pelo período de déficit. Em outubro inicia-se o período de chuvas e o reservatório do solo passa a ser reabastecido, sendo que em dezembro começa a ocorrer o excedente.

Gráfico 1. Extrato do balanço hídrico climatológico para a região de Brotas.



Fonte: NURMA (Núcleo de Monitoramento Agroclimático).

Com a redução da chuva, há o rebaixamento normal do lençol freático reduzindo a vazão dos mananciais até o nível mínimo que ocorre entre maio e julho. Em anos de estiagens prolongadas, o decréscimo da vazão permanece até meados de setembro.

4 CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

A caracterização da distribuição das chuvas na região foi realizada por meio do levantamento de estações pluviométricas do DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) e da ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico) dentro dos limites da bacia e em seu entorno.

A **Tabela 4.1.** apresenta o código, o município, as coordenadas geográficas, a altitude e o período da série histórica para cada estação pluviométrica levantada na região, bem como indicada a localização no mapa anexo (apêndice VIII).

No estudo de precipitação da bacia foram utilizadas, preferencialmente, as estações pluviométricas em atividade com série história superior a 40 anos de dados, período suficiente para estimativas seguras e consistentes dos índices hidrológicos.

Nos meses com falhas, os dados foram preenchidos a partir da composição dos dados mensais das estações; logo em seguida as estimativas de precipitação anual foram homogeneizadas e corrigidas para um mesmo longo período representativo do comportamento dessa variável.

Algumas estações possuem período inferior, tendo sido utilizadas para preenchimento de série de dados mais antiga. Após a estimativa da precipitação anual por estação, a precipitação da bacia foi calculada por meio da rotina de interpolação do *software* de geoprocessamento *Quantum Geographical Information System (QGIS)*.

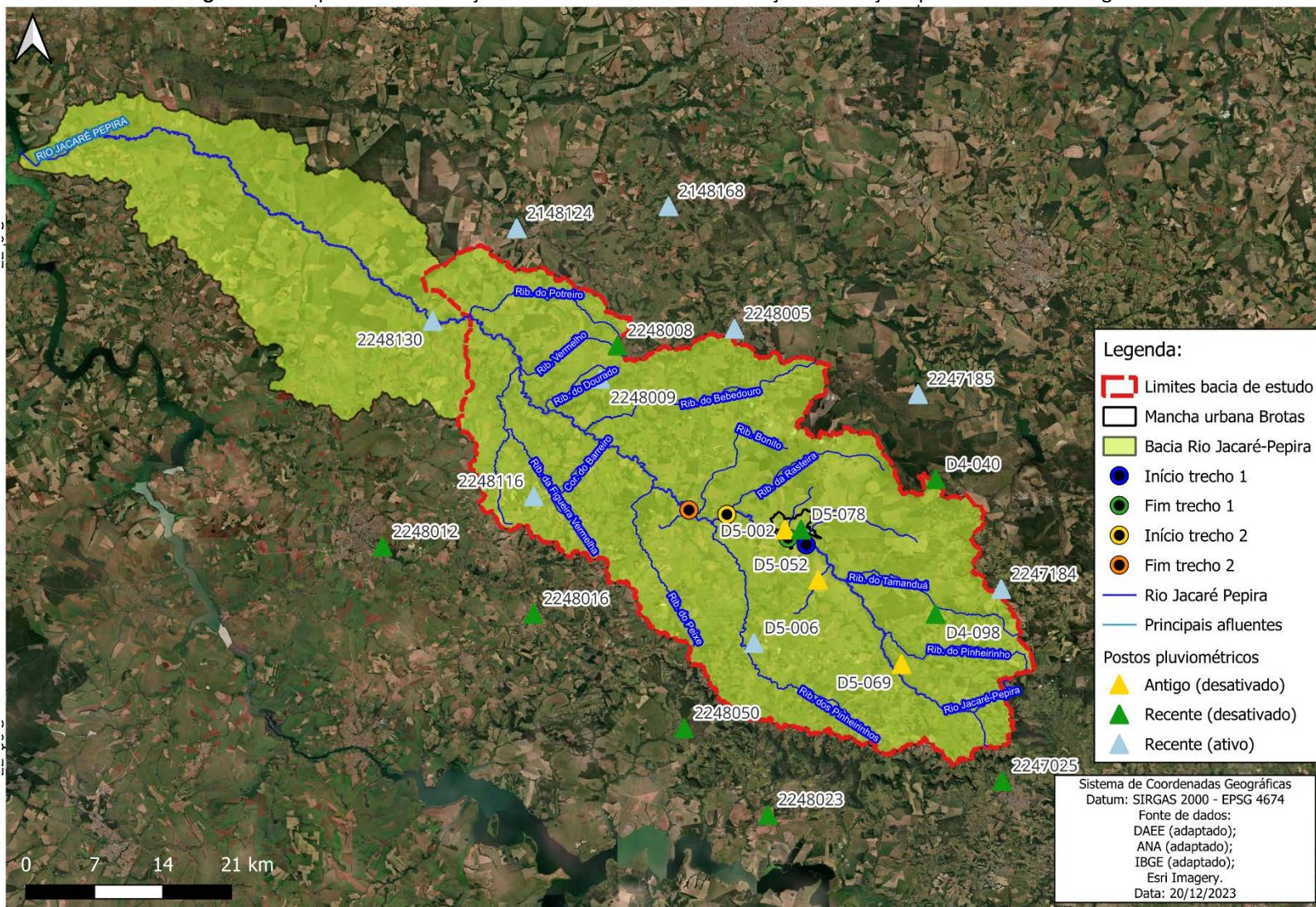
Foram levantadas 22 estações na região, sendo que destas 3 possuem dados antigos e estão desativadas, 9 possuem dados recentes e estão desativadas e 10 possuem dados recentes e estão ativas.

Tabela 4.1. Estações pluviométricas utilizadas no estudo de precipitação.

ESTAÇÃO	MUNICÍPIO	COORDENADAS		ALTITUDE (m)	PERÍODO ANALISADO
		LATITUDE	LONGITUDE		
D4-040	Brotas/SP	21°14'00" S	47°59'00" O	789	1938-1998 – 61 anos
D4-098	Brotas/SP	21°22'00" S	47°59'00" O	660	1970-1999 – 30 anos
D5-002	Brotas/SP	22°17'00" S	48°08'00" O	620	1931-1967 – 37 anos
D5-052	Brotas/SP	22°20'00" S	48°06'00" O	680	1940-1952 – 13 anos
D5-069	Brotas/SP	22°25'00" S	48°01'00" O	810	1946-1967 – 22 anos
D5-078	Brotas/SP	22°17'00" S	48°07'00" O	680	1972-1999 – 28 anos
D5-006	Torrinha/SP	22°23'45" S	48°09'50" O	783	1936-2022 – 87 anos
2248008	Dourado/SP	22°06'00" S	48°17'59" O	702	1941-1999 – 59 anos
2248009	Dourado/SP	22°07'59" S	48°19'00" O	711	1954-2020 – 67 anos
2248116	Guarapuã/SP	22°15'00" S	48°23'00" O	740	1985-2020 – 36 anos
2247025	São Pedro/SP	22°31'59" S	47°55'00" O	638	1942-2000 – 59 anos
2248023	Santa Maria da Serra/SP	22°34'00" S	48°08'59" O	557	1945-2000 – 56 anos
2248016	Dois Córregos/SP	22°22'00" S	48°22'59" O	682	1936-1999 – 64 anos
2248130	Bocaina	22°04'30" S	48°28'57" O	440	2000-2019 – 20 anos
2148124	Boa Esperança do Sul/SP	21°58'59" S	48°23'59" O	493	1971-2020 – 50 anos
2248005	Ribeirão Bonito/SP	22°04'59" S	48°10'59" O	633	1933-2019 – 87 anos
2247185	Brotas/SP	22°08'54" S	48°00'03" O	790	1977-2019 – 43 anos
2247184	Itirapina/SP	22°20'31" S	47°55'03" O	914	1977-2022 – 46 anos
2248050	São Manuel/SP	22°31'59" S	48°13'59" O	514	1973-2000 – 28 anos
2248012	Jau/SP	22°18'00" S	48°32'00" O	512	1936-1999 – 64 anos
2148168	Ribeirão Bonito/SP	21°57'41" S	48°14'55" O	546	1979-2022 – 44 anos
2147021	Ipeúna/SP	22°25'59" S	47°43'00" O	633	1970-2022 – 53 anos

Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 4.1. Mapa com a localização da bacia de estudo e distribuição de estações pluviométricas na região.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Destas estações, nove foram escolhidas para a caracterização pluviométrica da região, já que possuem dados recentes e estão ativas. São elas, as estações D5-006, 2148124, 2148168, 2247021, 2247184, 2247185, 2248005, 2248009, 2248116.

Nestas nove estações foram realizadas análises para obter um período de dados suficiente sem falhas, permitindo a estimativas seguras e consistentes dos índices hidrológicos.

Na **Tabela 4.2** são apresentados os valores do resumo estatístico da chuva anual das estações pluviométricas selecionadas. Os valores foram obtidos por meio da série histórica para cada estação pluviométrica selecionada.

A média representa o valor de precipitação médio obtido pela razão entre a soma das precipitações anuais pelo número de anos analisados, sendo calculada por meio da Equação 1:

$$M = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

- X_1, X_2, \dots, X_n : são os valores dos dados.
- n : é o número de elementos do conjunto de dados.

A Mediana (Med) representa o valor de tendência central da série histórica, ou seja, corresponde ao valor central do conjunto de valores ordenados para cada estação, sendo calculada por meio das Equação 2 ou 3:

- Para número de elementos do conjunto de dados ímpares

$$Med(x) = X \left[\frac{n+1}{2} \right] \quad (\text{Equação 2})$$

- Para número de elementos do conjunto de dados pares

$$Med(x) = \frac{X \left[\frac{n}{2} \right] + X \left[\frac{n}{2} + 1 \right]}{2} \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

- X : é a lista ordenada de valores do conjunto de dados.
- n : é o número de elementos do conjunto de dados

O Desvio padrão (DP) representa a o valor que expressa o grau de dispersão dos dados da série histórica, indicando o quanto o conjunto analisado é uniforme, sendo que quanto mais próximo a zero, mais homogêneos são os dados, sendo calculado por meio da Equação 4:

$$DP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - M_A)^2}{n}} \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

- X_i : é o valor na posição i no conjunto de dados
- M_A : é a média aritmética dos dados
- n : é o número de elementos do conjunto de dados.

A precipitação máxima representa o maior valor observado na série após o ordenamento dos dados.

A precipitação mínima representa o menor valor observado na série após o ordenamento dos dados.

As probabilidades de as precipitações serem maiores de 1.000 mm, 1.250 mm e 1.500 mm foram obtidas calculando a distribuição normal das precipitações, por meio da Equação 5:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (\text{Equação 5})$$

Em que:

- σ : é o desvio padrão dos dados
- μ : é o valor médio dos dados
- x : é o valor da probabilidade em porcentagem.

O valor de precipitação média anual estimado para as nove estações são superiores a 1.350 mm.

Tabela 4.2. Resumo estatístico das estações selecionadas

ÍNDICES ESTATÍSTICO	ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA SELECIONADA								
	D5-006	2148124	2148168	2247021	2247184	2247185	2248005	2248009	2248116
MÉDIA (mm/ano)	1.474,5	1.408,2	1.408,2	1.480,9	1.538,9	1.427,3	1.366,4	1.406,3	1.482,1
MEDIANA (mm/ano)	1.458,4	1.385,5	1.385,5	1.461,5	1.515,1	1.416,3	1.345,3	1.413,2	1.439,5
DESVIO PADRÃO (mm/ano)	231,2	217,9	217,9	271,5	275,9	240,5	252,3	252,8	253,3
PRECIPITAÇÃO MÁXIMA (mm)	2.188	2.093	2.093	2.331	2.484	2.166	2.074	2.213	2.282
ANO DA MÁXIMA PRECIPITAÇÃO	1983	1983	1983	1976	1983	1983	1983	1983	1983
PRECIPITAÇÃO MÍNIMA (mm)	986	957	957	1.051	1.082	992	852	820	1.014
ANO DA MÍNIMA PRECIPITAÇÃO	1953	2014	2014	2019	2020	2006	1969	1969	2021
PROBABILIDADE DE P>=1.000mm	98%	97%	97%	96%	97%	96%	93%	95%	97%
PROBABILIDADE DE P>=1.250mm	83%	77%	77%	80%	85%	77%	68%	73%	82%
PROBABILIDADE DE P>=1.500mm	46%	34%	34%	47%	56%	38%	30%	36%	47%

Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Do **Gráfico 2** ao **Gráfico 10**, estão apresentados os pluviogramas das precipitações dos anos hidrológicos para as nove estações selecionadas.

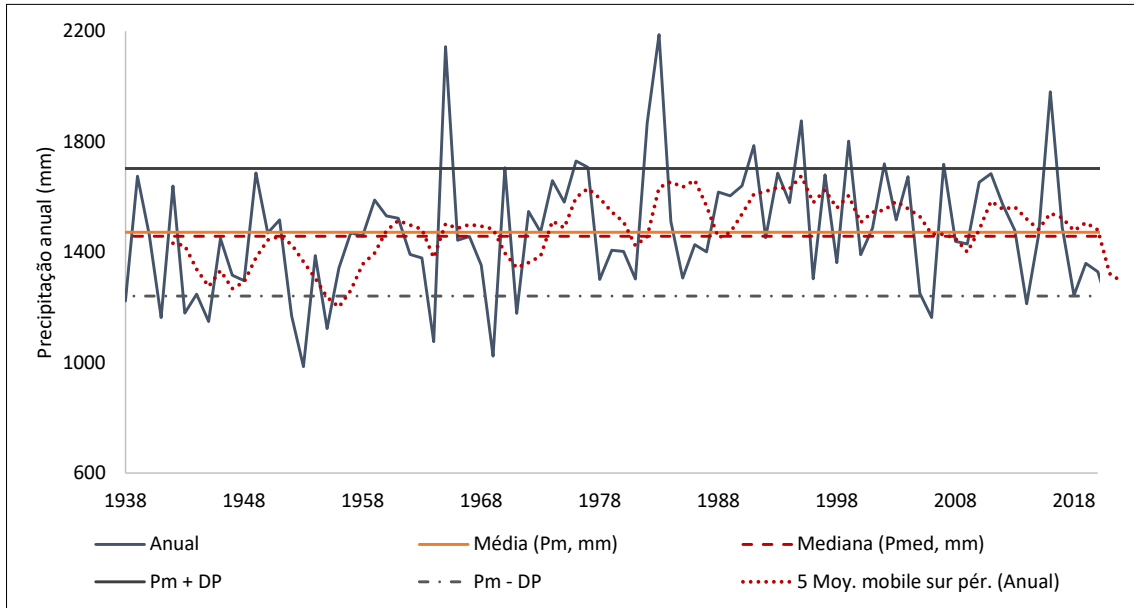
A linha laranja em cada gráfico representa a precipitação anual média, a linha vermelha tracejada a precipitação mediana, a linha vermelha pontilhada a média móvel de cinco anos, a linha preta a precipitação média anual mais o desvio padrão positivo e a linha preta tracejada a precipitação média anual mais o desvio padrão negativo, sendo que segundo a teoria da probabilidade da distribuição normal, o intervalo entre estas últimas duas linhas contém 68% das observações da série hidrológica.

O ano de 2014 foi marcado por uma estiagem severa em todo o estado de São Paulo, podendo ser observado na série histórica da maior parte das estações. No entanto este evento não foi uma exceção, sendo observados períodos de baixas precipitações em outros anos, como em 1952 e 1969.

Segundo os pluviogramas das estações, na maior parte dos anos a precipitação anual variou entorno da média, apresentando anos mais chuvosos alternando com anos mais secos.

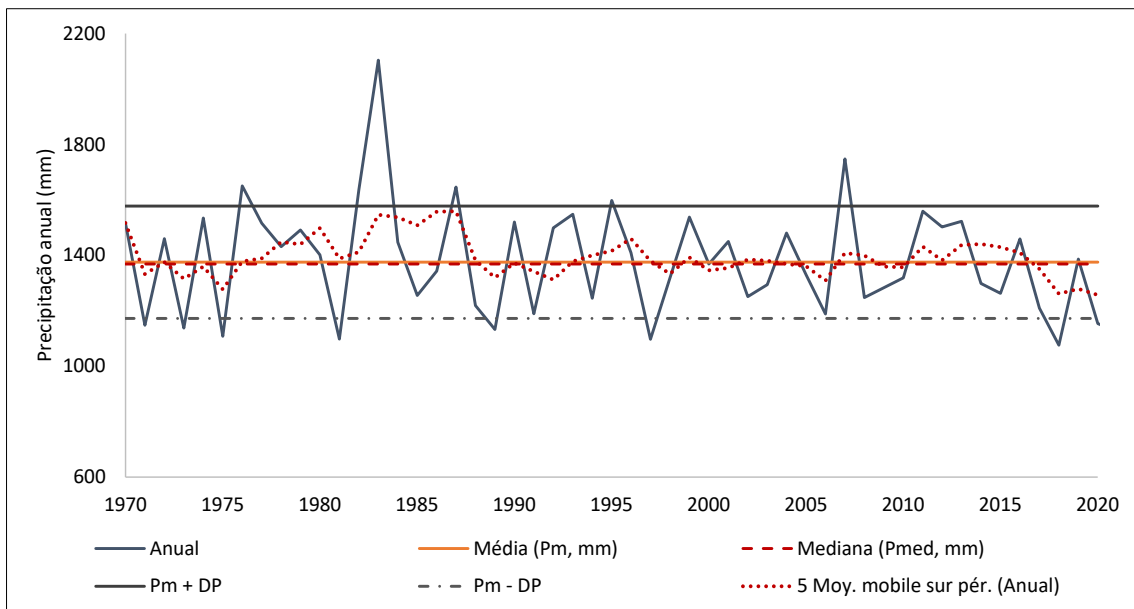
Para a maioria das estações analisadas, o ano de 1983 foi o que apresentou precipitação muito acima da média. Este evento é explicado pelo registro do fenômeno El Niño de forte intensidade, que afetou todo o Brasil, com chuvas acumuladas acima da média em boa parte do centro sul do país e secas extremas na região nordeste.

Gráfico 2. Série pluviométrica da chuva anual para a estação pluviométrica D5-006 – Torrinha/SP.



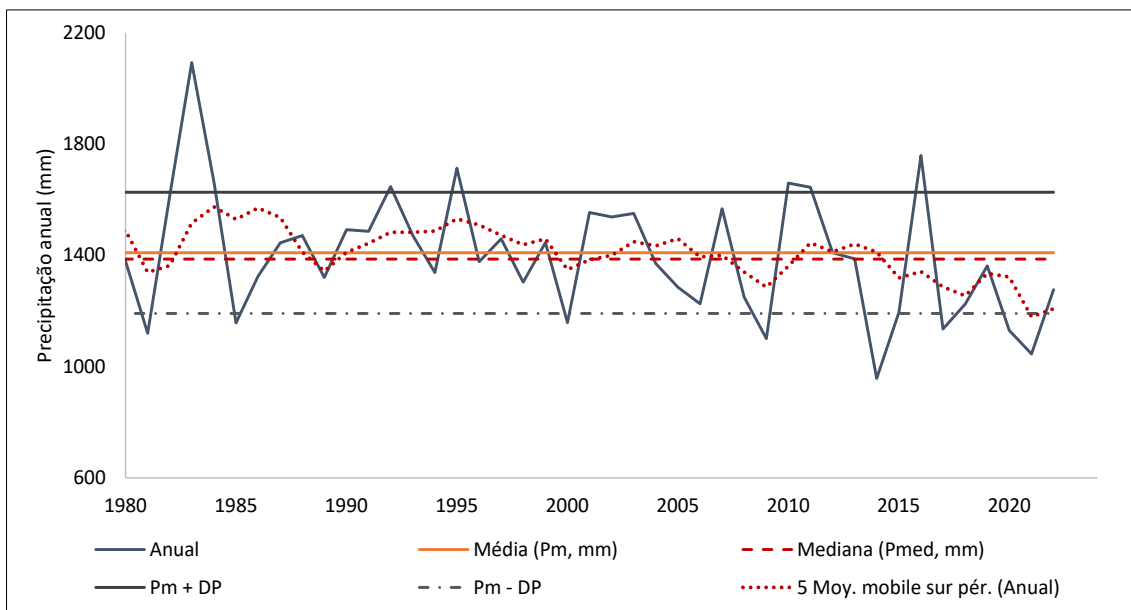
Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Gráfico 3. Série pluviométrica da chuva anual para a estação pluviométrica 2148124 – Boa Esperança do Sul/SP.



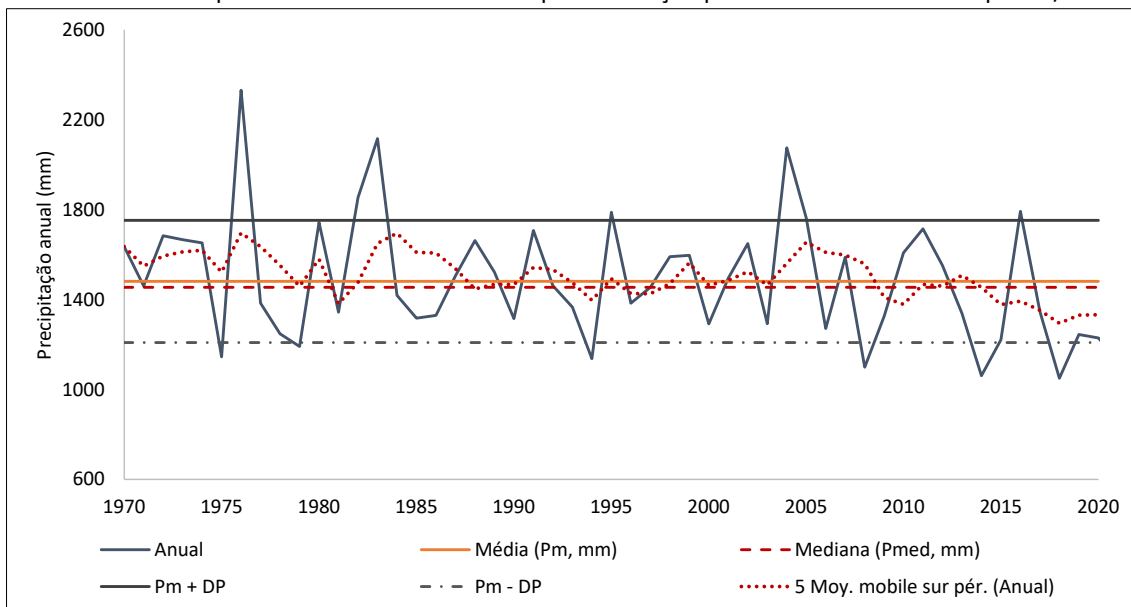
Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Gráfico 4. Série pluviométrica da chuva anual para a estação pluviométrica 2148168 – Ribeirão Bonito/SP.



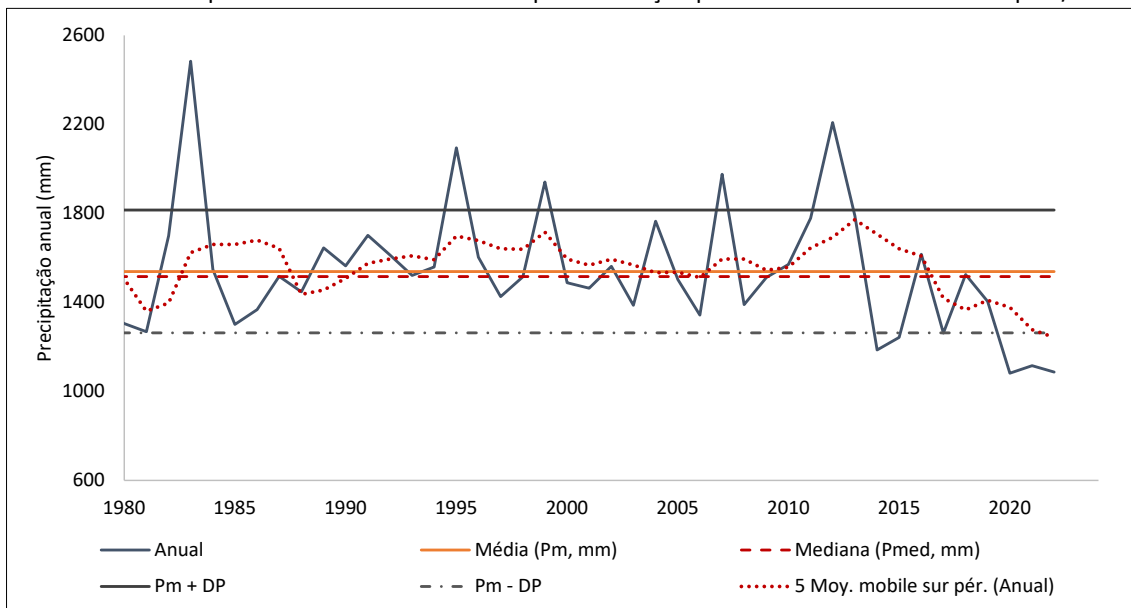
Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Gráfico 5. Série pluviométrica da chuva anual para a estação pluviométrica 2247021 – Ipeúna/SP.



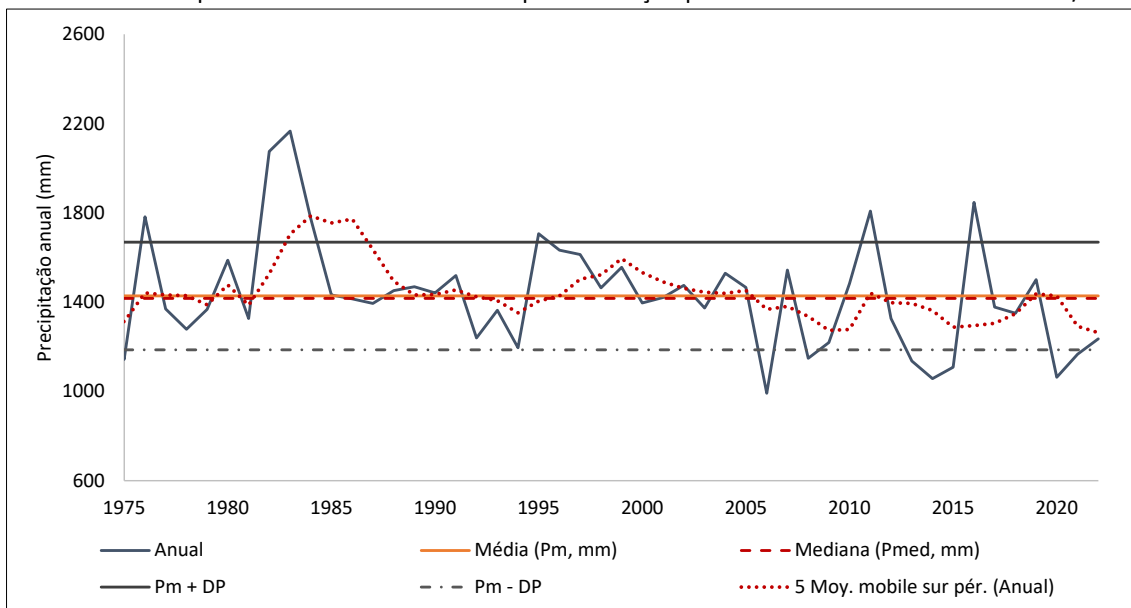
Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Gráfico 6. Série pluviométrica da chuva anual para a estação pluviométrica 2247184 – Itirapina/SP.



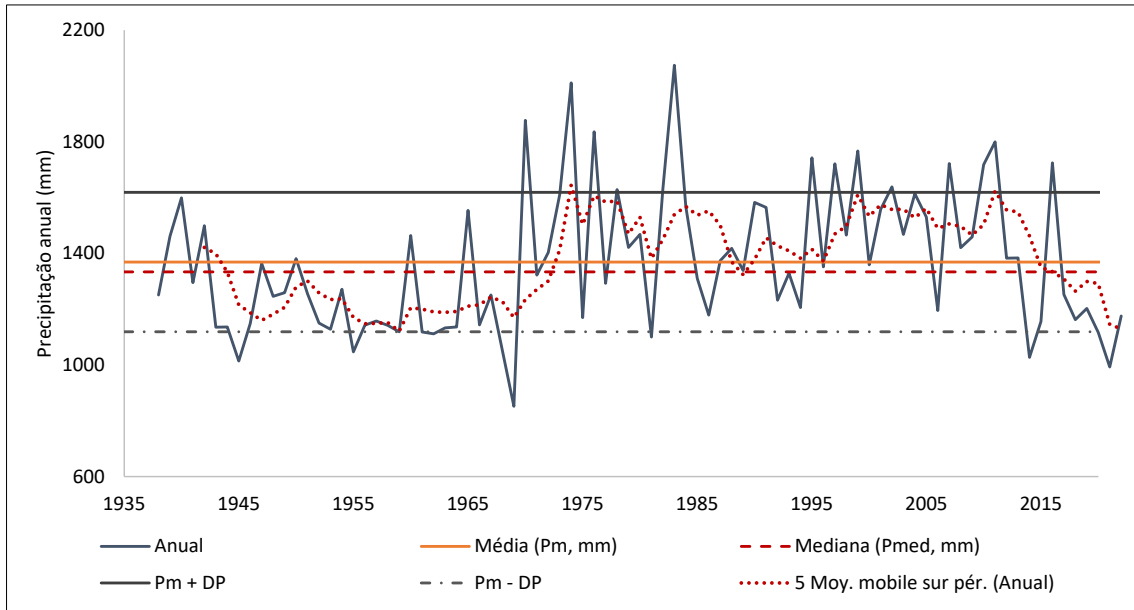
Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Gráfico 7. Série pluviométrica da chuva anual para a estação pluviométrica 2247185 – São Carlos/SP.



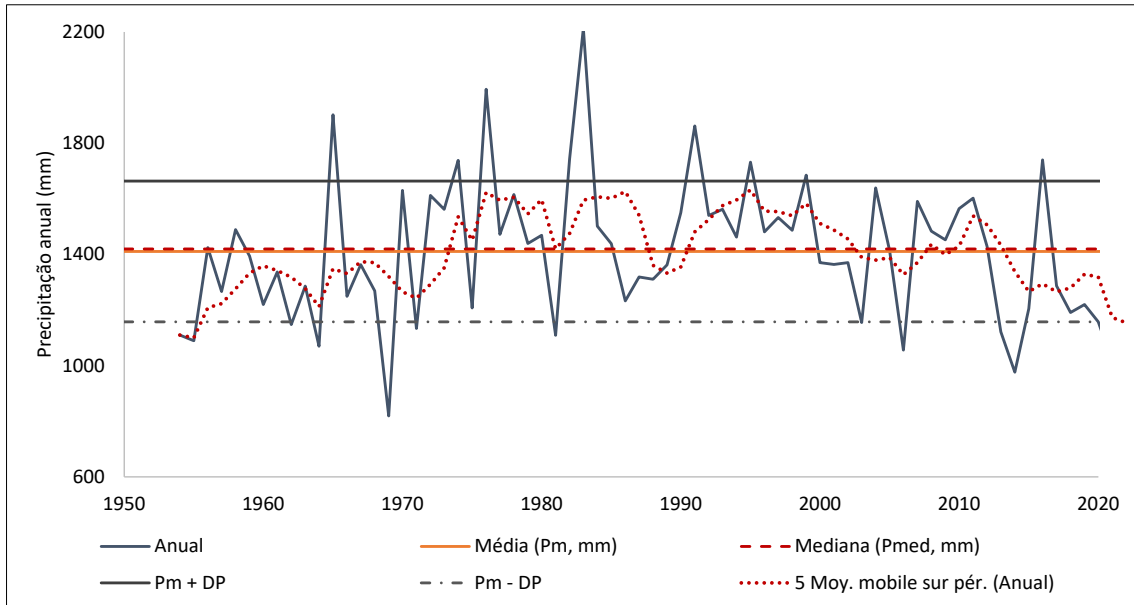
Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Gráfico 8. Série pluviométrica da chuva anual para a estação pluviométrica 2248005 – Ribeirão Bonito/SP.



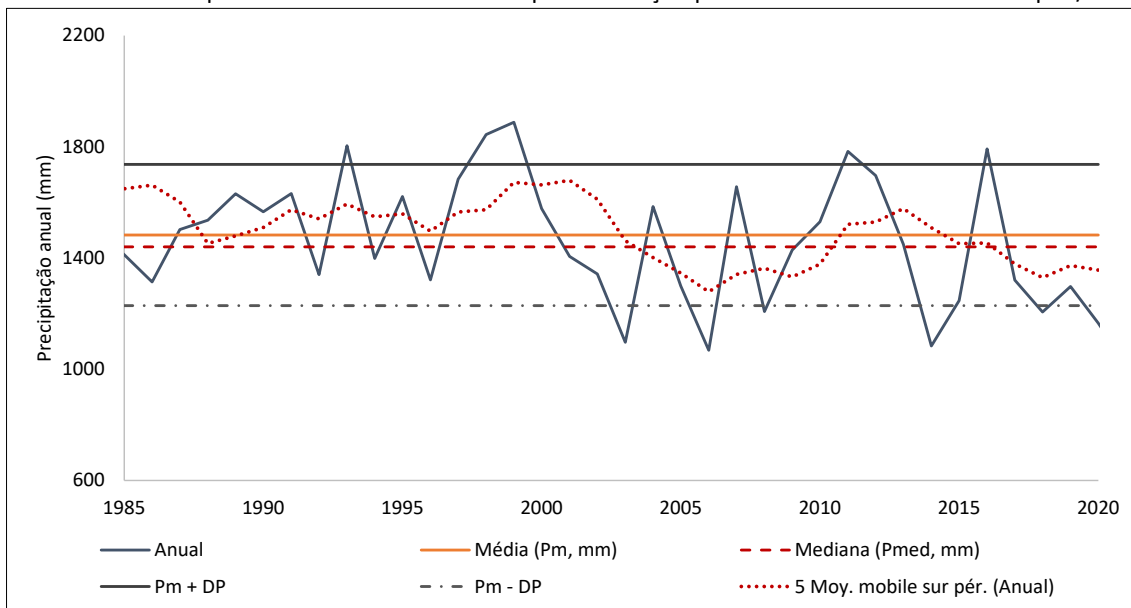
Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Gráfico 9. Série pluviométrica da chuva anual para a estação pluviométrica 2248009 – Dourado/SP.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Gráfico 10. Série pluviométrica da chuva anual para a estação pluviométrica 2248116 – Guarapuã/SP.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

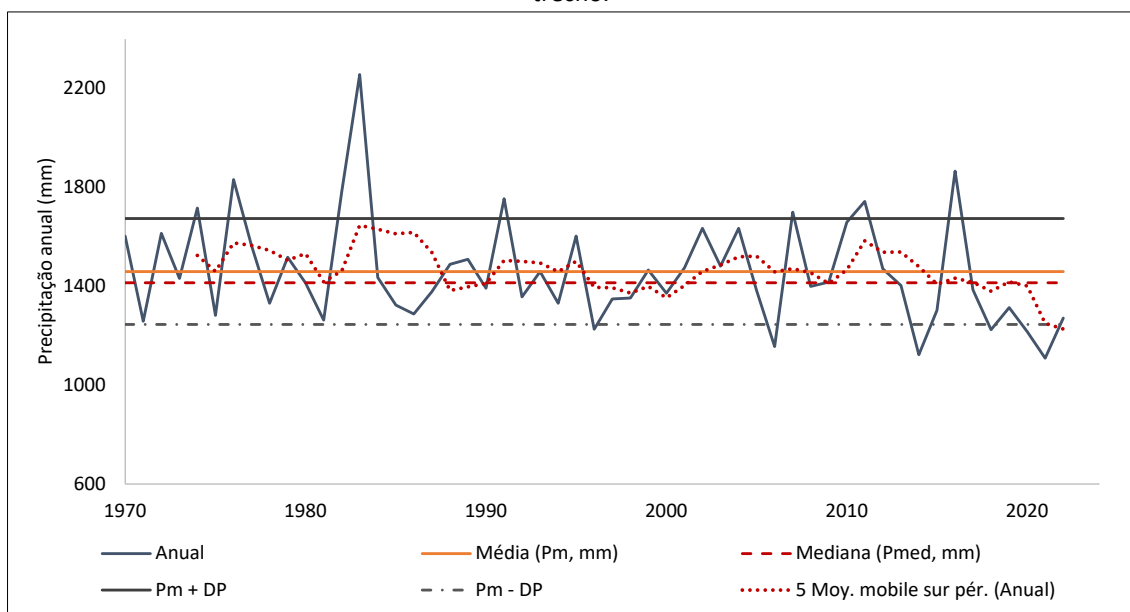
A partir dos valores de precipitação média anual das estações selecionadas e por meio da interpolação dos dados, foi estimada a precipitação média anual para a bacia de estudo, que apresentou valor médio igual a 1.439,5 mm/ano. Na **Tabela 4.3** é apresentada a estatística descritiva para a precipitação anual estimada para a bacia e no **Gráfico 13.** é apresentada a série histórica estimada para a bacia.

Tabela 4.3 Resumo estatístico da precipitação anual para a bacia do Jacaré Pepira, por meio de interpolação dos dados das estações selecionadas.

ÍNDICE ESTATÍSTICO	SÉRIE TODA 1970 – 2023	SEM O PERÍODO ANTERIOR RECENTE 1970 – 2010	LONGO PERÍODO RECENTE 2000 – 2023
MÉDIA (mm/ano)	1.459,2	1.485,6	1.423,8
MEDIANA (mm/ano)	1.413,3	1.435,4	1.399,5
DESVIO PADRÃO (mm/ano)	214,0	203,2	205,2
PRECIPITAÇÃO MÁXIMA (mm)	2.257	2.257	1.866
ANO DA MÁXIMA PRECIPITAÇÃO	1983	1983	2016
PRECIPITAÇÃO MÍNIMA (mm)	1.109	1.157	1.109
ANO DA MÍNIMA PRECIPITAÇÃO	2021	2006	2021
PROBABILIDADE DE P>=1.000mm	98%	99%	98%
PROBABILIDADE DE P>=1.250mm	84%	88%	80%
PROBABILIDADE DE P>=1.500mm	42%	47%	36%

Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Gráfico 11. Série histórica de precipitação estimada para a bacia do rio Jacaré-Pepira até o limite do trecho.



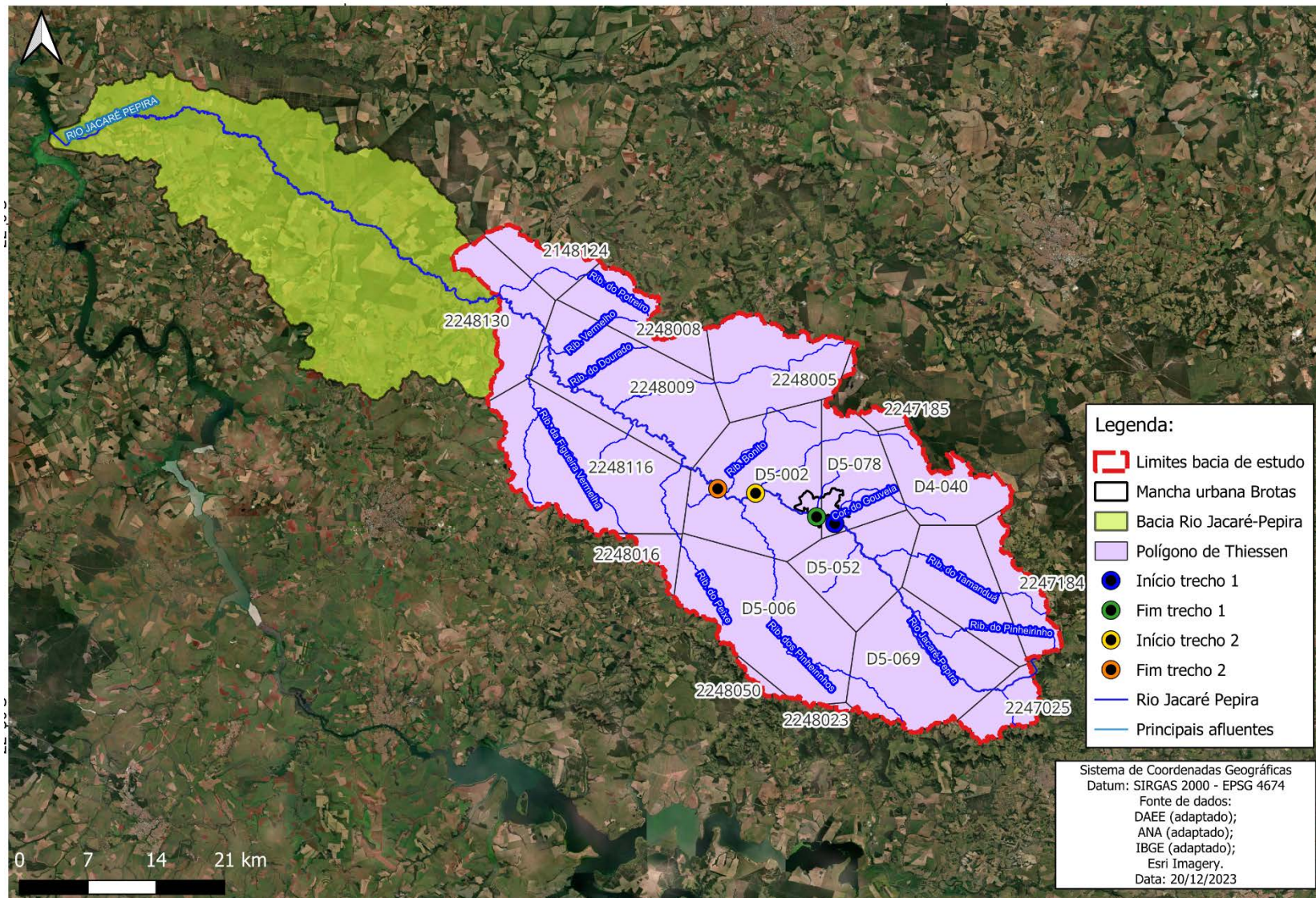
Ao analisarmos o comportamento da precipitação estimada para a bacia do Rio Jacaré-Pepira até o ponto final da área de estudo, nota-se que, nos anos de 1983 e 2016, a precipitação estimada ficou acima do limite superior definido pela precipitação média somada ao desvio padrão das precipitações, dois períodos em que foram registradas precipitações acima da média climatológica para o estado de São Paulo devido a influência do fenômeno *El Nino* (IAG, 2016).

Já para os anos de 2006 e 2014 a precipitação estimada ficou abaixo do limite inferior definido pela precipitação média menos o desvio padrão das precipitações, podendo ser explicado pela mudança no padrão atmosférico do América do Sul que afetou toda a região sudeste neste período (Santos et al., 2017).

A estimativa das chuvas para a área de estudo mostra que, a partir de 2018, há uma tendência de diminuição do volume precipitado, o que explicaria a redução do volume de água nos cursos d'água observado nos últimos anos.

A partir dos dados das estações pluviométricas selecionadas, foram estimadas as precipitações médias anuais para cada sub-bacia pelo método da triangulação de *Thiessen* apresentado na **Figura 4.2** e mapa anexo (apêndice IX). Na **Tabela 4.4**, são apresentados os resultados para a precipitação média, mediana e com 75% de probabilidade para cada sub-bacia dentro da área de estudo.

Figura 4.2 Polígono de Thiessen gerado através das estações pluviométricas levantadas na região de estudo.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Tabela 4.4. Precipitações estimadas para as sub-bacias da região, obtidas através do polígono de Thiessen.

SUB-BACIA	PRECIPTAÇÃO MÉDIA (mm/ano)	PRECIPTAÇÃO MEDIANA (mm/ano)	PRECIPTAÇÃO 75% PROB. (mm/ano)
CÓRREGO PORTO DO COQUEIRO	1.363,6	1.340,9	1.169,8
CÓRREGO MONJOLO	1.492,9	1.444,8	1.317,7
CÓRREGO. DA LAGOA SECA	1.502,1	1.438,0	1.317,3
CÓRREGO DO GOUVEIA	1.399,1	1.339,4	1.202,4
RIBEIRÃO BONITO	1.475,3	1.419,7	1.293,4
RIBEIRÃO DA RASTEIRA	1.464,9	1.407,2	1.278,7
RIBEIRÃO DOS PINHEIRINHOS	1.457,9	1.448,4	1.312,2
RIBEIRÃO DO PINHEIRINHO	1.422,3	1.365,2	1.245,0
RIBEIRÃO DO TAMANDUÁ	1.406,3	1.352,1	1.220,1
CÓRREGO DO BARREIRO	1.465,6	1.433,8	1.294,7
RIBEIRÃO DO BEBEDOURO	1.379,9	1.368,0	1.208,4
RIBEIRÃO DO DOURADO	1.409,2	1.411,8	1.238,0
RIBEIRÃO DA FIGUEIRA VERMELHA	1.427,8	1.400,1	1.256,4
RIBEIRÃO DO PEIXE	1.460,9	1.437,6	1.227,0
RIBEIRÃO DO POTREIRO	1.368,0	1.354,2	1.202,6
CÓRREGO QUENTE	1.292,7	1.274,5	1.108,5
RIBEIRÃO VERMELHO	1.414,1	1.409,4	1.241,9

Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

O maior valor de precipitação anual estimado para a bacia de estudo foi observado ano de 1983, no qual foi registrado a ocorrência de um *El Nino* de alta intensidade, causando evento extremo de precipitação em todo o centro sul do Brasil. Para a bacia, a precipitação estimada para este período foi de 2.085,78 mm.

Analisando as mínimas precipitações anuais registradas nas estações selecionadas, verifica-se valores próximos a 1.000 mm em alguns períodos da série,

sendo estes mínimos extremos registrados nos anos de 1953, 1969, 2006, 2014, 2018 e 2021.

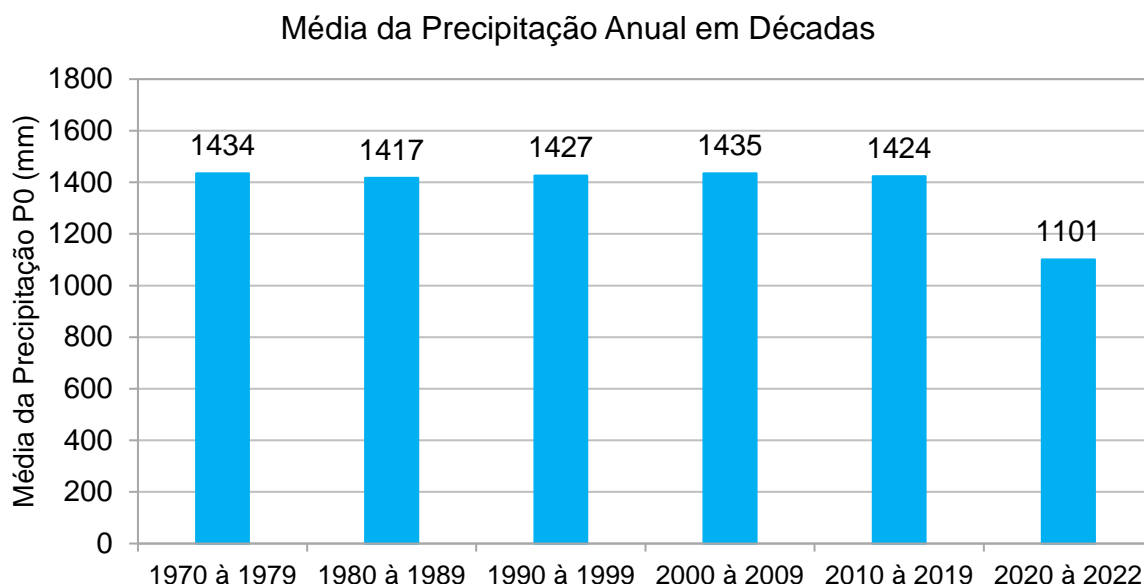
Embora a estiagem severa que atingiu o país em 2014 tenha sido uma marca histórica, não houve unanimidade nas estações como o mínimo absoluto das séries pluviométricas, havendo registros anteriores a 1970 e registros mais recentes.

Em 2016, a precipitação média anual estimada para a bacia foi de 1.784,0 mm, ficando acima da média amostral, porém o saldo de vazões dos mananciais já estava comprometida pelo baixo volume de chuvas registrados em 2014 e 2015 na bacia.

A precipitação estimada para a bacia se mostrou estável ao analisarmos os valores médios para períodos de 10 anos, variando em 1% e 2% acima da média amostral entre as décadas, conforme apresentado no **Gráfico 13.** e **Gráfico 13.**

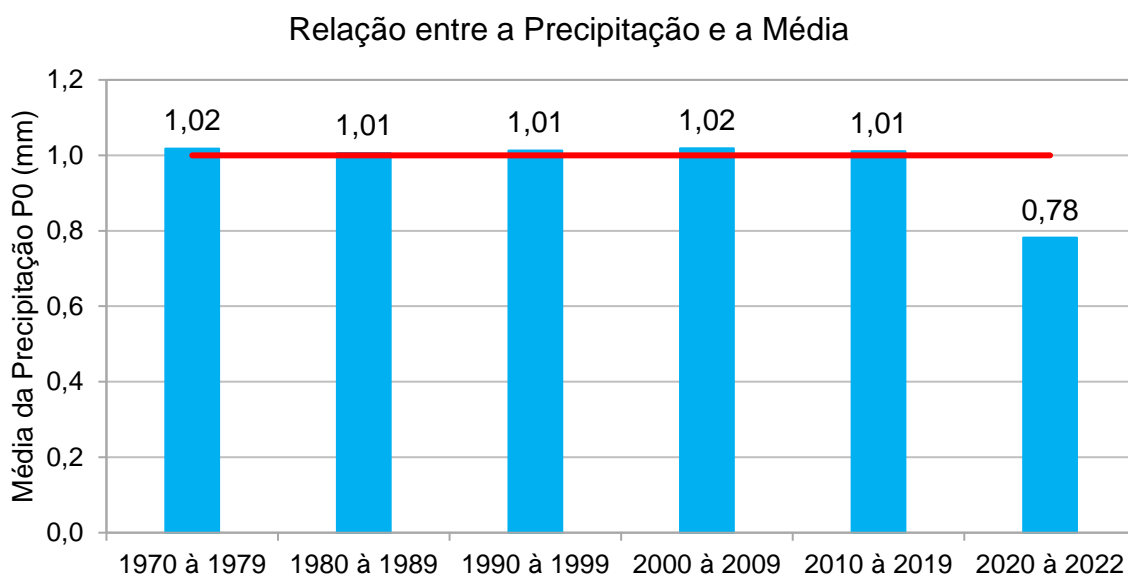
No período de 2020 à 2022 nota-se um valor muito abaixo da média, sendo que este valor não representa a realizada já que devido a grande quantidade de dados faltantes após o ano de 2020, o modelo gerado não foi eficiente para a estimação dos dados neste período.

Gráfico 12 Média da precipitação anual, em décadas, para a bacia de estudo.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

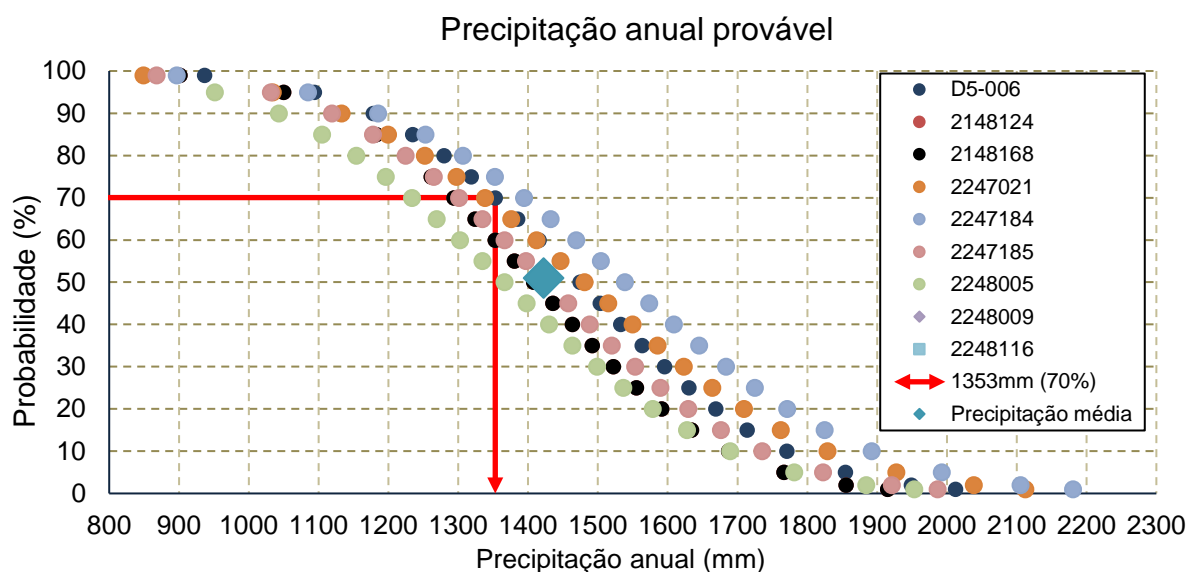
Gráfico 13. Relação entre a precipitação anual, em décadas, e a precipitação média para a bacia.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Paralelo as estimativas das estatísticas descritivas (valores médios e desvio padrão amostral), foram estimadas as precipitações prováveis para os mesmos períodos analisados. Para a estimativa dos valores prováveis da P0, foi utilizada a distribuição teórica de probabilidade Normal. No Gráfico 14 está representado o gráfico da função de distribuição de probabilidade Normal ajustada para as séries históricas das nove estações selecionadas.

Gráfico 14. Gráfico da função de distribuição de probabilidade Normal ajustada para as séries históricas.

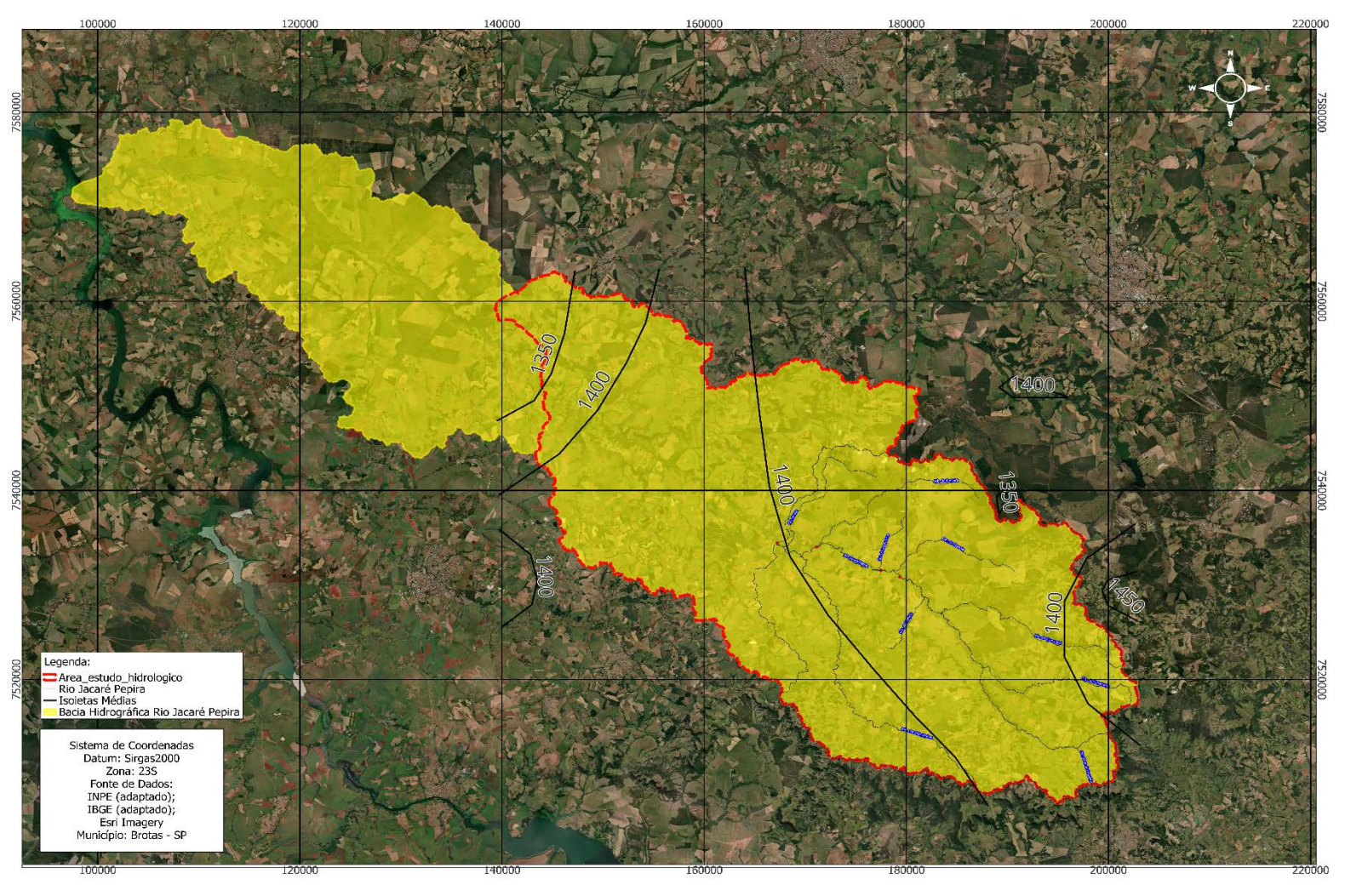


Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Considerando as diferentes curvas e a precipitação média anual de 1.422 mm obtida utilizando as nove estações selecionadas observamos que, para o período, era esperado que em 40% dos anos fossem observadas precipitações iguais ou maiores que a média. Conclui-se que apesar da leve diminuição da precipitação registrada nas últimas décadas, de maneira geral, o volume de chuva na bacia é estável.

A partir dos valores médios de precipitação anual das estações levantadas na região da bacia, foi realizada a interpolação dos dados pelo método da krigagem ordinária, permitindo a extração das linhas de isoietas para a bacia conforme apresentado na **Figura 4.3** e mapa anexo (apêndice X) Nota-se que à medida que seguimos o curso do rio Jacaré-Pepira até o ponto de exultório da bacia de estudo, os valores das linhas de isoietas diminuem, evidenciando o fato de que as maiores precipitações ocorrem nas áreas de mananciais do curso d'água.

Figura 4.3. Isoietas geradas a partir dos dados de precipitação média anual de cada estação selecionada na região.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

5 BALANÇO HÍDRICO SUPERFICIAL

Para avaliação do saldo de captações superficial, foram estimadas para as sub-bacia e pontos de interesse as vazões médias de longo período, vazão de 7 dias e com um tempo de retorno de 10 anos, sendo essa a respectiva $Q_{7,10}$ e a $Q_{95\%}$ da regionalização hidrológica do estado de São Paulo. Estes valores foram comparados e ajustados com as estimativas obtidas da série fluviométrica de vazões diárias 5D-028, no Rio Jacaré-Pepira.

5.1 LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS ESTUDADOS E DELIMITAÇÃO DE SUAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

A delimitação das bacias hidrográficas para os trechos de interesse foi realizada por meio de um *software* de geoprocessamento (QGIS). As informações das áreas de drenagem para os pontos iniciais e finais de cada trecho são apresentadas na **Tabela 5.1**.

Na **Figura 5.1** e mapa anexo (apêndice XI) é apresentado a localização de cada ponto e suas referidas áreas de drenagem.

Os segmentos designados foram determinados com base nos locais de interesse correspondentes, ou seja, nas regiões em que a prática de esportes aquáticos ocorre.

Nesse contexto, foram identificadas as áreas de drenagem pertinentes para fins de análise, sendo denominadas como T1_inicial, T1_final, T2_inicial e T2_final.

No que tange ao trecho 1, os termos "inicial" e "final" correspondem às extremidades longitudinais do Rio Jacaré-Pepira onde as atividades esportivas são realizadas, e delimitam o comprimento a ser considerado no estudo.

Tabela 5.1. Informações sobre os pontos de interesse dentro da bacia de estudo.

PONTO	CURSO D'ÁGUA	COORDENADAS (km)		ÁREA DE DRENAGEM (km ²)
		LESTE-OESTE	NORTE-SUL	
1 - INICIO	Rio Jacaré-Pepira	797,580	7.731,305	451,43
1 - FIM	Rio Jacaré-Pepira	795,723	7.532,087	533,30
2 - INICIO	Rio Jacaré-Pepira	789,498	7.534,801	651,95
2 - FIM	Rio Jacaré-Pepira	785,622	7.535,373	967,99
3 - Potreiros	Rio Jacaré-Pepira	763,528	7.557,147	1.773,94

Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

O ponto de início do Trecho 1 se encontra a cerca de 5,43 km abaixo do ponto de desague do Córrego do Monjolo e cerca de 1,21 km acima do ponto de desague do Córrego do Gouveia;

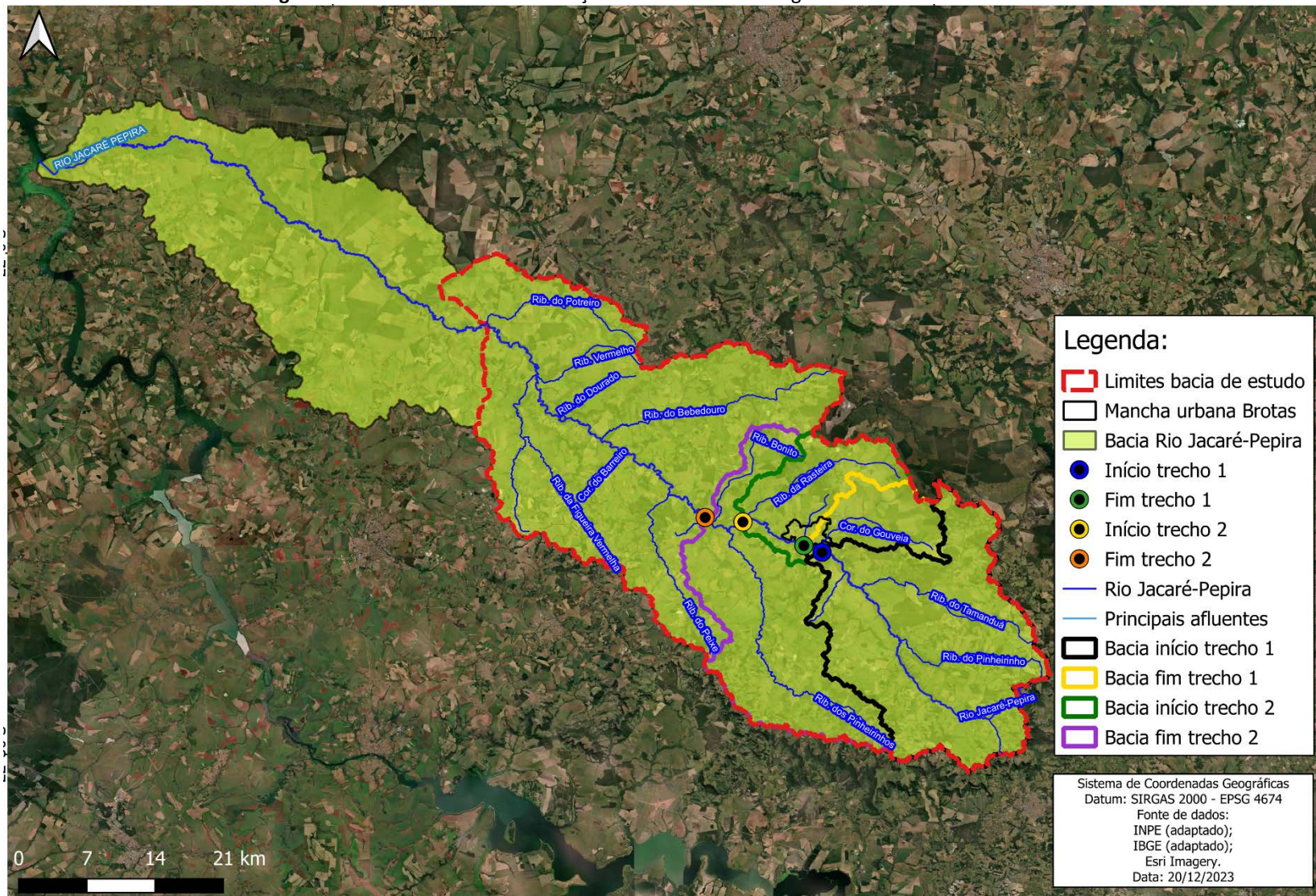
O final do Trecho 1 se encontra a cerca de 2,24 km abaixo do ponto de desague do Córrego do Gouveia e cerca de 0,27 km acima do ponto de desague do Córrego da Lagoa Seca.

O início do Trecho 02 se encontra a cerca de 1,69 km abaixo do ponto de desague do Ribeirão da Rasteira e cerca de 3,00 km acima do ponto de desague do Ribeirão dos Pinheirinhos.

O final do Trecho 02 se encontra a cerca de 1,98 km abaixo do ponto de desague do Ribeirão Bonito.

E por fim, o ponto em que o Ribeirão do Potreiro desagua no Rio Jacaré-Pipira, está a cerca de 56,95 km abaixo do final do Trecho 02.

Figura 5.1. Pontos de interesse e traçado das áreas de drenagem dentro da bacia de estudo.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

5.2 LEVANTAMENTO DA BASE DE OUTORGAS NA BACIA DO RIO JACARÉ PEPIRA JUNTO A ÁREA DE ESTUDO.

Os pontos de interesse se encontram dentro do município de Brotas – SP e encontra-se dentro da região hidrográfica Jacaré-Pepira pertence à Região Hidrográfica do Rio Tietê, especificamente na Sub UGRHI 2.3-Afluentes direto do Rio Tietê pertencente a UGRHI 13-Tietê a qual apresenta como principal curso d'água o Rio Jacaré-Pepira.

As nascentes do Rio Tietê ficam no Parque Nascentes do Rio Tietê, que se situa no município de Salesópolis, a 1.120 metros de altitude e percorre o sentido inverso ao mar, rumo ao interior, atravessando o estado de São Paulo de sudeste a noroeste até desaguar no lago formado pela barragem de Jupiá no Rio Paraná, no município de Três Lagoas.

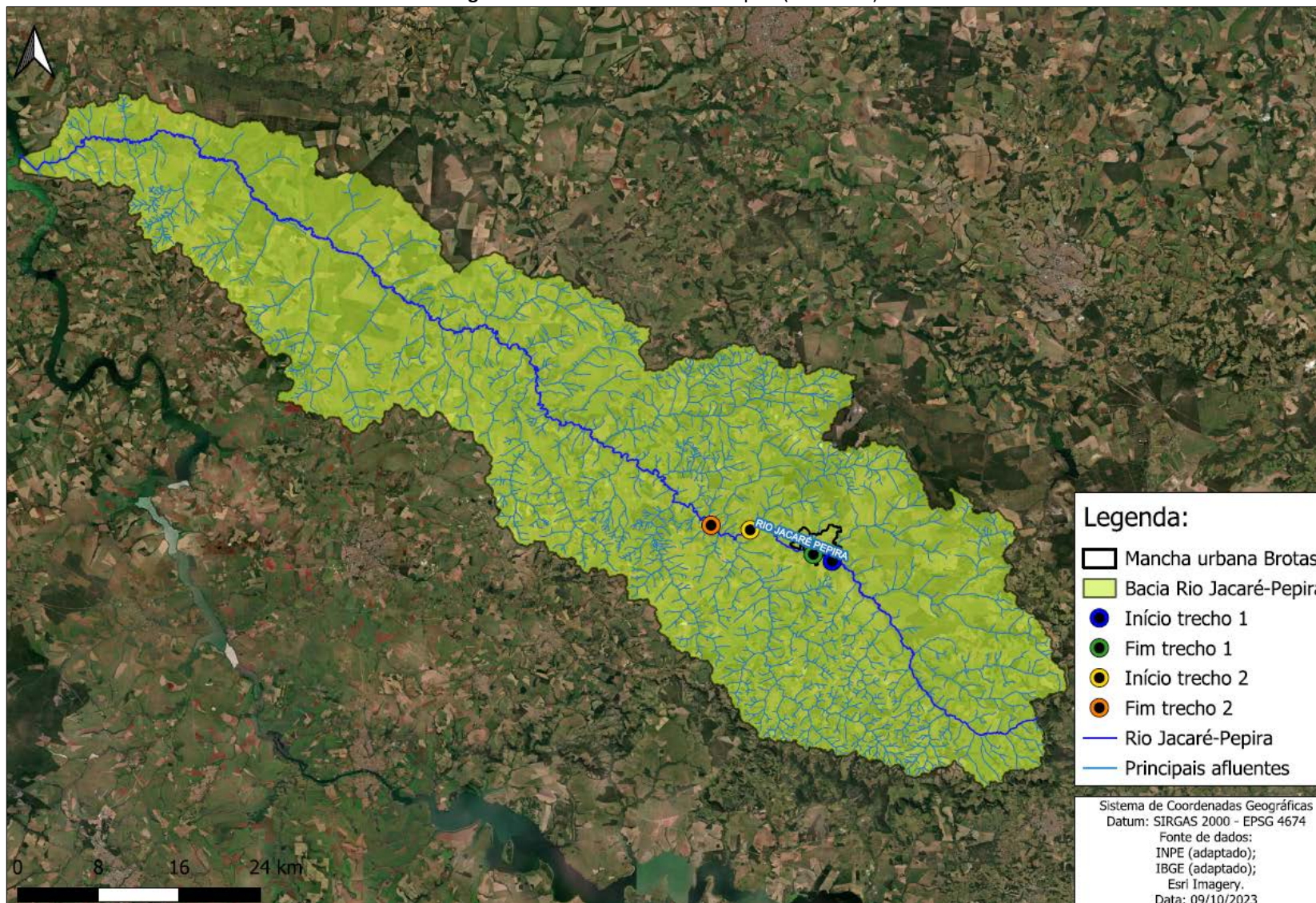
O rio Tietê drena uma área composta por seis sub-bacias hidrográficas (Alto Tietê, Sorocaba/ Médio Tietê, Piracicaba/ Capivari/ Jundiá, Tietê/ Batalha, Tietê/ Jacaré e Baixo Tietê).

A UGRHI do Tietê/Jacaré constitui-se de 6 sub-bacias, que se referem, basicamente, aos seus seis rios principais, sendo eles: Rio Tietê, Rio Claro, Rio Lençóis, Rio Bauru, Jacaré-Guaçu, Jacaré-Pepira e Rio Jaú. A área de drenagem da bacia do Tietê/Jacaré é de 11.803,87 km², mantendo 100% da drenagem dentro do próprio Estado, sendo assim considerado um rio estadual.

A bacia possui extensão aproximada de 420 km até sua foz no Rio Tietê, com uma área de drenagem aproximada de 2.670,28 km², conforme apresentado na **Figura 5.2** e mapa anexo (apêndice XII).

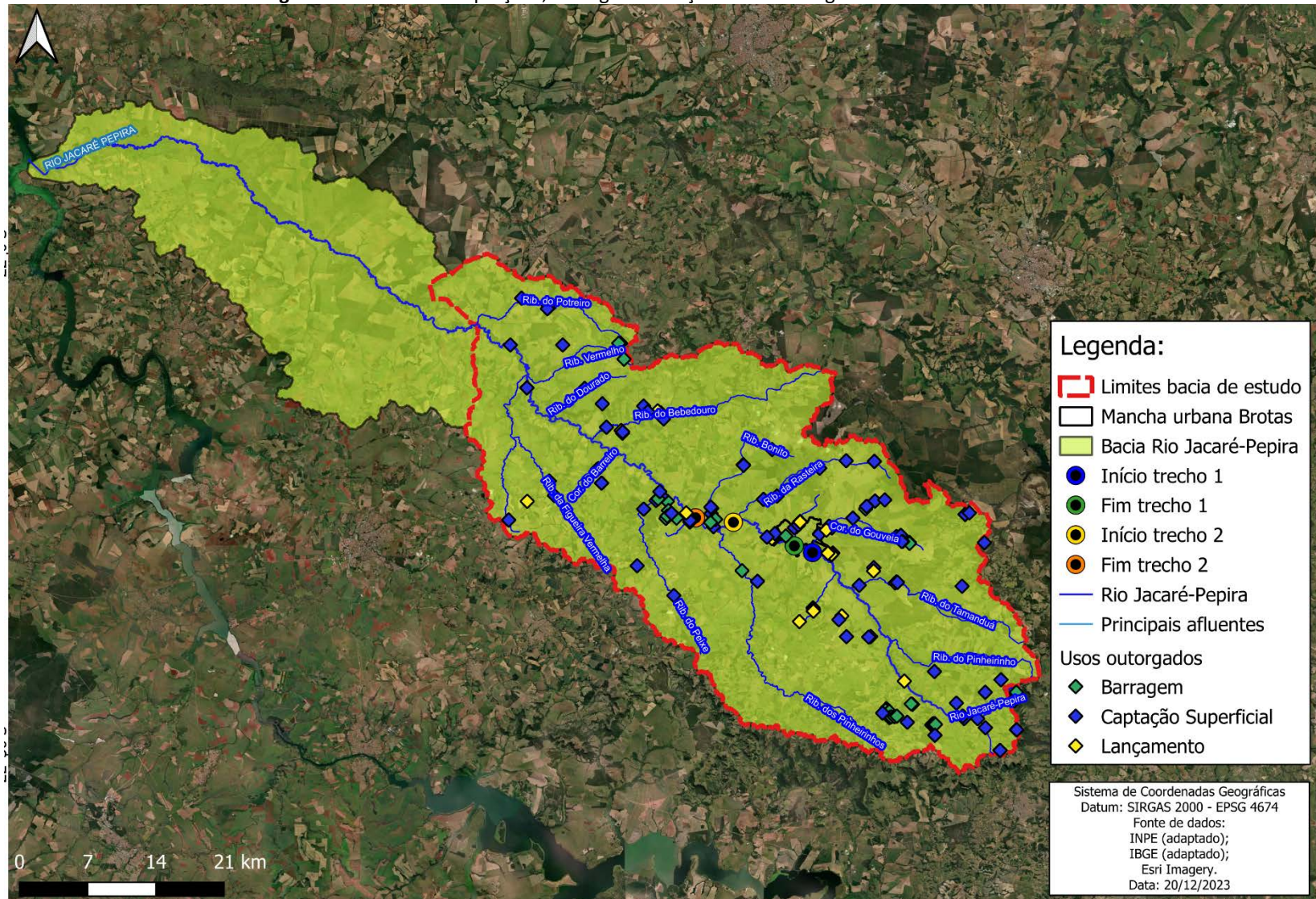
A **Figura 5.3** e mapa anexo (apêndice XIII) apresenta todas as outorgas presentes nas sub-bacias através das bases de dados do SOE (DAEE) e da ANA representadas na bacia do Jacaré-Pepira até a área de interesse e a grande bacia do Jacaré-Pepira até sua confluência com o Rio Tietê.

Figura 5.2. Bacia do Rio Jacaré-Pepira (UGRHI 13).



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 5.3. Pontos de captações, barragens e lançamentos outorgados nas bacias estudadas.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

5.3 LEVANTAMENTO SOBRE O CONSUMO DE ÁGUA DAS ATIVIDADE AGRÍCOLAS

O consumo de água nas atividades agrícolas desempenha um papel crucial na produção de alimentos e na sustentabilidade do setor agrícola. Ao longo dos anos, a agricultura tem enfrentado desafios significativos relacionados à gestão da água, dada a crescente demanda global por alimentos e as mudanças climáticas que afetam os padrões de chuva e o saldo remanescente das vazões. Este cenário destaca a necessidade frequente de abordar estratégias sustentáveis de uso da água na agricultura, visando otimizar a produtividade das culturas, minimizar o desperdício e conservar os recursos hídricos para as gerações futuras.

Desta forma, diante da importância e relevância deste tema, elaborou-se um relatório técnico sobre a necessidade de água das culturas agrícolas (Apêndice XIV) pertinentes a área de estudo dentro da sub bacia do Rio Jacaré Pepira, onde estão abordados os principais fatos e números sobre este tema.

5.4 MAPEAMENTO DE TRECHOS DA ÁREA DA SUB-BACIA DO RIO JACARÉ PEPIRA POR IMAGENS TÉRREAS E AÉREAS

O mapeamento de áreas por meio de imagens aéreas e terrestres representa uma abordagem essencial para compreender e gerenciar o ambiente ao nosso redor. A fusão dessas duas modalidades de imagens oferece uma perspectiva abrangente e detalhada, permitindo a criação de mapas precisos e atualizados. As imagens aéreas, capturadas por drones, satélites ou aeronaves, proporcionam uma visão panorâmica, revelando informações valiosas sobre grandes extensões de território. Por outro lado, as imagens terrestres, obtidas por câmeras em solo, oferecem detalhes mais próximos e específicos.

Desta forma, com o objetivo de demonstrar através das imagens registradas em campo, a situação atual do curso hídrico no Rio Jacaré Pepira, destacando os principais pontos existentes desde sua nascente até a confluência com o Ribeirão do Potreiro, em sua área de estudo, elaborou-se um **Relatório Fotográfico** disponibilizado junto ao apêndice XV.

6 LEVANTAMENTO NA BASE DE DADOS DO DAEE E ANA SOBRE AS OUTORGAS DE CAPTAÇÃO, LANÇAMENTOS E BARRAMENTOS EXISTENTES E VERIFICAÇÃO DA DEMANDA HÍDRICA NA BACIA DO RIO JACARÉ-PEPIRA ATÉ O PONTO FINAL DE ESTUDO

O Rio Jacaré-Pepira é afluente à margem direita do Rio Tietê, que é um rio estadual. As outorgas deferidas na bacia foram extraídas do SOE (Sistema de Outorga Eletrônica) -DAEE (consultado em setembro/2023) e complementadas pelo “Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos - Usuários em corpos hídricos de domínio dos Estados, disponíveis no portal da ANA em <<https://dadosabertos.ana.gov.br/search?groupIds=811289e1bac44a4a8b8d2d7ebc861dd3>>.

Nessa base de dados as outorgas deferidas estão cadastradas com atualização recente. O balanço hídrico da vazão remanescente na bacia foi estimado com base nessas informações georreferenciadas.

As outorgas cadastradas e deferidas na bacia foram consultadas em setembro de 2023. Em seguida, foram encontradas e destacadas as outorgas de captação superficial, barramento e lançamento superficial na bacia até a seção da sub-bacia em estudo, apresentados na **Figura 5.3** e mapa anexo (apêndice XIII).

A **Tabela 6.2** foi elaborada e modificada a partir do cadastro de outorgas e Portarias do Banco de Dados da ANA, permitindo a realização do saldo de das vazões outorgadas na bacia. Nesta tabela são apresentados a relação das outorgas, o uso do recurso hídrico e as vazões máximas derivado pela captação.

Pelo cadastro, na base do CNRH (ANA), foram encontrados um total 414 pontos com outorga até a seção estudada do Rio Jacaré-Pepira, sendo 185 captações superficiais, 80 barramentos/estrutura reservação, 76 lançamentos e 73 pontos de referência.

Paralelamente, foram verificadas e associadas as obras de reservatórios às captações superficiais levantadas que estavam localizadas sobre o reservatório e que apresentavam número de autos semelhante. A **Figura 5.3** e mapa anexo (apêndice XIII) representa os pontos de captação, barragem e lançamento na bacia.

Em relação às finalidades de uso, a consulta ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CRH (2015) e as outorgas presentes na base da ANA indicam que na UGRHI 13 - Tietê-Jacaré a distribuição das vazões outorgadas é concentrada principalmente no uso para Irrigação, seguido pelo uso Industrial e pelo abastecimento público, conforme apresentado no **Gráfico 15**.

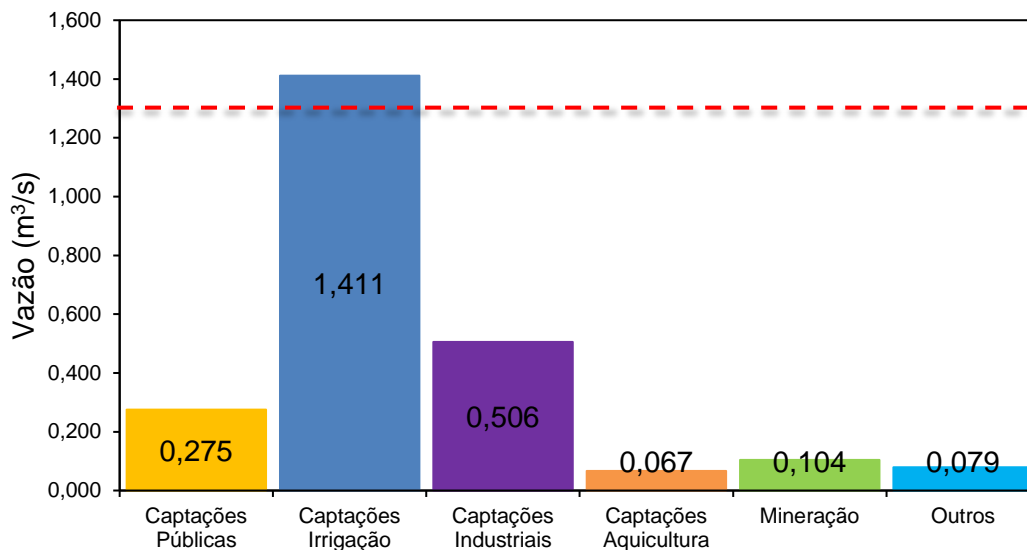
Para a definição dos grandes usuários presentes na bacia, foi utilizado um critério que define o volume mínimo de captação (limite superior), no qual os valores acima dele representam grandes utilizadores de água.

O valor de base foi definido através do cálculo da vazão média outorgada por finalidade de captação na bacia ($0,407 \text{ m}^3/\text{s}$ ($1.465,2 \text{ m}^3/\text{h}$)) somada ao desvio padrão destas outorgas ($0,520 \text{ m}^3/\text{s}$ ($1.872 \text{ m}^3/\text{h}$)), resultando em um valor de $0,927 \text{ m}^3/\text{s}$ ($3.337 \text{ m}^3/\text{h}$).

A partir deste valor, um grande grupo de usuários foi identificado na bacia, sendo grande parte do volume anual e vazão outorgada utilizada para a Irrigação, seguido do uso pela indústria, conforme apresentado no **Gráfico 16** e **Gráfico 17**.

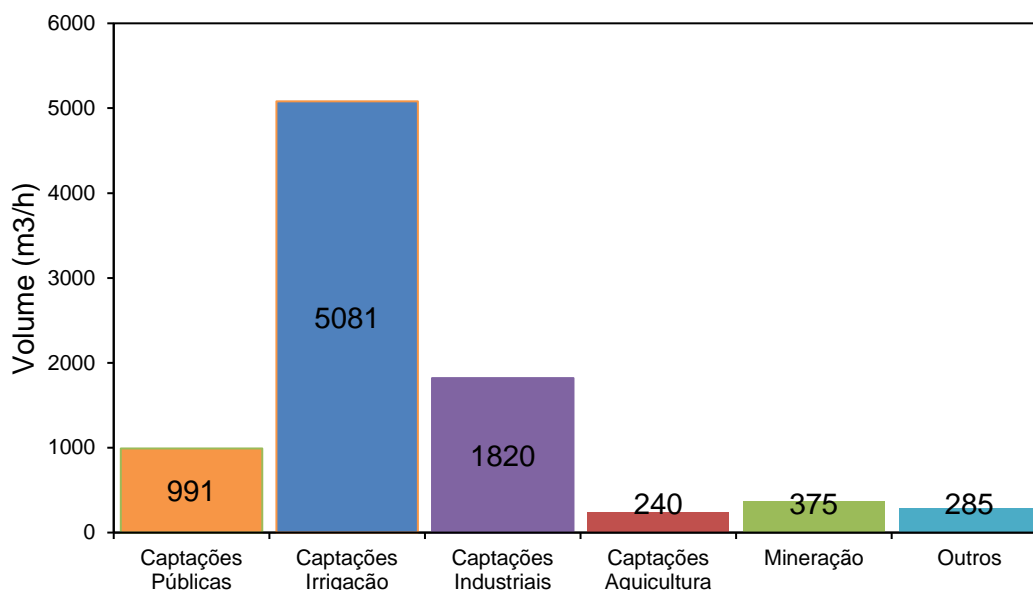
Na **Tabela 6.1** são apresentados os dez maiores usuários da bacia em função do volume anual (m^3) outorgado. Como visto no gráfico anterior, a irrigação corresponde ao maior captador dentro da bacia, sendo que dos dez maiores volumes outorgados, seis são para a irrigação.

Gráfico 15. Vazão outorgada por finalidade de uso na Região Hidrográfica UGRHI 13 – Tietê-Jacaré em m³/s



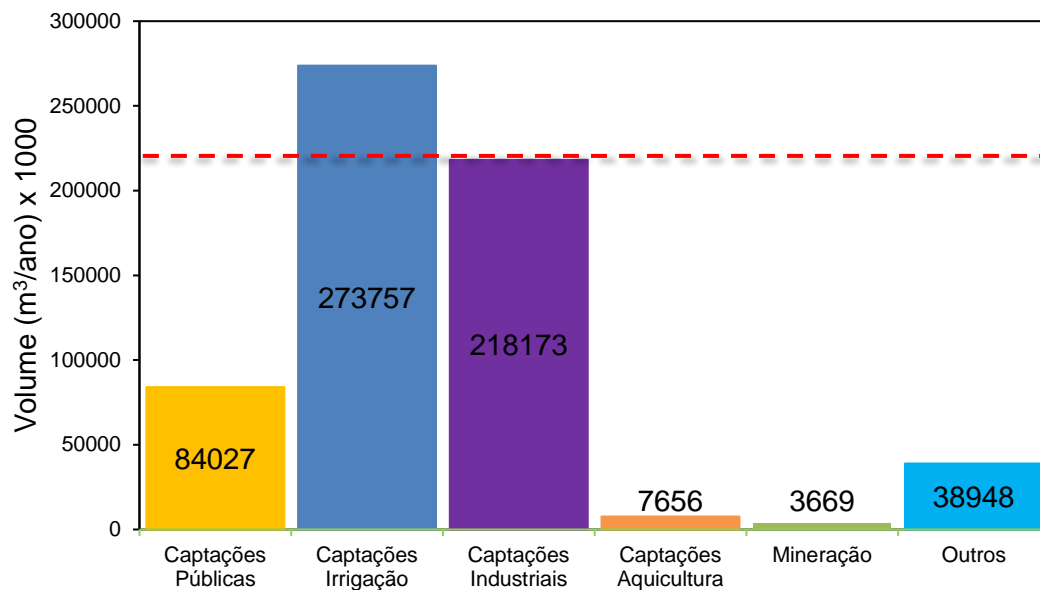
Fonte: REGLA-ANA, SOE-DAEE, 2024 (adaptado).

Gráfico 16. Vazão outorgada por finalidade de uso na Região Hidrográfica UGRHI 13 – Tietê-Jacaré em m³/h.



Fonte: REGLA-ANA, SOE-DAEE, 2024 (adaptado).

Gráfico 17. Volume por finalidade de uso na Região Hidrográfica UGRHI 13 – Tietê-Jacaré.



Fonte: REGLA-ANA, SOE-DAEE, 2024 (adaptado).

Tabela 6.1. Maiores Usuários por finalidade de uso na Região Hidrográfica UGRHI 13 – Tietê-Jacaré.

ORDEM	Nº PROTOCOLO	FINALIDADE	VOLUME (m³/ano)	VAZÃO (m³/s)	SUB-BACIA	MUNICÍPIO
1	5440/2021	Irrigação	45.684.000	0,018 (64,8 m³/h)	Rib. do Dourado	Dourado
2	6554/2021	Indústria	21.461.760	0,069 (248,4 m³/h)	Cór. do Monjolo	Brotas
3	1909/2021	Irrigação	15.913.800	0,058 (208,8 m³/h)	Rib. da Figueira Vermelha	Dois Córregos
4	6554/2021	Indústria	14.618.880	0,047 (169,2 m³/h)	Cór. do Monjolo	Brotas
5	1353/2021	Abastecimento	12.178.080	0,031 (111,6 m³/h)	Rib. dos Pinheiros	Torrinha
6	2163/2021	Irrigação	8.818.560	0,085 (306,0 m³/h)	Rib. do Bebedouro	Ribeirão Bonito
7	6391/2020	Irrigação	3.387.200	0,129 (464,4 m³/h)	Cór. Do Gouveia	Brotas
8	2567/2021	Indústria	3.240.000	0,104 (374,4 m³/h)	Rib. dos Pinheirinhos	Brotas
9	2622/2021	Indústria	3.240.000	0,104 (374,4 m³/h)	Cór. do Monjolo	Brotas
10	5133/2018	Abastecimento	2.474.035	0,079 (284,4 m³/h)	Cór. Do Gouveia	Brotas

Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Na região, como se apresenta na **Tabela 6.2**, a maior parte da vazão outorgada são classificadas como captação superficial com uma vazão de 2,44 m³/s (8.784 m³/h), seguidas pelos denominados lançamentos superficiais com 1,508 m³/s (5.428 m³/h).

Tabela 6.2. Vazão outorgada por finalidade de uso na Região Hidrográfica UGRHI 13 – Tietê-Jacaré

USO	VAZÃO (m³/h)	VAZÃO (m³/s)
CAPTAÇÕES SUPERFICIAIS	8.792,00	2,442
LANÇAMENTOS SUPERFICIAIS	5.428,99	1,508

Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

7 IDENTIFICAÇÃO DE CAPTAÇÕES E USOS NÃO REGISTRADOS

Captações irregulares de recursos hídricos representam uma preocupação crescente em muitas regiões do estado de São Paulo e de todo o território nacional, especialmente em áreas onde a escassez de água é um desafio constante. No entanto, localizar essas captações em propriedades particulares pode ser uma tarefa complexa, enfrentando uma série de desafios e obstáculos.

Essas captações são instaladas sem autorização ou permissão das autoridades competentes, tornando-as difíceis de serem detectadas. Os responsáveis por essas captações ilegais frequentemente procuram camuflar suas atividades, escondendo estruturas de captação de água ou utilizando métodos clandestinos para desviar recursos hídricos sem deixar rastros óbvios.

Além disso, a vasta extensão de terras particulares em muitas regiões torna o monitoramento dessas áreas uma tarefa gigantesca. As agências responsáveis pela gestão dos recursos hídricos muitas vezes enfrentam limitações de recursos humanos e tecnológicos para realizar inspeções regulares e abrangentes em todas as propriedades particulares. Isso cria oportunidades para que as captações irregulares permaneçam ocultas por longos períodos, sem serem detectadas pelas autoridades.

Outro desafio é a diversidade de fontes de água encontradas em propriedades particulares. Poços, nascentes, riachos e outras formas de acesso à água podem coexistir em uma única propriedade, tornando difícil distinguir entre captações legais e ilegais. Isso é especialmente verdadeiro em áreas rurais, onde as atividades agrícolas e pecuárias muitas vezes dependem de múltiplas fontes de água para irrigação e consumo animal.

A falta de conscientização e cooperação por parte dos proprietários também contribui para a dificuldade de localizar captações irregulares de recursos hídricos em propriedades particulares. Alguns proprietários podem estar cientes de que estão violando a lei, mas optam por manter suas atividades clandestinas em benefício próprio. Isso dificulta ainda mais os esforços de fiscalização e monitoramento das autoridades.

Desta forma, conforme supracitado identificar captações irregulares de recursos hídricos pode ser um desafio, mas existem algumas estratégias que podem ajudar a identificar atividades ilegais de uso de água, conforme sugestão a seguir:

- **Análise de Imagens de Satélite:** As imagens de satélite podem fornecer uma visão ampla da paisagem e ajudar na identificação de estruturas que não estão em conformidade com as regulamentações de captação de água. Por exemplo, estruturas de captação, como represamentos ou canais clandestinos, podem ser identificadas por meio de imagens de alta resolução;
- **Patrulhamento Aéreo:** O patrulhamento aéreo utilizando drones ou aeronaves tripuladas pode ser uma maneira eficaz de identificar captações irregulares de recursos hídricos em áreas de difícil acesso. Os voos de patrulha podem ajudar a localizar estruturas de captação clandestinas ou atividades suspeitas relacionadas ao uso ilegal da água;
- **Monitoramento de Fluxo de Água:** A medição e monitoramento do fluxo de água em rios, córregos e outras fontes de água podem revelar padrões anômalos que podem indicar captações irregulares. Flutuações significativas no fluxo de água podem ser um sinal de desvio ilegal de recursos hídricos;
- **Denúncias e Informações de Terceiros:** Muitas vezes, as captações irregulares são descobertas por meio de denúncias de membros da comunidade ou de informantes que têm conhecimento sobre atividades ilegais relacionadas ao uso da água. É importante encorajar a denúncia e garantir que as informações sejam tratadas de forma confidencial e investigadas adequadamente;
- **Inspecções no Terreno:** Realizar inspeções regulares no terreno por parte das agências responsáveis pela gestão dos recursos hídricos é fundamental para identificar captações irregulares. Essas inspeções podem envolver a visita a propriedades particulares para verificar a conformidade com as regulamentações de uso da água e para identificar possíveis infrações;
- **Uso de Tecnologia de Sensoriamento Remoto:** A tecnologia de sensoriamento remoto, como sensores de fluxo de água e dispositivos de monitoramento ambiental, pode ser implantada para detectar atividades suspeitas de uso ilegal da água. Esses dispositivos podem ser instalados em locais estratégicos para

coletar dados sobre o uso da água e identificar padrões incomuns que possam indicar captações irregulares.

O levantamento de dados sobre possíveis captações irregulares, normalmente acontecem em áreas com menores dimensões, tendo o foco específico em uma determinada região do curso hidrográfico em questão, onde na maioria dos casos, estas regiões fiscalizadas, são provenientes de denúncias anônimas feitas pela população via canais de comunicações nos municípios e nas agências reguladoras e de fiscalização, refletindo em uma efetividade muito maior por parte da fiscalização na localização das possíveis captações irregulares de recursos hídricos.

Diante de todo este cenário apresentado, tendo como foco a área de estudo localizada junto a Sub-bacia do Rio Jacaré-Pepira que se estende até a foz do Rio Potreiro no Rio Jacaré-Pepira, conforme números já apresentados em capítulos anteriores, obtém-se uma área total de 1.773,93 Km² de extensão e dentro desta área estão localizadas mais de 20 afluentes que impactam diretamente toda a Sub-Bacia do Rio Jacaré-Pepira.

É evidente que devido a grandiosidade desta Sub-bacia, a busca por captações irregulares junto ao Rio Jacaré-Pepira e seus afluentes, torna-se um trabalho de proporções gigantescas e demandam um conjunto de ações entre agências reguladoras, município, proprietários das áreas rurais e população. Sem esta ação conjunta, a eficiência e eficácia na identificação das possíveis irregularidades se tornam praticamente nulas.

Durante a elaboração deste estudo, foram realizadas algumas reuniões junto as Secretarias de Meio e Ambiente dos principais municípios que fazem parte da Sub-Bacia do Rio Jacaré-Pepira (São Pedro, Itirapina, Dois Córregos, Torrinha, Boa Esperança do Sul, Ribeirão Bonito, Trabiju, Dourado, Bocaina e Jaú) tendo como foco a apresentação do estudo e também a aproximação junto a estes municípios, disponibilizando canais de comunicação para que pudessem enviar quaisquer relatos, suspeitas ou locais exatos de supostas captações irregulares junto as áreas de interesse pertencentes a sub-bacia. Até o momento da elaboração deste estudo, não foram recebidas informações ou denúncias por parte destes municípios.

Especificamente junto ao município de Brotas (contratante deste estudo), conforme **Relatório Fotográfico** disponibilizado no **Apêndice XX**, foram realizadas inúmeras vistorias em campo em alguns trechos específicos do Rio Jacaré-Pepira, desde sua nascente (a montante do município de Brotas) até a área final de estudo (a jusante do município de Brotas), tendo como objetivo principal, a verificação de possíveis captações irregulares bem como visualizar as condições atuais do Rio Jacaré-Pepira e seus afluentes, no entanto, devido as dificuldades já detalhadas anteriormente, a busca via imagens aéreas, torna-se inviáveis devido a grandiosidade destas áreas e complexidade de visualização destas possíveis captações irregulares.

Durante a elaboração deste estudo, visando uma eficiência maior no resultado destas fiscalizações para localizações das captações irregulares, foi proposto junto ao município de Brotas a divulgação para a população sobre a realização deste estudo hidrológico de forma mais contundente, enfatizando a grande importância da participação da população e proprietários de área rurais sobre a necessidade de realizar denúncias sobre as possíveis captações irregulares.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os pontos de interesse estão situados na bacia do Jacaré-Pepira, que detém um saldo de vazão de 6,444 m³/s (23.198 m³/h) até a confluência com o Ribeirão do Potreiro. Esta região está localizada no município de Brotas, Estado de São Paulo, inserida na região hidrográfica do Rio Tietê, mais precisamente na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Tietê - UGRHI 13.

Nessa UGRHI, o curso d'água preponderante é o Rio Jacaré-Pepira. Cabe destacar que as nascentes do Rio Tietê se encontram no Parque Nascentes do Rio Tietê, situado no município de Salesópolis, a uma altitude de 1.120 metros, e fluem em direção ao interior. A vazão média plurianual do Rio Tietê é de 9,529 m³/s (34.304 m³/h).

A demanda hídrica na área varia de acordo com o período analisado, compreendendo o intervalo de tempo de 1980 a 2022, com base em dados de estações pluviométricas.

As informações de precipitação média anual obtida nas estações pluviométricas instaladas na bacia e suas sub-bacias oscila entre 1.400 mm e 1.500 mm. No entanto, durante o período entre abril e setembro, ocorre um déficit de precipitação, com o ano de 2014 registrando as condições mais críticas. A partir desse ano, um déficit anual passou a ser uma ocorrência constante.

O próximo passo nesse processo de investigação é o estudo da lâmina d'água juntamente com suas respectivas vazões mínimas no Rio Jacaré-Pepira e a determinação da lâmina mínima necessária para a realização das atividades esportivas de *Rafting*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, Richard G. et al. **Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56**. Fao, Rome, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.

ASPIAZÚ, C.; ALVES, L.M.; VALENTE, O.F. **Modelos Digitais de Terrenos - Conceituação e Importância**. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 21, p.27-36, dez. 1990.

CETESB. **Águas interiores – Programa de monitoramento**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/programa-de-monitoramento/>, acesso em: 12 set. 2023.

DAEE. **Manual de Cálculo das Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo**. Secretaria de Recursos Hídricos Saneamento e Obras. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Plano Estadual de Recursos Hídricos. 1994. 64p.

EMBRAPA. **Mapa de água disponível do solo (mm/cm) 100-200 cm do Brasil na resolução espacial de 90 m – Versão 2021**. Disponível em: <http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/3477>, acesso em: 13 set. 2023.

HINKE, T. H.; NOVOTNY, J. **Data mining on NASA’s Information Power Grid**. Proceedings the Ninth International Symposium on High-Performance Distributed Computing. Anais. In: NINTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON HIGH-PERFORMANCE DISTRIBUTED COMPUTING. IEEE Comput. Soc, 2000. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1109/HPDC.2000.868663>.

IAG. **Boletim climatológico anual da estação meteorológica do IAG/USP 2016**. Disponível em: <http://www.estacao.iag.usp.br/Boletins/2016.pdf>, acesso em: 20 out. 2023.

LIASI, A. & OUTROS, Regionalização Hidrológica no Estado de São Paulo. **Revista Águas e Energia Elétrica**, ano 5, n. 14, 1988.

PORTO, R.L.; ZAHED FILHO, K.; SILVA, R.M. **Medição de vazão e curva chave**. Apostila de Hidrologia Aplicada. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 48p. 2001.

SANTOS, B.C. dos; SOUZA, P.H. de; SANCHES, R.G., VECCHIA, F.A. da S. **O comportamento da precipitação no verão 2013-2014 em São Carlos/SP a partir da classificação dos anos padrões**. XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 12p. 2017. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2418>, acesso em: 20 out. 2023.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balances**. Centerton, N.J.: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, v. 8, n. 1).

APÊNDICES

- I. LOCALIZAÇÃO DOS LIMITES DA MANCHA URBANA DO MUNICÍPIO DE BROTAS-SP E LIMITES DA BACIA DE ESTUDO E DA BACIA DO JACARÉ-PEPIRA ATÉ CONFLUÊNCIA COM O RIO TIETÊ.
- II. SUB-BACIAS DO RIO JACARÉ-PEPIRA ATÉ A CONFLUÊNCIA COM O RIO TIETÊ.
- III. MAPA DE ALTIMETRIA (METROS) PARA A BACIA DE ESTUDO SOBRE O RIO JACARÉ-PEPIRA (BROTAS-SP)
- IV. MAPA DE DECLIVIDADE (%) PARA A BACIA DE ESTUDO SOBRE O RIO JACARÉ-PEPIRA (BROTAS-SP)
- V. SOLOS PARA A BACIA DE ESTUDO (BROTAS-SP).
- VI. VOLUME HÍDRICO PARA A BACIA, SEGUNDO LEVANTAMENTO DA EMBRAPA
- VII. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PARA A ÁREA DE ESTUDO (BROTAS-SP).
- VIII. MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DA BACIA DE ESTUDO E DISTRIBUIÇÃO DE ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS NA REGIÃO.
- IX. POLÍGONO DE THIESSEN GERADO ATRAVÉS DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS LEVANTADAS NA REGIÃO DE ESTUDO
- X. ISOIETAS GERADAS A PARTIR DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL DE CADA ESTAÇÃO SELECIONADA NA REGIÃO
- XI. PONTOS DE INTERESSE E TRAÇADO DAS ÁREAS DE DRENAGEM DENTRO DA BACIA DE ESTUDO.
- XII. BACIA DO RIO JACARÉ-PEPIRA (UGRHI 13).
- XIII. PONTOS DE CAPTAÇÕES, BARRAGENS E LANÇAMENTOS OUTORGADOS NAS BACIAS ESTUDADAS.
- XIV. ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR, IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – BROTAS/SP

- XV. ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR, IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – SÃO PEDRO/SP
- XVI. ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR, IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – BOA ESPERANÇA DO SUL/SP
- XVII. ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR, IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – BOCAINA/SP
- XVIII. ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR, IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – DOIS CÓRREGOS/SP
- XIX. ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR, IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – DOURADO/SP
- XX. ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR, IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – JAÚ/SP
- XXI. ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR, IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – TRABIJU/SP
- XXII. ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR, IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – TORRINHA/SP
- XXIII. ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR, IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – RIBEIRÃO BONITO/SP
- XXIV. RELATÓRIO TÉCNICO SOBRE A NECESSIDADE DE ÁGUA DAS CULTURAS AGRÍCOLAS.
- XXV. RELATÓRIO FOTOGRÁFICO - MAPEAMENTO DE TRECHOS DA ÁREA DA SUB-BACIA DO RIO JACARÉ PEPIRA POR IMAGENS TÉRREAS E AÉREAS.

APÊNDICE I. LOCALIZAÇÃO DOS LIMITES DA MANCHA URBANA DO MUNICÍPIO DE BROTAS-SP E LIMITES DA BACIA DE ESTUDO E DA BACIA DO JACARÉ-PEPIRA ATÉ CONFLUÊNCIA COM O RIO TIETÊ.

APÊNDICE II. SUB-BACIAS DO RIO JACARÉ-PEPIRA ATÉ A CONFLUÊNCIA COM O RIO TIETÊ.

APÊNDICE III. MAPA DE ALTIMETRIA (METROS) PARA A BACIA DE ESTUDO SOBRE O RIO JACARÉ-PEPIRA (BROTAS-SP)

**APÊNDICE IV. MAPA DE DECLIVIDADE (%) PARA A BACIA DE ESTUDO SOBRE O RIO
JACARÉ-PEPIRA (BROTAS-SP)**

APÊNDICE V. SOLOS PARA A BACIA DE ESTUDO (BROTAS-SP).

APÊNDICE VI. BALANÇO HÍDRICO PARA A BACIA, SEGUNDO LEVANTAMENTO DA EMBRAPA

APÊNDICE VII. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PARA A ÁREA DE ESTUDO (BROTAS-SP).

APÊNDICE VIII. MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DA BACIA DE ESTUDO E DISTRIBUIÇÃO DE ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS NA REGIÃO.

**APÊNDICE IX. POLÍGONO DE THIESSEN GERADO ATRAVÉS DAS ESTAÇÕES
PLUVIOMÉTRICAS LEVANTADAS NA REGIÃO DE ESTUDO**

APÊNDICE X. ISOIETAS GERADAS A PARTIR DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL DE CADA ESTAÇÃO SELECIONADA NA REGIÃO

APÊNDICE XI. PONTOS DE INTERESSE E TRAÇADO DAS ÁREAS DE DRENAGEM DENTRO DA BACIA DE ESTUDO.

APÊNDICE XII. BACIA DO RIO JACARÉ-PEPIRA (UGRHI 13).

**APÊNDICE XIII. PONTOS DE CAPTAÇÕES, BARRAGENS E LANÇAMENTOS OUTORGADOS
NAS BACIAS ESTUDADAS.**

APÊNDICE XIV. ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR, IRRIGAÇÕES E
BARRAMENTOS – BROTAS/SP

APÊNDICE XV. ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR, IRRIGAÇÕES E
BARRAMENTOS – SÃO PEDRO/SP

**APÊNDICE XVI - ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR,
IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – BOA ESPERANÇA DO SUL/SP**

**APÊNDICE XVII - ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR,
IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – BOCAINA/SP.**

**APÊNDICE XVIII - ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR,
IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – DOIS CÓRREGOS/SP**

**APÊNDICE XIX - ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR,
IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – DOURADO/SP**

**APÊNDICE XX - ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR,
IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – JAÚ/SP.**

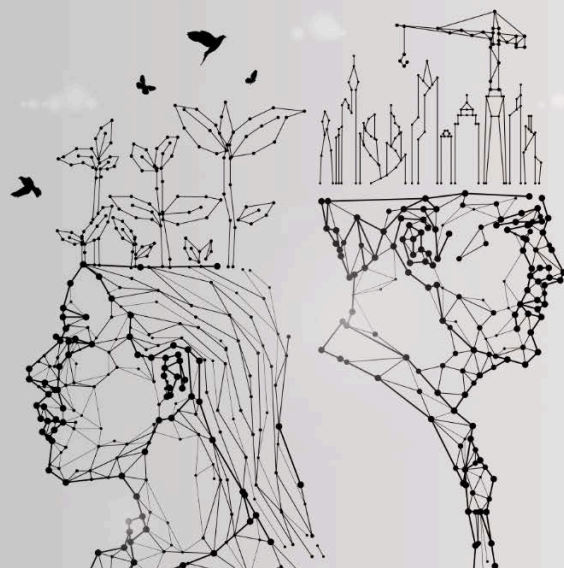
**APÊNDICE XXI - ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR,
IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – TRABIJU/SP**

**APÊNDICE XXII - ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR,
IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – TORRINHA/SP.**

**APÊNDICE XXIII - ÁREA DE ESTUDO COM O PERÍMETRO CAR,
IRRIGAÇÕES E BARRAMENTOS – RIBEIRÃO BONITO/SP.**

**APÊNDICE XXIV – RELATÓRIO TÉCNICO SOBRE A NECESSIDADE DE
ÁGUA DAS CULTURAS AGRÍCOLAS.**

ESTUDO HIDROLÓGICO NA SUB-BACIA DO RIO JACARÉ PEPIRA, MUNICÍPIO DE BROTAS/SP



**RELATÓRIO TÉCNICO SOBRE A NECESSIDADE DE ÁGUA DAS
CULTURAS AGRÍCOLAS EXPLORADAS JUNTO A ÁREA DE ESTUDO NA SUB-
BACIA DO RIO JACARÉ PEPIRA.**

MARÇO/2024

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	5
2	DEMANDA DE ÁGUA BRUTA PARA IRRIGAÇÃO.....	6
3	SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO.....	14
4	CADASTROS DE IRRIGANTES E OUTORGA DE USO.....	16
5	CONCLUSÃO.....	27
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. PRECIPITAÇÃO (PPT), LÂMINA DE IRRIGAÇÃO VERSUS EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL (ETP) MENSAL PARA A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR.	16
FIGURA 2. QUADRO DE CAPTURA DO CPF OU CNPJ. FONTE: ANA, 2017.....	19
FIGURA 3. CADASTRO INFORMAÇÕES BÁSICAS DO USUÁRIO. FONTE: ANA, 2017....	19
FIGURA 4. JANELA PARA PEDIDOS DE OUTORGA PARA NOVOS PONTOS DE INTERFERÊNCIA. FONTE: ANA, 2017.....	20
FIGURA 5. SELEÇÃO DA FINALIDADE E TIPO DE INTERFERÊNCIA. FONTE: ANA, 2017.	20
FIGURA 6. CARACTERÍSTICAS DA SOLICITAÇÃO DE REGULARIZAÇÃO. FONTE: ANA, 2017.	21
FIGURA 7. VOLUMES MENSAIS E ANUAL E VAZÃO MÁXIMA PERMITIDA CALCULADA PELO SISTEMA. FONTE: ANA, 2017	22
FIGURA 8. DADOS DE OPERAÇÃO DETALHADOS DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO. FONTE: ANA, 2017.....	22
FIGURA 9. PLANILHA PARA DETERMINAÇÃO DAS NECESSIDADES MENSAIS DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO. FONTE: ANA, 2017.....	23
FIGURA 10. DADOS CADASTRAIS DA PLANILHA PARA DETERMINAÇÃO DAS NECESSIDADES MENSAIS DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO. FONTE: ANA, 2017.	23
FIGURA 11. DADOS DA IRRIGAÇÃO DA PLANILHA PARA DETERMINAÇÃO DAS NECESSIDADES MENSAIS DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO. FONTE: ANA, 2017.	24
FIGURA 12. DADOS DA CAPTAÇÃO DA PLANILHA PARA DETERMINAÇÃO DAS NECESSIDADES MENSAIS DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO. FONTE: ANA, 2017.	25
FIGURA 13. ATLAS DE IRRIGAÇÃO, USO DA ÁGUA NA AGRICULTURA IRRIGADA 2015-2030, SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS (SNIRH). FONTE: ANA, 2017	26

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. LOCAIS COM MONITORAMENTO CLIMÁTICO, DISPONIBILIZADOS PELO CIIAGRO.	7
TABELA 2. COEFICIENTES DOS MODELOS DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA PARA A ESTIMATIVA DA TEMPERATURA MÁXIMA MÉDIA MENSAL E ANUAL	5
TABELA 3. COEFICIENTES DOS MODELOS DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA PARA A ESTIMATIVA DA TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA MENSAL E ANUAL	6
TABELA 4. VALORES TÍPICOS DE Kc PARA A CULTURA DE LARANJA CULTIVADA NA REGIÃO CENTRO-SUL.....	12
TABELA 5. VALORES SUGERIDOS PARA COEFICIENTES DE CULTURA ADOTADOS AO LONGO DE UM ANO SAFRA TÍPICO PARA LAVOURAS DE GRÃOS.	13
TABELA 6. COEFICIENTES DE CULTURA DA BANANEIRA PARA CONDIÇÕES TROPICAIS, CONSIDERANDO O PRIMEIRO E OS DE MAIS CICLOS DE CULTIVO.	14
TABELA 7. BALANÇO HÍDRICO CÍCLICO MENSAL, ESTIMADO PARTIR DAS MÉDIAS HISTÓRICAS DE BROTAS-SP.	12
TABELA 8. DEMANDA HÍDRICA MÁXIMA POR MÉTODO DE IRRIGAÇÃO, DO MANUAL DE OUTORGA DE DIREITO DE USO DOS RECURSOS HÍDRICOS, IMASUL (MARÇO/2022) - (TABELA 6 ITEM 5.2.11)	15
TABELA 9. INDICADORES DE EFICIÊNCIA DE USO DE ÁGUA PARA SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO.	16

1 INTRODUÇÃO

A gestão eficiente dos recursos hídricos tornou-se uma questão premente no contexto global, à medida que as pressões sobre os sistemas hídricos aumentam devido ao crescimento populacional, urbanização acelerada e mudanças climáticas. No âmbito agrícola, a demanda hídrica desempenha um papel crucial na produtividade das culturas, influenciando diretamente a segurança alimentar e a sustentabilidade dos ecossistemas.

A complexidade da demanda hídrica em culturas é influenciada por diversos fatores, dos quais se destacam o tipo de cultura, as condições climáticas, o solo e as práticas agrícolas. Culturas diferentes apresentam necessidades distintas de água ao longo do seu ciclo de vida, desde a germinação até a colheita. Além disso, as condições climáticas, como temperatura, umidade e ventos, desempenham um papel crucial na taxa de evapotranspiração, um processo-chave que afeta diretamente a demanda hídrica das plantas.

Uma avaliação da demanda hídrica precisa é essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de gestão da água na agricultura. Nesse contexto, diversos métodos de medição foram desenvolvidos para quantificar a necessidade de água das culturas. Desde abordagens diretas, como a utilização de lisímetros para medir a evapotranspiração, até métodos indiretos, como modelos de simulação, a diversidade de técnicas disponíveis permite uma abordagem holística na análise da demanda hídrica em diferentes cenários agrícolas.

O uso com eficiência da água na agricultura é imperativo para mitigar os desafios associados à crescente demanda hídrica. A adoção de práticas sustentáveis, como a irrigação de precisão, o uso de culturas mais resistentes à escassez hídrica e a implementação de tecnologias avançadas, são estratégias-chave para otimizar o uso da água. Além disso, a conscientização e a educação dos agricultores sobre práticas agrícolas sustentáveis desempenham um papel vital na promoção de uma abordagem responsável em relação aos recursos hídricos.

Este relatório busca aprofundar a compreensão da demanda hídrica de culturas, analisando fatores determinantes, métodos de medição e estratégias para otimizar o uso da água na agricultura.

2 DEMANDA DE ÁGUA BRUTA PARA IRRIGAÇÃO

A determinação da demanda de água para irrigação de diferentes culturas, é obtida por meio dos balanços hídricos climatológicos mensais regionais. Um dos principais parâmetros utilizado é a evapotranspiração de referência (ET₀), que representa a quantidade de água transferida para a atmosfera, considerando uma cultura rasteira em plena fase de desenvolvimento, sobre um solo que não possui deficiência hídrica.

Na ausência de dados climatológicos para o cálculo da evapotranspiração de referência, são utilizados dados médios mensais climatológicos para a região de interesse, podendo ser obtidas por exemplo, na plataforma do Núcleo de Monitoramento Agroclimático (NURMA) da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (<http://www.leb.esalq.usp.br/leb/nurma.html>); também podem ser obtidas informações meteorológicas do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia através ou das normais mensais (<https://portal.inmet.gov.br/normais>) ou série banco de dados das séries histórica das estações meteorológicas operadas pela instituição (<https://bdmep.inmet.gov.br/>).

No estado de São Paulo, no site do CIIAGRO (<http://www.ciiagro.org.br/>), desenvolvido pela Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola – FUNDAG, do IAC – Instituto Agrônomo de Campinas, são disponibilizados dados meteorológicos mensais, por período, da rede de estações monitoradas pela instituição. Na bacia em estudo, há algumas estações de monitoramento próximas, cuja relação dos locais e início das atividades estão indicados na **Tabela 1**.

Tabela 1. Locais com monitoramento climático, disponibilizados pelo CIIAGRO.

Locais	Início das atividades
Analândia	Junho/2015
Boa Esperança do Sul	Maior/2021
Brotas	Janeiro/2021
Dois Córregos	Novembro/2015
Ibitinga	Maior/2021
Itirapina	Fevereiro/2017
Jaú	Janeiro/2000
São Pedro	Março/2008
Torrinha	Janeiro/2017

Fonte: <http://www.ciiagro.org.br/tija/diario/periodo>.

Os dados meteorológicos necessários para elaboração do balanço hídrico são a precipitação efetiva e a evapotranspiração. A precipitação pode ser obtida das estações pluviométricas operadas pelo CTH – Centro Tecnológico de Hidráulica, do Laboratório de Hidráulica da POLI/USP e, por meio do portal Hidroweb operado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA.

Por meio da ET₀ e do coeficiente de cultura (kc), que representa o estágio de desenvolvimento de uma cultura é possível estimar a evapotranspiração da cultura (ET_c). Como critério de projeto, adota-se que a vazão diária a ser captada, deverá ser suficiente para atender a demanda hídrica da cultura (Irr), durante o período da safra na região. Para a estimativa desta demanda hídrica, é necessário o cálculo da lâmina ou demanda da irrigação para os cultivos é estimada pela Equação 1.

$$Irr = \frac{ET_c - P_{ef}}{E_f} \quad (1)$$

Em que:

- **Irr** – Lâmina mensal de irrigação (mm);
- **ET_c** – Evapotranspiração real da cultura (mm);
- **P_{ef}** – Precipitação efetiva (mm); e
- **E_f** – eficiência de aplicação de água de irrigação.

A quantificação da parcela do volume de água precipitado utilizado efetivamente pelas culturas (P_{ef} , mm), pode ser estimada pela relação empírica proposta pela FAO/AGWL, apresentada na Equação 2.

$$\begin{aligned} P_{ef} &= 0,6 * P_t - 10 \rightarrow P_t < 70mm \\ P_{ef} &= 0,8 * P_t - 4 \rightarrow 70mm < P_t < 80mm \\ P_{ef} &= 0,5 * P_t \rightarrow P_t > 80mm \end{aligned} \quad (2)$$

Os valores de evapotranspiração real da cultura (ET_c) são calculadas conforme a Equação 3, sendo ET_0 a evapotranspiração de referência e K_c o coeficiente de cultura.

$$ET_c = ET_0 * k_c \quad (3)$$

A média mensal dos valores de ET_0 para a região podem ser obtidas por meio de diferentes modelos de estimação, sendo que para cada região, com suas características climatológicas específicas há um modelo mais adequado. Dentre os métodos de estimação, um dos mais utilizados é o proposto no boletim FAO 56, que apesar de gerar uma boa aproximação dos valores de ET_0 , necessita de uma grande quantidade de dados de entrada, o que leva a utilização de modelos mais simplificados, como o método de Thorntwaite (1948), adaptado por Camargo (1999), por exemplo.

A região da bacia do Jacaré-Pepita apresenta razoável abrangência de estações pluviométricas; quanto a séries históricas ou de precipitação ou das outras variáveis meteorológicas, a cobertura é bastante rarefeita, dificultando a estimativa por balanços hídricos.

Devido à escassez de séries históricas climatológicas disponíveis para o cálculo da evapotranspiração, podem ser empregados estimativas das normais climatológicas de temperatura a partir de regressão linear múltipla gerais para o Estado de São Paulo, utilizando como variáveis independentes as coordenadas geográficas e suas combinações, conforme apresentado pelo modelo da Equação 5, desenvolvido na dissertação de mestrado de Monteiro (2012). Nas **Tabela 2** e **Tabela 3** estão os parâmetros de ajuste da regressão múltipla elaborados por este autor.

$$\begin{aligned} \text{Var. Met} = & a + b * \varphi + c * \lambda + d * \xi + e * (\varphi. \lambda) + f * (\varphi. \xi) + g * (\lambda. \xi) \\ & + h * \varphi^2 + i * \lambda^2 + j * \xi^2 \end{aligned} \quad (5)$$

Em que:

- **Var.Met** – é a variável meteorológica a ser estimada (temperatura médias mensal, máxima e mínima);
- **φ e λ** – são a latitude e a longitude em graus decimais negativos;
- **ξ** – é a altitude local em relação ao nível do mar; e
- **a, b, c, d, e, f, g, h, i, j** – representam os coeficientes da regressão linear múltipla.

Tabela 2. Coeficientes dos modelos de regressão linear múltipla para a estimativa da temperatura máxima média mensal e anual

<i>Coeficientes das equações de regressão linear múltipla</i>											
Mês	Intersec (a)	ϕ	λ	ξ	$\phi * \lambda$	$\phi * \xi$	$\lambda * \xi$	ϕ^2	λ^2	ξ^2	R^2
Janeiro	621,782	18,494	16,016	0,0377	0,2693	-0,0012	0,0014	0,1001	0,11	-4,50E-06	0,92
Fevereiro	619,846	20,061	15,114	0,0346	0,3081	-0,0013	0,0014	0,0902	0,0917	-4,10E-06	0,9
Março	475,451	12,711	12,626	0,0434	0,232	-0,0009	0,0013	0,0096	0,0837	-4,60E-06	0,9
Abril	522,033	16,945	12,415	0,0384	0,2461	-0,0011	0,0014	0,0774	0,0784	-4,00E-06	0,92
Mai	545,828	19,249	12,234	0,0368	0,2291	-0,001	0,0013	0,1458	0,0788	-3,80E-06	0,92
Junho	494,209	15,552	11,598	0,0196	0,1798	-0,0012	0,001	0,111	0,082	-3,70E-06	0,88
Julho	590,46	19,264	13,948	0,0252	0,2642	-0,0013	0,0012	0,1003	0,0883	-4,20E-06	0,92
Agosto	278,317	7,605	6,522	0,0555	0,1329	-0,0011	0,0017	-0,023	0,0444	-5,80E-06	0,92
Setembro	-204,205	-5,816	-7,197	0,0713	-0,0436	-0,0011	0,0019	-0,1356	-0,0554	-6,30E-06	0,9
Outubro	386,753	14,588	7,817	0,0467	0,289	-0,0015	0,0017	-0,035	0,0228	-5,20E-06	0,92
Novembro	625,453	23,813	13,259	0,0294	0,3736	-0,0019	0,0015	0,0817	0,0579	-4,70E-06	0,92
Dezembro	699,967	23,256	16,951	0,035	0,3128	-0,0015	0,0015	0,1505	0,1104	-4,40E-06	0,93
Anual	471,325	15,4768	10,9417	0,0395	0,2328	-0,0013	0,0014	0,0561	0,0661	-4,60E-06	0,93

Fonte: Monteiro, Leonardo Amaral (2012)

Modelagem agrometeorológica como base para a definição de ambientes de produção para a cultura da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, 116p. Dissertação (Mestrado).

Tabela 3. Coeficientes dos modelos de regressão linear múltipla para a estimativa da temperatura mínima média mensal e anual

Coeficientes das equações de regressão linear múltipla											
Mês	Intersec (a)	ϕ	λ	ξ	$\phi * \lambda$	$\phi * \xi$	$\lambda * \xi$	ϕ^2	λ^2	ξ^2	R^2
Janeiro	-302,18	-20,476	-3,435	0,034	-0,18856	0,00169	-0,00002	-0,24272	0,01055	-1,10E-06	0,85
Fevereiro	-365,187	-23,19	-4,715	0,034	-0,25246	0,00182	-0,00009	-0,23087	0,01201	-1,30E-06	0,85
Março	-361,183	-23,427	-4,477	0,028	-0,31173	0,00212	-0,00038	-0,16954	0,02659	-1,80E-06	0,86
Abril	-258,347	-19,473	-2,178	0,007	-0,32683	0,00223	-0,0009	-0,06473	0,05123	-1,80E-06	0,83
Mai	-691,17	-34,73	-12,679	0,008	-0,57454	0,00333	-0,00145	-0,12341	-0,00142	-2,30E-06	0,83
Junho	-786,347	-37,42	-15,389	0,002	-0,60627	0,00337	-0,00159	-0,15217	-0,02231	-1,80E-06	0,81
Julho	-725,328	-34,026	-14,439	-0,003	-0,5388	0,00338	-0,00171	-0,14921	-0,02836	-2,00E-06	0,81
Agosto	-783,291	-37,708	-15,171	0,007	-0,56311	0,00344	-0,00154	-0,20682	-0,02982	-2,50E-06	0,81
Setembro	-437,011	-24,477	-7,211	0,033	-0,39861	0,00265	-0,0006	-0,10579	0,01677	-3,20E-06	0,85
Outubro	-610,234	-29,988	-11,82	0,035	-0,36887	0,00233	-0,00036	-0,26272	-0,03617	-1,90E-06	0,85
Novembro	-411,316	-22,655	-7,137	0,021	-0,24131	0,00176	-0,00033	-0,24061	-0,01717	-1,10E-06	0,85
Dezembro	-368,661	-21,618	-5,727	0,032	-0,18552	0,00147	0,00005	-0,27734	-0,01348	-8,40E-07	0,85
Anual	-508,355	-27,432	-8,698	0,02	-0,37972	0,00247	-0,00074	-0,1855	-0,00263	-1,80E-06	0,86

Fonte: Monteiro, Leonardo Amaral (2012)

Modelagem agrometeorológica como base para a definição de ambientes de produção para a cultura da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, 116p. Dissertação (Mestrado).

Para o planejamento, construção e operação de sistemas de irrigação, além de técnicas eficientes e economicamente viáveis, são necessárias informações detalhadas do consumo de água pelas culturas a serem irrigadas. Um dos procedimentos comumente utilizados na estimativa, envolve a determinação da evapotranspiração da cultura (ETc) considerando diferentes estágios do seu ciclo fenológico. (Peres et al., 1992).

Os dados de precipitação e de evapotranspiração, necessários para os cálculos, podem ser obtidos através do acesso à bases de dados de estação meteorológica automática, mantidas e disponibilizadas por Universidades e órgãos públicos.

Na **Tabela 4** são apresentados os valores para o coeficiente de cultura (Kc) para plantas de laranja cultivadas na região centro-sul do país. Estes valores foram adaptados de Doorenbos & Pruitt (1977), Doorenbos & Kassam (1979) e Allen et al (1998).

Tabela 4. Valores típicos de Kc para a cultura de laranja cultivada na região centro-sul.

Mês	Culturas: Fase de desenvolvimento segundo rotação proposta	Kc
Jan	Gema / botão dormente	0,80
Fev	Crescimento vegetativo	0,75
Mar	Crescimento vegetativo	0,75
Abr	Crescimento vegetativo	0,90
Mai	Botão floral	1,00
Jun	Florescimento	1,10
Jul	Frutos no início do desenvolvimento	1,0
Ago	Fruto verde	0,90
Set	Frutos verde	0,75
Out	Frutos na mudança de cor	0,75
Nov	Frutos com ratio > 12	0,80
Dez	Gema/botão dormente	0,80

* Neste caso os valores de Kc consideraram plantas adultas cobrindo mais de 70% em terreno limpo.

Na tabela observa-se que os maiores valores de kc para a cultura da laranja, estão entre as fases de florescimento e desenvolvimento inicial do fruto, apontando uma maior demanda de água neste período. Porém, mesmo que o kc seja menor nas outras fases, a restrição hídrica pode ter impacto direto sobre a produtividade da cultura.

Em áreas de produção de cultivos anuais, geralmente são utilizados sistemas de irrigação por aspersão (ou convencional) por pivôs. Nessas áreas é característico o máximo aproveitamento da terra, sendo possível desenvolver até 3 lavouras ao longo de um ano safra (setembro a agosto).

A **Tabela 5** apresenta uma proposta com diferentes culturas, em diferentes épocas de semeadura, que possibilita a elaboração de um plano de cultivo plurianual. Esse plano não é e nem deve ser definitivo, devendo ser ajustado em função das condições locais, não apenas quanto a clima, mas também quanto a incidência de pragas e doenças e condições de infraestrutura e comercialização.

Tabela 5. Valores sugeridos para coeficientes de cultura adotados ao longo de um ano safra típico para lavouras de grãos.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Coeficiente de cultura (kc)	1,2	1,1	1	1	1,1	0,9	1	0,25	0,7	1	1,2	1,2
Cultura referência para demanda	Soja (safra)		Milho (safrinha)			pastagem		Soja (safra)				

O maior usuário de água na bacia em estudo é para a finalidade de irrigação da cultura da banana; na **Tabela 6** estão os coeficientes de cultura para a bananeira, para fins de estimativa do consumo de água para esse cultivo permanente.

Tabela 6. Coeficientes de cultura da bananeira para condições tropicais, considerando o primeiro e os demais ciclos de cultivo.

Ciclo 1												
Mês após o plantio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kc*	0,4	0,4	0,45	0,5	0,65	0,75	0,85	1	1,1	1,1	0,9	0,8
A partir do ciclo 3 de desenvolvimento da cultura												
Mês do ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Kc	1,1	1,1	1,1	0,9	0,85	0,8	0,75	0,8	0,65	0,9	1,1	1,1

(1) Os valores do coeficiente de cultivo (kc) do ciclo 2 são os mesmos do ciclo 3, dependendo do estágio do pseudocaule na época do corte da planta mãe.

(2) Fonte: Monteiro (2009), Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola.

Para sistemas de irrigação localizados, a estimativa da evapotranspiração da cultura (ETc) deve considerar que a área molhada é menor do que a área total, o que significa menos água evaporada na superfície do solo. Assim, para este tipo de sistema utiliza-se o coeficiente de redução (Kg), proposto por Keller e Bliesner (1990), cujo valor foi estimado pela Equação 6.

$$Kg = 0,1 * \sqrt{\left(\frac{Ac}{Ae} * 100\right)} \quad (6)$$

Em que:

- **Kg** – coeficiente de redução para irrigação localizada;
- **Ac** – área da copa projetada sobre o solo (m²);
- **Ae** – área dos espaçamentos entre linhas de plantio e entre plantas (m²)

Com base nos valores estimados de ET0 e no coeficiente de cultura (kc) de cada fase da planta, é possível estimar o volume total de irrigação necessário para atender a demanda na região de interesse.

No “Manual de Procedimentos Técnicos e Administrativos de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos” de 2014, elaborado pela ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico), é apresentada a equação (Equação 7) para a estimativa do volume total para irrigação ao longo de uma safra.

$$Q_{irr} = 3600 * \sum_{jan}^{dez} A_i * \left(\frac{ET_c - P_{ef}}{E_f * 86,4} \right) * \alpha \quad (7)$$

Em que:

- **Q_{irr}** – Vazão média anual de irrigação (m³/h);
- **A_i** – área irrigada depende da cultura e do local;
- **ET_c** – Evapotranspiração real da cultura (mm);
- **P_{ef}** – Precipitação efetiva (mm);
- **E_f** – eficiência de aplicação de água de irrigação **Erro! Fonte de referência não encontrada.**; e
- α – fator devido às práticas agrícolas = 0,8; sendo considerado o valor de 1

Sendo que a vazão de irrigação representa a demanda média de utilização, considerando a paralizações do sistema, as entressafras, as interferências devidas as condições climáticas e etc.

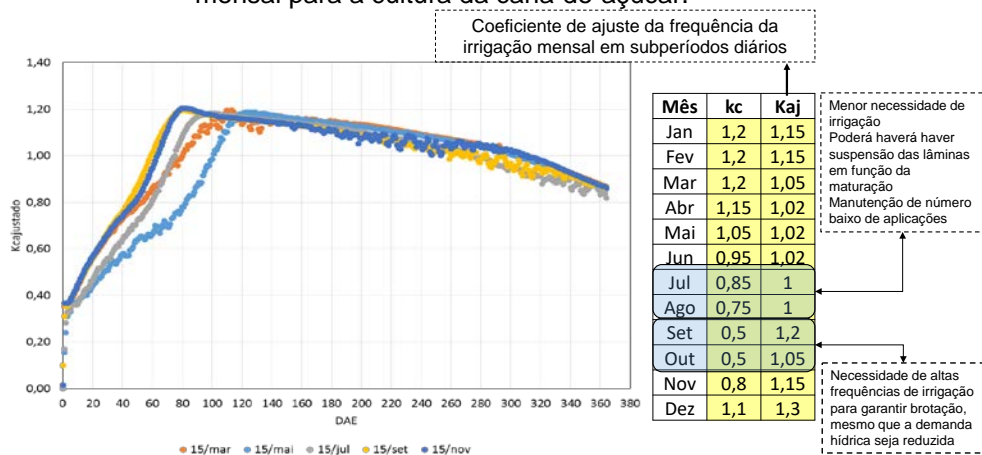
Outra cultura importante na bacia é a da cana; para áreas de produção de cana-de-açúcar, é necessária a captações tanto para a irrigação, quanto para a irrigação por salvamento. Este último tipo, se caracteriza pela utilização sazonal de água durante o período de estiagem, nos meses anteriores ao início das chuvas, período este, anterior ao “fechamento da área” pelo dossel das plantas, o que impossibilita a passagem do equipamento de irrigação (canhão).

Os meses de maior aproveitamento da irrigação de salvamento são entre abril e setembro, portanto a utilização sazonal é aplicável neste caso. Procurando evitar a utilização excessiva nas bacias, é sugerido que a sazonalidade desse uso ocorra entre março e setembro.

Para abastecer a demanda de água bruta, geralmente é implantado um ponto de captação superficial direta, onde são dispostos em paralelo até 4 conjuntos moto-bombas móveis, com capacidade unitária de 200 m³/h conjunto-1; cada conjunto pressuriza dois sistemas autopropelidos simultaneamente.

A irrigação plena da cana-de-açúcar, visa atender parcialmente a demanda de água ao longo do seu ciclo de desenvolvimento (entre os meses de setembro e agosto); normalmente, é realizada através da implantado o sistema por pivô central, com lâmina de dimensionamento de 6 mm/dia, aplicados em 21 horas/dia, ou por gotejamento enterrado, com lâminas de projeto de 4,5 mm/dia, operando 20 horas/dia. Na **Figura 1** são sugeridos valores para coeficiente de cultivo (kc), considerando diferentes épocas de colheita do canavial.

Figura 1. Precipitação (Ppt), Lâmina de irrigação versus Evapotranspiração potencial (ETp) mensal para a cultura da cana-de-açúcar.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Conforme já discutido, e estudado do cadastro de usuários de água da bacia, a maior captação é para a irrigação da cultura da banana; na **Tabela 7** é apresentada a simulação do balanço hídrico mensal para irrigação de banana para a região Brotas-SP. A precipitação mensal foi obtida do valor mediano para a série pluviométrica D5-078 e a evapotranspiração calculada a partir das variáveis meteorológicas estimadas pelas equações de regressão múltipla das **Tabela 2 e Tabela 3**.

Para essa simulação considerou-se que a área irrigada seria de 200 hectares, para um sistema localizado, com lâmina de projeto de 4 mm/dia, perfazendo uma vazão nominal de captação de 400 m³/h, ou seja, próximo a derivação cadastrada.

Nota-se que a partir do mês de março há um déficit hídrico que se estende até o mês de outubro. Para culturas perenes (frutíferas), seria este o período de maiores demandas de irrigação, porém, o uso do recurso poderia ser feito em períodos sem déficit hídrico em que há risco de ocorrência de eventos de veranicos (estiagem que ocorre em períodos chuvosos, com dias de muito sol e calor) que poderia afetar a produtividade da cultura.

A interação de três fatores: (i) elevada evapotranspiração, (ii) período de potencial ocorrência de veranico e (iii) baixa capacidade de retenção de água pelos solos, acarreta na necessidade do uso da irrigação para atender a demanda hídrica das culturas neste período. O balanço hídrico desenvolvido segue a orientação das estimativas de consumo apresentadas pelo sistema REGLA da ANA.

Tabela 7. Balanço hídrico cíclico mensal, estimado partir das médias históricas de Brotas-SP.

		Alternativa de captação superficial	Eficiência aplicação	Operação diária (NR, horas/d)	Área irrigada (Ai, ha)	irrigação (Irr, mm/d)	Vazão irrigação (Qir, m ³ /h)	Volume NR.Qir, m ³				
		simulação hipotética	0,90	20	200,0	4,0	400	8.000				
mês	Precipitação provável P(p%)*	Evapotranspiração Eto*	Coeficientes consumo		Irrigação Ir, mm Eto.kc.kaj-P(p%)	Volume V.ir m ³ 10*A.ir*Irr	Operação		Volumen (m ³ /mes) distribuido (Vm.ir) Vd.ir*NDM	Consumo L/s/ha Vm.ir*10 ³ /A.ir*NSM	Consumo (L/s/ha)	
			cultura Kc	ajuste Kaj			Horas/mês V.ir/Q	Dias/Mês h.mes/h.dia			Máx:	Mín:
15-Jan	128	132	1,10	1,10	35	69.817	175	9	72.000	0,13	Máx:	0,52
15-Feb	82	120	1,10	1,10	71	141.520	354	18	144.000	0,30	Mín:	0,13
15-Mar	79	144	1,10	1,00	88	176.811	442	22	176.000	0,33	Média anual:	0,24
15-Apr	42	84	0,90	1,00	37	74.667	187	9	72.000	0,14		
15-May	25	70	0,85	1,00	38	76.194	190	10	80.000	0,15	Área irrig do ponto:	200,0 ha
15-Jun	8	62	0,80	1,00	46	91.556	229	11	88.000	0,17		
15-Jul	5	62	0,75	1,00	46	92.222	231	12	96.000	0,18	Eficiência média:	90,0 %
15-Aug	1	78	0,80	1,00	68	136.107	340	17	136.000	0,25		
15-Sep	31	129	0,85	1,00	87	174.778	437	22	176.000	0,34	Volume total anual:	(m ³ /ano)
15-Oct	57	119	0,90	1,10	68	135.903	340	17	136.000	0,25		
15-Nov	58	150	1,10	1,10	137	274.444	686	34	272.000	0,52		
15-Dec	104	122	1,10	1,10	49	98.143	245	12	96.000	0,18		1.544.000

Segundo a simulação de consumo para irrigação, a evapotranspiração de referência na região de Brotas variou entre 5 mm/dia e 2 mm/dia, sendo que os maiores valores observados ocorreram durante o período de verão nos meses de dezembro a janeiro. As menores demandas hídricas ocorrem durante o período de estiagem, tendo como referência lâminas de reposição entre 2 e 3,5 mm/dia nos meses de julho a agosto.

Os meses de maior demanda é novembro, seguido por setembro; em novembro, a cultura está no seu início de rápido desenvolvimento e a ocorrência das chuvas ainda não é frequente, as demandas de água para janeiro e fevereiro estão associadas à ocorrência dos veranicos típicos nesta região.

Por meio dos valores da **Tabela 7**, infere-se que durante período de máxima utilização a lâmina de irrigação seria entre março e novembro, demandando 616 mm, sendo previsto um total de 154 dias de irrigação, no período de 275 dias.

Nessa tabela a demanda específica (L/s.ha-1) foi calculada a partir da evapotranspiração da cultura, que representa o consumo unitário da área irrigada. A maior demanda específica simulada de 0,52 L/s.ha-1 foi para o mês de novembro e a média anual foi de 0,24 L/s.ha-1. Por meio dos volumes mensais e anuais distribuídos para a irrigação, determina-se a vazão média retirada do curso d'água, conforme desenvolvimento a seguir:

Máxima demanda mensal

$$Q. irr(novembro) = \frac{272.000m^3}{30 \text{ dias/mes} * 24 \text{ h/dia}} \rightarrow 378 \text{ m}^3/h$$

Demanda média anual

$$Q. irr(anual) = \frac{1.544.000m^3}{365 \text{ dias} * 24 \text{ h/dia}} \rightarrow 177 \text{ m}^3/h$$

A partir da simulação da demanda hídrica da cultura de banana para a região de Brotas, determina-se que a lâmina total distribuída de 770 mm captaria uma vazão média contínua de 177 m³/h, para irrigação de até 200 hectares.

A vazão derivada de 177 m³/h considera uma utilização contínua de 24 horas por dia, 30 dias por mês; lembrando que os sistemas de irrigação apresentariam uma operação diária de até 20 horas/dia e acentuada sazonalidade na utilização, que foi simulada neste item.

Segundo o Manual de outorgas de direito de uso dos Recursos Hídricos, elaborado pela ANA em 2017, a vazão para dimensionamento de sistemas de irrigação deve atender uma demanda específica entre 0,6 a 1,0 L s⁻¹ ha⁻¹ (**Tabela 8**); esse intervalo da demanda contempla tanto sistemas por aspersão convencional (geralmente empregado para hortifrutigranjeiros), quanto para o sistema por pivô central, que é utilizado largamente para culturas anuais de grãos, pastagens, cana-de-açúcar, dentre outras.

A escolha do método de irrigação mais apropriado, depende de diversos fatores como o tipo de solo, o clima, o tipo de cultura entre outros, e tem impacto direto sobre a demanda da água. Abaixo segue uma breve explicação de quatro métodos utilizados no Brasil:

- **Inundação:** é uma prática utilizada tanto para a exploração de terrenos cuja declividade não exceda 1%, e para pequenas manchas de solos situados nas baixadas ao longo das margens dos rios, cuja topografia se apresenta bastante irregular. As diversas modalidades de irrigação por inundação, podem ser empregadas para a exploração da rizicultura, fruticultura, pastagens ou cereais, dependendo dos tipos de solos (argiloso ou arenoso);
- **Sulcos:** é um método que consiste na distribuição de água através de pequenos canais (ou sulcos), paralelos às fileiras de plantas. O tempo de escoamento e infiltração da água, deve ser suficiente para umedecer a zona do perfil do solo onde estão as raízes da espécie cultivada;
- **Aspersão:** abriga os sistemas convencionais e os mecanizados. O primeiro pode ser fixo ou móvel, sendo composto por motobombas, tubulações e aspersores. Ele é considerado o sistema básico de irrigação por aspersão, do qual derivaram os demais. É classificado em portátil, semi-portátil e fixo, dependendo do grau de movimentação em campo. O segundo sistema é composto por aspersores instalados em estruturas moveis, como os sistemas de pivô central, que possui movimentação circular, movido a energia elétrica ou diesel. Possui uma linha lateral de aspersores suspensa por torres dotadas de rodas. As torres se movimentam de forma independente por possuírem motores individuais. Normalmente é empregado em áreas irrigadas de grande tamanho;
- **Localizada:** dentre os principais sistemas, os mais utilizados para irrigação localizada são o de gotejamento e o de microaspersão. O gotejamento, como o

próprio nome sugere, utiliza um sistema de gotejadores para depositar a água de forma constante, lenta e a baixa pressão no solo onde as plantas são cultivadas; por sua vez, o sistema de microaspersão apresenta vazão maior que o de gotejamento, simulando uma espécie de chuva artificial, de forma mais localizada.

Tabela 8. Demanda hídrica máxima por método de irrigação, do Manual de Outorga de direito de uso dos Recursos Hídricos, IMASUL (Março/2022) - (Tabela 6 item 5.2.11)

Método	Demanda (L s ⁻¹ ha ⁻¹)
Inundação	2,0 – 2,5
Sulcos	0,8 – 2,0
Aspersão	0,6 – 1,0
Localizada	0,3 – 0,7

Fonte: GRH, 2022.

A capacidade máxima de distribuição da lâmina de projeto, não é permanentemente utilizada ao longo do cultivo, especialmente nas lavouras onde são implementados sistemas de monitoramento para o gerenciamento da irrigação, que resulta em valores inferiores a 0,5 L s⁻¹ ha⁻¹, atendendo as orientações normativas do Manual de Outorgas.

As lâminas de projeto (definidas em mm/dia) e, conseqüentemente, consumo específico representa a capacidade do equipamento de irrigação para reposição do armazenamento de água no solo, frente períodos de elevada deficiência hídrica, especialmente nos prolongados veranicos do verão, quando há a cultura da soja irrigada.

A capacidade do sistema de irrigação necessita ser maior que a demanda hídrica climatológica (ET₀), pois num eventual incidente de falha do equipamento, o sistema apresenta capacidade suficiente para repor para até dois consecutivos sem chuva, conforme discutido no gráfico item anterior.

Para determinação da capacidade de reposição de lâmina pelo sistema de irrigação, além da lâmina de projeto, deve-se adotar coeficiente de eficiência de distribuição de acordo com o tipo de sistema. Na **Tabela 9** estão os valores sugeridos pela ANA.

Tabela 9. Indicadores de eficiência de uso de água para sistemas de irrigação.

Sistema de irrigação	Eficiência (% Lâmina/Demanda)
	mínima resolução
Gotejamento	95%
Gotejamento enterrado	98%
micro aspersão	90%
tubos perfurados	85%
sub-irrigação	60%
gotejamento subterrâneo - tubo poroso	95%
Aspersão por sistema autopropelido	80%
Aspersão por sistema convencional	80%
Aspersão por sistema pivô central	85%
Aspersão por sistema deslocamento linear	90%
Aspersão por sistema pivô central com LEPA	95%
Aspersão por sistema em malha	85%
Sulcos abertos	65%
Sulcos interligados em bacias	75%
Sulcos fechados	75%
Inundação	60%

Fonte: N.T. nº 364/2007/GEOOUT/SOFT-ANA *Resolução ANA nº 707/2004

Notas: Valores utilizados na cor preta, são semelhantes à resolução e na cor vermelha são os sugeridos nesse trabalho.

4 CADASTROS DE IRRIGANTES E OUTORGA DE USO

Antes que uma outorga seja emitida, é preciso que o órgão gestor conheça ou estime a disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica. Somente assim, serão capazes de saber se será possível atender à demanda hídrica solicitada pelo produtor. Por isso, um dos critérios de análise de emissão da outorga é o estudo do balanço hídrico da bacia hidrográfica, que é baseado em uma tríade essencial para a gestão da água no meio agrícola.

A vazão de água em sistemas de irrigação desempenha um papel central na determinação da eficiência do processo, influenciando diretamente a quantidade de água disponível para atender às necessidades das culturas. Medir e controlar a vazão é essencial para garantir a distribuição adequada da água ao longo da área irrigada,

evitando tanto o excesso quanto a escassez hídrica. Parâmetros como a capacidade dos canais de irrigação, a qualidade da água utilizada e as características do solo são elementos fundamentais a serem considerados para otimizar a vazão e, conseqüentemente, maximizar a eficiência do sistema.

A área irrigada é um indicador crucial na avaliação da extensão e intensidade das práticas de irrigação em uma região agrícola. O dimensionamento adequado da área irrigada é essencial para garantir a suficiência hídrica em consonância com a demanda das culturas, evitando desperdícios e assegurando uma distribuição uniforme da água. Uma abordagem integrada, considerando as características específicas das culturas cultivadas e as condições climáticas locais, é fundamental para otimizar a área irrigada, promovendo uma gestão sustentável dos recursos hídricos.

A escolha do tipo de sistema de irrigação é um fator determinante na eficácia e economia no uso da água. Diferentes sistemas, como a irrigação por aspersão, gotejamento e sulcos, apresentam vantagens e desvantagens distintas, influenciando diretamente na eficiência do processo. A irrigação por gotejamento, por exemplo, destaca-se pela aplicação precisa da água diretamente na base das plantas, minimizando as perdas por evaporação. Já a irrigação por aspersão, ao lançar a água no ar em forma de gotas finas, é eficaz para áreas extensas. A escolha do sistema ideal deve considerar não apenas as características das culturas, mas também a disponibilidade de recursos hídricos e as condições climáticas locais, visando uma abordagem equilibrada e sustentável para a gestão da água na agricultura.

Atualmente na base de dados de outorgas cadastradas, para as captações com intuito de uso para a irrigação não consta informações como o tipo de sistema de irrigação utilizado, o que impossibilita a realização da estimativa de forma mais precisa. Contudo, informações como a vazão e o volume demandado pelo irrigante, permite uma visão geral da demanda de água em uma bacia. Nos parágrafos a seguir, são apresentadas as etapas necessárias para a solicitação do cadastro de outorga no sistema da ANA.

O modelo de cadastro de usuários dos recursos hídricos com abrangência nacional, era representado pelo Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH), desenvolvido e administrado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), em parceria com autoridades estaduais gestoras de recursos hídricos, visando integrar os dados dos usuários de domínio federal e estadual era permitir o conhecimento do universo dos usuários das águas superficiais e subterrâneas em uma determinada área, bacia ou mesmo em âmbito nacional (Resolução ANA nº. 317, de 26 de agosto de

2003 e Resolução ANA nº. 1.935, de 30 de outubro de 2017). Assim o CNARH, armazenava as informações dos usuários de recursos hídricos (superficiais e subterrâneos) que captam água, lançam efluentes ou realizam demais interferências diretas em corpos hídricos (rio ou curso d'água, reservatório, açude, barragem, poço, nascente etc.).

O CNARH foi substituído pelo Sistema Federal de Regulação de Usos (REGLA), baseado no registro nacional de outorgas dos direitos de uso de recursos hídricos, considerando as outorgas de acordo com a Lei nº 9.433, de 1997 (BRASIL, 1997).

O processo de outorgas é realizado por ponto de interferência em que se deseja realizar a operação, o seja não considera que os sistemas de irrigação dentro de uma mesma unidade de produção podem ser abastecidos por diversos pontos de captação, o que representando uma limitação para a gestão e formulação de políticas públicas destinadas para irrigação.

O processo de outorgas para irrigantes é realizado diretamente no site da ANA, especificamente no link “Solicite sua outorga” (<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/solicite-sua-outorga>), seguindo o mecanismo apresentado no tutorial da ANA “solicitação de irrigação”, explicado a continuação:

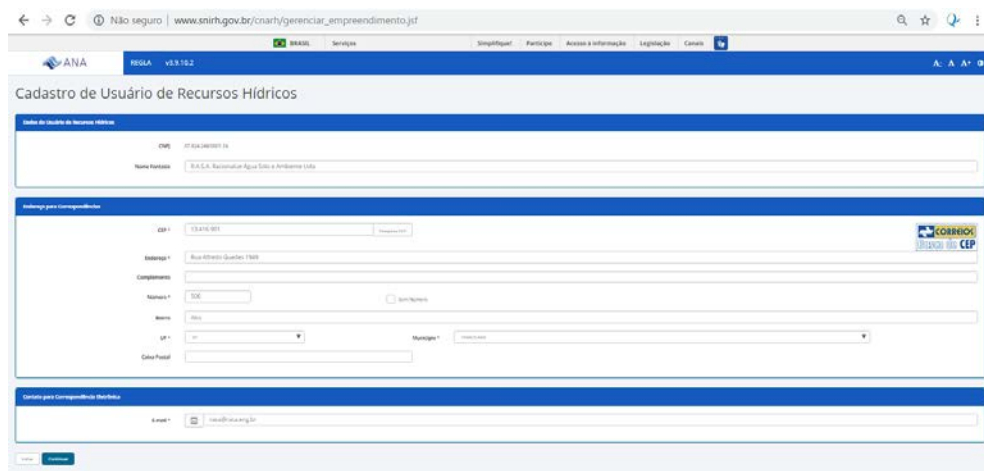
- **Passo 1:** Informações básicas do usuário de recursos hídricos, inicia como mostrado na **Figura 2** captura do número de CPF (pessoa física) ou CNPJ (pessoa jurídica). Uma vez ingressado o CPF/CNPJ, o sistema abre um conjunto de janelas onde serão solicitadas informações básicas do usuário assim como do empreendimento (ver **Figura 3**).

Figura 2. Quadro de captura do CPF ou CNPJ. Fonte: ANA, 2017



The image shows a web form for logging into the ANA system. At the top, the ANA logo and name 'AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS' are displayed. Below this, a message asks the user to enter their CPF or CNPJ to access a list of related businesses. There are two radio buttons: 'CPF' (selected) and 'CNPJ'. A text input field labeled 'Identificação' contains a masked number '____.____.____-__'. A large blue button labeled 'Continuar' is centered below the input field. A link labeled '← Voltar' is located at the bottom right. At the very bottom, the copyright notice '© 2015 ANA - Agência Nacional de Águas' is visible.

Figura 3. Cadastro informações básicas do usuário. Fonte: ANA, 2017.



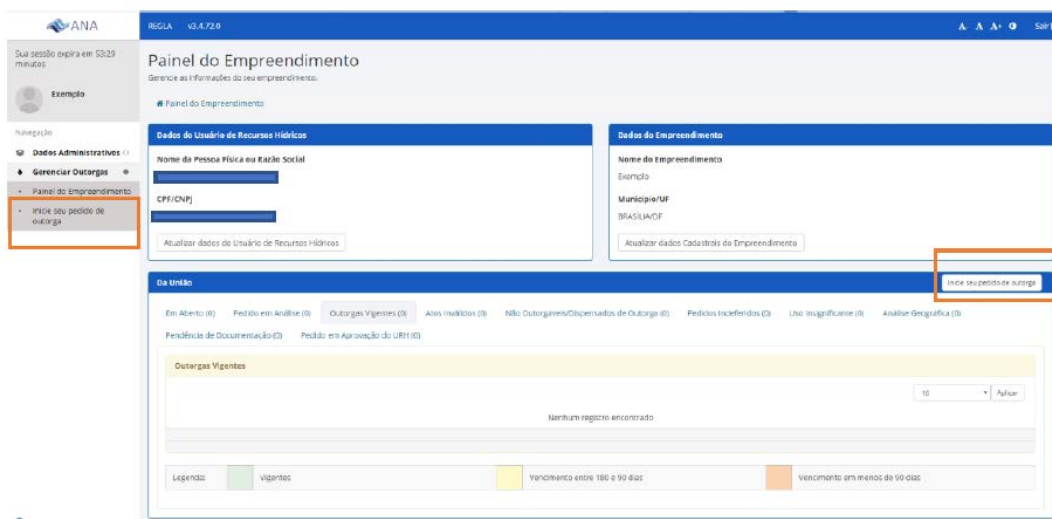
The image shows a web browser window displaying the 'Cadastro de Usuário de Recursos Hídricos' form. The browser address bar shows 'www.snirh.gov.br/cnarh/gerenciar_empresa.jstf'. The form is divided into three main sections:

- Dados do Usuário de Recursos Hídricos:** Includes fields for 'CPF' (07.024.240/0001-24) and 'Nome fantasia' (S.A.S.A. Associação Água Sólida e Ambiente 2008).
- Endereço para correspondência:** Includes fields for 'CEP' (13.470-000), 'Endereço' (Rua Adhemar Queiroz 1300), 'Complemento', 'Número' (500), 'Município' (with a dropdown menu), 'UF' (with a dropdown menu), and 'Cidade Postal'.
- Contato para correspondência telefônica:** Includes a field for 'E-mail' (contato@novaes.org.br).

 A 'Continuar' button is located at the bottom left of the form.

- **Passo 2:** Uma vez realizado o cadastro dos dados básicos do usuário nos passos anteriores, pode ser iniciado o pedido de outorga para novos pontos de interferência usando a função “Inicie seu pedido de outorga”, conforme indicado na **Figura 4**.

Figura 4. Janela para pedidos de outorga para novos pontos de interferência. Fonte: ANA, 2017.



- **Passo 3:** Neste passo é definida a finalidade ou uso da água neste caso irrigação, assim como o tipo de interferência na **Figura 5**, a seguir, seria captação.

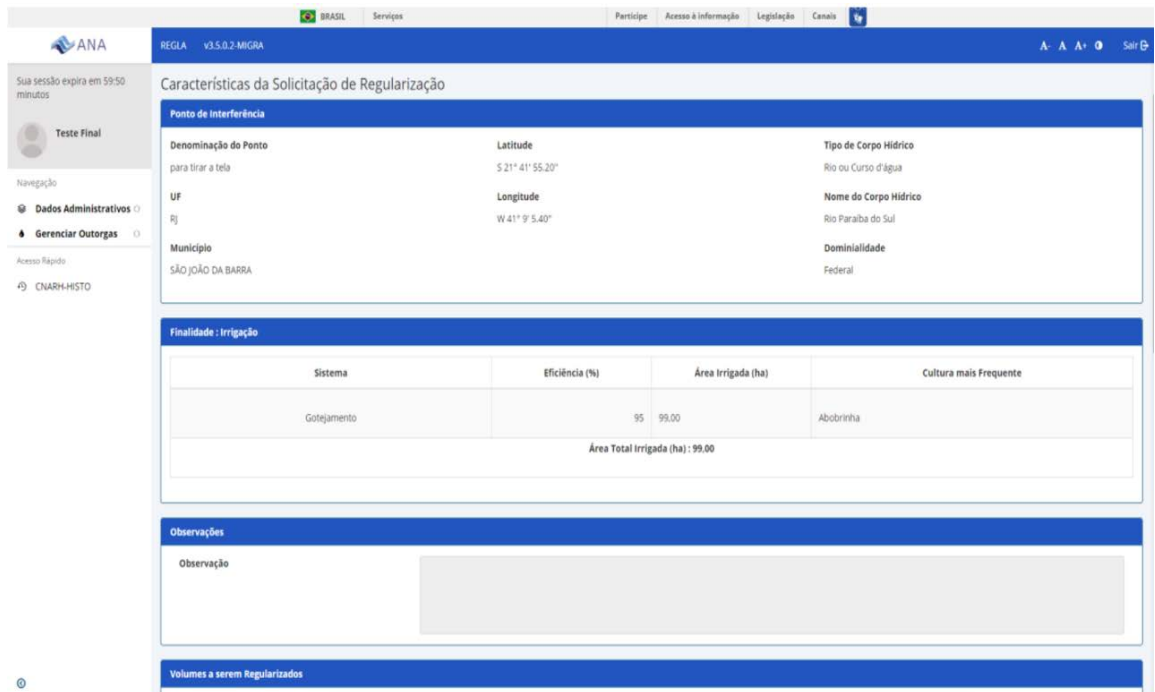
Figura 5. Seleção da finalidade e tipo de interferência. Fonte: ANA, 2017.



- **Passo 4:** A seguir como mostrado na **Figura 6**, serão solicitadas as informações relativas à localização do ponto de interferência: Denominação do Ponto, Tipo e Captação (Superficial ou Subterrânea), a Unidade da Federação e o Município, Coordenadas do ponto bem como a sua confirmação. Caso as coordenadas selecionadas estejam no município indicado e correspondam ao corpo hídrico onde ocorre a interferência, é preciso clicar em “Concordo com as informações”. A seguir, o sistema irá disponibilizar para preenchimento as informações sobre a irrigação,

registrando-se: Sistemas de irrigação, Áreas irrigadas e culturas mais frequentes que utilizam a água nesse ponto.

Figura 6. Características da solicitação de regularização. Fonte: ANA, 2017.



Características da Solicitação de Regularização

Ponto de Interferência

Denominação do Ponto	Latitude	Tipo de Corpo Hídrico
para tirar a tela	S 21° 41' 55,20"	Rio ou Curso d'água
UF	Longitude	Nome do Corpo Hídrico
RJ	W 41° 9' 5,40"	Rio Paraíba do Sul
Município	Dominialidade	
SÃO JOÃO DA BARRA	Federal	

Finalidade: Irrigação

Sistema	Eficiência (%)	Área Irrigada (ha)	Cultura mais Frequente
Gotejamento	95	99,00	Abobrinha
Área Total Irrigada (ha): 99,00			

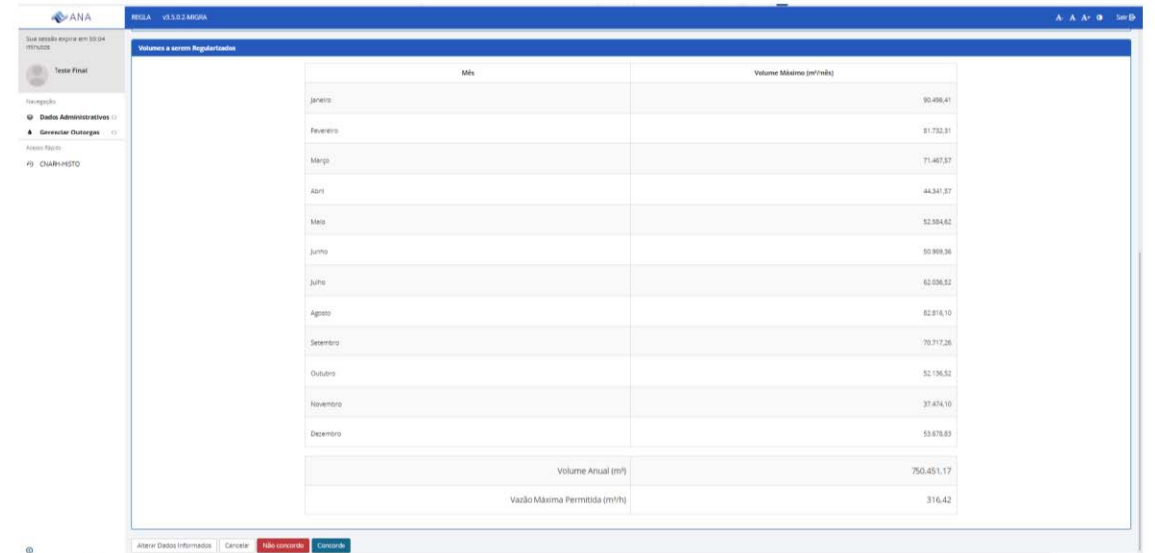
Observações

Observação

Volumes a serem Regularizados

- **Passo 5:** Após a concordância com as informações e caso o pedido se enquadre nos critérios para processamento automático da solicitação de outorga, o sistema irá exibir as características da solicitação de regularização, incluindo a operação calculada pelo sistema com os dados de volumes mensais, anual e vazão máxima permitida (**Figura 7**). Caso a demanda calculada esteja adequada com as necessidades do usuário de recursos hídricos, o usuário pode concordar (clique em “concordo”) com os valores, recebendo em seguida as mensagens de confirmação do pedido de regularização.

Figura 7. Volumes mensais e anual e vazão máxima permitida calculada pelo sistema. Fonte: ANA, 2017

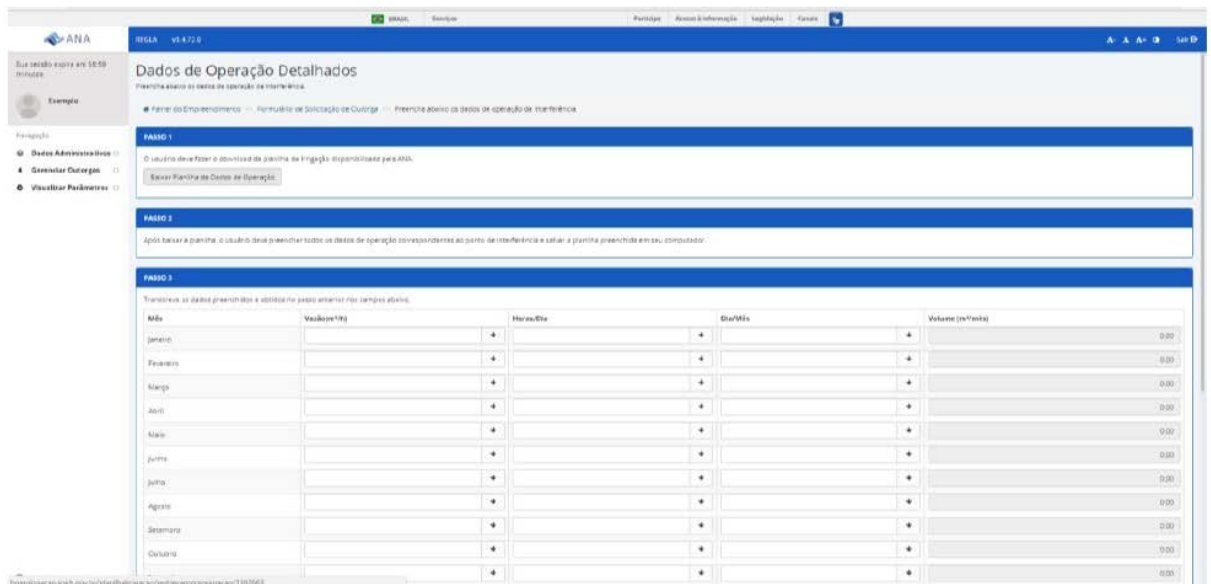


Mês	Volume Máximo (m³/mês)
Janeiro	50.496,41
Fevereiro	51.732,31
Março	71.407,37
Abril	44.341,37
Mai	52.554,62
Junho	55.969,36
Julho	62.036,52
Agosto	82.816,10
Setembro	70.717,26
Outubro	52.136,52
Novembro	37.474,10
Dezembro	53.678,63
Volume Anual (m³)	750.451,17
Vazão Máxima Permitida (m³/h)	316,42

No caso de a demanda calculada não ser considerada adequada, o usuário deve clicar no botão “Não concordo”, e será direcionado para o preenchimento da operação da captação (vazão, horas por dia, dias por mês) a partir dos dados obtidos na Planilha para Determinação das Necessidades Mensais de Água para Irrigação, que deverá ser anexada (**Figura 8**). Esta planilha está dividida em três partes: Dados Cadastrais, Dados da irrigação e Dados da captação (

Figura 9).

Figura 8. Dados de operação detalhados da captação de Água para Irrigação. Fonte: ANA, 2017.



Mês	Vazão (l/s)	Horas/Dia	Dias/Mês	Volume (m³/mês)
Janeiro				0,00
Fevereiro				0,00
Março				0,00
Abril				0,00
Mai				0,00
Junho				0,00
Julho				0,00
Agosto				0,00
Setembro				0,00
Outubro				0,00
Novembro				0,00
Dezembro				0,00

Figura 9. Planilha para Determinação das Necessidades Mensais de Água para Irrigação. Fonte: ANA, 2017.

PLANILHA PARA A DETERMINAÇÃO DAS NECESSIDADES MENSAIS DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO - Por ponto de captação.																		Obtida do site da ANA																	
Dados Cadastrais:																		N° do ponto:		Propriedade:		Área(ha):		Área irrigada total da propriedade (ha):											
Requerente:																		Coordenadas do ponto: ° ' " Latitude ; ° ' " Longitude O																	
Município/UF																		Corpo Hídrico:																	
Dados da irrigação:																		1		2		3		4		5		6		7		8			
Sistema de irrigação																																			
Cultura(s)																																			
Eficiência da irrigação (%)																																			
Área irrigada (ha)																																			
Mês	P _(pef) *	E _{to} *	Kc	Kaj	Kc	Kaj	Kc	Kaj	Kc	Kaj	Kc	Kaj	Kc	Kaj	Kc	Kaj	Kc	Kaj																	
Jan																																			
Fev																																			
Mar																																			
Abr																																			
Mai																																			
Jun																																			
Jul																																			
Ago																																			
Set																																			
Out																																			
Nov																																			
Dez																																			
Fonte dos dados*: *a partir da base FAOCLIM: Eto: Penman-Montheith/FAO; P(p%)=precipitação provável com 80% de garantia (método FAO/AGLW) e efetiva (método SCS).																																			
Dados da captação:																		A		B		C		D		E		F		G		H		I	
Mês	Volume		Vazão		Operação				Volumes (m ³)		Consumo		Consumo																						
	m ³		m ³ /h		Horas/mês		Horas/Dia		Dias/Mês		Diário		Mensal		L/s/ha		L/s/ha																		
Jan	0,0				0,0				0		0,0		0,0		0,00		Máx: 0,00																		
Fev	0,0				0,0				0		0,0		0,0		0,00		Mín: 0,00																		
Mar	0,0				0,0				0		0,0		0,0		0,00		Média anual:																		
Abr	0,0				0,0				0		0,0		0,0		0,00		0,00																		
Mai	0,0				0,0				0		0,0		0,0		0,00		Área irrig do ponto:																		
Jun	0,0				0,0				0		0,0		0,0		0,00		0,0 ha																		
Jul	0,0				0,0				0		0,0		0,0		0,00		Eficiência																		
Ago	0,0				0,0				0		0,0		0,0		0,00		média:																		
Set	0,0				0,0				0		0,0		0,0		0,00		0,0 %																		
Out	0,0				0,0				0		0,0		0,0		0,00		Volume total anual:																		
Nov	0,0				0,0				0		0,0		0,0		0,00		(m ³ /ano)																		
Dez	0,0				0,0				0		0,0		0,0		0,00		0,0																		

Transcrever as colunas acima para a tabela "Vazões sazonais" na aba "Vazão outorgada" do respectivo ponto de captação no CNARH (conforme figura abaixo).

Os Dados Cadastrais (**Figura 10**), está composta pelos campos: Número do ponto de captação (N° do ponto); Identificação do tipo de propriedade (Propriedade); Área da propriedade em hectares (Área (ha)); Área irrigada total da propriedade em hectares (Área irrigada total da propriedade (ha)); Identificação do requerente (Requerente); Coordenadas Geográficas do ponto de captação (Coordenadas do ponto); Município/Unidade da federação, Nome do corpo hídrico onde será feita a captação (Corpo hídrico).

Figura 10. Dados Cadastrais da planilha para determinação das necessidades mensais de água para irrigação. Fonte: ANA, 2017.

Dados Cadastrais:																		N° do ponto:		Propriedade:		Área(ha):		Área irrigada total da propriedade (ha):	
Requerente:																		Coordenadas do ponto: ° ' " Latitude ; ° ' " Longitude O							
Município/UF																		Corpo Hídrico:							

Os Dados da irrigação (**Figura 11**), estão registrados os dados para determinar as demandas de água para irrigação a partir da base Allen et al., (1998); precipitação provável com 80% de garantia (método FAO/AGLW) e efetiva (método SCS). Nesta parte serão registrados: Sistema de irrigação; culturas a serem irrigadas no ano (Cultura (s)); percentagem de eficiência de cada sistema de irrigação (Eficiência de irrigação (%)); Hectares de área irrigada pelo sistema de irrigação (Área irrigada (ha)); milímetros de precipitação provável e efetiva mensal (P(pef)*); Evapotranspiração de referencia (Eto*); Coeficiente da cultura segundo Allen et al., (1998) (Kc); Coeficiente de ajuste do Kc segundo Allen et al., (1998) (Kaj).

Figura 11. Dados da irrigação da planilha para determinação das necessidades mensais de água para irrigação. Fonte: ANA, 2017.

Dados da irrigação:		1	2	3	4	5	6	7	8										
Sistema de irrigação																			
Cultura(s)																			
Eficiência da irrigação (%)																			
Área irrigada (ha)																			
Mês	P(pef)*	Eto*	Kc	Kaj	Kc	Kaj	Kc	Kaj	Kc	Kaj	Kc	Kaj	Kc	Kaj	Kc	Kaj	Kc	Kaj	
Jan																			
Fev																			
Mar																			
Abr																			
Mai																			
Jun																			
Jul																			
Ago																			
Set																			
Out																			
Nov																			
Dez																			
Fonte dos dados*:		*a partir da base FAOCLIM; Eto: Penman-Montheith/FAO; P(p%) - precipitação provável com 80% de garantia (método FAO/AGLW) e efetiva (método SCS).																	

Os resultados das estimativas dos volumes de demanda a serem inseridos no sistema na janela **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, estão registrados na seção “Dados da captação” (**Figura 12**), a sua vez dividida em nove colunas (A-I); a coluna A, contém o volume mensal necessário para atender a irrigação em metros cúbicos determinado para cada sistema de irrigação e cultura, coluna B deve ser informado a soma das vazões da bombas no mês, coluna C estimativa do número de horas de funcionamento para cada mês em função do volume estimado (coluna A) e a vazão fornecida (coluna B); coluna D, número de horas de operação por dia informada pelo usuário; coluna E, estimativa do número de dias por mês de funcionamento em função do volume estimado (coluna A), a vazão fornecida (coluna B) e, horas/dias (coluna D); coluna F, estimativa dos volumes diários em metros cúbicos; coluna G, estimativa dos volumes mensais em metros cúbicos; coluna H, estimativa do consumo médio mensal em litros por segundo por hectare; coluna I, apresenta-se um resumo dos resultados contendo o mês de máximo, mês de mínimo, média anual do consumo; hectares de área irrigada do ponto de captação;

eficiência média dos sistemas de irrigação usados; volume anual total em metros cúbicos por ano.

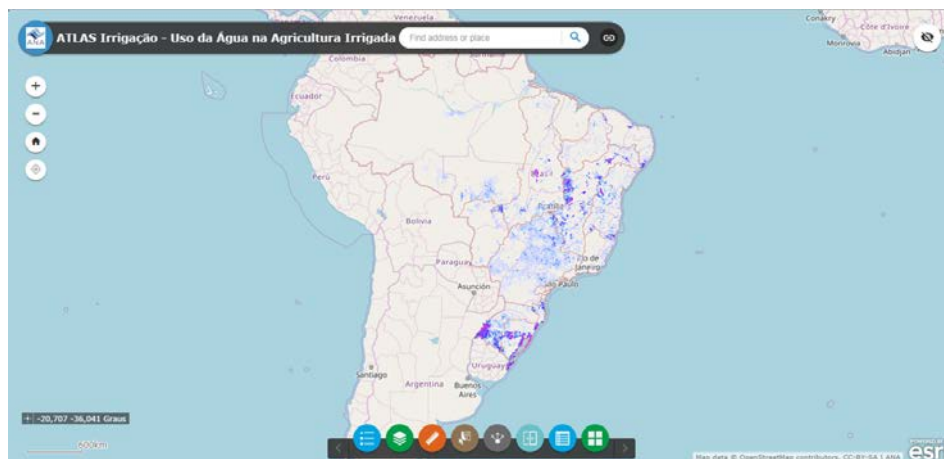
Figura 12. Dados da captação da planilha para determinação das necessidades mensais de água para irrigação. Fonte: ANA, 2017.

Dados da captação: A									
Mês	Volume	Vazão	Operação			Volumens (m ³)		Consumo	Consumo (L/s/ha)
	m ³	m ³ /h	Horas/mês	Horas/Dia	Dias/Mês	Diário	Mensal	L/s/ha	
Jan	0,0		0,0		0	0,0	0,0	0,00	Máx: 0,00
Fev	0,0		0,0		0	0,0	0,0	0,00	Mín: 0,00
Mar	0,0		0,0		0	0,0	0,0	0,00	Média anual: 0,00
Abr	0,0		0,0		0	0,0	0,0	0,00	Área irrig do ponto: 0,0 ha
Mai	0,0		0,0		0	0,0	0,0	0,00	
Jun	0,0		0,0		0	0,0	0,0	0,00	Eficiência média: 0,0 %
Jul	0,0		0,0		0	0,0	0,0	0,00	
Ago	0,0		0,0		0	0,0	0,0	0,00	Volume total anual: (m ³ /ano) 0,0
Set	0,0		0,0		0	0,0	0,0	0,00	
Out	0,0		0,0		0	0,0	0,0	0,00	
Nov	0,0		0,0		0	0,0	0,0	0,00	
Dez	0,0		0,0		0	0,0	0,0	0,00	

Transcrever as colunas acima para a tabela "Vazões sazonais" na aba "Vazão outorgada" do respectivo ponto de captação no CNARH (conforme figura abaixo).

Porem esses são restritos, embora a ANA apresenta uma análise espacial dos dados das outorgas por meio do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), o qual apresenta através do acesso temático (<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/acesso-tematico>), oferece uma análise para diversas áreas entre estas uso da água (<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/snirh/snirh-1/acesso-tematico/usos-da-agua>) onde disponibiliza-se mapas iterativos com a superfície em hectares de: Área irrigada e uso da água 2015-2030; Área irrigada e identificação de pivôs centrais, e Área irrigada de cana-de-açúcar (ver **Figura 13**).

Figura 13. Atlas de irrigação, Uso da água na Agricultura Irrigada 2015-2030, Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Fonte: ANA, 2017



Em resumo o sistema de outorgas da ANA está integrado por 69 campos, só 25 seriam itens aproveitáveis para um futuro cadastro de irrigantes: Código Interferência CNARH, Código Interferência REGLA, Número Processo, Código CNARH, Declaração Outorgada, Processo MPA, Nome do Requerente, CPF/CNPJ, Município, UF, Corpo, Hídrico, Região Hidrográfica, Finalidade Principal, Tipo Interferência, Latitude, Longitude, Resolução, Data de publicação, Data de vencimento, Categoria, Volume Anual (m³), Método Irrigação, Cultura Irrigada, Vazão Mensal (m³/h), Quantidade de dias por mês, Quantidade de horas por dia.

Os usuários de recursos hídricos da União com outorga de direito de uso, seja de captação de água ou de lançamento de efluentes em corpos hídricos, precisam informar, de 1º até 31 de janeiro de cada ano, os volumes mensais de água utilizados no ano anterior. Para isso, é preciso preencher a Declaração Anual de Uso de Recursos Hídricos (DAURH) no Sistema Federal de Regulação de Uso (REGLA), da Agência Nacional de Águas (ANA), segundo a Resolução ANA nº 603/2015. As informações da DAURH são importantes para que a ANA possa conhecer melhor os usos de água e melhorar a gestão nas bacias.

Os empreendimentos que utilizam recursos hídricos sem as devidas outorgas cometem infração e estão sujeitos a notificações, multas e até embargos conforme previsto no Art. 50 da Lei nº 9.433/1997.

5 CONCLUSÃO

Diante do panorama desafiador da demanda hídrica na agricultura, compreender as complexidades associadas a esse fenômeno é crucial para desenvolver abordagens sustentáveis e resilientes.

A análise da vazão, área irrigada e tipos de sistemas de irrigação destaca a importância de uma gestão hídrica integrada. A otimização da vazão, considerando as características do solo e da água, é fundamental para evitar desperdícios e garantir uma distribuição eficiente. A avaliação criteriosa da área irrigada, alinhada às demandas específicas das culturas, visa equilibrar a intensidade das práticas de irrigação, promovendo uma utilização eficiente da água.

A escolha do sistema de irrigação, por sua vez, emerge como um ponto crucial na equação da gestão hídrica. A diversidade de sistemas disponíveis oferece oportunidades para adaptação às necessidades específicas de diferentes culturas e ambientes. No entanto, a seleção deve ser baseada em critérios que vão além da eficiência técnica, incorporando considerações sobre sustentabilidade, disponibilidade de recursos e impactos ambientais.

Em suma, este relatório ao explorar os fatores determinantes, métodos de medição e estratégias para otimizar o uso da água em culturas, busca contribuir para o desenvolvimento de práticas agrícolas mais conscientes e adaptáveis, visando a segurança alimentar e a preservação dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, Richard G. et al. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Fao, Rome, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.

DAEE. Manual de Cálculo das Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo. Secretaria de Recursos Hídricos Saneamento e Obras. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Plano Estadual de Recursos Hídricos, 1994, 64p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. Irrigation and drainage paper, v. 33, p. 257, 1979.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. Guidelines for predicting crop water requirements. FAO, Rome, Irrig. Drain. Paper No. 24, p 144 (revised version of the 1975 edition).1977

CAMARGO, A.P. et al. Ajuste da equação de Thornthwaite para estimar a evapotranspiração potencial em climas áridos e superúmidos, com base na amplitude térmica diária. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 7, n. 2, p.251-257, 1999.

KELLER, J., BLIESNER, R. D. Sprinkle and trickle irrigation. New York: Avibook, 1990. 649p.

LIASI, A. et al.. Regionalização Hidrológica no Estado de São Paulo. Revista Águas e Energia Elétrica, ano 5, n.14, 1988.

PAIVA, J.B.D.; PAIVA, E.M.C.D. (Org.) Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre: ABRH. 2003, 628p.

**APÊNDICE XXV - RELATÓRIO FOTOGRÁFICO - MAPEAMENTO DE
TRECHOS DA ÁREA DA SUB-BACIA DO RIO JACARÉ PEPIRA POR
IMAGENS TÉRREAS E AÉREAS.**

APÊNDICE XXV. RELATÓRIO FOTOGRÁFICO

RELATÓRIO FOTOGRÁFICO DO ESTUDO HIDROLÓGICO NA SUB-BACIA DO RIO JACARÉ PEPIRA, MUNICÍPIO DE BROTAS/SP

MARÇO/2024

1 DADOS GERAIS DA CONTRAÇÃO

Contratante: Prefeitura Municipal da Estância Turística de Brotas

Contrato: 2492/2023

Assinatura do Contrato em: 08/03/2023

Assinatura da Ordem de Serviço em: 06/04/2023

Escopo: Estudo Hidrológico do Rio Jacaré Pepira

Prazo de Execução: 18 Meses

Valor global do contrato: R\$ 469.290,00

Documentos de Referência: Tomada de Preços nº 01/2023

2 INTRODUÇÃO

O presente Relatório Fotográfico tem como objetivo demonstrar através das imagens registradas em campo, a situação atual do curso hídrico do Rio Jacaré Pepira, destacando os principais pontos existentes desde sua nascente até a confluência com o Ribeirão do Potreiro.

Para este levantamento e vistorias, considerou-se também, informações repassadas pela equipe da Prefeitura Municipal de Brotas bem como dos guias e comerciantes locais que estão relacionados com a prática esportiva do rafting, dos quais puderam contribuir de forma significativa para o desenvolvimento deste relatório, trazendo um olhar atualizado das condições encontradas nos locais visitados.

3 RELATÓRIO FOTOGRÁFICO

As capturas das imagens contidas nas figuras 1, 2, 3 e 4 foram realizadas junto ao bairro do Patrimônio pertencente ao município de Brotas/SP, nas coordenadas geográficas UTM 807249,0 m E, 7516021,0 m S.

Figura 1. Lago formado pela Barragem no bairro do Patrimônio, Brotas/SP.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 2. Vista aérea da Barragem no bairro Patrimônio, Brotas/SP.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 3. Rio Jacaré Pepira logo a jusante da Barragem.



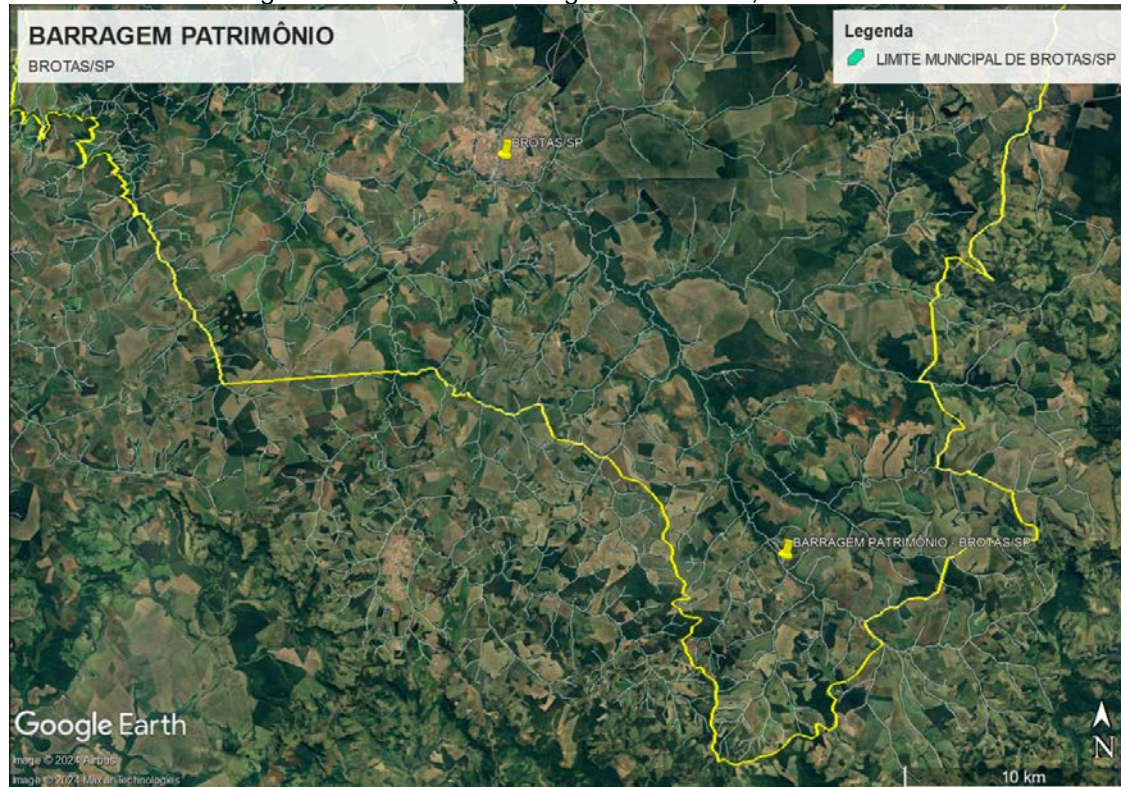
Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 4. Vista aérea próxima a Barragem junto ao Rio Jacaré Pepira.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 5. Localização Barragem Patrimônio, Brotas/SP



Fonte: Google Earth adaptado, 2024.

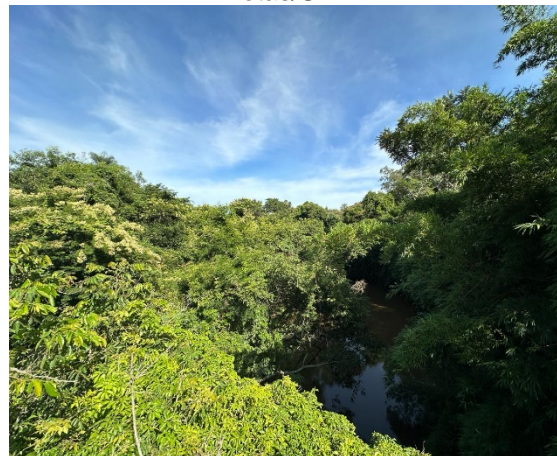
As figuras 6 e 7 a seguir localizam-se na ponte junto a Rua Professor Jesuíno, dentro da zona urbana do município de Brotas, nas coordenadas UTM 796207,67 m E, 7531994,56 m S.

Figura 6. Trecho do Rio Jacaré Pepira junto a Rua Professor Jesuíno no município de Brotas/SP.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 7. Trecho do Rio Jacaré Pepira junto a Rua Professor Jesuíno no município de Brotas/SP.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 8. Vista aérea – Ponte Rua Professor Jesuíno.



Fonte: Google Earth adaptado, 2024.

Os próximos pontos vistoriados estão localizados ao longo do trecho onde são praticadas as descidas do Rafting, considerando-se desde seu início até o ponto de chegada.

As duas primeiras figuras 9 e 10, são referentes ao ponto exato onde se inicia a descida do Rafting, local também onde localiza-se a primeira régua para aferição da lâmina d'água utilizadas pelos guias e praticantes do esporte, estando nas coordenadas UTM 789093 m E 7531720 m S. Esta aferição é de grande importância, pois dependendo de seu valor a descida pode se tornar impraticável, isso pode ocorrer tendo uma lâmina d'água muito baixa ou também muito alta.

Figura 9. Régua para verificação da altura da lâmina d'água.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 10. Régua para verificação da altura da lâmina d'água.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Na figura 11, localizada nas coordenadas UTM 788006,92 m E 7533760,16 m S, está confluência entre os Rios Jacaré Pepira e o Ribeirão dos Pinheirinhos. Nota-se que a tonalidade e turbidez das águas são diferentes e de fácil observação. Já na figura 12, localizada nas coordenadas UTM 787449,81 m E 7534357,20 m S, refere-se a uma captação existente já outorgada, sua infraestrutura é de fácil localização junto a margem do Rio Jacaré Pepira.

A figura 13 localiza-se nas coordenadas UTM 786705 m E 7534263 m S, neste ponto, segundo informações dos praticantes e guias do Rafting está localizado o ponto mais profundo do Rio Jacaré Pepira, ultrapassando mais de 3 m de profundidade e em períodos de chuva, este valor poderá ser ainda maior.

Logo após este ponto, o percurso do Rio Jacaré Pepira torna-se mais largo entre as margens e o assoreamento do rio é bem visível, assim como a lâmina da água em alguns pontos, que atinge facilmente seus 30cm, alternando-se com lâminas superiores e possibilitando a navegabilidade dentro do rio, sendo exatamente neste trecho que finaliza-se a descida do Rafting, conforme a figura 14, possuindo as coordenadas UTM 785604,77 m E 7535315,27 m S. Importante frisar que esta vistoria do percurso foi realizada no mês de fevereiro de 2024.

Figura 11. Confluência Rio Jacaré Pepira com afluente Pinheirinhos



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 12. Captação existente outorgada.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024

Figura 13. Ponto mais profundo do Rio Jacaré Pepira.



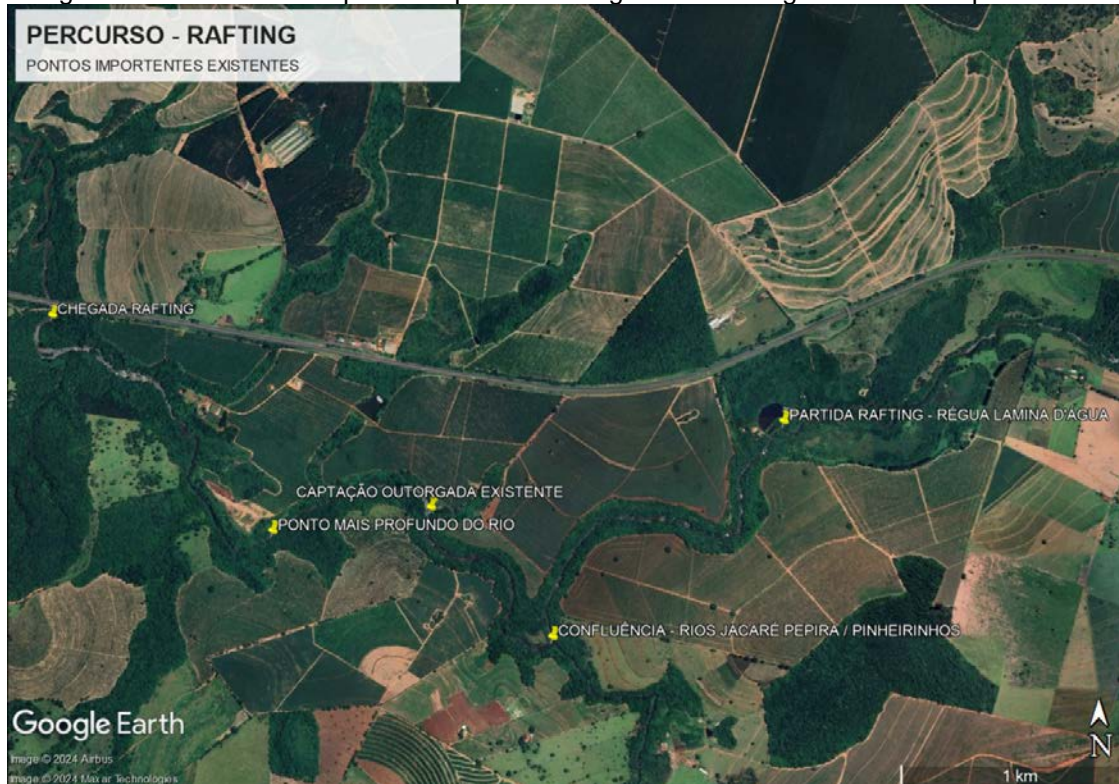
Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 14. Ponto final do Rafting.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 15. Vista aérea do ponto de partida e chegada do Rafting e detalhes do percurso.



Fonte: Google Earth adaptado, 2024.

Nas proximidades da zona urbana do município de Brotas, foram realizadas vistorias junto as estações fluviométricas e pluviométricas

Na figura 16 a seguir, localizada nas coordenadas geográficas UTM 797010,10 m E 7531951,86 m S, encontra-se a estação fluviométrica de propriedade do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), utilizada para aferição da altura da lâmina d'água. Já na figura 17, estando localizada nas coordenadas UTM 786409,08 m E 7534441,17 m S, encontra-se a segunda estação fluviométrica, sendo esta de propriedade do município de Brotas/SP.

Figura 16. Estação Fluviométrica DAEE.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 17. Estação Fluviométrica Municipal.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

A primeira estação pluviométrica vistoriada, localiza-se nas coordenadas UTM 796747 m E 7533688 m S, conforme figuras 18 e 19, no entanto ela encontra-se desativada. A segunda estação pluviométrica na figura 20, está localizada nas coordenadas UTM 794652 m E 7531200 m S, encontrando-se ativa e a terceira estação pluviométrica vistoriada demonstrada na figura 21, localiza-se no bairro do Patrimônio, ao lado da barragem existente, possuindo as coordenadas geográficas UTM 807134 m E 7515981 m S.

Figura 18. 1ª Estação Pluviométrica - desativada.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 19. 1ª Estação Pluviométrica - desativada.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 20. 2ª Estação pluviométrica - Ativa



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 21. 3ª Estação Pluviométrica – Barragem Patrimônio Brotas/SP.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

A seguir, pode-se visualizar através de um mapa a distribuição das estações fluviométricas e pluviométricas, junto ao Rio Jacaré Pepira, dentro do limite municipal de Brotas/SP.

Figura 22. Distribuição geográficas das estações fluviométricas e pluviométricas.



Fonte: Google Earth adaptado, 2024.

Com o objetivo de trazer um detalhamento ainda maior e mais atualizado possível das condições do Rio Jacaré Pepira, realizou-se algumas vistorias a montante e a jusante do município de Brotas, delimitando-se entre o exutório do ponto final deste estudo hidrológico e também próximo a nascente do Rio Jacaré Pepira,

O ponto final do estudo hidrológico, localiza-se na foz do Ribeirão do Potreiro, onde ocorre a confluência com o Rio Jacaré Pepira, nas coordenadas UTM 763531 m E 7557142 m S conforme figuras 23 e 22 a seguir.

Figura 23. Confluência do Ribeirão do Potreiro com Rio Jacaré Pepira.



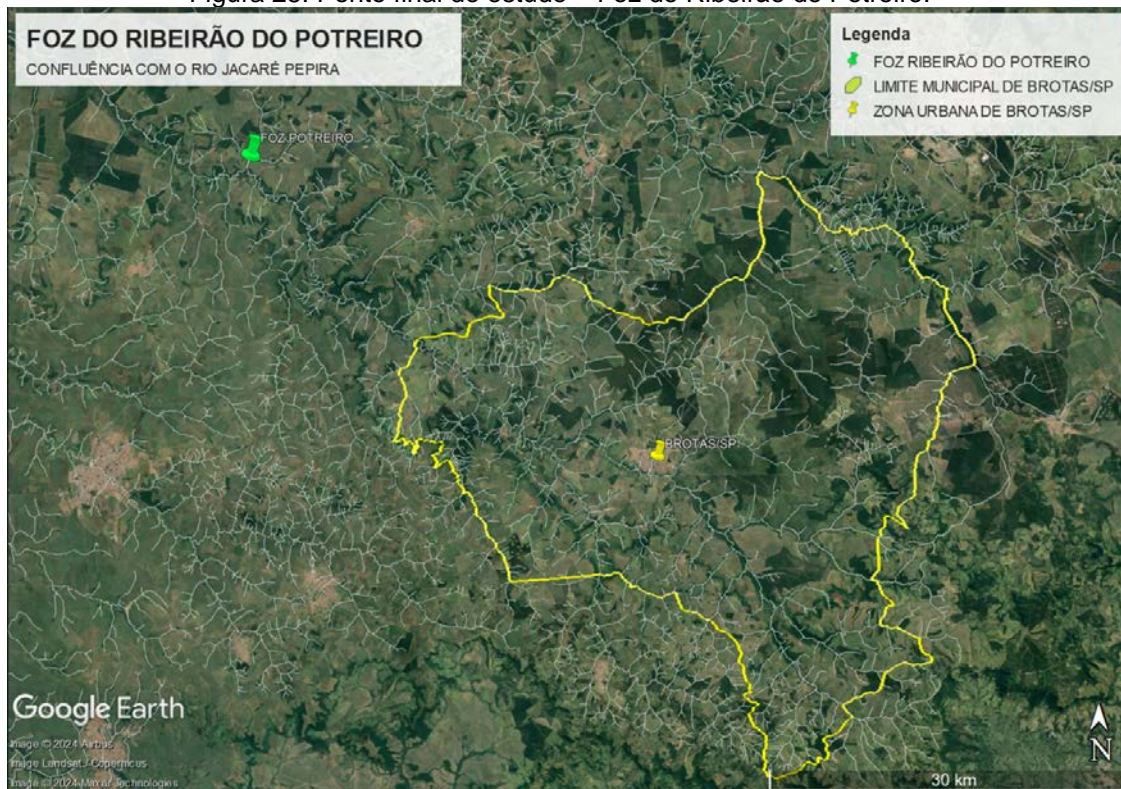
Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 24. Confluência do Ribeirão do Potreiro com Rio Jacaré Pepira.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 25. Ponto final do estudo – Foz do Ribeirão do Potreiro.



Fonte: Novaes Engenharia.

ESTUDO HIDROLÓGICO NA SUB-BACIA DO RIO JACARÉ PEPIRA, MUNICÍPIO DE BROTAS/SP



PRODUTO 2 – META 5.2

ESTUDO HIDROLÓGICO PARA DETERMINAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO RIO JACARÉ PEPIRA NO TRECHO DEFINIDO DA NASCENTE ATÉ A FOZ DO RIBEIRÃO DO POTREIRO E DAS SUB-BACIAS DE SEUS AFLUENTES DIRETOS.

JUNHO/2024

APRESENTAÇÃO

O turismo, um dos pilares da economia do município de Brotas, começou e se desenvolveu com as atividades aquáticas praticadas inicialmente como lazer no rio pela população e que se tornaram atividades turísticas, redefinindo a vocação econômica do Município.

Com o turismo, o *rafting* se desenvolveu como esporte e hoje há muitos atletas que disputam campeonatos e praticam esta modalidade no Rio Jacaré Pepira.

A relação da cidade com o Rio Jacaré Pepira se reforça também pelo fato de que está em operação uma Pequena Central hidroelétrica que gera energia para a cidade. Neste lugar, onde o rio é encachoeirado, formando uma paisagem cênica, criou-se um parque urbano municipal, o Parque dos Saltos, principal atrativo turístico público do município.

Desta forma, a identidade municipal de Brotas está intimamente relacionada ao Rio Jacaré Pepira, bem como parte significativa da renda municipal provém de atividades praticadas diretamente no rio.

Em razão das mudanças climáticas, do aumento da demanda de captação superficial de água para produção agrícola e da expansão urbana, o presente estudo hidrológico do Rio Jacaré Pepira se faz necessário para o planejamento estratégico e gestão dos recursos hídricos a nível municipal e regional.

Neste contexto, o referido estudo deverá analisar a disponibilidade e demanda hídrica do Rio Jacaré-Pepira, bem como detalhar os problemas que afetam as atividades aquáticas do mesmo. Além disto, deverá avaliar também a necessidade de vazão do rio para as atividades esportivas turísticas e de lazer que não necessitam de outorga, calculando o balanço hídrico da calha principal e seus afluentes.

Assim sendo, para a elaboração do referido estudo serão feitas as seguintes etapas:

- Determinação da demanda de água;
- Levantamento de dados hidrológicos disponíveis na região;
- Determinação de vazões (Q_{mlp} , $Q_{7,10}$, $Q_{95\%}$, Q_2 , Q_{10} , Q_{100});
- Cálculo do balanço hídrico (demanda x disponibilidade);
- Levantamento de dados da realidade das atividades do rio;
- Comparação com as informações do estudo hidrológico;
- Análise dos problemas hidrológicos que afetam as atividades;
- Definição de valores de referência para a manutenção das atividades;
- Prognóstico dos usos múltiplos de água;
- Contato com os técnicos para verificar a viabilidade das propostas.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	CARACTERIZAÇÃO DA BACIA	11
2.1	BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO JACARÉ PEPIRA	11
2.2	CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA.....	14
3	DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL.....	24
3.1	LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS ESTUDADOS E DELIMITAÇÃO DE SUAS BACIAS HIDROGRÁFICAS	24
3.2	REGIONALIZAÇÃO DA VAZÃO E DISPONIBILIDADE DE ÁGUA PARA CAPTAÇÃO SUPERFICIAL	27
3.3	ANÁLISE DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA NA BACIA	41
4	LEVANTAMENTO DAS OUTORGAS DE CAPTAÇÃO, LANÇAMENTO E BARRAMENTOS NA BACIA DO RIO JACARÉ- PEPIRA ATÉ O PONTO FINAL DE ESTUDO	46
5	CENÁRIOS HIPOTÉTICOS PROVÁVEIS DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA <i>VERSUS</i> DEMANDAS CADASTRADAS	63
6	BALANÇO HÍDRICO QUANTITATIVO DAS BACIAS DO JACARÉ- PEPIRA.....	65
7	ANÁLISE DO EFEITO DA REPRESA DO PATRIMÔNIO NAS VAZÕES DE REFERÊNCIA	91
8	VAZÕES MÁXIMAS NAS BACIAS DO JACARÉ-PEPIRA Q2, Q10 e Q100.....	93
9	CONSIDERAÇÕES DO PRODUTO 2	95
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
	APÊNDICES.....	100
	ANEXOS	110

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1. SUB-BACIAS DO RIO JACARÉ-PEPIRA ATÉ A CONFLUÊNCIA COM O RIBEIRÃO POTREIRO.	12
FIGURA 2.2. MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DA BACIA DE ESTUDO E DISTRIBUIÇÃO DE ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS NA REGIÃO.....	16
FIGURA 2.3. MAPA DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA NA BHRJPP E RESPECTIVAS ISOIETAS.	19
FIGURA 2.4. MAPA DA PRECIPITAÇÃO MEDIANA NA BHRJPP E RESPECTIVAS ISOIETAS.	20
FIGURA 2.5. MAPA DA PRECIPITAÇÃO P _{75%} NA BHRJPP E RESPECTIVAS ISOIETAS	21
FIGURA 3.1. PONTOS DE INTERESSE E RESPECTIVAS BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO.	26
FIGURA 3.2. HIDROGRAMA DAS VAZÕES MÉDIAS ANUAIS DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA 5D-028.....	42
FIGURA 3.3. CURVAS DE PERMANÊNCIA PARA O POSTO FLUVIOMÉTRICO 5D-028.	43
FIGURA 4.1. TODOS OS USOS OUTORGADOS NA BHRJPP.....	60
FIGURA 4.2. USOS OUTORGADOS VÁLIDOS NA BHRJPP.	61

LISTA DE TABELAS

TABELA 2-1. CARACTERÍSTICA MORFOMÉTRICAS DA BACIA E DAS SUB-BACIAS DE ESTUDO (BROTAS-SP).	13
TABELA 2-2. ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS NO ESTUDO DE PRECIPITAÇÃO.	14
TABELA 2-3. PRECIPITAÇÕES ESTIMADAS PARA AS SUB-BACIAS DA REGIÃO	18
TABELA 2-4. RESUMO ESTATÍSTICO DA PRECIPITAÇÃO ANUAL PARA A BHRJPP.	22
TABELA 3-1. INFORMAÇÕES SOBRE OS PONTOS DE INTERESSE DENTRO DA BACIA DE ESTUDO.	24
TABELA 3-2. ESTIMATIVA DAS VAZÕES MÉDIAS E MÍNIMAS REGIONALIZADAS PARA AS SUB-BACIAS DA BHRJPP, CONSIDERANDO A PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL.	28
TABELA 3-3. ESTIMATIVA DAS VAZÕES MÉDIAS E MÍNIMAS REGIONALIZADAS PARA AS SUB BACIAS DO RIO JACARÉ-PEPIRA, CONSIDERANDO A MEDIANA DA PRECIPITAÇÃO ANUAL.	29
TABELA 3-4. ESTIMATIVA DAS VAZÕES MÉDIAS E MÍNIMAS REGIONALIZADAS PARA AS SUB BACIAS DO RIO JACARÉ-PEPIRA, CONSIDERANDO A PRECIPITAÇÃO ANUAL PROVÁVEL DE 75%.	30
TABELA 3-5. ESTIMATIVA DAS VAZÕES MÉDIAS E MÍNIMAS AO LONGO DO PERFIL DO RIO JACARÉ-PEPIRA, EM FUNÇÃO DA ÁREA DA BACIA, PARA A PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL.	34
TABELA 3-6. ESTIMATIVA DAS VAZÕES MÉDIAS E MÍNIMAS AO LONGO DO PERFIL DO RIO JACARÉ-PEPIRA, EM FUNÇÃO DA ÁREA DA BACIA, PARA A MEDIANA DA PRECIPITAÇÃO ANUAL.	36
TABELA 3-7. ESTIMATIVA DAS VAZÕES MÉDIAS E MÍNIMAS AO LONGO DO PERFIL DO RIO JACARÉ-PEPIRA, EM FUNÇÃO DA ÁREA DA BACIA, PARA A PRECIPITAÇÃO ANUAL PROVÁVEL DE 75%.	38
TABELA 3-8. ESTAÇÃO E SÉRIE FLUVIOMÉTRICA NO RIO JACARÉ-PEPIRA.	41
TABELA 3-9. VALORES DE $Q_{50\%}$ $Q_{95\%}$ PARA AS SÉRIES FLUVIOMÉTRICAS CONSIDERADAS DO POSTO 5D-028.	43
TABELA 3-10. PARÂMETROS DA FUNÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO <i>WEIBULL</i> E ESTIMATIVA DA $Q_{7,10}$	44
TABELA 3-11. PARÂMETROS DA REGIONALIZAÇÃO HIDROLÓGICA PARA A ÁREA DE ESTUDO.	45
TABELA 3-12. PRECIPITAÇÕES CORRESPONDENTES ÀS VAZÕES DE REFERÊNCIA ESTIMADAS.	45
TABELA 4-1. USOS OUTORGAS NA BHRJPP.	47
TABELA 4-2. USOS OUTORGADOS NA BHRJPP EM FUNÇÃO DO TIPO.	62

TABELA 5-1. CENÁRIOS PROVÁVEIS PARA ESTIMATIVA DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NAS BACIAS DO JACARÉ-PEPIRA.	64
TABELA 6-1. DISPONIBILIDADE HÍDRICA NAS SUB BACIAS DOS AFLUENTES DO RIO JACARÉ-PEPIRA PARA CENÁRIO NORMATIVO CONSERVADOR.	66
TABELA 6-2. DISPONIBILIDADE HÍDRICA NAS SUB BACIAS DOS AFLUENTES DO RIO JACARÉ-PEPIRA PARA CENÁRIO NORMATIVO MODERADO.	68
TABELA 6-3. DISPONIBILIDADE HÍDRICA NAS SUB BACIAS DOS AFLUENTES DO RIO JACARÉ-PEPIRA PARA CENÁRIO RESTRITIVO CONSERVADOR.	70
TABELA 6-4. DISPONIBILIDADE HÍDRICA NAS SUB BACIAS DOS AFLUENTES DO RIO JACARÉ-PEPIRA PARA CENÁRIO RESTRITIVO MODERADO.....	72
TABELA 6-5. DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA BACIA DO RIO JACARÉ-PEPIRA PARA CENÁRIO NORMATIVO CONSERVADOR.	79
TABELA 6-6. DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA BACIA DO RIO JACARÉ-PEPIRA PARA CENÁRIO NORMATIVO MODERADO.	81
TABELA 6-7. DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA BACIA DO RIO JACARÉ-PEPIRA PARA CENÁRIO RESTRITIVO CONSERVADOR.	83
TABELA 6-8. DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA BACIA DO RIO JACARÉ-PEPIRA PARA CENÁRIO RESTRITIVO MODERADO.	85
TABELA 7-1. VAZÕES DE REFERÊNCIA NOS PONTOS DE INTERESSE.	92
TABELA 8-1. ESTIMATIVA DAS VAZÕES MÁXIMAS Q2, Q10 E Q100 DO RIO JACARÉ-PEPIRA, EM FUNÇÃO DA ÁREA DA BACIA.	94

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 2.1. PRECIPITAÇÃO ANUAL PROVÁVEL PARA AS SÉRIES SELECIONADAS.	17
GRÁFICO 2.2. SÉRIE HISTÓRICA DE PRECIPITAÇÃO ESTIMADA PARA A BHRJPP.	22
GRÁFICO 3.1. GRÁFICOS DAS ESTIMATIVAS DA PRECIPITAÇÃO ANUAL (A) E DA VAZÃO MÍNIMA DE REFERÊNCIA (B) EM FUNÇÃO DA ÁREA DA BACIA DO RIO JACARÉ - PEPIRA.	40
GRÁFICO 6.1. BALANÇO HÍDRICO DO RIO JACARÉ – PEPIRA, PARA O CENÁRIO NORMATIVO-CONSERVADOR.....	87
GRÁFICO 6.2. BALANÇO HÍDRICO DO RIO JACARÉ – PEPIRA, PARA O CENÁRIO NORMATIVO-MODERADO.	88
GRÁFICO 6.2. BALANÇO HÍDRICO DO RIO JACARÉ – PEPIRA, PARA O CENÁRIO RESTRITIVO-CONSERVADOR.....	89
GRÁFICO 6.4. BALANÇO HÍDRICO DO RIO JACARÉ – PEPIRA, PARA O CENÁRIO RESTRITIVO-MODERADO.	90

1 INTRODUÇÃO

Considerando os eventos de secas acontecidos nos últimos anos, destacando-se a *Crise Hídrica* – período entre os anos de 2013 e 2015, caracterizado pela ocorrência de déficit hídrico severo, resultando em diversos conflitos pelo uso dos recursos hídricos paulistas – o manejo correto dos recursos hídricos é de fundamental importância, visando a redução de conflitos e sua otimização para as diversas atividades produtivas da sociedade.

Para realizar o manejo correto dos recursos hídricos, torna-se necessário: definir a bacia hidrográfica de estudo e as sub-bacias de interesse; analisar os dados pluviométricos e fluviométricos de maneira a compreender os processos hidrológicos da área de estudo; contabilizar os usos outorgados, verificando se estão em consonância com as atividades produtivas exercidas; e, estimar por meio das melhores técnicas de engenharia disponíveis vazões críticas, máximas ou mínimas, que auxiliem o planejamento, gerenciamento e implantação de obras para diferentes horizontes temporais. A este conjunto de atividades nomeia-se Estudo Hidrológico, o qual subsidiará a tomada de decisão.

No município de Brotas, encontra-se o Rio Jacaré-Pepira, curso hídrico em análise do presente Estudo Hidrológico e principal rio da UGRHI 13 (Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos nº 13 do Estado de São Paulo), pertencente a bacia Tietê/Jacaré. Dentre as atividades econômicas exercidas neste curso hídrico, destaca-se os esportes aquáticos praticados no município de Brotas (SP), em especial a prática de *rafting*. Tais atividades requerem vazões mínimas para que sejam viáveis e, dessa forma, a ocorrência de estiagens ou a captação hídrica superficial excessiva à montante no Rio Jacaré Pepira ou afluentes pode inviabilizá-las.

Portanto, este presente estudo hidrológico visa: (1) caracterizar a Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré Pepira até a confluência com o Ribeirão do Potreiro, em especial em duas seções de interesse; (2) analisar as séries históricas pluviométricas e fluviométricas disponíveis da Bacia, consistindo os dados de modo a subsidiar as análises de Disponibilidade Hídrica; (3) propor cenários hipotéticos prováveis de precipitação, visto essa ser a variável hidrológica que impacta diretamente às vazões mínimas; (4) analisar a Disponibilidade Hídrica

Superficial a partir do Balanço Hídrico entre as vazões disponíveis, calculadas pelo Método de Regionalização do Estado de São Paulo, e os Usos Outorgados, disponíveis no banco de dados de outorgas superficiais dos Estados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e no Sistema de Outorgas Eletrônicas do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (SOE-DAEE) para os diferentes cenários propostos; e, (5) estimar as vazões máximas nos pontos de interesse para os Tempos de Retorno (TR) de 2, 10 e 100 anos.

Por fim, apresenta-se as considerações, com recomendações técnicas obtidas a partir dos resultados apresentados e das premissas adotadas.

2 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA

2.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO JACARÉ PEPIRA

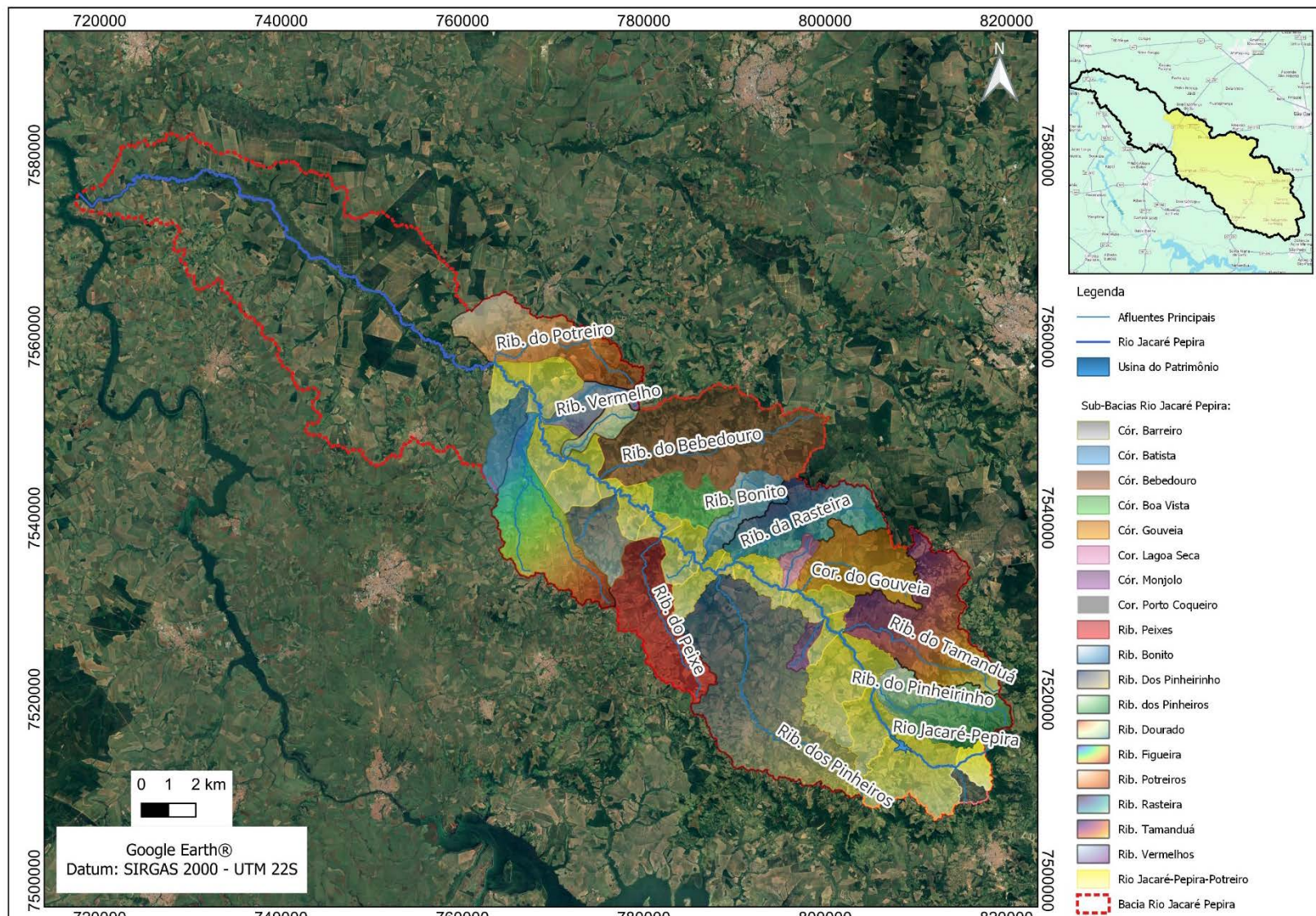
Pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Tietê-Jacaré, o Rio Jacaré-Pepira tem sua nascente na Serra de Itaqueri, divisa dos municípios de Brotas e São Pedro, a uma altitude de cerca de 1.040 metros acima do nível do mar. Possuindo uma extensão de cerca de 174 quilômetros e passando por 10 municípios do estado de São Paulo, o rio é um afluente da margem direita do Rio Tietê, desembocando no mesmo na altura dos municípios de Ibitinga e Itaju.

A bacia destaca-se pelo seu enorme potencial turístico, sendo utilizada para a prática de esportes náuticos e de aventura, tornando-a um fator de desenvolvimento regional. O Rio Jacaré-Pepira é um dos poucos no estado de São Paulo livre de poluição e com uma grande reserva de biodiversidade graças a recuperação e preservação das matas ciliares.

Segundo estudos realizados pelo Projeto Piloto do Consórcio do Rio Jacaré, as águas do Rio Jacaré-Pepira são enquadradas na classe II da classificação da CETESB, indicando que são propícias para banho, irrigação, navegação, consumo animal e, após tratamento convencional, o consumo humano.

O trecho do Rio Jacaré-Pepira até a confluência com o Ribeirão Potreiro possui 20 afluentes principais, conforme apresentado na Figura 2.1 e mapa anexo (Apêndice I), sendo o Ribeirão do Tamanduá e o Ribeirão dos Pinheirinhos os que apresentam maior área de drenagem e por consequência uma forte influência sobre a vazão até o ponto de exultório determinado neste estudo. Portanto, a área de estudo do presente estudo hidrológico é a Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré-Pepira até a confluência com o Ribeirão Potreiro (BHRJPP).

Figura 2.1. Sub-bacias do rio Jacaré-Pepira até a confluência com o Ribeirão Potreiro.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Na Tabela 2.1 são apresentados os principais afluentes do rio Jacaré-Pepira até o limite da área de estudo e a descrição de algumas características morfométricas das mesmas.

Tabela 2-1. Característica morfométricas da Bacia e das sub-bacias de estudo (Brotas-SP).

BACIA DESCRIÇÃO	ÁREA (km ²)	DECLIVIDADE (%)	COMPRIMENTO TALVEGUE (km)	DECL. TALVEGUE (m/km)
RIO JACARÉ-PEPIRA ATÉ RIBEIRÃO POTREIRO (BHRJPP)	1.773,93	8,30	56,975	7,55
CÓRREGO PORTO DO COQUEIRO	8,48	8,72	4,297	20,95
CÓRREGO LAGOA SECA	11,53	11,02	7,057	17,71
CÓRREGO MONJOLO	15,37	7,51	7,133	25,24
CÓRREGO GOUVEIA	79,26	6,25	15,458	9,38
RIBEIRÃO BONITO	38,64	6,19	18,399	10,87
RIBEIRÃO PINHEIRINHO	82,81	9,84	20,858	15,34
RIBEIRÃO RASTEIRA	85,35	6,98	21,339	11,01
RIBEIRÃO TAMANDUÁ	140,80	10,28	25,217	12,89
RIBEIRÃO PINHEIRINHOS	256,20	8,41	42,942	9,78
CÓRREGO DO BARREIRO	74,57	7,85	7,975	17,66
RIBEIRÃO DO BEBEDOURO	253,42	7,64	31,197	8,24
RIBEIRÃO DO DOURADO	27,81	10,47	10,969	23,67
RIBEIRÃO DA FIGUEIRA VERMELHA	165,12	7,27	30,309	30,31
RIBEIRÃO DO PEIXE	98,24	10,11	23,622	14,05
RIBEIRÃO DO POTREIRO	133,93	7,27	22,088	11,81
CÓRREGO QUENTE	11,2	11,54	4,919	50,58
RIBEIRÃO VERMELHO	36,5	9,37	14,552	19,35

2.2 CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

A caracterização da distribuição das chuvas na região foi realizada por meio do levantamento de estações pluviométricas do DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) e da ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico) dentro dos limites da BHRJPP e em seu entorno. Foram levantadas 22 estações na região, sendo que destas 3 possuem dados antigos e estão desativadas, 9 possuem dados recentes e estão desativadas e 10 possuem dados recentes e estão ativas. A **Tabela 2-2** apresenta o código, o município, as coordenadas geográficas, a altitude e o período da série histórica para cada estação pluviométrica levantada na região, bem como indicada a localização na Figura 2.2 e no mapa anexo (Apêndice II).

Tabela 2-2. Estações pluviométricas utilizadas no estudo de precipitação.

ESTAÇÃO	MUNICÍPIO	COORDENADAS		ALTITUDE (m)	PERÍODO ANALISADO
		LATITUDE	LONGITUDE		
D4-040	Brotas/SP	21°14'00" S	47°59'00" O	789	1938-1998 – 61 anos
D4-098	Brotas/SP	21°22'00" S	47°59'00" O	660	1970-1999 – 30 anos
D5-002	Brotas/SP	22°17'00" S	48°08'00" O	620	1931-1967 – 37 anos
D5-052	Brotas/SP	22°20'00" S	48°06'00" O	680	1940-1952 – 13 anos
D5-069	Brotas/SP	22°25'00" S	48°01'00" O	810	1946-1967 – 22 anos
D5-078	Brotas/SP	22°17'00" S	48°07'00" O	680	1972-1999 – 28 anos
D5-006	Torrinha/SP	22°23'45" S	48°09'50" O	783	1936-2022 – 87 anos
2248008	Dourado/SP	22°06'00" S	48°17'59" O	702	1941-1999 – 59 anos
2248009	Dourado/SP	22°07'59" S	48°19'00" O	711	1954-2020 – 67 anos
2248116	Guarapuã/SP	22°15'00" S	48°23'00" O	740	1985-2020 – 36 anos
2247025	São Pedro/SP	22°31'59" S	47°55'00" O	638	1942-2000 – 59 anos
2248023	Santa Maria da Serra/SP	22°34'00" S	48°08'59" O	557	1945-2000 – 56 anos
2248016	Dois Córregos/SP	22°22'00" S	48°22'59" O	682	1936-1999 – 64 anos
2248130	Bocaina	22°04'30" S	48°28'57" O	440	2000-2019 – 20 anos

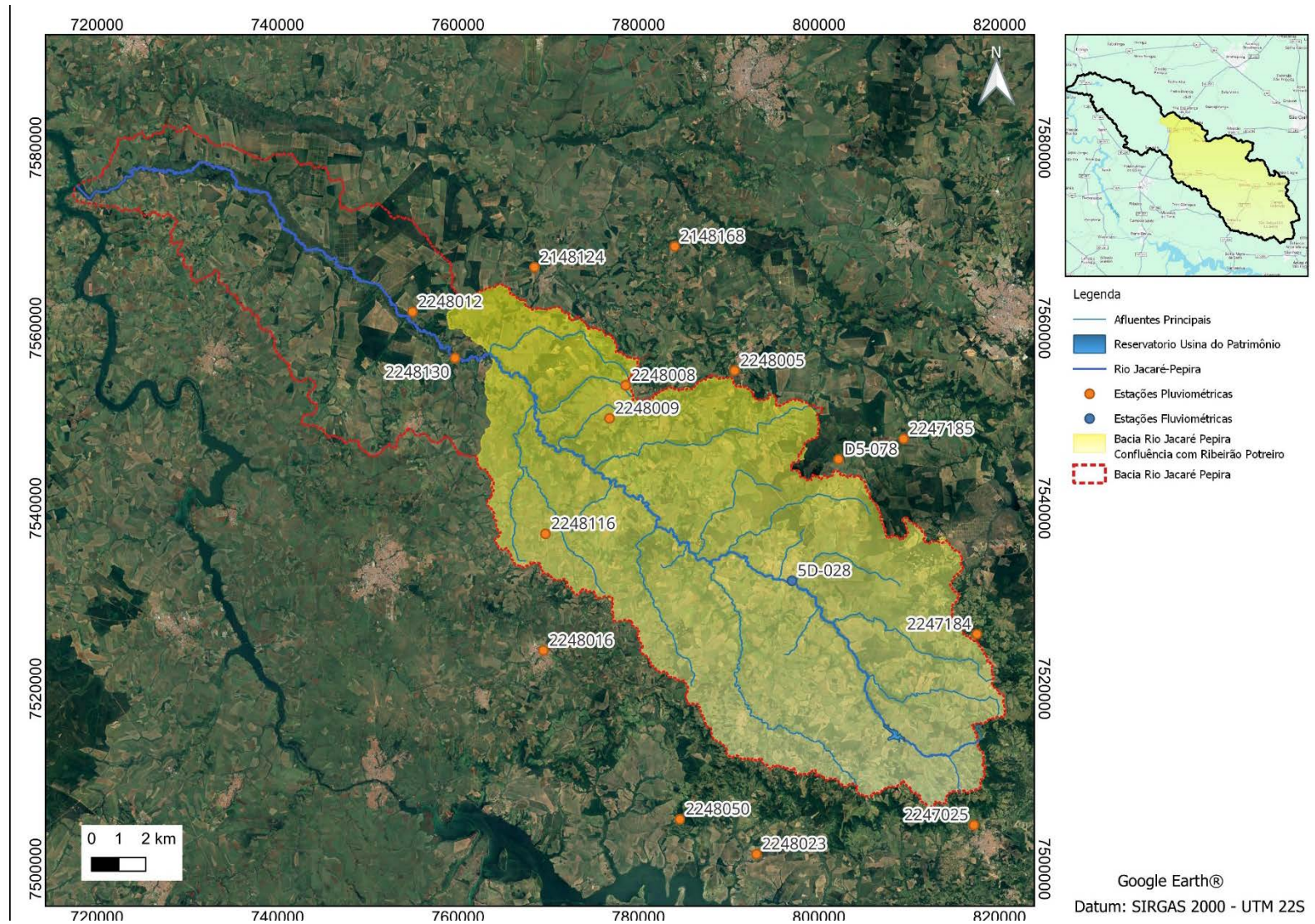
Tabela 2-2. Estações pluviométricas utilizadas no estudo de precipitação.

ESTAÇÃO	MUNICÍPIO	COORDENADAS		ALTITUDE (m)	PERÍODO ANALISADO
		LATITUDE	LONGITUDE		
2148124	Boa Esperança do Sul/SP	21°58'59" S	48°23'59" O	493	1971-2020 – 50 anos
2248005	Ribeirão Bonito/SP	22°04'59" S	48°10'59" O	633	1933-2019 – 87 anos
2247185	Brotas/SP	22°08'54" S	48°00'03" O	790	1977-2019 – 43 anos
2247184	Itirapina/SP	22°20'31" S	47°55'03" O	914	1977-2022 – 46 anos
2248050	São Manuel/SP	22°31'59" S	48°13'59" O	514	1973-2000 – 28 anos
2248012	Jau/SP	22°18'00" S	48°32'00" O	512	1936-1999 – 64 anos
2148168	Ribeirão Bonito/SP	21°57'41" S	48°14'55" O	546	1979-2022 – 44 anos
2147021	Ipeúna/SP	22°25'59" S	47°43'00" O	633	1970-2022 – 53 anos

No estudo de precipitação da bacia foram utilizadas, preferencialmente, as estações pluviométricas em atividade com série histórica superior a 40 anos de dados, período suficiente para estimativas seguras e consistentes dos índices hidrológicos.

Nos meses com falhas, os dados foram preenchidos a partir da composição dos dados mensais das estações; logo em seguida as estimativas de precipitação anual foram homogeneizadas e corrigidas para um mesmo longo período representativo do comportamento dessa variável. Algumas estações possuem período inferior, sendo utilizadas para preenchimento de série de dados mais antiga.

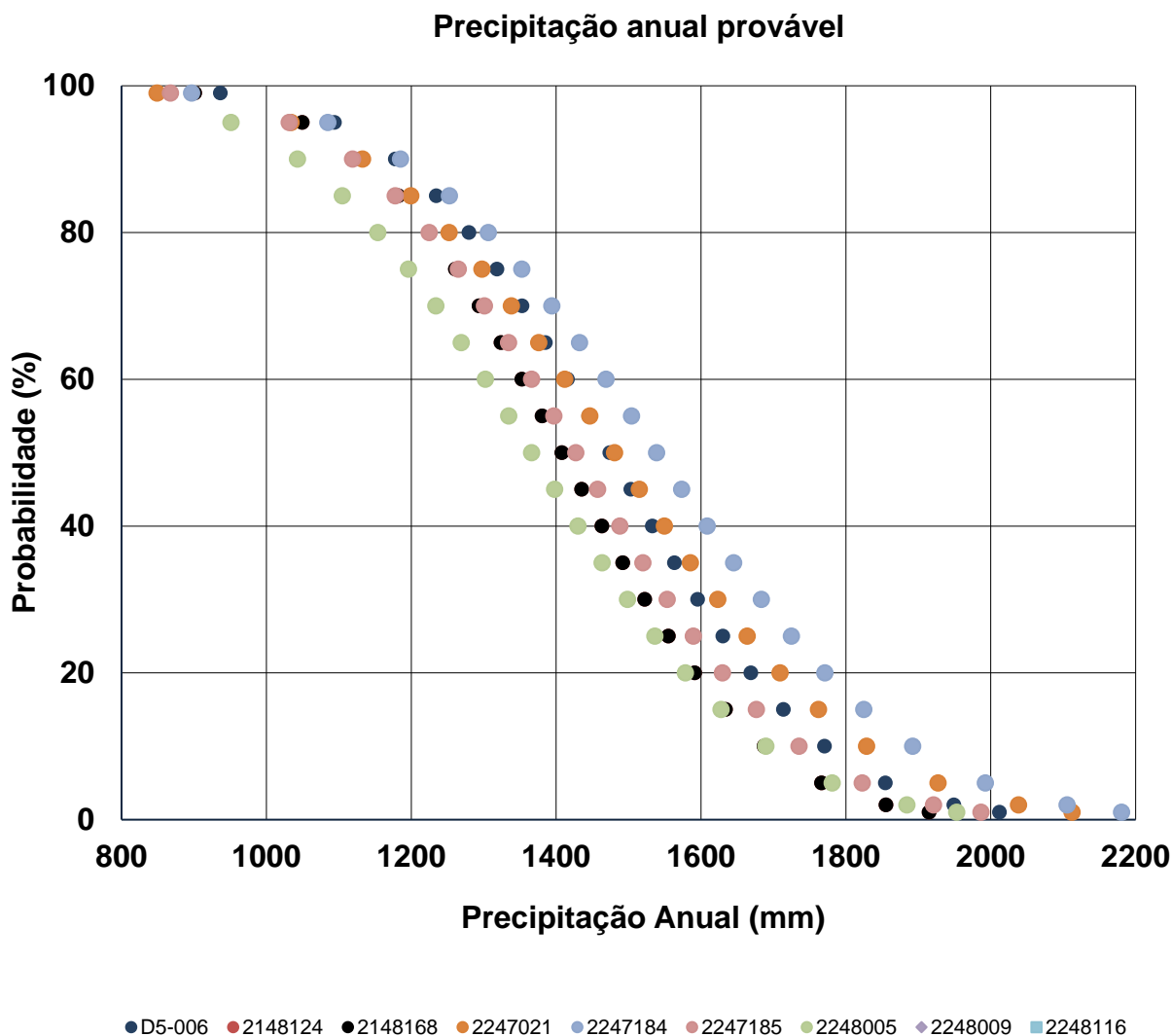
Figura 2.2. Mapa com a localização da bacia de estudo e distribuição de estações pluviométricas na região.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Destas estações, nove foram escolhidas para a caracterização pluviométrica da região, a saber: D5-006, 2148124, 2148168, 2247021, 2247184, 2247185, 2248005, 2248009, 2248116. A partir das precipitações anuais, as curvas de probabilidade de precipitação foram estimadas por meio da distribuição teórica da probabilidade Normal, sendo ilustradas no Gráfico 2.1.

Gráfico 2.1. Precipitação anual provável para as séries selecionadas.

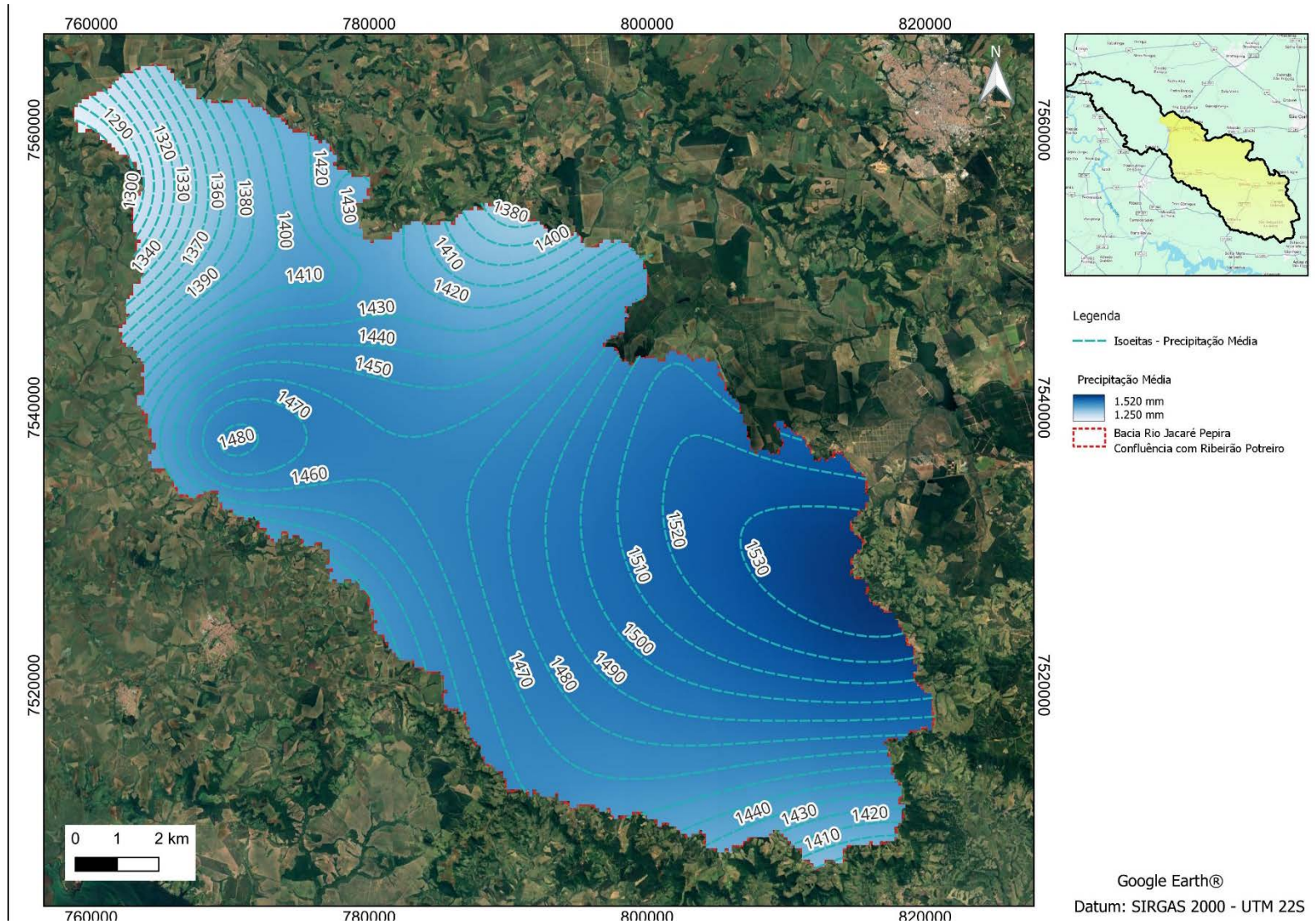


Após a estimativa da precipitação anual por estação, as precipitações média, mediana e P_{75%} (precipitação com probabilidade de igualada e superada igual a 75%) da bacia foram calculadas por meio da rotina de interpolação do *software* de geoprocessamento QGIS, sendo ilustradas, respectivamente, na **Figura 2.3** (Apêndice III), **Figura 2.4** (Apêndice IV) e **Figura 2.5** (Apêndice V). Os resultados estão dispostos na **Tabela 2-3**.

Tabela 2-3. Precipitações estimadas para as sub-bacias da região

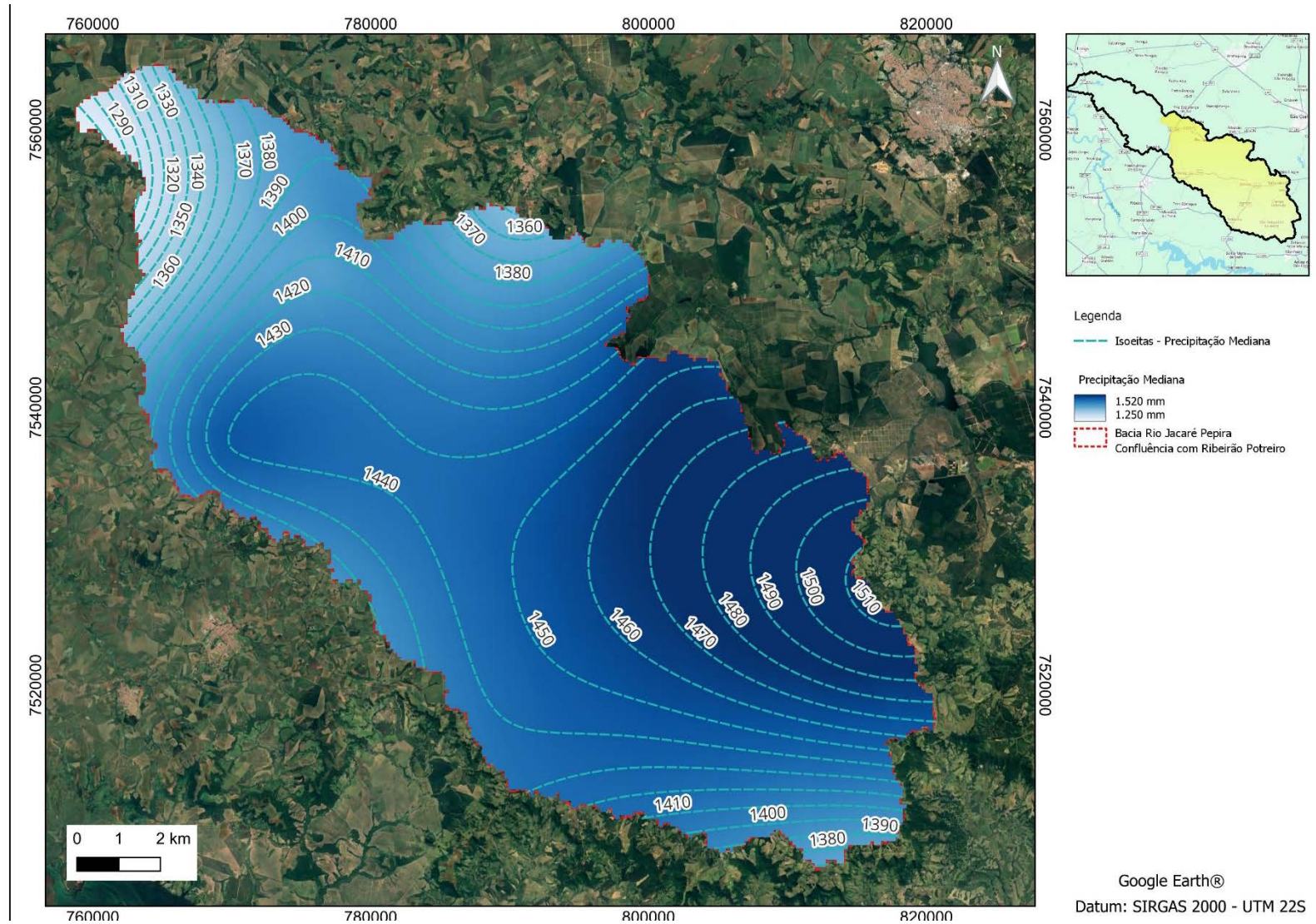
SUB-BACIA	PRECIPTAÇÃO MÉDIA (mm/ano)	PRECIPTAÇÃO MEDIANA (mm/ano)	PRECIPTAÇÃO 75% PROB. (mm/ano)
CÓRREGO PORTO DO COQUEIRO	1.363,6	1.340,9	1.169,8
CÓRREGO MONJOLO	1.492,9	1.444,8	1.317,7
CÓRREGO. DA LAGOA SECA	1.502,1	1.438,0	1.317,3
CÓRREGO DO GOUVEIA	1.399,1	1.339,4	1.202,4
RIBEIRÃO BONITO	1.475,3	1.419,7	1.293,4
RIBEIRÃO DA RASTEIRA	1.464,9	1.407,2	1.278,7
RIBEIRÃO DOS PINHEIRINHOS	1.457,9	1.448,4	1.312,2
RIBEIRÃO DO PINHEIRINHO	1.422,3	1.365,2	1.245,0
RIBEIRÃO DO TAMANDUÁ	1.406,3	1.352,1	1.220,1
CÓRREGO DO BARREIRO	1.465,6	1.433,8	1.294,7
RIBEIRÃO DO BEBEDOURO	1.379,9	1.368,0	1.208,4
RIBEIRÃO DO DOURADO	1.409,2	1.411,8	1.238,0
RIBEIRÃO DA FIGUEIRA VERMELHA	1.427,8	1.400,1	1.256,4
RIBEIRÃO DO PEIXE	1.460,9	1.437,6	1.227,0
RIBEIRÃO DO POTREIRO	1.368,0	1.354,2	1.202,6
CÓRREGO QUENTE	1.292,7	1.274,5	1.108,5
RIBEIRÃO VERMELHO	1.414,1	1.409,4	1.241,9

Figura 2.3. Mapa da Precipitação Média na BHRJPP e respectivas isoietas.



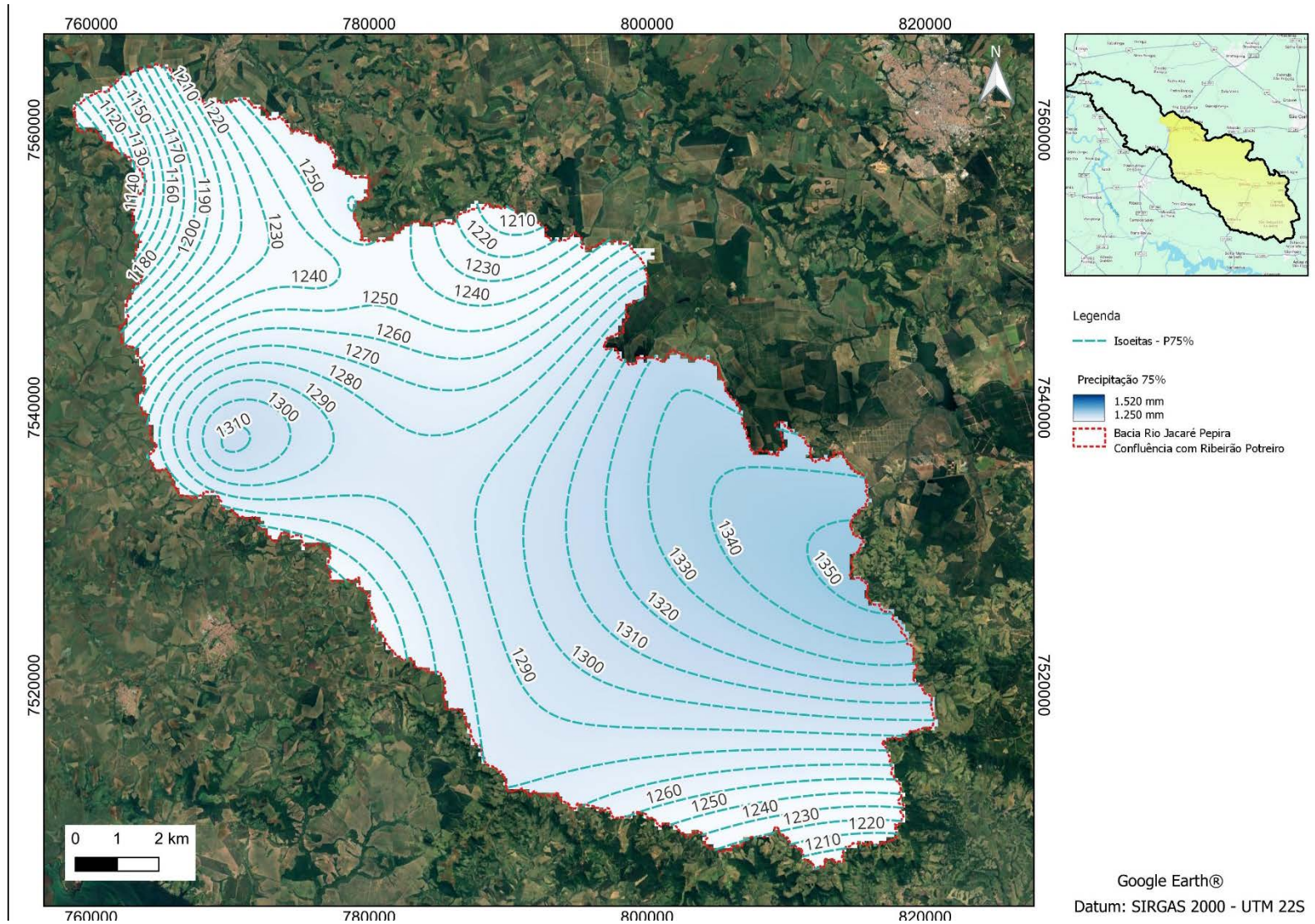
Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 2.4. Mapa da Precipitação Mediana na BHRJPP e respectivas isoietas.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 2.5. Mapa da Precipitação P_{75%} na BHRJPP e respectivas isoietas



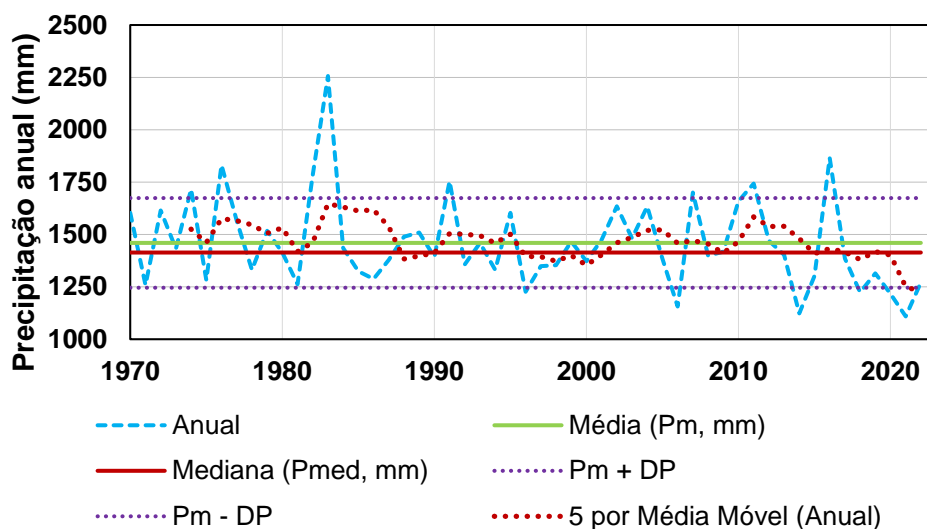
Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

A partir das séries homogeneizadas e corrigidas, as estatísticas descritivas para a BHRJPP foram estimadas, sendo apresentadas na Tabela 2-4 e ilustradas no Gráfico 2.2

Tabela 2-4. Resumo estatístico da precipitação anual para a BHRJPP.

ÍNDICE ESTATÍSTICO	SÉRIE TODA 1970 – 2023	SEM O PERÍODO ANTERIOR RECENTE 1970 – 2010	LONGO PERÍODO RECENTE 2000 – 2023
MÉDIA (mm/ano)	1.459,2	1.485,6	1.423,8
MEDIANA (mm/ano)	1.413,3	1.435,4	1.399,5
P _{75%}	1.319,4	1.351,2	1.271,3
DESVIO PADRÃO (mm/ano)	214,0	203,2	205,2
PRECIPITAÇÃO MÁXIMA (mm)	2.257	2.257	1.866
ANO DA MÁXIMA PRECIPITAÇÃO	1983	1983	2016
PRECIPITAÇÃO MÍNIMA (mm)	1.109	1.157	1.109
ANO DA MÍNIMA PRECIPITAÇÃO	2021	2006	2021
PROBABILIDADE DE P _{>=1.000mm}	98%	99%	98%
PROBABILIDADE DE P _{>=1.250mm}	84%	88%	80%
PROBABILIDADE DE P _{>=1.500mm}	42%	47%	36%

Gráfico 2.2. Série histórica de precipitação estimada para a BHRJPP.



Analisando o comportamento da precipitação estimada para a BHRJPP, ilustrado no Gráfico 2.2, nota-se que, nos anos de 1983 e 2016, a precipitação estimada ficou acima do limite superior definido pela precipitação média somada ao desvio padrão das precipitações. Explica-se este comportamento, a ocorrência de precipitações acima da média climatológica para o estado de São Paulo, devido à influência do fenômeno *El Niño* (IAG, 2016). Já para os anos de 2006 e 2014, a precipitação estimada ficou abaixo do limite inferior definido pela precipitação média menos o desvio padrão. Esse comportamento pode ser explicado pela mudança no padrão atmosférico do América do Sul que afetou todo a região sudeste neste período (Santos et al., 2017).

Observa-se, também, pela análise do Gráfico 2.2, que após o evento de máxima registrado em 2016, as precipitações anuais registradas são inferiores à média, flutuando em torno do valor de precipitação menos o desvio padrão amostral, ou seja, os últimos 08 anos foram sistematicamente secos na região.

Comportamento semelhante pode ser observado ao analisar a precipitação média móvel de 05 anos (linha tracejada em vermelho) do Gráfico 2.2:

- De 1970 até 1987, os valores de média móvel foram sistematicamente superiores ao valor da precipitação média anual (Tabela 2-4), excetuando a média móvel de 1981 (média da precipitação anual de 1977 a 1981);
- De 1988 a 2000, observa-se precipitações médias móveis flutuando em torno da média observada;
- De 2001 a 2011, a média móvel voltou a se elevar, porém com inclinação menor do que o observado no 1º período (1974 a 1987);
- De 2011 até 2022, fim observado da série, observa-se a redução sistemática dessa estatística descritiva indicando. Esse comportamento mostra que a BHRJPP está enfrentando um período seco.

Com base nessas análises, observou-se que a BHRJPP passou por um período úmido de 1970 a 2010, caracterizado por precipitações e, provavelmente, vazões maiores, e, atualmente, encontra-se em um período mais seco.

3 DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL

Para avaliação da disponibilidade hídrica superficial, foram estimadas para as sub-bacias e seções de interesse as vazões específicas, médias e de referência, a saber: $Q_{7,10}$, vazão de 7 dias e com um tempo de retorno de 10 anos, valor adotado no Estado de São Paulo; e, a $Q_{95\%}$, vazão com probabilidade de ser igualada ou superada em 95% das observações.

3.1 LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS ESTUDADOS E DELIMITAÇÃO DE SUAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

A delimitação das bacias hidrográficas para as seções de interesse foi realizada por meio do *software* de geoprocessamento QGIS. As informações das áreas de drenagem para os pontos iniciais e finais de cada trecho são apresentadas na Tabela 3-1 e as respectivas localizações espaciais são ilustradas na Figura 3.1 (Apêndice VI).

Os segmentos designados foram determinados com base nos locais de interesse correspondentes, ou seja, nas regiões em que ocorre a prática de esportes aquáticos. Nesse contexto, foram identificadas as áreas de drenagem pertinentes para fins de análise, sendo denominadas como: T1-Início, T1-Fim, T2-Início, T2-Fim e T3-Potzeiros (exutório).

Tabela 3-1. Informações sobre os pontos de interesse dentro da bacia de estudo.

PONTO	CURSO D'ÁGUA	COORDENADAS (km)		ÁREA DE DRENAGEM (km ²)
		LESTE-OESTE	NORTE-SUL	
<i>T1 - INICIO</i>	Rio Jacaré-Pepira	797,580	7.531,305	451,43
<i>T1 - FIM</i>	Rio Jacaré-Pepira	795,723	7.532,087	533,30
<i>T2 - INICIO</i>	Rio Jacaré-Pepira	789,498	7.534,801	651,95
<i>T2 - FIM</i>	Rio Jacaré-Pepira	785,622	7.535,373	967,99
<i>T3 - Potzeiros</i>	Rio Jacaré-Pepira	763,528	7.557,147	1.773,94

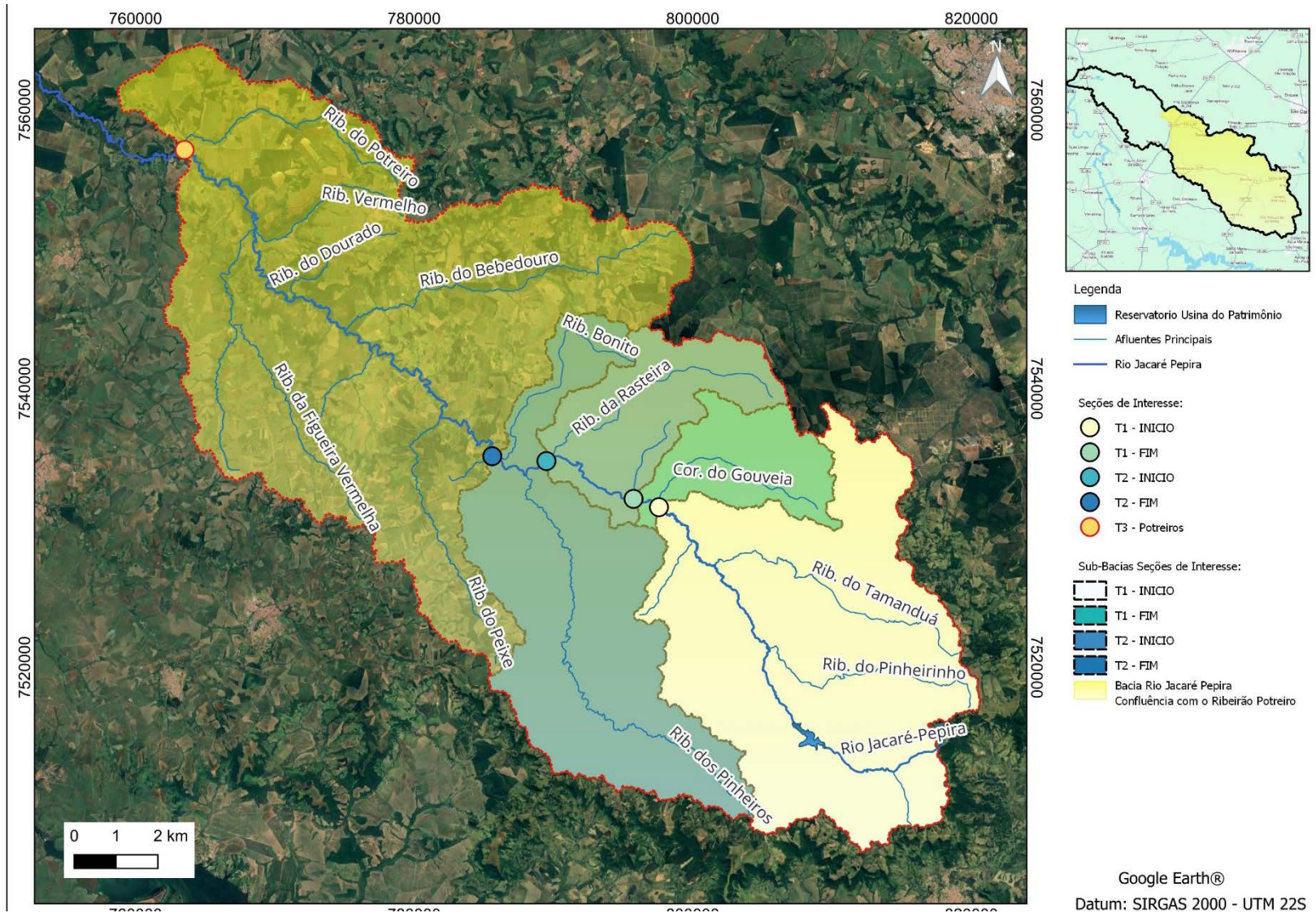
Especialmente, o ponto de início do Trecho 1 se encontra a cerca de 5,43 km abaixo do ponto de desague do Córrego do Monjolo e cerca de 1,21 km acima

do ponto de deságue do Córrego do Gouveia. O final do Trecho 1 se encontra a cerca de 2,24 km abaixo do ponto de desague do Córrego do Gouveia e cerca de 0,27 km acima do ponto de desague do Córrego da Lagoa Seca.

Quanto ao Trecho 02, este se inicia a cerca de 1,69 km abaixo do ponto de desague do Ribeirão da Rasteira e cerca de 3,00 km acima do ponto de desague do Ribeirão dos Pinheirinhos. Seu final encontra-se a cerca de 1,98 km abaixo do ponto de desague do Ribeirão Bonito.

E por fim, o exutório considerado da bacia de análise é o ponto em que o Ribeirão do Potreiro deságua no Rio Jacaré-Pipira, distando cerca de 56,95 km à jusante do final do Trecho 02.

Figura 3.1. Pontos de interesse e respectivas bacias de contribuição.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

3.2 REGIONALIZAÇÃO DA VAZÃO E DISPONIBILIDADE DE ÁGUA PARA CAPTAÇÃO SUPERFICIAL

A abordagem metodológica empregada para efetuar o cálculo da regionalização das vazões pode ser encontrada na publicação intitulada "*Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo*" veiculada na Revista Água e Energia Elétrica, Ano 5, nº 14, em 1988. Adicionalmente, outra fonte de referência é o "*Manual de Cálculo das Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo*" publicado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) em 1994.

As bacias estão inseridas na região hidrológica M/Z e a partir dos parâmetros regionais foram obtidos os valores das vazões regionalizadas, apresentados nas tabelas a seguir: (i) a **Tabela 3-2** apresenta as vazões regionalizadas para a precipitação média anual (P_m , mm), já a (ii) **Tabela 3-3** apresenta as estimativas considerando o valor mediano para a precipitação anual (P_{med} , mm) e (iii) as vazões da **Tabela 3-3** foram estimadas a partir da precipitação anual provável para 75% de probabilidade (P_{75} , mm).

Nessas tabelas estão as estimativas para as principais sub bacias afluentes ao Rio Jacaré-Pepira apresentando: Precipitação Anual, em mm; a área de drenagem (A_d), em km^2 ; a vazão específica (Q_{esp}), em $l/s.km^2$; a vazão média de longo período (Q_{mlp}), em m^3/h ; e as vazões de referência $Q_{7,10}$, $Q_{95\%}$ e $Q_{90\%}$ (m^3/h).

O procedimento de regionalização, resumidamente, consistiu em: (1) determinar as estações pluviométricas localizadas dentro e em um raio de até 10 km da Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré Pepira até a confluência com o Ribeirão Potreiro; (2) analisar as séries pluviométricas, selecionando os pluviômetros com séries longas de dados e consistindo-os; (3) determinar a precipitação média anual de cada pluviômetro selecionado; (4) estimar a precipitação média, mediana e com 75% de ser igualada e superada nas bacias por meio do Método dos Polígonos de Thiessen; (5) estimar as vazões de referência, considerando que a área de estudo está localizada na Região M/Z e Tempo de Retorno de 10 anos.

Tabela 3-2. Estimativa das vazões médias e mínimas regionalizadas para as sub-bacias da BHRJPP, considerando a precipitação média anual.

Sub bacia	Pm (mm)	Ad (km ²)	Q _{esp} (l/s.km ²)	Vazões médias e mínimas (m ³ /h)			
				Q _{mlp}	Q _{7,10}	Q _{95%}	Q _{90%}
Cór. do Porto do Coqueiro	1400	8,483	12,69	387,5	87	141	163
Ribeirão do Pinheirinho	1471	82,809	9,79	2919,0	1205	1506	1664
Ribeirão do Tamanduá	1495	140,803	10,03	5084,0	2098	2623	2898
Córrego do Monjolo	1463	9,807	9,72	343,0	142	177	196
Córrego do Gouveia	1474	79,264	9,83	2803,9	1157	1447	1598
Córrego da Lagoa Seca	1456	11,525	9,65	400,5	165	207	228
Ribeirão da Rasteira	1447	85,346	9,56	2936,4	1212	1515	1674
Ribeirão dos Pinheirinhos	1442	256,198	9,51	8774,0	3622	4527	5001
Ribeirão Bonito	1425	38,637	9,35	1300,2	537	671	741
Ribeirão do Peixe	1433	94,168	9,43	3195,6	1319	1649	1821
Ribeirão Boa Vista	1426	36,719	9,36	1236,6	510	638	705
Córrego do Barreiro	1442	40,020	9,52	1370,9	566	707	781
Ribeirão do Bebedouro	1396	191,120	9,06	6235,0	2574	3217	3554
Ribeirão do Dourado	1410	19,320	9,20	639,9	264	330	365
Ribeirão Vermelho	1397	28,7	9,07	937,3	387	484	534
Ribeirão da Figueira	1415	112,650	9,25	3750,6	1548	1935	2138

Tabela 3-2. Estimativa das vazões médias e mínimas regionalizadas para as sub-bacias da BHRJPP, considerando a precipitação média anual.

Sub bacia	Pm (mm)	Ad (km ²)	Q _{esp} (l/s.km ²)	Vazões médias e mínimas (m ³ /h)			
				Q _{mlp}	Q _{7,10}	Q _{95%}	Q _{90%}
Ribeirão do Batista	1352	27,746	8,63	862,2	356	445	491
Ribeirão do Potreiro	1352	102,49	8,63	3185,1	1315	1643	1815

Tabela 3-3. Estimativa das vazões médias e mínimas regionalizadas para as sub-bacias do Rio Jacaré-Pepira, considerando a mediana da precipitação anual.

Sub bacia	Pmed (mm)	Ad (km ²)	Q _{esp} (l/s.km ²)	Vazões médias e mínimas (m ³ /h)			
				Q _m	Q _{7,10}	Q _{95%}	Q _{90%}
Cór. do Porto do Coqueiro	1423	8,483	13,32	406,6	91	148	171
Ribeirão do Pinheirinho	1499	82,809	10,07	3001,0	1239	1549	1711
Ribeirão do Tamanduá	1528	140,803	10,36	5250,2	2167	2709	2993
Córrego do Monjolo	1504	9,807	10,12	357,2	147	184	204
Córrego do Gouveia	1522	79,264	10,29	2937,1	1212	1516	1674
Córrego da Lagoa Seca	1505	11,525	10,13	420,2	173	217	240
Ribeirão da Rasteira	1498	85,346	10,06	3089,6	1275	1594	1761
Ribeirão dos Pinheirinhos	1474	256,198	9,83	9066,2	3742	4678	5168
Ribeirão Bonito	1462	38,637	9,71	1350,7	558	697	770
Ribeirão do Peixe	1448	94,168	9,57	3245,6	1340	1675	1850
Ribeirão Boa Vista	1448	36,719	9,58	1265,7	522	653	721
Córrego do Barreiro	1467	40,020	9,75	1405,3	580	725	801

Tabela 3-3. Estimativa das vazões médias e mínimas regionalizadas para as sub bacias do Rio Jacaré-Pepira, considerando a mediana da precipitação anual.

Sub bacia	Pmed (mm)	Ad (km ²)	Q _{esp} (l/s.km ²)	Vazões médias e mínimas (m ³ /h)			
				Q _m	Q _{7,10}	Q _{95%}	Q _{90%}
Ribeirão do Bebedouro	1423	191,120	9,32	6414,8	2648	3310	3656
Ribeirão do Dourado	1412	19,320	9,21	640,9	265	331	365
Ribeirão Vermelho	1405	28,7	9,14	944,8	390	488	539
Ribeirão da Figueira	1443	112,650	9,52	3861,3	1594	1992	2201
Ribeirão do Batista	1357	27,746	8,67	866,4	358	447	494
Ribeirão do Potreiro	1368	102,49	8,78	3241,1	1338	1672	1847

Tabela 3-4. Estimativa das vazões médias e mínimas regionalizadas para as sub bacias do Rio Jacaré-Pepira, considerando a precipitação anual provável de 75%.

Sub bacia	Pmed (mm)	Ad (km ²)	Q _{esp} (l/s.km ²)	Vazões médias e mínimas (m ³ /h)			
				Q _m	Q _{7,10}	Q _{95%}	Q _{90%}
Cór. do Porto do Coqueiro	1229	8,483	7,93	242,1	54	88	102
Ribeirão do Pinheirinho	1307	82,809	8,19	2441,2	1008	1260	1391
Ribeirão do Tamanduá	1342	140,803	8,53	4323,8	1785	2231	2465
Córrego do Monjolo	1316	9,807	8,27	292,0	121	151	166
Córrego do Gouveia	1336	79,264	8,47	2418,3	998	1248	1378
Córrego da Lagoa Seca	1319	11,525	8,30	344,4	142	178	196
Ribeirão da Rasteira	1313	85,346	8,25	2533,3	1046	1307	1444

Tabela 3-4. Estimativa das vazões médias e mínimas regionalizadas para as sub bacias do Rio Jacaré-Pepira, considerando a precipitação anual provável de 75%.

Sub bacia	Pmed (mm)	Ad (km ²)	Q _{esp} (l/s.km ²)	Vazões médias e mínimas (m ³ /h)			
				Q _m	Q _{7,10}	Q _{95%}	Q _{90%}
Ribeirão dos Pinheirinhos	1289	256,198	8,01	7388,2	3050	3812	4211
Ribeirão Bonito	1280	38,637	7,92	1101,7	455	568	628
Ribeirão do Peixe	1288	94,168	8,00	2713,7	1120	1400	1547
Ribeirão Boa Vista	1268	36,719	7,81	1032,4	426	533	588
Córrego do Barreiro	1293	40,020	8,05	1159,9	479	599	661
Ribeirão do Bebedouro	1245	191,120	7,59	5219,3	2154	2693	2975
Ribeirão do Dourado	1241	19,320	7,54	524,2	216	271	299
Ribeirão Vermelho	1236	28,7	7,49	773,7	319	399	441
Ribeirão da Figueira	1273	112,650	7,86	3187,3	1316	1645	1817
Ribeirão do Batista	1193	27,746	7,07	705,9	291	364	402
Ribeirão do Potreiro	1206	102,49	7,20	2657,5	1097	1371	1515

Na Tabela 3-5, Tabela 3-6 e Tabela 3-7 são apresentadas as estimativas das vazões regionalizadas para seções ao longo do Rio Jacaré-Pepira, para os valores médio, mediano e 75% da precipitação anual, respectivamente.

As seções ao longo do Rio Jacaré-Pepira foram definidas nas confluências dos afluentes tributários, sendo identificados como: ou (i) “*Jacaré - Nome do Afluente Tributário*” referente a bacia acumulada do Rio Jacaré-Pepira até o trecho imediatamente a montante da afluência pelo *Afluente* considerado, ou (ii) “*Nome do Afluente Tributário*” para seção da bacia do Jacaré-Pepira na confluência com o Tributário, contabilizando a área desta sub bacia.

Nestas tabelas, a seção “*Jacaré-Montante*” refere-se a sub bacia mais a montante do Jacaré-Pepira desde a nascente, até trecho anterior ao Córrego do Porto do Coqueiro, que é o primeiro afluente. A seção “*Jacaré-Patrimônio*” é a sub bacia até o eixo da represa Patrimônio - Usina hidroelétrica Jacaré, pertencente à FPHESP (Fundação do Patrimônio Histórico das Energias de São Paulo).

Foram elaboradas estimativas para as vazões Q_{esp} , Q_m , $Q_{7,10}$, $Q_{95\%}$ e a $Q_{90\%}$, adotando os mesmos critérios para as sub-bacias; adicionalmente, são apresentadas a área acumulada da bacia de contribuição e a distância da seção considerada, desde a nascente do Jacaré-Pepira.

Na seção da confluência com o Ribeirão do Potreiro, as estimativas para vazão média plurianual foram 60.125 m³/h (16,7 m³/s), 61.892,5 m³/h (17,2 m³/s) e 50.591,2 m³/h (14,05 m³/s), para valores de precipitação anual médio, mediano e 75%, respectivamente; as vazões de referência $Q_{7,10}$ calculadas foram 24.813 m³/h (6,89 m³/s), 25.547 m³/h (7,1 m³/s) e 20.882 m³/h (5,80 m³/s), para aquelas respectivas precipitações anuais adotadas.

Por esses valores é observado que as estimativas de vazões regionalizadas pela mediana da precipitação anual são ligeiramente superiores às estimativas pela precipitação média global. A estatística do valor mediano é mais consistente que a média, visto que representa, efetivamente, 50% da amostra dos valores de precipitação, eliminando distorções ocasionados pelos extremos maiores (anos exageradamente chuvosos) e menores (anos extremamente secos, ocasionados por estiagens severas prolongadas).

Por outro lado, considerando o contexto do planejamento e gestão de recursos hídricos, é importante adotar estimativas conservadoras para a disponibilidade hídrica, tendo em vista o objetivo de assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água para as gerações atuais e futuras (adaptado do Artigo 11º da Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei Federal 9.433/1997).

As estimativas das vazões regionalizadas a partir da precipitação provável com probabilidade de 75% apresentaram significativa redução de até 16%; essa condição aproxima-se do contexto atual de baixa precipitação anual, observado a partir de 2010, conforme discutido na Caracterização Pluviométrica (item 2.2).

Embora este valor de precipitação anual seja restritivo, possivelmente, não será permanente, ou seja, em algum momento posterior haverá tendência de crescimento das precipitações; o extenso intervalo de tempo contínuo que compreende as menores observações da precipitação anual (desde 2010), pode ser denominado hidrológicamente como um *Longo Período Seco*, que afeta as afluências dos mananciais, reduzindo a disponibilidade hídrica neste período. Frisa-se que não é possível precisar a extensão deste período e, por motivos de segurança, recomenda-se estimativas mais conservadoras de precipitação de projeto e, deste modo, de vazões mínimas.

O Gráfico 3.1 apresenta as equações de regressão para a precipitação anual (a) e para a vazão de referência (b), em função da área da bacia de contribuição do Rio Jacaré-Pepira. As equações ajustadas não são indicadas para as sub bacias dos Afluentes Tributárias, sendo apropriadas, exclusivamente, para o talvegue principal.

Tabela 3-5. Estimativa das vazões médias e mínimas ao longo do perfil do Rio Jacaré-Pepira, em função da área da bacia, para a precipitação média anual.

Seção no Rio Jacaré – Pepira até confluência com tributário...	Precipitação (mm/ano)	Área de drenagem (km ²)	Distância da Foz (km)	Vazão específica Q _{esp} (l/s.km ²)	Vazões médias e mínimas regionalizadas (m ³ /h)			
					Q _m	Q _{7,10}	Q _{95%}	Q _{90%}
<i>Jacaré_Montante</i>	1.426	12,6	5,745	9,35	422,8	135	218	241
Cór. do Porto do Coqueiro	1.415	21,0	5,745	9,25	700,6	289	361	399
Jacaré_Patrimônio	1.414	92,3	15,465	9,24	3.070,2	1.267	1.584	1.750
<i>Jacaré_Pinheirinho</i>	1.422	124,2	22,670	9,32	4.166,5	1.720	2.150	2.375
Ribeirão do Pinheirinho	1.441	207,0	22,670	9,50	7.082,3	2.923	3.654	4.037
Jacaré_Tamanduá	1.446	273,6	36,285	9,55	9.408	3.883	4.854	5.362
Ribeirão do Tamanduá	1.463	414,4	36,285	9,72	14.497	5.984	7.481	8.264
<i>Jacaré_Monjolo</i>	1.463	425,0	40,815	9,72	14.868	6.137	7.672	8.475
Córrego do Monjolo	1.463	434,8	40,815	9,72	15.211	6.279	7.849	8.670
<i>Jacaré_Gouveia</i>	1.463	452,7	47,315	9,72	15.837	6.537	8.172	9.027
Córrego do Gouveia	1.465	532,0	47,315	9,74	18.647	7.697	9.622	10.629
<i>Jacaré_Lagoa_Seca</i>	1.465	534,9	48,985	9,74	18.751	7.740	9.675	10.688
Córrego da Lagoa Seca	1.465	546,4	48,985	9,74	19.155	7.906	9.884	10.918
<i>Jacaré_Rasteira</i>	1.465	566,4	57,465	9,74	19.853	8.195	10.244	11.316
Ribeirão da Rasteira	1.463	651,7	57,465	9,72	22.799	9.410	11.764	12.995
<i>Jacaré_dos_Pinheirinhos</i>	1.463	655,1	59,735	9,72	22.916	9.459	11.825	13.062
Ribeirão dos Pinheirinhos	1.457	911,3	59,735	9,66	31.686	13.079	16.350	18.061
<i>Jacaré_Bonito</i>	1.457	928,3	62,600	9,66	32.277	13.323	16.655	18.398
Ribeirão Bonito	1.456	966,9	62,600	9,65	33.586	13.863	17.330	19.144
<i>Jacaré_Peixe</i>	1.456	992,3	70,805	9,65	34.468	14.227	17.785	19.647
Ribeirão do Peixe	1.454	1086,5	70,805	9,63	37.662	15.546	19.434	21.467

Tabela 3-5. Estimativa das vazões médias e mínimas ao longo do perfil do Rio Jacaré-Pepira, em função da área da bacia, para a precipitação média anual.

Seção no Rio Jacaré – Pepira até confluência com tributário...	Precipitação (mm/ano)	Área de drenagem (km ²)	Distância da Foz (km)	Vazão específica Q _{esp} (l/s.km ²)	Vazões médias e mínimas regionalizadas (m ³ /h)			
					Q _m	Q _{7,10}	Q _{95%}	Q _{90%}
Jacaré_Boa_Vista	1.454	1095,7	75,885	9,63	37.982	15.678	19.599	21.650
Ribeirão Boa Vista	1.453	1132,4	75,885	9,62	39.215	16.187	20.235	22.353
Jacaré_Barreiro	1.453	1151,1	84,455	9,62	39.861	16.453	20.568	22.721
Córrego do Barreiro	1.453	1191,1	84,455	9,62	41.247	17.025	21.283	23.511
Jacaré_Bebedouro	1.453	1195,1	87,685	9,62	41.385	17.082	21.355	23.589
Ribeirão do Bebedouro	1.445	1386,2	87,685	9,54	47.612	19.653	24.568	27.139
Jacaré_Dourado	1.445	1418,1	94,550	9,54	48.708	20.105	25.133	27.764
Ribeirão do Dourado	1.445	1437,4	94,550	9,54	49.372	20.379	25.476	28.142
Jacaré_Vermelho	1.444	1458,9	105,720	9,53	50.058	20.662	25.830	28.533
Ribeirão Vermelho	1.443	1487,6	105,720	9,52	50.990	21.047	26.311	29.064
Ribeirão da Figueira	1.441	1600,2	105,771	9,50	54.739	22.594	28.245	31.201
Jacaré_Batista	1.440	1628,8	110,620	9,49	55.657	22.973	28.719	31.724
Ribeirão do Batista	1.439	1656,5	110,620	9,48	56.546	23.340	29.178	32.231
Jacaré_Potreiro	1.438	1673,8	119,035	9,47	57.076	23.559	29.451	32.534
Ribeirão do Potreiro	1.431	1776,3	119,035	9,40	60.115	24.813	31.019	34.265

Notas:

- i. Distância a Foz foi extraída do traçado do talvegue principal do Rio Jacaré-Pepira, a partir das cartas da restituição aerofotogramétrica do IBGE;
- ii. Na coluna “Seção do Rio Jacaré – Pepira até confluência” a denominação precedida pelo prefixo “Jacaré” refere-se à seção do Jacaré-Pepira, imediatamente a montante do tributário indicado;
- iii. Já para as denominações com nome do tributário, refere-se a sub bacia do Rio Jacaré-Pepira, incluindo a área de contribuição do tributário.

Tabela 3-6. Estimativa das vazões médias e mínimas ao longo do perfil do Rio Jacaré-Pepira, em função da área da bacia, para a mediana da precipitação anual.

Seção no Rio Jacaré – Pepira até confluência com tributário...	Precipitação (mm/ano)	Área de drenagem (km ²)	Distância da Foz (km)	Vazão específica Q _{esp} (l/s.km ²)	Vazões médias e mínimas regionalizadas (m ³ /h)			
					Q _m	Q _{7,10}	Q _{95%}	Q _{90%}
<i>Jacaré_Montante</i>	1.447	12,6	5,745	9,56	432	178	223	246
Cór. do Porto do Coqueiro	1.437	21,0	5,745	9,25	701	296	361	399
Jacaré_Patrimônio	1.445	92,3	15,465	9,24	3.070	1.309	1584	1.750
<i>Jacaré_Pinheirinho</i>	1.455	124,2	22,670	9,32	4.167	1.779	2150	2.375
Ribeirão do Pinheirinho	1.472	207,0	22,670	9,50	7.082	3.017	3654	4.037
Jacaré_Tamanduá	1.480	273,6	36,285	9,55	9.408	4.019	4854	5.362
Ribeirão do Tamanduá	1.496	414,4	36,285	9,72	14.497	6.183	7481	8.264
<i>Jacaré_Monjolo</i>	1.496	425,0	40,815	9,72	14.868	6.341	7672	8.475
Córrego do Monjolo	1.496	434,8	40,815	9,72	15.211	6.488	7849	8.670
<i>Jacaré_Gouveia</i>	1.497	452,7	47,315	9,72	15.836	6.761	8172	9.027
Córrego do Gouveia	1.501	532,0	47,315	9,74	18.647	7.976	9622	10.629
<i>Jacaré_Lagoa_Seca</i>	1.501	534,9	48,985	9,74	18.750	8.020	9675	10.688
Córrego da Lagoa Seca	1.501	546,4	48,985	9,74	19.154	8.193	9884	10.918
<i>Jacaré_Rasteira</i>	1.501	566,4	57,465	9,74	19.852	8.492	10244	11.316
Ribeirão da Rasteira	1.501	651,7	57,465	9,72	22.798	9.771	11764	12.995
<i>Jacaré_dos_Pinheirinhos</i>	1.501	655,1	59,735	9,72	22.916	9.821	11825	13.062
Ribeirão dos Pinheirinhos	1.494	911,3	59,735	9,66	31.686	13.570	16350	18.061
<i>Jacaré_Bonito</i>	1.493	928,3	62,600	9,66	32.277	13.809	16655	18.398
Ribeirão Bonito	1.492	966,9	62,600	9,65	33.586	14.370	17330	19.144
<i>Jacaré_Peixe</i>	1.491	992,3	70,805	9,65	34.468	14.733	17785	19.647
Ribeirão do Peixe	1.487	1086,5	70,805	9,63	37.662	16.068	19434	21.467

Tabela 3-6. Estimativa das vazões médias e mínimas ao longo do perfil do Rio Jacaré-Pepira, em função da área da bacia, para a mediana da precipitação anual.

Seção no Rio Jacaré – Pepira até confluência com tributário...	Precipitação (mm/ano)	Área de drenagem (km ²)	Distância da Foz (km)	Vazão específica Q _{esp} (l/s.km ²)	Vazões médias e mínimas regionalizadas (m ³ /h)			
					Q _m	Q _{7,10}	Q _{95%}	Q _{90%}
<i>Jacaré_Boa_Vista</i>	1.487	1095,7	75,885	9,63	37.982	16.204	19599	21.650
Ribeirão Boa Vista	1.486	1132,4	75,885	9,62	39.215	16.731	20235	22.353
<i>Jacaré_Barreiro</i>	1.486	1151,1	84,455	9,62	39.861	17.006	20568	22.721
Córrego do Barreiro	1.485	1191,1	84,455	9,62	41.247	17.580	21283	23.511
<i>Jacaré_Bebedouro</i>	1.485	1195,1	87,685	9,62	41.385	17.639	21355	23.589
Ribeirão do Bebedouro	1.476	1386,2	87,685	9,54	47.612	20.278	24568	27.139
<i>Jacaré_Dourado</i>	1.475	1418,1	94,550	9,54	48.708	20.725	25133	27.764
Ribeirão do Dourado	1.474	1437,4	94,550	9,54	49.372	20.986	25476	28.142
<i>Jacaré_Vermelho</i>	1.473	1458,9	105,720	9,53	50.058	21.278	25830	28.533
Ribeirão Vermelho	1.472	1487,6	105,720	9,52	50.991	21.675	26311	29.064
Ribeirão da Figueira	1.470	1600,2	105,771	9,50	54.739	23.270	28245	31.201
<i>Jacaré_Batista</i>	1.468	1628,8	110,620	9,49	55.657	23.637	28719	31.724
Ribeirão do Batista	1.466	1656,5	110,620	9,48	56.546	23.992	29178	32.231
<i>Jacaré_Potreiro</i>	1.464	1673,8	119,035	9,47	57.077	24.193	29451	32.534
Ribeirão do Potreiro	1.459	1776,3	119,035	9,40	60.115	25.547	31019	34.265

Notas:

- i. Distância a Foz foi extraída do traçado do talvegue principal do Rio Jacaré-Pepira, a partir das cartas da restituição aerofotogramétrica do IBGE;
- ii. Na coluna “Seção do Rio Jacaré – Pepira até confluência” a denominação precedida pelo prefixo “*Jacaré*” refere-se à seção do Jacaré-Pepira, imediatamente a montante do tributário indicado;
- iii. Já para as denominações com nome do tributário, refere-se a sub bacia do Rio Jacaré-Pepira, incluindo a área de contribuição do tributário.

Tabela 3-7. Estimativa das vazões médias e mínimas ao longo do perfil do Rio Jacaré-Pepira, em função da área da bacia, para a precipitação anual provável de 75%.

Seção no Rio Jacaré – Pepira até confluência com tributário...	Precipitação (mm/ano)	Área de drenagem (km ²)	Distância da Foz (km)	Vazão específica Q _{esp} (l/s.km ²)	Vazões médias e mínimas regionalizadas (m ³ /h)			
					Q _m	Q _{7,10}	Q _{95%}	Q _{90%}
<i>Jacaré_Montante</i>	1254	12,6	5,745	8,63	390	87	142	164
Cór. do Porto do Coqueiro	1244	21,0	5,745	7,57	574	237	296	327
Jacaré_Patrimônio	1249	92,3	15,465	7,62	2.533	1.045	1.307	1.444
<i>Jacaré_Pinheirinho</i>	1259	124,2	22,670	7,72	3.452	1.425	1.781	1.968
Ribeirão do Pinheirinho	1278	207,0	22,670	7,90	5.892	2.432	3.040	3.358
Jacaré_Tamanduá	1286	273,6	36,285	7,98	7.863	3.246	4.057	4.482
Ribeirão do Tamanduá	1305	414,4	36,285	8,17	12.187	5.031	6.289	6.947
<i>Jacaré_Monjolo</i>	1305	425,0	40,815	8,17	12.499	5.159	6.449	7.124
Córrego do Monjolo	1305	434,8	40,815	8,17	12.787	5.278	6.598	7.289
<i>Jacaré_Gouveia</i>	1306	452,7	47,315	8,18	13.329	5.502	6.878	7.598
Córrego do Gouveia	1310	532,0	47,315	8,22	15.738	6.496	8.121	8.971
<i>Jacaré_Lagoa_Seca</i>	1310	534,9	48,985	8,22	15.826	6.532	8.166	9.021
Córrego da Lagoa Seca	1310	546,4	48,985	8,22	16.167	6.673	8.342	9.215
<i>Jacaré_Rasteira</i>	1310	566,4	57,465	8,22	16.756	6.916	8.646	9.551
Ribeirão da Rasteira	1310	651,7	57,465	8,22	19.281	7.958	9.949	10.990
<i>Jacaré_dos_Pinheirinhos</i>	1310	655,1	59,735	8,22	19.380	7.999	10.000	11.047
Ribeirão dos Pinheirinhos	1304	911,3	59,735	8,16	26.767	11.048	13.812	15.257
<i>Jacaré_Bonito</i>	1304	928,3	62,600	8,16	27.266	11.254	14.069	15.542
Ribeirão Bonito	1303	966,9	62,600	8,15	28.367	11.709	14.637	16.169
<i>Jacaré_Peixe</i>	1302	992,3	70,805	8,14	29.076	12.002	15.003	16.574
Ribeirão do Peixe	1301	1086,5	70,805	8,13	31.798	13.125	16.408	18.125

Tabela 3-7. Estimativa das vazões médias e mínimas ao longo do perfil do Rio Jacaré-Pepira, em função da área da bacia, para a precipitação anual provável de 75%.

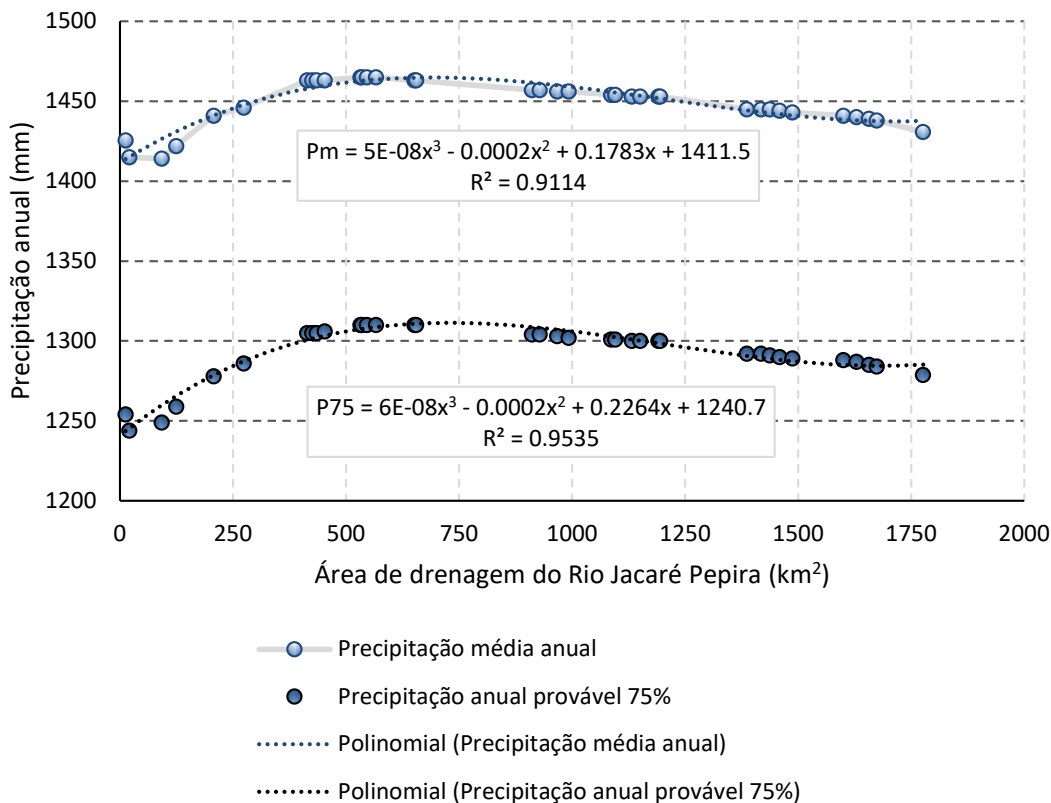
Seção no Rio Jacaré – Pepira até confluência com tributário...	Precipitação (mm/ano)	Área de drenagem (km ²)	Distância da Foz (km)	Vazão específica Q _{esp} (l/s.km ²)	Vazões médias e mínimas regionalizadas (m ³ /h)			
					Q _m	Q _{7,10}	Q _{95%}	Q _{90%}
Jacaré_Boa_Vista	1301	1095,7	75,885	8,13	32.068	13.237	16.547	18.279
Ribeirão Boa Vista	1300	1132,4	75,885	8,12	33.103	13.664	17.081	18.869
Jacaré_Barreiro	1300	1151,1	84,455	8,12	33.648	13.889	17.362	19.179
Córrego do Barreiro	1300	1191,1	84,455	8,12	34.818	14.372	17.966	19.846
Jacaré_Bebedouro	1300	1195,1	87,685	8,12	34.934	14.420	18.026	19.912
Ribeirão do Bebedouro	1292	1386,2	87,685	8,04	40.130	16.564	20.707	22.874
Jacaré_Dourado	1292	1418,1	94,550	8,04	41.053	16.945	21.184	23.400
Ribeirão do Dourado	1291	1437,4	94,550	8,03	41.562	17.155	21.446	23.690
Jacaré_Vermelho	1290	1458,9	105,720	8,02	42.132	17.390	21.740	24.015
Ribeirão Vermelho	1289	1487,6	105,720	8,01	42.908	17.711	22.140	24.457
Ribeirão da Figueira	1288	1600,2	105,771	8,00	46.101	19.029	23.788	26.277
Jacaré_Batista	1287	1628,8	110,620	7,99	46.865	19.344	24.182	26.713
Ribeirão do Batista	1285	1656,5	110,620	7,97	47.546	19.626	24.534	27.101
Jacaré_Potreiro	1284	1673,8	119,035	7,96	47.983	19.806	24.759	27.350
Ribeirão do Potreiro	1279	1776,3	119,035	7,91	50.591	20.882	26.105	28.837

Notas:

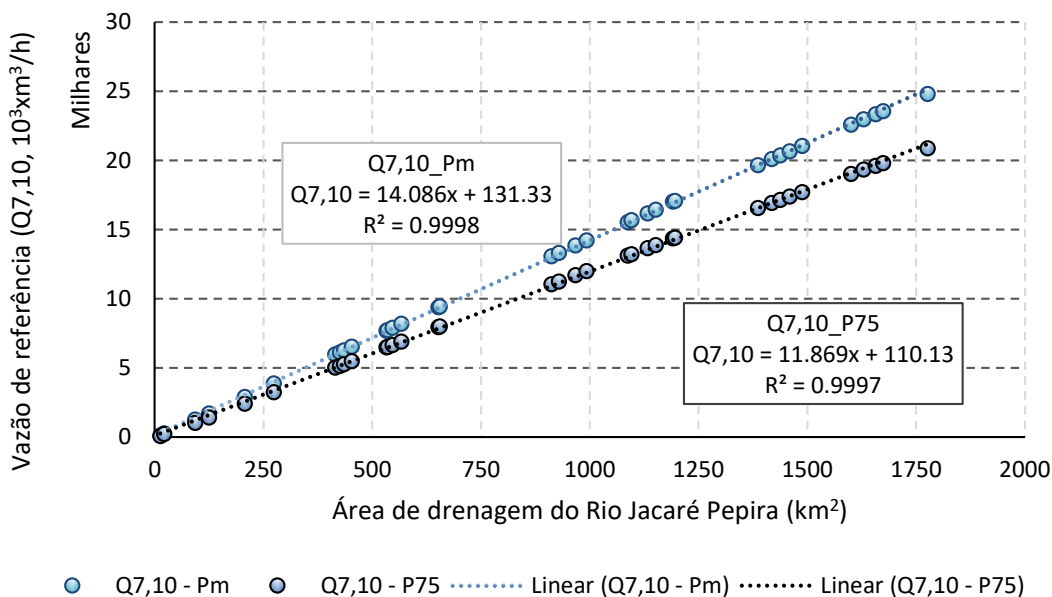
- i. Distância a Foz foi extraída do traçado do talvegue principal do Rio Jacaré-Pepira, a partir das cartas da restituição aerofotogramétrica do IBGE;
- ii. Na coluna “Seção do Rio Jacaré – Pepira até confluência” a denominação precedida pelo prefixo “Jacaré” refere-se à seção do Jacaré-Pepira, imediatamente a montante do tributário indicado;
- iii. Já para as denominações com nome do tributário, refere-se a sub bacia do Rio Jacaré-Pepira, incluindo a área de contribuição do tributário.

Gráfico 3.1. Gráficos das estimativas da precipitação anual (a) e da vazão mínima de referência (b) em função da área da bacia do Rio Jacaré - Pepira.

a) Precipitação anual versus área da bacia



b) Vazão de referência versus área da bacia



3.3 ANÁLISE DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA NA BACIA

O Rio Jacaré-Pepira dispõe de uma estação fluviométrica próxima ao Município de Brotas, a estação fluviométrica 5D-028 monitorada pelo DAEE, conforme ilustrado na **Figura 2.2**, cujas informações estão dispostas Tabela 3-8. A série fluviométrica da vazão diária foi obtido no portal do Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos (CTH) do DAEE, disponível em <<http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br>>. Esta estação possui dados consistentes entre 1980 e 1999 e entre 2009 e 2022.

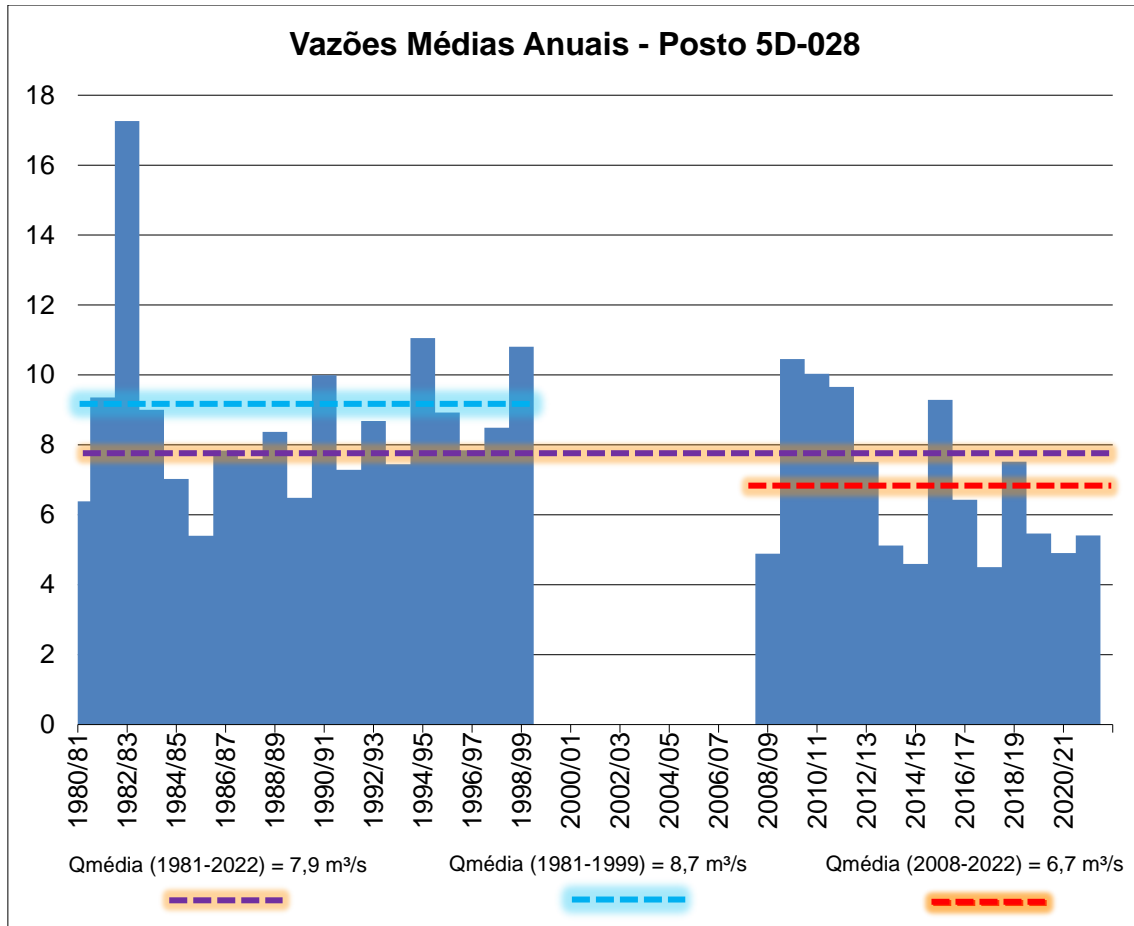
Tabela 3-8. Estação e série fluviométrica no Rio Jacaré-Pepira.

PREFIXO	MUNICÍPIO	NOME	LATITUDE	LONGITUDE	ÁREA (km ²)	SÉRIE HISTÓRICA DISPONÍVEL
5D-028	Brotas	Brotas	22° 17' 33"	48° 7' 3"	442	1980-2022

A Figura 3.2 apresenta o hidrograma das vazões médias anuais dessa estação, sendo a linha tracejada em roxo que corta todo o hidrograma a vazão média de todo o período com dados e as linhas tracejadas em azul e vermelho, as médias para os períodos de 1980 a 1999 e 2009 a 2022, respectivamente.

Pela análise da Figura 3.2, observa-se que a vazão média da série total disponível é de 7,9 m³/s (linha tracejada em roxo). Entretanto, a análise individual de cada subsérie revela uma diminuição da vazão média. Na subsérie de 1981 a 1999, período que abrange a ocorrência no ano hidrológico de 1982/83 de um *El-Niño* intenso que culminou em chuva intensas na região sudeste, a vazão média do período é de 8,7 m³/s, valor 10% superior à vazão média total. Na subsérie de 2008 a 2022 – período marcado pela ocorrência durante os anos de 2013 a 2015 do evento climático denominado *Crise Hídrica*, caracterizado pelos baixos níveis de precipitação no Estado de São Paulo e pela crise de abastecimento nas regiões metropolitanas de São Paulo e de Campinas – a vazão média decresce para 6,7 m³/s, valor cerca de 15% inferior à vazão média da série total e 23% inferior ao período anterior. Este decréscimo está intimamente ligado à diminuição da precipitação anual, conforme já discutido no item anterior.

Figura 3.2. Hidrograma das vazões médias anuais da estação fluviométrica 5D-028.



A partir dos dados disponíveis, traçou-se 03 curvas de permanência para estimativa da Q_{50%}, vazão mediana, e Q_{95%}, sendo uma para cada série supracitada. A frequência acumulada (F(x)) foi calculada por meio da Equação 1. As curvas de permanência para as séries são ilustradas na Figura 3.3. As vazões de referência para cada série estão dispostas na Tabela 3-9.

$$F(x) = \frac{1}{TR} = \frac{i}{(n + 1)} \quad \text{Equação 1}$$

Sendo: F(x), a probabilidade a ser igualada ou superada; TR, o tempo de retorno solicitado (anos); i, a posição do valor da série organizada de maneira decrescente; n, o número total de valores da série.

Figura 3.3. Curvas de Permanência para o posto fluviométrico 5D-028.

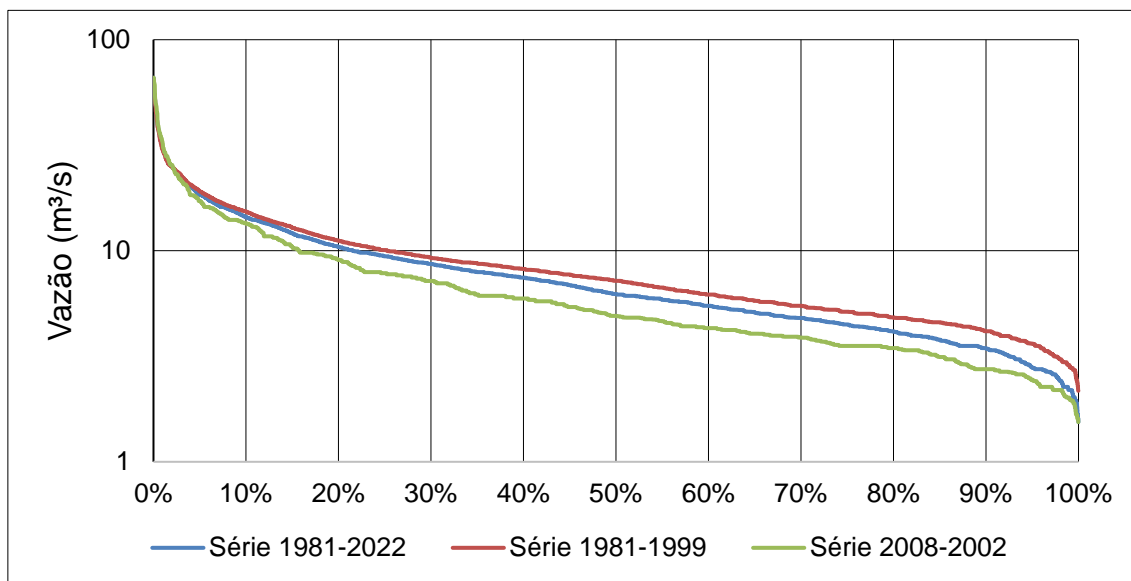


Tabela 3-9. Valores de Q_{50%} Q_{95%} para as séries fluviométricas consideradas do posto 5D-028.

Vazão (m³/s)	Série Analisada		
	1981-2022	1981-1999	2008-2022
Q _{50%}	6,2	7,2	4,9
Q _{95%}	2,8	3,6	2,4

Analisando a Figura 3.3 e os resultados presente na Tabela 3-9, observa-se que a Q_{50%} e a Q_{95%} da série 1981-1999 são cerca de 16% e 30% superiores, respectivamente, aos valores da série total, enquanto a série de 2008-2022 apresenta valores de Q_{50%} e a Q_{95%} 21% e 15% inferiores à série total. Esses resultados apontam o efeito nas vazões da diminuição da precipitação anual média na bacia, conforme ilustrado nos gráficos 2.2 e 2.3, e discutidos no Item 2.2.

Para a estimativa da vazão de referência Q_{7,10} ajustou-se os dados das 03 séries supracitadas à distribuição *Weibull*, dada por:

$$f(x) = a \cdot x^{a-1} \cdot b^{-a} \cdot \exp \left[- \left(\frac{x}{b} \right)^a \right] \quad \text{Equação 2}$$

$$x \geq 0, \quad a, b > 0$$

$$F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{b}\right)^a\right] \quad \text{Equação 3}$$

Sendo: “a”, parâmetro de forma; “b”, parâmetro de escala.

A distribuição *Weibull* é uma escolha comum para modelar vazões devido à sua flexibilidade e capacidade de se ajustar a uma variedade de condições hidrológicas. Para ajustar a distribuição *Weibull* aos dados, os parâmetros da distribuição (forma e escala) são estimados. A estimativa dos parâmetros é frequentemente realizada utilizando o método de máxima verossimilhança. Para o presente trabalho utilizou-se o *software* estatístico R por meio do pacote estatístico “*ExtDist*”. A avaliação da aderência dos dados foi realizada por meio do teste de Kolmogorov-Sminorv (KS), rejeitando o ajuste estatístico se e, somente se, *p-value* ≤ 0,05. Transformando a equação de Weibull para vazões, tem-se que:

$$Q = b \cdot \left(-\ln\left(1 - \frac{1}{TR}\right)\right)^{\frac{1}{a}} \quad \text{Equação 4}$$

O resultado do ajuste da distribuição é apresentado na Tabela 3-10.

Tabela 3-10. Parâmetros da função de distribuição *Weibull* e estimativa da $Q_{7,10}$.

ESTAÇÃO	PARÂMETROS DA DISTRIBUIÇÃO DE WEIBULL		Teste de Aderência - KS		$Q_{7,10}$ (m ³ /s)	$Q_{7,10}$ (m ³ /h)
	a	b	Distância	p-value		
1981-2022	4,242199	3,469875	0,11125	0,7528	2,04	7.349
1981-1999	4,990233	3,780958	0,22837	0,2361	2,41	8.671
2008-2022	4,390520	3,023958	0,17949	0,6652	1,81	6.520

Os resultados apresentados na Tabela 3-10 indicam que, com 95% de confiança estatística, as três séries analisadas (1981-2022, 1981-1999 e 2008-2022) ajustam-se à distribuição de *Weibull*. Novamente, o comportamento das

séries parciais 1981-1999 e 2008-2022 se mantêm apresentando estimativas de $Q_{7,10}$ 18% superior e 11% inferior em relação ao valor estimado pela série total.

Conforme discutido no item 3.2, a BHRJPP está inserida na Região Hidrológica M/Z, cujos parâmetros são apresentados na Tabela 3-11 e a equação de regionalização na Equação 5.

Tabela 3-11. Parâmetros da Regionalização Hidrológica para a área de estudo.

a	b	A	B	$X_{1,10}$	$C_{7,10}$
-4,62	0,0098	0,6141	0,0257	0,759	0,85

$$Q_{7,10} \left(\frac{l}{s} \right) = X_{1,10} \cdot C_{7,10} \cdot (A + B) \cdot [a + b \cdot P_{anual}] \cdot A (km^2) \quad \text{Equação 5}$$

Sendo: $Q_{7,10}$, vazão mínima em 7 dias com tempo de retorno de 10 anos (l/s); A (km²), área de drenagem da bacia (km²); A, B, a, b, $X_{1,10}$ e $C_{7,10}$ coeficientes da regionalização.

Substituindo os valores de $Q_{7,10}$ da Tabela 3-8 e Tabela 3-10 na Equação 5, tem-se as estimativas da precipitação anual, apresentados na Tabela 3-12.

Analisando-a, observa-se que as precipitações necessárias para estimar os valores de $Q_{7,10}$ estimadas variam de 1.484 mm a 1.819 mm. Contudo, em razão da diminuição dos valores de precipitação observados (conforme discutido no Item 2.2), adotar-se-á como vazão de referência para o posto 5D-028 o valor de 1,81 m³/s e precipitação média de 1.484 mm e, portanto, estimativas com valores menores de precipitação colocam-se a favor da segurança hídrica da bacia.

Tabela 3-12. Precipitações correspondentes às vazões de referência estimadas.

ESTAÇÃO	$Q_{7,10}$ (m ³ /s)	P (mm)
1981-2022	2,04	1.612
1981-1999	2,41	1.819
2008-2022	1,81	1.484

4 LEVANTAMENTO DAS OUTORGAS DE CAPTAÇÃO, LANÇAMENTO E BARRAMENTOS NA BACIA DO RIO JACARÉ-PEPIRA ATÉ O PONTO FINAL DE ESTUDO

O Rio Jacaré-Pepira é afluente à margem direita do Rio Tietê, que é um rio estadual. Os usos superficiais outorgados na BHRJPP foram obtidos do Sistema de Outorga Eletrônica do DAEE (SOE-DAEE) e complementados pelos usos outorgados deferidos presentes no “Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos - Usuários em corpos hídricos de domínio dos Estados” da ANA¹ no portal da ANA. Ambas as bases de dados foram consultadas em maio de 2024, ou seja, em sua atualização recente, permitindo o cálculo do balanço da disponibilidade hídrica remanescente atualizada. Este procedimento resultou em 336 usos outorgados na bacia.

Em seguida, as outorgas superficiais deferidas foram classificadas em: (1) Captação superficial: referente às extrações diretas em cursos hídricos ou em espelhos de reservatórios; (2) Barramento: referente às barragens e reservatórios que apresentam outorga; e, (3) Lançamento superficial: referente ao lançamento de efluentes em cursos hídricos. A Tabela 4-1 apresenta as outorgas utilizadas para balanço hídrico, a Figura 4.1 (Apêndice VII) ilustra a disposição espacial dos 335 usos registrados na BHRJPP e a Figura 4.2 (Apêndice VIII) apresenta 252 os usos outorgados que correspondem às outorgas válidas (excetuando os usos vencidos e as desistências).

¹ Disponível em: <https://dadosabertos.ana.gov.br/search?groupIds=811289e1bac44a4a8b8d2d7ebc861dd3>

Tabela 4-1. Usos Outorgas na BHRJPP.

Cidade	Tipo de Interferência	Portaria	Publicação	Q (m³/h)	h/d	d/m	Latitude	Longitude	Classificação	Bacia Hidrográfica
Brotas	Captação	74/1995	06/06/1995	7	24	0	-22,2241	-48,1951	Vencida	Basin_Bonito
Dourado	Captação	551/1998	28/08/1998	19,82	24	31	-22,1326	-48,2716	Regularizada	Basin_Bebedouro
Brotas	Barragem	420/1999	17/06/1999	0	0	0	-22,4343	-48,0013	Barragem	Sub_Jacare_Patrimonio
Brotas	Barragem	420/1999	17/06/1999	0	0	0	-22,4292	-48,0054	Barragem	Sub_Jacare_Patrimonio
Brotas	Barragem	420/1999	17/06/1999	0	0	0	-22,427	-48,0042	Barragem	Sub_Jacare_Patrimonio
Brotas	Barragem	420/1999	17/06/1999	0	0	0	-22,4207	-48,0087	Barragem	Sub_Jacare_Pinheirinho
Brotas	Lançamento	420/1999	17/06/1999	4	1	31	-22,433	-48,0159	Insignificante	Sub-bacia Jacaré Pinheirinho
Brotas	Lançamento	854/1999	09/11/1999	0,2	24	0	-22,3348	-48,0293	Vencida	Basin_Tamandua
Brotas	Captação	0/1999	30/11/1999	2	0	0	-22,3018	-48,1899	Insignificante	Basin_dos_Pinheirinhos
Brotas	Captação	0/1999	30/11/1999	250	20	31	-22,2468	-48,0501	vencida	Basin_Gouveia
Brotas	Captação	0/1999	30/11/1999	25,2	20	31	-22,242	-48,1459	vencida	Basin_Rasteira
Brotas	Captação	0/1999	30/11/1999	20	24	0	-22,3014	-48,1005	vencida	Sub_Jacare_Gouveia
Dois Córregos	Captação	0/1999	30/11/1999	0,25	24	31	-22,297	-48,282	Direta	Basin_Peixes
Brotas	Lançamento	0/	30/11/1999	143	24	31	-22,2476	-48,0535	vencida	Basin_Gouveia
Dois Córregos	Lançamento	0/1999	30/11/1999	3	1	31	-22,2524	-48,3388	Insignificante	Basin_Barreiro
Dourado	Lançamento	0/1999	30/11/1999	6	24	31	-22,1567	-48,2665	Insignificante	Basin_Bebedouro
Dourado	Lançamento	0/1999	30/11/1999	62	24	0	-22,0792	-48,3882	Vencida	Sub_Jacare_Batista
Ribeirão Bonito	Lançamento	0/1999	30/11/1999	0	0	0	-22,1452	-48,2452	superficial	Basin_Bebedouro
Dourado	Barragem	367/2000	28/04/2000	0	0	0	-22,1103	-48,3178	Barragem	Basin_Dourado
Brotas	Lançamento	1334/2000	28/12/2000	18	24	0	-22,2755	-47,9618	superficial	Basin_Tamandua
Torrinha	Captação	1993/2002	11/12/2002	5	10	31	-22,4348	-48,1614	Direta	Basin_dos_Pinheirinhos
Ribeirão Bonito	Captação	2078/2002	20/12/2002	8	24	31	-22,1408	-48,1217	Direta	Basin_Bebedouro
Ribeirão Bonito	Captação	2078/2002	20/12/2002	2	24	31	-22,1393	-48,1171	Direta	Basin_Bebedouro
Dourado	Lançamento	2433/2004	15/12/2004	2	24	31	-22,1559	-48,2795	superficial	Basin_Bebedouro
Brotas	Lançamento	1967/2005	23/12/2005	4,6	24	31	-22,4336	-47,9554	vencida	Basin_Pinheirinho
Brotas	Lançamento	848/2006	19/05/2006	86	24	0	-22,2913	-48,1333	superficial	Sub_Jacare_Lagoa
Brotas	Lançamento	848/2006	19/05/2006	508,4	24	31	-22,2871	-48,1495	superficial	Sub_Jacare_Rasteira

Tabela 4-1. Usos Outorgas na BHRJPP.

Cidade	Tipo de Interferência	Portaria	Publicação	Q (m³/h)	h/d	d/m	Latitude	Longitude	Classificação	Bacia Hidrográfica
Dourado	Lançamento	127/2007	25/01/2007	1,3	24	31	-22,0933	-48,3297	superficial	Basin_Vermelho
Brotas	Lançamento	493/2007	28/03/2007	1	24	31	-22,2478	-48,2456	Vencida	Sub_Jacare_Peixe
Brotas	Captação	853/2007	25/05/2007	283,2	24	0	-22,2799	-48,1054	Direta	Basin_Gouveia
Brotas	Captação	853/2007	25/05/2007	21,6	24	31	-22,2591	-48,0894	Vencida	Basin_Gouveia
Brotas	Captação	853/2007	25/05/2007	52,2	24	31	-22,2584	-48,0616	Vencida	Basin_Gouveia
Brotas	Barragem	1671/2008	02/09/2008	0	0	0	-22,2783	-48,1288	Barragem	Basin_Lagoa_Seca
Brotas	Captação	1802/2008	20/09/2008	10	24	31	-22,2983	-48,0896	Vencida	Sub_Jacare_Gouveia
Brotas	Lançamento	1802/2008	20/09/2008	9	24	31	-22,3009	-48,0931	Vencida	Sub_Jacare_Gouveia
Brotas	Lançamento	1275/2009	16/07/2009	5,5	24	31	-22,4267	-48,0207	vencida	Sub_Jacare_Pinheirinho
Brotas	Captação	1256/2010	09/06/2010	2,7	24	30	-22,3029	-48,0949	Regularizada	Sub_Jacare_Gouveia
Brotas	Captação	1256/2010	09/06/2010	3	24	30	-22,3021	-48,094	Regularizada	Sub_Jacare_Gouveia
Brotas	Lançamento	2542/2010	09/10/2010	8,6	24	31	-22,2773	-48,1286	Vencida	Basin_Lagoa_Seca
Torrinha	Lançamento	2886/2010	30/12/2010	0,4	24	31	-22,4085	-48,2122	superficial	Basin_dos_Pinheirinhos
Brotas	Lançamento	247/2011	01/02/2011	12,9	24	31	-22,2757	-48,1286	Vencida	Basin_Lagoa_Seca
Brotas	Lançamento	1352/2011	16/06/2011	0,33	24	31	-22,3319	-48,1469	Insignificante	Basin_dos_Pinheirinhos
Brotas	Lançamento	1352/2011	16/06/2011	0,54	24	31	-22,3277	-48,1489	Insignificante	Basin_dos_Pinheirinhos
Torrinha	Lançamento	0	30/06/2011	3960	24	31	-22,376	-48,1721	desistencia	Basin_dos_Pinheirinhos
Ribeirão Bonito	Captação	1521/2011	07/07/2011	0	0	0	-22,1176	-48,179	Insignificante	Basin_Bebedouro
Brotas	Captação	1946/2011	24/08/2011	2,5	4	31	-22,3982	-48,0401	vencida	Sub_Jacare_Pinheirinho
Brotas	Lançamento	2064/2011	10/09/2011	0	0	0	-22,4246	-48,0205	superficial	Sub_Jacare_Pinheirinho
Brotas	Lançamento	2064/2011	10/09/2011	0	0	0	-22,4246	-48,0205	superficial	Sub_Jacare_Pinheirinho
Brotas	Lançamento	2064/2011	10/09/2011	0	0	0	-22,4246	-48,0205	superficial	Sub_Jacare_Pinheirinho
Brotas	Lançamento	2239/2011	07/10/2011	0,8	24	31	-22,2818	-48,129	superficial	Basin_Lagoa_Seca
Torrinha	Lançamento	2433/2011	08/11/2011	3	24	31	-22,3944	-48,1348	superficial	Basin_dos_Pinheirinhos
Brotas	Barragem	93/2012	14/01/2012	0	0	0	-22,2595	-48,1227	Barragem	Basin_Lagoa_Seca
Brotas	Barragem	93/2012	14/01/2012	0	0	0	-22,2587	-48,1206	Barragem	Basin_Lagoa_Seca
Brotas	Barragem	93/2012	14/01/2012	0	0	0	-22,2577	-48,1173	Barragem	Basin_Lagoa_Seca
Brotas	Captação	93/2012	14/01/2012	5	3	31	-22,2577	-48,1173	Regularizada	Basin_Lagoa_Seca
Jaú	Captação	1221/2012	26/06/2012	130	12	31	-22,1993	-48,4151	Vencida	Basin_Figueira
Brotas	Lançamento	1645/2012	28/07/2012	1,79	24	31	-22,2565	-48,2328	superficial	Sub_Jacare_Peixe
Brotas	Captação	2269/2012	04/10/2012	5	2	31	-22,2679	-48,1246	direta	Basin_Lagoa_Seca

Tabela 4-1. Usos Outorgas na BHRJPP.

Cidade	Tipo de Interferência	Portaria	Publicação	Q (m ³ /h)	h/d	d/m	Latitude	Longitude	Classificação	Bacia Hidrográfica
Brotas	Captação	2269/2012	04/10/2012	20	24	31	-22,2678	-48,1246	Direta	Basin_Lagoa_Seca
Brotas	Lançamento	2269/2012	04/10/2012	20	24	31	-22,2682	-48,1246	superficial	Basin_Lagoa_Seca
Brotas	Captação	2329/2012	16/10/2012	0,8	24	31	-22,2598	-48,2391	Vencida	Sub_Jacare_Peixe
Brotas	Lançamento	2329/2012	16/10/2012	0,8	24	31	-22,2598	-48,2378	Vencida	Sub_Jacare_Peixe
Dois Córregos	Captação	2482/2012	01/11/2012	1	24	31	-22,3738	-48,258	Vencida	Basin_Peixes
Dois Córregos	Captação	2482/2012	01/11/2012	0,6	24	31	-22,3737	-48,2577	Insignificante	Basin_Peixes
Dois Córregos	Captação	2482/2012	01/11/2012	6	24	31	-22,3735	-48,2595	Vencida	Basin_Peixes
Dois Córregos	Captação	2482/2012	01/11/2012	10	24	31	-22,3733	-48,2515	Vencida	Basin_Peixes
Brotas	Barragem	206/2013	29/01/2013	0	0	0	-22,1674	-48,2369	Vencida	Basin_Bebedouro
Brotas	Captação	206/2013	29/01/2013	0,45	24	31	-22,1705	-48,2376	Vencida	Basin_Bebedouro
Brotas	Captação	206/2013	29/01/2013	1	8	22	-22,1677	-48,2375	Vencida	Basin_Bebedouro
Brotas	Captação	206/2013	29/01/2013	1	8	22	-22,1637	-48,2332	Vencida	Basin_Bebedouro
Brotas	Captação	206/2013	29/01/2013	0	0	0	-22,1618	-48,2358	Vencida	Basin_Bebedouro
Brotas	Captação	206/2013	29/01/2013	100	8	22	-22,1558	-48,2536	Vencida	Basin_Bebedouro
Dourado	Captação	206/2013	29/01/2013	1	8	22	-22,1608	-48,2618	Direta	Basin_Bebedouro
Dourado	Captação	206/2013	29/01/2013	0	0	0	-22,1568	-48,26	Vencida	Basin_Bebedouro
Ribeirão Bonito	Captação	206/2013	29/01/2013	100	8	22	-22,1588	-48,2367	Direta	Basin_Bebedouro
Ribeirão Bonito	Captação	206/2013	29/01/2013	0	0	0	-22,1578	-48,2412	Vencida	Basin_Bebedouro
Dourado	Captação	1190/2013	19/04/2013	9	24	0	-22,1313	-48,3133	Direta	Basin_Dourado
Dourado	Lançamento	1190/2013	19/04/2013	40	24	0	-22,1238	-48,3255	Vencida	Basin_Dourado
Dourado	Barragem	1656/2013	28/05/2013	0	0	0	-22,0551	-48,3766	Barragem	Basin_Potreiros
Dourado	Captação	1656/2013	28/05/2013	4	24	31	-22,0551	-48,3765	Regularizada	Basin_Potreiros
Dourado	Captação	1656/2013	28/05/2013	0,3	24	31	-22,0545	-48,3757	Regularizada	Basin_Potreiros
Brotas	Barragem	1995/2013	06/07/2013	0	0	0	-22,2813	-48,0376	Barragem	Basin_Gouveia
Brotas	Captação	1995/2013	06/07/2013	23	24	31	-22,2813	-48,0376	vencida	Basin_Gouveia
Brotas	Captação	1995/2013	06/07/2013	20	14	31	-22,2717	-48,047	Vencida	Basin_Gouveia
Brotas	Captação	1995/2013	06/07/2013	32	24	31	-22,2654	-48,0407	vencida	Basin_Gouveia

Tabela 4-1. Usos Outorgas na BHRJPP.

Cidade	Tipo de Interferência	Portaria	Publicação	Q (m³/h)	h/d	d/m	Latitude	Longitude	Classificação	Bacia Hidrográfica
Dois Córregos	Captação	2730/2013	03/10/2013	4	24	31	-22,3073	-48,3205	Vencida	Basin_Figueira
Dois Córregos	Captação	2730/2013	03/10/2013	4	12	31	-22,3054	-48,323	Vencida	Basin_Figueira
São Pedro	Barragem	341/2014	08/02/2014	147,6	0	0	-22,4618	-47,9624	Barragem	Sub_Jacare_Patrimonio
São Pedro	Barragem	341/2014	08/02/2014	0	0	0	-22,4618	-47,9624	Barragem	Sub_Jacare_Patrimonio
São Pedro	Captação	341/2014	08/02/2014	147,6	24	31	-22,4639	-47,9605	Vencida	Sub_Jacare_Patrimonio
São Pedro	Captação	341/2014	08/02/2014	156,6	24	31	-22,4618	-47,9624	Vencida	Sub_Jacare_Patrimonio
Torrinha	Barragem	450/2014	28/02/2014	0	0	0	-22,4284	-48,1751	Barragem	Basin_dos_Pinheirinhos
Dourado	Captação	2242/2012	09/05/2014	160	20	31	-22,094	-48,4133	Vencida	Sub_Jacare_Potreiro
Brotas	Captação	973/2014	14/05/2014	5	24	30	-22,3027	-48,0954	Vencida	Sub_Jacare_Gouveia
Brotas	Lançamento	973/2014	14/05/2014	5	24	30	-22,3025	-48,1004	Vencida	Sub_Jacare_Gouveia
Dourado	Barragem	1067/2014	27/05/2014	0	0	0	-22,1807	-48,3024	Barragem	Basin_Bebedouro
Dourado	Barragem	1067/2014	27/05/2014	0	0	0	-22,1781	-48,3018	Barragem	Basin_Bebedouro
Dourado	Captação	1067/2014	27/05/2014	0,08	24	31	-22,1807	-48,3027	Regularizada	Basin_Bebedouro
Dourado	Captação	1067/2014	27/05/2014	0,02	24	31	-22,1797	-48,3013	Vencida	Basin_Bebedouro
Dourado	Captação	1067/2014	27/05/2014	13,22	24	31	-22,1781	-48,3018	Direta	Basin_Bebedouro
Dourado	Captação	1067/2014	27/05/2014	0,47	24	31	-22,1781	-48,3018	Regularizada	Basin_Bebedouro
Dourado	Lançamento	1067/2014	27/05/2014	13,05	24	31	-22,1794	-48,3021	superficial	Basin_Bebedouro
Dourado	Lançamento	1067/2014	27/05/2014	0,47	24	31	-22,1767	-48,3034	superficial	Basin_Bebedouro
Brotas	Barragem	1189/2014	17/06/2014	0	0	0	-22,1955	-48,1522	Barragem	Basin_Bonito
Brotas	Captação	1189/2014	17/06/2014	22	24	31	-22,1955	-48,1522	vencida	Basin_Bonito
Brotas	Captação	1189/2014	17/06/2014	16	3	31	-22,2142	-48,1047	vencida	Basin_Rasteira
Brotas	Captação	1354/2014	05/07/2014	32	24	31	-22,2108	-48,2219	Vencida	Basin_Boa_Vista
Brotas	Captação	1357/2014	05/07/2014	30	10	31	-22,244	-48,214	Vencida	Basin_Bonito
Brotas	Barragem	2348/2014	01/10/2014	0	0	0	-22,3009	-48,0931	Barragem	Sub_Jacare_Gouveia
Brotas	Captação	2348/2014	01/10/2014	5	24	30	-22,3009	-48,0931	Vencida	Sub_Jacare_Gouveia
Brotas	Captação	2348/2014	01/10/2014	5	24	30	-22,3009	-48,0931	Vencida	Sub_Jacare_Gouveia
Brotas	Lançamento	2348/2014	01/10/2014	5	24	30	-22,3009	-48,0931	Vencida	Sub_Jacare_Gouveia

Tabela 4-1. Usos Outorgas na BHRJPP.

Cidade	Tipo de Interferência	Portaria	Publicação	Q (m ³ /h)	h/d	d/m	Latitude	Longitude	Classificação	Bacia Hidrográfica
Ribeirão Bonito	Barragem	2470/2014	16/10/2014	0	0	0	-22,1085	-48,2494	Barragem	Basin_Bebedouro
Ribeirão Bonito	Captação	2470/2014	16/10/2014	5	24	31	-22,1114	-48,2484	Vencida	Basin_Bebedouro
Ribeirão Bonito	Captação	2470/2014	16/10/2014	2	5	31	-22,1092	-48,2467	Vencida	Basin_Bebedouro
Ribeirão Bonito	Lançamento	2470/2014	16/10/2014	4,8	24	31	-22,1122	-48,2487	superficial	Basin_Bebedouro
Brotas	Captação	3100/2014	16/12/2014	2,3	24	31	-22,2796	-48,1499	Vencida	Sub_Jacare_Rasteira
Brotas	Lançamento	3100/2014	16/12/2014	0,9	24	31	-22,285	-48,151	superficial	Sub_Jacare_Rasteira
Brotas	Lançamento	3100/2014	16/12/2014	1	24	31	-22,2846	-48,1529	superficial	Sub_Jacare_Rasteira
Brotas	Captação	199/2015	22/01/2015	8,6	24	31	-22,271	-48,0462	Vencida	Basin_Gouveia
Brotas	Lançamento	199/2015	22/01/2015	8,45	24	31	-22,2707	-48,0466	vencida	Basin_Gouveia
Jaú	Captação	589/2015	25/02/2015	0,5	24	31	-22,211	-48,4167	Vencida	Basin_Figueira
Jaú	Captação	589/2015	25/02/2015	1	24	31	-22,211	-48,4172	Vencida	Basin_Figueira
Brotas	Captação	718/2015	06/03/2015	22,08	12	31	-22,3307	-47,9841	Vencida	Basin_Tamandua
Brotas	Captação	718/2015	06/03/2015	23	12	31	-22,3302	-47,9831	Vencida	Basin_Tamandua
Trabiju	Captação	1656/2013	05/04/2015	4	24	31	-22,052	-48,3756	Direta	Basin_Potreiros
São Pedro	Captação	1623/2015	21/05/2015	15,9	24	31	-22,4377	-47,9395	Vencida	Basin_Pinheirinho
São Pedro	Captação	1623/2015	21/05/2015	1	1	31	-22,4348	-47,9299	Vencida	Basin_Pinheirinho
Torrinha	Lançamento	1659/2015	23/05/2015	4,25	24	25	-22,4243	-48,1577	superficial	Basin_dos_Pinheirinhos
Brotas	Captação	2336/2015	31/07/2015	5	24	30	-22,299	-48,0965	Regularizada	Sub_Jacare_Gouveia
Brotas	Lançamento	2336/2015	31/07/2015	5	24	30	-22,3002	-48,0929	superficial	Sub_Jacare_Gouveia
Brotas	Captação	3865/2015	12/12/2015	12	8	31	-22,4484	-47,9682	Direta	Sub_Jacare_Patrimonio
Brotas	Captação	435/2016	13/02/2016	22	24	31	-22,2466	-48,3116	Vencida	Basin_Barreiro
Brotas	Barragem	766/2016	18/03/2016	0	0	0	-22,2961	-48,2702	Barragem	Basin_Peixes
Brotas	Barragem	766/2016	18/03/2016	0	0	0	-22,2946	-48,2686	Barragem	Basin_Peixes
Brotas	Captação	766/2016	18/03/2016	33,07	24	31	-22,3174	-48,2659	Vencida	Basin_Peixes
Brotas	Captação	766/2016	18/03/2016	9,1	24	31	-22,3054	-48,2655	Vencida	Basin_Peixes
Itirapina	Captação	1250/2016	29/04/2016	0	0	0	-22,3772	-47,915	Vencida	Basin_Tamandua
Brotas	Barragem	2040/2016	09/07/2016	0	0	0	-22,355	-48,1109	Barragem	Basin_Monjolo

Tabela 4-1. Usos Outorgas na BHRJPP.

Cidade	Tipo de Interferência	Portaria	Publicação	Q (m³/h)	h/d	d/m	Latitude	Longitude	Classificação	Bacia Hidrográfica
Brotas	Captação	2040/2016	09/07/2016	248,4	24	31	-22,355	-48,1109	Vencida	Basin_Monjolo
Brotas	Captação	2040/2016	09/07/2016	4	1	31	-22,3516	-48,1118	vencida	Basin_Monjolo
Brotas	Lançamento	2040/2016	09/07/2016	36	24	31	-22,3672	-48,1249	vencida	Basin_Monjolo
Brotas	Lançamento	2040/2016	09/07/2016	36	24	31	-22,3672	-48,1249	vencida	Basin_Monjolo
Brotas	Lançamento	2040/2016	09/07/2016	169,2	24	31	-22,3568	-48,111	vencida	Basin_Monjolo
Brotas	Lançamento	2040/2016	09/07/2016	169,2	24	31	-22,3568	-48,111	vencida	Basin_Monjolo
Brotas	Lançamento	2040/2016	09/07/2016	3	24	31	-22,3535	-48,1113	vencida	Basin_Monjolo
Brotas	Lançamento	2040/2016	09/07/2016	3	24	31	-22,3535	-48,1113	vencida	Basin_Monjolo
Brotas	Barragem	22703/2016	21/07/2016	0	0	0	-22,2743	-48,1278	Barragem	Basin_Lagoa_Seca
Brotas	Captação	22703/2016	21/07/2016	6	2	12	-22,2736	-48,1282	Regularizada	Basin_Lagoa_Seca
Brotas	Captação	22703/2016	21/07/2016	35	2	8	-22,2735	-48,1281	Regularizada	Basin_Lagoa_Seca
Brotas	Captação	22703/2016	21/07/2016	4	2	8	-22,2725	-48,1278	Regularizada	Basin_Lagoa_Seca
Ribeirão Bonito	Captação	440/2018	09/07/2018	0,12	24	31	-22,1437	-48,1746	Direta	Basin_Bebedouro
Brotas	Barragem	578/2018/2018	11/07/2018	0	0	0	-22,4622	-48,0334	Barragem	Sub_Jacare_Patrimonio
Brotas	Barragem	364/2018	27/07/2018	0	0	0	-22,3164	-48,1822	Barragem	Basin_dos_Pinheirinhos
Brotas	Estrutura de Reservação	364/2018	27/07/2018	0	0	0	-22,3164	-48,1822	Barragem	Basin_dos_Pinheirinhos
Dourado	Captação	4294/2018	10/08/2018	1,1	24	31	-22,0545	-48,3757	Vencida	Basin_Potreirois
Trabiju	Lançamento	4294/2018	10/08/2018	5,1	24	31	-22,052	-48,3756	Superficial	Basin_Potreirois
Ribeirão Bonito	Captação	440/2018	07/09/2018	0,13	24	31	-22,1437	-48,1746	Direta	Basin_Bebedouro
Brotas	Barramento sem PNSB	5154	20/09/2018	0	0	0	-22,2469	-48,0494	Barragem	Basin_Gouveia
Brotas	Barramento sem PNSB	5155	20/09/2018	0	0	0	-22,2547	-48,0589	Barragem	Basin_Gouveia
Dourado	Captação	4294/2018	08/10/2018	4	24	30	-22,0551	-48,3765	Vencida	Basin_Potreirois
Torrinha	Captação	551/2018	24/10/2018	1	1	31	-22,4586	-48,1649	Direta	Basin_dos_Pinheirinhos
Brotas	Barramento sem PNSB	6007	27/10/2018	0	0	0	-22,2522	-48,0578	Barragem	Basin_Gouveia
Torrinha	Captação	6009/2018	27/10/2018	11	24	31	-22,4603	-48,1661	Direta	Basin_dos_Pinheirinhos
Torrinha	Lançamento	6009/2018	27/10/2018	10,45	24	31	-22,4575	-48,1644	superficial	Basin_dos_Pinheirinhos

Tabela 4-1. Usos Outorgas na BHRJPP.

Cidade	Tipo de Interferência	Portaria	Publicação	Q (m³/h)	h/d	d/m	Latitude	Longitude	Classificação	Bacia Hidrográfica
Brotas	Barragem	578/2018	07/11/2018	0	0	0	-22,4622	-48,0334	Barragem	Sub_Jacare_Patrimonio
Dourado	Barragem	393/2018	08/11/2018	0	0	0	-22,1054	-48,3	Barragem	Basin_Vermelho
Dourado	Barragem	397/2018/2018	08/11/2018	0	0	0	-22,0896	-48,3033	Barragem	Basin_Potreirois
Brotas	Barragem	583/2018	09/11/2018	0	0	0	-22,2823	-48,0281	Barragem	Basin_Gouveia
Brotas	Captação	6577/2018	28/11/2018	70	12	30	-22,2719	-48,0953	Direta	Basin_Gouveia
Brotas	Barragem	605/2018/2018	12/12/2018	0	0	0	-22,4567	-48,0353	Barragem	Sub_Jacare_Pinheirinho
Brotas	Barragem	629/2018	12/12/2018	0	0	0	-22,4615	-48,0276	Barragem	Sub_Jacare_Patrimonio
Brotas	Barragem	629/2018/2018	12/12/2018	0	0	0	-22,462	-48,0301	Barragem	Sub_Jacare_Patrimonio
São Pedro	Barragem	613/2018/2018	12/12/2018	0	0	0	-22,475	-47,9084	Barragem	Sub_Jacare_Montante
Brotas	Captação	606/2018	12/12/2018	3,12	8	30	-22,4704	-47,9929	Vencida	Sub_Jacare_Patrimonio
São Pedro	Captação	613/2018	12/12/2018	1	3	30	-22,4751	-47,908	Insignificante	Sub_Jacare_Montante
Brotas	Captação	6927/2018	15/12/2018	30	7	30	-22,454	-48,0381	Direta	Sub_Jacare_Pinheirinho
Brotas	Captação	827	21/02/2019	360	13	5	-22,2522	-48,0578	Regularizada	Basin_Gouveia
Brotas	Captação	866	21/02/2019	258,91	11,5	7	-22,2522	-48,0578	Regularizada	Basin_Gouveia
Brotas	Captação	866	21/02/2019	360	10,5	7	-22,2522	-48,0578	Regularizada	Basin_Gouveia
Brotas	Captação	866	21/02/2019	302,83	13	6	-22,2522	-48,0578	Regularizada	Basin_Gouveia
Brotas	Captação	866	21/02/2019	201	13	5	-22,2522	-48,0578	Regularizada	Basin_Gouveia
Brotas	Captação	866	21/02/2019	550	13	4	-22,2469	-48,0494	Regularizada	Basin_Gouveia
Brotas	Captação	866	21/02/2019	166	8,5	8	-22,2458	-48,0397	Regularizada	Basin_Gouveia
Brotas	Lançamento	1470	22/03/2019	10	24	30	-22,4266	-48,0202	superficial	Sub_Jacare_Pinheirinho
Brotas	Captação	1521	23/03/2019	7	12	25	-22,4171	-47,9901	vencida	Basin_Pinheirinho
Brotas	Captação	1547	27/03/2019	7	12	25	-22,2376	-48,2643	Vencida	Sub_Jacare_BoaVista
Brotas	Captação	103/19	27/03/2019	4	6	20	-22,3277	-48,0281	Insignificante	Basin_Tamandua
Brotas	Lançamento	103/19	27/03/2019	1	2	30	-22,3286	-48,0292	Insignificante	Basin_Tamandua
Dourado	Captação	132/19	10/04/2019	3	4	31	-22,0912	-48,3611	Vencida	Sub_Jacare_Batista
Brotas	Captação	2396	04/05/2019	300	20	30	-22,2464	-48,268	Direta	Basin_Peixes
Brotas	Captação	2396	04/05/2019	96	24	30	-22,2419	-48,2626	Direta	Sub_Jacare_Peixe
Brotas	Barragem	162/19	08/05/2019	0	0	0	-22,2448	-48,266	Barragem	Basin_Peixes

Tabela 4-1. Usos Outorgas na BHRJPP.

Cidade	Tipo de Interferência	Portaria	Publicação	Q (m³/h)	h/d	d/m	Latitude	Longitude	Classificação	Bacia Hidrográfica
Brotas	Barragem	162/19	08/05/2019	0	0	0	-22,2643	-48,2581	Barragem	Sub_Jacare_Peixe
Brotas	Barragem	162/19	08/05/2019	0	0	0	-22,2472	-48,2567	Barragem	Sub_Jacare_Peixe
Dourado	Lançamento	BBT 335/19	18/06/2019	0	0	0	-22,1792	-48,3015	desistencia	Basin_Bebedouro
Dourado	Captação	227/19	20/06/2019	0,47	24	31	-22,178	-48,3013	Direta	Basin_Bebedouro
Dourado	Lançamento	227/19	20/06/2019	0,47	24	31	-22,1765	-48,3029	superficial	Basin_Bebedouro
São Pedro	Captação	236/19	02/07/2019	5	5	30	-22,4615	-47,9617	Regularizada	Sub-bacia Jacaré Patrimônio
Brotas	Barragem	275/19	19/07/2019	0	0	0	-22,4697	-47,9891	Barragem	Sub_Jacare_Patrimônio
São Pedro	Captação	277/19	19/07/2019	0,44	5	30	-22,4805	-47,9897	Insignificante	Sub-bacia Jacaré Patrimônio
São Pedro	Estrutura de Reservação	277/19	19/07/2019	0	0	0	-22,4805	-47,9897	Barragem	Sub_Jacare_Patrimônio
Brotas	Barragem	306/19	16/08/2019	0	0	0	-22,4691	-47,9917	Barragem	Sub_Jacare_Patrimônio
Brotas	Barragem	4659	30/08/2019	0	0	0	-22,2892	-48,015	Barragem	Basin_Gouveia
Brotas	Captação	4685	31/08/2019	45	24	30	-22,2595	-48,2131	Direta	Basin_Bonito
Brotas	Captação	4685	31/08/2019	420	24	30	-22,253	-48,2133	Direta	Basin_Bonito
Brotas	Captação	4685	31/08/2019	400	21	30	-22,2725	-48,2107	Direta	Sub_Jacare_Bonito
Brotas	Captação	4685	31/08/2019	240	21	30	-22,2683	-48,2137	Direta	Sub_Jacare_Bonito
Brotas	Captação	4685	31/08/2019	160	21	30	-22,2652	-48,2087	Direta	Sub_Jacare_Bonito
Brotas	Lançamento	4685	31/08/2019	275	24	30	-22,2541	-48,2124	superficial	Basin_Bonito
Brotas	Lançamento	4685	31/08/2019	240	21	30	-22,2683	-48,2137	superficial	Sub_Jacare_Bonito
Brotas	Lançamento	4685	31/08/2019	160	21	30	-22,2652	-48,2087	superficial	Sub_Jacare_Bonito
Brotas	Captação	4997	14/09/2019	249,88	11	12	-22,2882	-48,0153	Regularizada	Basin_Gouveia
Dois Córregos	Captação	4992	18/09/2019	64,8	24	30	-22,2415	-48,3695	Direta	Basin_Figueira
Dois Córregos	Captação	4992	18/09/2019	29,65	24	30	-22,2255	-48,3767	Direta	Basin_Figueira
Dois Córregos	Lançamento	4992	18/09/2019	29,65	24	30	-22,2245	-48,379	superficial	Basin_Figueira
São Pedro	Barragem	391/19	08/10/2019	0	0	0	-22,4956	-47,9247	Barragem	Basin_Porto_Coqueiro
Torrinha	Captação	398/19	08/10/2019	0,75	24	31	-22,4118	-48,2058	Direta	Basin_dos_Pinheirinhos
Torrinha	Lançamento	398/19	08/10/2019	0,33	24	31	-22,4085	-48,2122	superficial	Basin_dos_Pinheirinhos

Tabela 4-1. Usos Outorgas na BHRJPP.

Cidade	Tipo de Interferência	Portaria	Publicação	Q (m³/h)	h/d	d/m	Latitude	Longitude	Classificação	Bacia Hidrográfica
São Pedro	Captação	5482	11/10/2019	3,6	24	30	-22,4957	-47,9246	Regularizada	Basin_Porto_Coqueiro
Dourado	Captação	5647	16/10/2019	70	3	22	-22,0913	-48,4134	Direta	Sub_Jacare_Potreiro
Brotas	Captação	5734	22/10/2019	2,3	24	31	-22,2794	-48,1494	Direta	Sub_Jacare_Rasteira
Brotas	Captação	6384	28/11/2019	5	24	31	-22,2737	-48,0925	Direta	Basin_Gouveia
Brotas	Lançamento	6384	28/11/2019	4,75	24	31	-22,2759	-48,098	superficial	Basin_Gouveia
Jaú	Captação	005/20	08/01/2020	0,5	24	31	-22,2109	-48,4162	Direta	Basin_Figueira
Jaú	Captação	005/20	08/01/2020	1	24	31	-22,2108	-48,4167	Direta	Basin_Figueira
Jaú	Captação	106/2020	09/01/2020	60	16	10	-22,2251	-48,421	Direta	Basin_Figueira
Dourado	Captação	2104/2020	01/05/2020	1	15	31	-22,0662	-48,4349	Direta	Basin_Potreiros
Brotas	Captação	031/2020	05/05/2020	1	24	31	-22,4173	-47,9744	Regularizada	Basin_Pinheirinho
Brotas	Lançamento	031/2020	05/05/2020	95	24	31	-22,4155	-47,9915	superficial	Basin_Pinheirinho
Brotas	Captação	101/2020	09/05/2020	0,9	24	31	-22,4252	-47,9237	Direta	Basin_Pinheirinho
São Pedro	Captação	109/2020	09/05/2020	5	4	30	-22,4731	-47,9392	Direta	Basin_Porto_Coqueiro
Brotas	Captação	2604/2020	29/05/2020	2,3	24	30	-22,2794	-48,1494	Direta	Sub_Jacare_Rasteira
Brotas	Lançamento	2604/2020	29/05/2020	1	24	30	-22,2848	-48,1504	superficial	Sub_Jacare_Rasteira
Brotas	Lançamento	2604/2020	29/05/2020	1,1	24	30	-22,2844	-48,1524	superficial	Sub_Jacare_Rasteira
Brotas	Captação	2892/2020	18/06/2020	10	24	30	-22,2984	-48,0964	Direta	Sub_Jacare_Gouveia
Brotas	Lançamento	2891/2020	18/06/2020	5	24	30	-22,3002	-48,0929	superficial	Sub_Jacare_Gouveia
Brotas	Lançamento	2891/2020	18/06/2020	5	24	30	-22,299	-48,0965	superficial	Sub_Jacare_Gouveia
Brotas	Barragem	3094/2020	23/06/2020	0	0	0	-22,2873	-48,0222	Barragem	Basin_Gouveia
Brotas	Estrutura de Reservação	156/2020	25/06/2020	0	0	0	-22,2683	-48,2137	Barragem	Sub_Jacare_Bonito
Brotas	Estrutura de Reservação	156/2020	25/06/2020	0	0	0	-22,2652	-48,2087	Barragem	Sub_Jacare_Bonito
Brotas	Captação	163/2020	30/06/2020	0,4	24	30	-22,3826	-48,0558	Direta	Sub-bacia Jacaré Tamandua
Brotas	Lançamento	163/2020	30/06/2020	0,4	24	30	-22,3819	-48,0539	Insignificante	Sub-bacia Jacaré Tamandua
Torrinha	Captação	3866/2020	24/07/2020	200	21	31	-22,4303	-48,1475	Direta	Basin_dos_Pinheirinhos
Torrinha	Captação	3867/2020	24/07/2020	170	10	31	-22,4327	-48,1481	Direta	Basin_dos_Pinheirinhos
Torrinha	Lançamento	3867/2020	24/07/2020	170	10	31	-22,4303	-48,1475	superficial	Basin_dos_Pinheirinhos

Tabela 4-1. Usos Outorgas na BHRJPP.

Cidade	Tipo de Interferência	Portaria	Publicação	Q (m³/h)	h/d	d/m	Latitude	Longitude	Classificação	Bacia Hidrográfica
Brotas	Captação	116/2020	06/08/2020	150	8	30	-22,3269	-48,1668	Direta	Basin_dos_Pinheirinhos
Brotas	Captação	051/2020	10/08/2020	0	0	0	-22,3277	-48,0281	desistencia	Basin_Tamandua
Brotas	Lançamento	051/2020	10/08/2020	0	0	0	-22,3286	-48,0292	superficial	Basin_Tamandua
Torrinha	Lançamento	4343/2020	14/08/2020	59,48	24	31	-22,4184	-48,1617	superficial	Basin_dos_Pinheirinhos
Dourado	Captação	2082020	18/08/2020	8,28	2	31	-22,1499	-48,3217	Direta	Basin_Bebedouro
Itirapina	Captação	216/2020	22/08/2020	2,3	10	25	-22,3355	-47,9522	Direta	Basin_Tamandua
São Pedro	Captação	109/2020	12/11/2020	159	24	30	-22,4371	-47,9333	Regularizada	Basin_Pinheirinho
Brotas	Captação	6395	14/11/2020	20,83	12	30	-22,3412	-48,2503	Direta	Basin_Peixes
Brotas	Captação	6391/2020	14/11/2020	105,5	20	30	-22,2874	-48,0227	Regularizada	Basin_Gouveia
Brotas	Captação	6391/2020	14/11/2020	27,7	5	30	-22,2823	-48,0281	Direta	Basin_Gouveia
Brotas	Captação	6391/2020	14/11/2020	4,64	20	30	-22,2812	-48,0237	Direta	Basin_Gouveia
Brotas	Lançamento	6391/2020	14/11/2020	27,7	5	30	-22,2873	-48,022	superficial	Basin_Gouveia
São Pedro	Captação	6491/2020	19/11/2020	122	24	30	-22,4641	-47,947	Direta	Sub_Jacare_Patrimonio
Brotas	Captação	7346/2020	23/12/2020	10	9	31	-22,4484	-47,9682	Direta	Sub_Jacare_Patrimonio
Jaú	Captação	015/2021	16/01/2021	0,15	24	30	-22,1513	-48,402	Insignificante	Sub_Jacare_Figueira
Brotas	Captação	648	05/02/2021	15	8	30	-22,2107	-48,181	Direta	Basin_Bonito
Trabiju	Captação	673/2021	06/02/2021	37,5	10	22	-22,0445	-48,4023	Direta	Basin_Potreiros
Brotas	Captação	030/2021	25/02/2021	175	1	20	-22,2603	-48,2349	Direta	Sub_Jacare_Peixe
Torrinha	Captação	1353/2021	05/03/2021	112,76	3,5	31	-22,4267	-48,1595	Direta	Basin_dos_Pinheirinhos
Torrinha	Lançamento	1353/2021	05/03/2021	75,26	24	31	-22,4167	-48,1661	superficial	Basin_dos_Pinheirinhos
Brotas	Captação	1468/2021	09/03/2021	300	21	15	-22,2829	-48,1573	Direta	Sub_Jacare_Rasteira
Brotas	Captação	077/2021	18/03/2021	3	1	28	-22,3872	-47,9742	Insignificante	Basin_Pinheirinho
Dois Córregos	Captação	1909/2021	25/03/2021	21,05	21	30	-22,2269	-48,3746	Direta	Basin_Figueira
Ribeirão Bonito	Captação	2163/2021	09/04/2021	30,62	8	30	-22,1256	-48,1543	Regularizada	Basin_Bebedouro
Brotas	Captação	2199	13/04/2021	80	21	24	-22,264	-48,0715	Direta	Basin_Gouveia
Brotas	Lançamento	2199	13/04/2021	80	21	8	-22,2522	-48,0594	Reversao	Basin_Gouveia
Brotas	Captação	2565/2021	23/04/2021	5	24	30	-22,331	-48,0652	Direta	Basin_Tamandua
Brotas	Captação	2567/2021	23/04/2021	3,75	24	30	-22,4676	-48,0172	Direta	Sub_Jacare_Patrimonio
Brotas	Captação	2553/2021	24/04/2021	5	24	30	-22,2067	-48,0782	Direta	Basin_Rasteira

Tabela 4-1. Usos Outorgas na BHRJPP.

Cidade	Tipo de Interferência	Portaria	Publicação	Q (m ³ /h)	h/d	d/m	Latitude	Longitude	Classificação	Bacia Hidrográfica
Brotas	Captação	2571/2021	24/04/2021	5	24	30	-22,2453	-48,1608	Direta	Basin_Rasteira
Brotas	Captação	2619/2021	27/04/2021	15	8	30	-22,2678	-48,2342	Direta	Sub_Jacare_Peixe
Dois Córregos	Captação	2610	27/04/2021	5	24	30	-22,3115	-48,2869	Direta	Basin_Peixes
Dois Córregos	Captação	2610/2021	27/04/2021	5	24	30	-22,3115	-48,2869	Direta	Basin_Peixes
Torrinha	Captação	2622/2021	27/04/2021	3,75	24	30	-22,4231	-48,0796	Direta	Sub_Jacare_Tamandua
Brotas	Captação	2899/2021	05/05/2021	15	8	30	-22,2074	-48,0501	Direta	Basin_Rasteira
Dois Córregos	Captação	095/2021	08/05/2021	200	24	8	-22,2146	-48,3254	Direta	Basin_Barreiro
Torrinha	Captação	3121/2021	18/05/2021	3	24	30	-22,3956	-48,135	Regularizada	Basin_dos_Pinheirinhos
Dourado	Captação	3218/2021	22/05/2021	15	8	30	-22,1733	-48,3175	Direta	Basin_Bebedouro
Dois Córregos	Captação	3684	11/06/2021	200	24	8	-22,2146	-48,3254	Direta	Basin_Barreiro
Brotas	Captação	167/2021	16/06/2021	6	2	12	-22,2736	-48,13	Direta	Basin_Lagoa_Seca
Brotas	Captação	167/2021	16/06/2021	4	2	8	-22,2725	-48,1277	Regularizada	Basin_Lagoa_Seca
Dois Córregos	Lançamento	3750/2021	16/06/2021	15,93	24	30	-22,2472	-48,3966	superficial	Basin_Figueira
Dois Córregos	Captação	095/2021	22/07/2021	5	21	20	-22,2557	-48,3675	Direta	Basin_Figueira
Brotas	Captação	4966	07/08/2021	350	8	30	-22,242	-48,1473	Direta	Basin_Rasteira
Brotas	Captação	250/2021	25/08/2021	2	10	30	-22,2709	-48,126	Regularizada	Basin_Lagoa_Seca
Dois Córregos	Captação	249/2021	25/08/2021	2	10	30	-22,2659	-48,4151	Direta	Basin_Figueira
Dourado	Captação	5440/2021	28/08/2021	63,45	20	30	-22,1346	-48,3393	Direta	Basin_Dourado
Brotas	Captação	5876/2021	15/09/2021	15	12	30	-22,2549	-48,2804	Direta	Basin_Peixes
Brotas	Captação	5876/2021	15/09/2021	10	12	30	-22,2592	-48,2526	Direta	Sub-bacia Jacaré Peixe
Brotas	Captação	6554/2021	14/10/2021	248,4	24	30	-22,355	-48,1109	Direta	Basin_Monjolo
Brotas	Captação	6554/2021	14/10/2021	169,2	24	30	-22,3822	-48,0779	Direta	Sub_Jacare_Tamandua
Torrinha	Captação	6554/2021	14/10/2021	36	24	30	-22,3787	-48,1255	Direta	Basin_dos_Pinheirinhos
Brotas	Lançamento	6554/2021	14/10/2021	36	24	30	-22,3672	-48,1249	superficial	Basin_Monjolo
Brotas	Lançamento	6554/2021	14/10/2021	169,2	24	30	-22,3568	-48,111	superficial	Basin_Monjolo
Brotas	Lançamento	6554/2021	14/10/2021	3	24	30	-22,3535	-48,1113	superficial	Basin_Monjolo

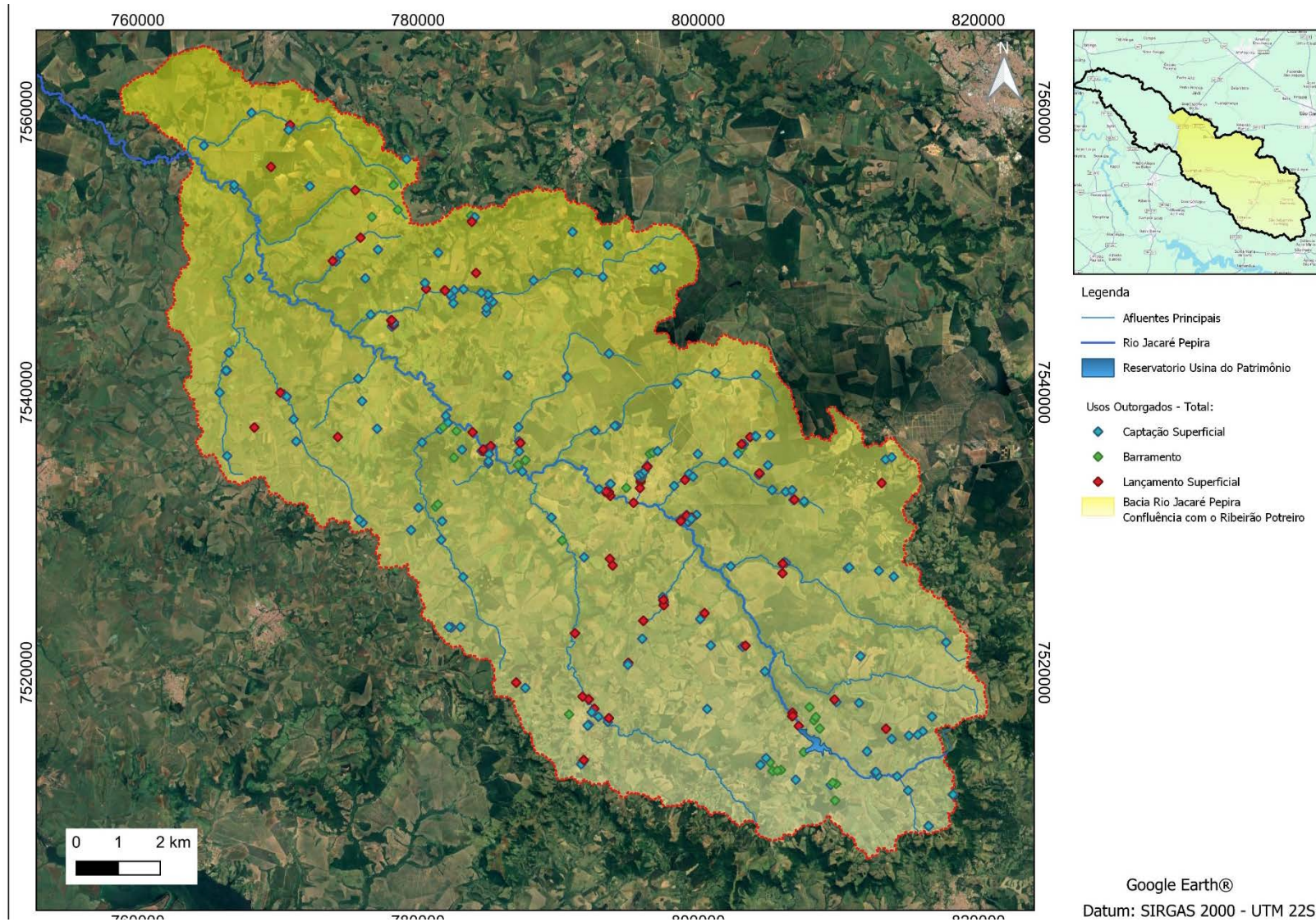
Tabela 4-1. Usos Outorgas na BHRJPP.

Cidade	Tipo de Interferência	Portaria	Publicação	Q (m³/h)	h/d	d/m	Latitude	Longitude	Classificação	Bacia Hidrográfica
Dois Córregos	Captação	057/2021	19/10/2021	0	0	0	-22,2146	-48,3254	desistencia	Basin_Barreiro
São Pedro	Captação	151/2021	20/10/2021	5	10	30	-22,4401	-47,9513	Regularizada	Basin_Pinheirinho
Dois Córregos	Captação	7008/2021	22/10/2021	100	24	8	-22,2291	-48,3224	Direta	Basin_Barreiro
Ribeirão Bonito	Captação	7721/2021	25/11/2021	15	8	30	-22,1462	-48,1575	Direta	Basin_Bebedouro
Brotas	Captação	189/2021	03/12/2021	18	20	8	-22,4585	-48,0419	Direta	Sub_Jacare_Pinheirinho
Brotas	Captação	203/2021	17/12/2021	30	9	20	-22,2617	-48,2339	Regularizada	Sub_Jacare_Peixe
Brotas	Captação	8308/2021	18/12/2021	16	20	8	-22,4585	-48,0419	Direta	Sub_Jacare_Pinheirinho
Dourado	Captação	1351	12/03/2022	5	24	31	-22,1589	-48,2633	Direta	Basin_Bebedouro
Dourado	Lançamento	1351	12/03/2022	4,8	24	31	-22,1569	-48,2664	superficial	Basin_Bebedouro
Brotas	Captação	080/2022	09/04/2022	2	24	30	-22,3653	-48,0856	Direta	Sub_Jacare_Tamandua
Brotas	Lançamento	080/2022	09/04/2022	1,96	24	30	-22,3615	-48,0826	superficial	Sub_Jacare_Tamandua
Brotas	Captação	2488	04/05/2022	300	8	31	-22,3281	-48,0271	Regularizada	Basin_Tamandua
Brotas	Lançamento	2489	04/05/2022	300	8	30	-22,3286	-48,0291	Reversao	Basin_Tamandua
Brotas	Captação	2831	18/05/2022	15	12	31	-22,2602	-47,9595	Direta	Basin_Tamandua
Brotas	Estrutura de Reservação	122/202	25/05/2022	0	0	0	-22,4498	-48,0121	Barragem	Sub_Jacare_Patrimonio
Dourado	Captação	5647	16/06/2022	5	14	31	-22,0727	-48,2947	Direta	Basin_Potreiros
Torrinha	Captação	263/2022	05/10/2022	2	8	30	-22,4353	-48,1622	Insignificante	Basin_dos_Pinheirinhos
Brotas	Captação	268/2022	07/10/2022	6	4	25	-22,2113	-48,1806	Insignificante	Basin_Bonito
Ribeirão Bonito	Captação	267/2022	07/10/2022	6	4	25	-22,1493	-48,2052	Insignificante	Basin_Bebedouro
Brotas	Barramento sem PNSB	268/2022	20/10/2022	0	0	0	-22,2818	-48,1385	Barragem	Sub_Jacare_Rasteira
Brotas	Captação	7123	21/10/2022	18	24	31	-22,2663	-48,2342	Direta	Sub_Jacare_Peixe
Torrinha	Captação	6991	21/10/2022	60	21	31	-22,4295	-48,1548	Direta	Basin_dos_Pinheirinhos
Brotas	Lançamento	7123	21/10/2022	6	24	30	-22,2588	-48,2379	superficial	Sub_Jacare_Peixe
Brotas	Captação	6995	22/10/2022	20	24	31	-22,2674	-48,1242	Direta	Basin_Lagoa_Seca
Brotas	Captação	7092	22/10/2022	22	24	31	-22,1955	-48,1522	Direta	Basin_Bonito
Brotas	Captação	7092	22/10/2022	16	3	31	-22,2142	-48,1047	Direta	Basin_Rasteira

Tabela 4-1. Usos Outorgas na BHRJPP.

Cidade	Tipo de Interferência	Portaria	Publicação	Q (m ³ /h)	h/d	d/m	Latitude	Longitude	Classificação	Bacia Hidrográfica
Dourado	Captação	313/2022	22/10/2022	1,5	8	30	-22,165	-48,2605	Insignificante	Basin_Bebedouro
Dourado	Captação	313/2022	22/10/2022	3	8	30	-22,1522	-48,2804	Insignificante	Basin_Bebedouro
Brotas	Lançamento	6995	22/10/2022	20	24	31	-22,2679	-48,1242	superficial	Basin_Lagoa_Seca
Brotas	Captação	7253	26/10/2022	5	24	30	-22,3009	-48,0931	Regularizada	Sub_Jacare_Gouveia
Brotas	Captação	309/2022	20/12/2022	8	0	0	-22,2587	-47,9553	Direta	Basin_Tamandua
Dourado	Captação	2290	12/04/2023	4	1	30	-22,1395	-48,3422	Direta	Basin_Dourado
Brotas	Captação	4333	12/07/2023	50	6	12	-22,3319	-47,9626	Direta	Basin_Tamandua
Dourado	Lançamento	1479	04/05/2024	73,15	24	31	-22,1391	-48,3444	superficial	Basin_Dourado

Figura 4.1. Todos os usos outorgados na BHRJPP.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 4.2. Usos outorgados válidos na BHRJPP.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Os dados da Tabela 4-1 foram sintetizados na Tabela 4-2. Observa-se que a BHRJPP tem aproximadamente 70% das captações superficiais, 98% das barragens e 73% dos lançamentos superficiais cadastrados válidas. O balanço hídrico será detalhadamente discutido no Item 6.

Tabela 4-2. Usos outorgados na BHRJPP em função do tipo.

Tipo de Interferência	Total	Válidas
Captação Superficial	203	143
Barragem	51	50
Lançamento Superficial	81	59
Total	335	252

5 CENÁRIOS HIPOTÉTICOS PROVÁVEIS DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA VERSUS DEMANDAS CADASTRADAS

Nesse estudo a disponibilidade hídrica das bacias do Jacaré-Pepira foi definida como a vazão remanescente entre o limite crítico da vazão de referência (50% da $Q_{7,10}$) e o balanço hídrico das outorgas existentes, ou seja, é o *Saldo de Disponibilidade Hídrica* entre a disponibilidade natural e as demandas já autorizadas. O limite superior de 50% da $Q_{7,10}$ refere-se a máxima derivação permitida pelo órgão gestor de recursos hídricos, antes que a bacia seja declarada crítica.

Para a simulação da Disponibilidade Natural, foram considerados dois cenários prováveis para a vazão de referência; o primeiro é a condição normativa para estimativa da vazão $Q_{7,10}$, considerando como variável climática a precipitação média anual e outro que representa um longo período seco, com precipitações anuais abaixo da média, que utilizou a precipitação anual provável de 75% na estimativa da vazão de referência.

Também foram adotadas duas situações para estimativa da demanda calculada pelo balanço hídrico das outorgas: (i) Balanço Hídrico Conservador, cuja contabilização das outorgas de captação superficial desconsideram efeito da regularização de vazão por reservatórios existentes e (ii) Balanço Hídrico Moderado, que considera algum efeito de regularização pelos reservatórios outorgados, nas respectivas captações superficiais associadas.

Agrupando essas considerações foram elaborados quatro cenários de prováveis para estimativa da Disponibilidade Hídrica na bacia do Rio Jacaré-Pepira, cujas descrições estão na **Tabela 5-1**.

Tabela 5-1. Cenários prováveis para estimativa da disponibilidade hídrica nas bacias do Jacaré-Pepira.

CENÁRIOS PARA DEMANDA HÍDRICA	CENÁRIOS PARA VAZÕES DE REFERÊNCIA	
	NORMATIVO $Q_{7,10} \propto P_m$	LONGO PERÍODO SECO E ESTIAGEM PROLONGADA $Q_{7,10} \propto P_{75}$
CONSERVADOR	<p>NORMATIVO PARA Q7,10 E CONSERVADOR PARA AS DEMANDAS</p> <p>Não considera regularização por reservatórios e a Q7,10 foi estimada para Precipitação média anual</p>	<p>PERÍODO SECO PARA Q7,10 E CONSERVADOR PARA AS DEMANDAS</p> <p>Não considera regularização por reservatórios e a Q7,10 foi estimada para Precipitação anual provável para 75% dos anos</p>
MODERADO	<p>NORMATIVO PARA Q7,10 E MODERADO PARA AS DEMANDAS</p> <p>Considera regularização por reservatórios e a Q7,10 foi estimada para Precipitação média anual</p>	<p>PERÍODO SECO PARA Q7,10 E MODERADO PARA AS DEMANDAS</p> <p>Considera regularização por reservatórios e a Q7,10 foi estimada para Precipitação anual provável para 75% dos anos</p>



6 BALANÇO HÍDRICO QUANTITATIVO DAS BACIAS DO JACARÉ-PEPIRA

De modo a conhecer a disponibilidade hídrica superficial disponível nas bacias hidrográficas do Rio Jacaré-Pepira é necessário considerar as captações e os lançamentos superficiais já existentes e outorgados.

O balanço hídrico quantitativo das outorgas num trecho específico do rio é a contabilização das retiradas de vazão pelas captações superficiais e das entradas pelos lançamentos superficiais.

As captações são classificadas em: (i) direta, quando a derivação é realizada diretamente a partir do manancial, sendo característico a presença de infraestrutura de captação (canal de chamado, estação elevatória, conjunto moto-bomba) instalada às margens do recurso hídrico, contido na faixa de APP e (ii) regularizada, quando a retirada é realizada a partir de barramento, explorando parcialmente o volume útil do reservatório.

Os lançamentos são o retorno do efluente tratado das indústrias, do esgotamento doméstico defluente das Estações de Tratamento de Efluentes e da reversão de vazão de água bruta; este tipo de lançamento é compreendido como uma transferência de vazão entre bacias, cuja bacia “receptora” não dispõe de disponibilidade hídrica natural suficiente para atender a demanda pretendida. Geralmente o lançamento por reversão entre bacias está associado a outra captação superficial com vazão e volume diário equivalentes.

Nas tabelas 6.1 a 6.4 estão dispostas: (i) as estimativas do balanço da disponibilidade hídrica nas sub bacias afluentes do Jacaré-Pepira; (ii) o balanço hídrico apresenta a contabilização tanto das vazões instantâneas declaradas, quanto das vazões contínuas diárias; e, (iii) o percentual de comprometimento da vazão de referência $Q_{7,10}$ em relação à contabilização das vazões outorgadas.

A vazão contínua diária foi calculada pela divisão do volume diário por 24 horas ($V_d/24$, em m^3/h); essa vazão representa uma derivação média diária da bacia, minimizando efeitos da sazonalidade na operação, especialmente para os usos para finalidade irrigação.

Tabela 6-1. Disponibilidade hídrica nas sub bacias dos Afluentes do Rio Jacaré-Pepira para Cenário Normativo Conservador.

Sub bacias	Vazão Q _{7,10} (m ³ /h)	Cadastro Consolidado de Outorgas (m ³ /h)			Balanço Hídrico Superficial (BH _{sup}) BH _{sup} = Cap _{sup} + Cap _{bar} – Lanç				Comprometimento da vazão de referência	
		Cap _{sup}	Cap _{bar}	Lanç	Instantâneo (m ³ /h)	Diário (Vd, m ³ /d)	Contínuo diário (Vd/24, m ³ /h)	Anual (m ³ /ano)	Instantâneo	Contínuo diário
Cór. do Porto do Coqueiro	87	5	0	2	9	106	4	3.8736	10%	5%
Ribeirão do Pinheirinho	1205	3	95	83	73	1635	68	59.6184	6%	6%
Ribeirão do Tamanduá	2098	76	318	150	58	213	9	-20.6708	3%	0%
Córrego do Monjolo	142	248	208	0	40	965	40	34.7328	28%	28%
Córrego do Gouveia	1157	471	112	1277	2912	39143	1631	5.152.339	252%	141%
Córrego da Lagoa Seca	165	51	41	27	64	136	6	21.023	39%	3%
Ribeirão da Rasteira	1212	391	0	0	391	3208	134	1.154.880	32%	11%
Ribeirão dos Pinheirinhos	3622	751	323	2	430	4643	193	1.615.804	12%	5%
Ribeirão Bonito	537	508	275	0	233	5232	218	1.838.923	43%	41%

Tabela 6-1. Disponibilidade hídrica nas sub bacias dos Afluentes do Rio Jacaré-Pepira para Cenário Normativo Conservador.

Sub bacias	Vazão Q _{7,10} (m ³ /h)	Cadastro Consolidado de Outorgas (m ³ /h)			Balanço Hídrico Superficial (BH _{sup}) BH _{sup} = Cap _{sup} + Cap _{bar} – Lanç				Comprometimento da vazão de referência	
		Cap _{sup}	Cap _{bar}	Lanç	Instantâneo (m ³ /h)	Diário (Vd, m ³ /d)	Contínuo diário (Vd/24, m ³ /h)	Anual (m ³ /ano)	Instantâneo	Contínuo diário
Ribeirão do Peixe	1319	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%
Ribeirão Boa Vista	510	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%
Córrego do Barreiro	566	300	0	0	300	7197	300	1.798.908	53%	53%
Ribeirão do Bebedouro	2574	179	26	25	204	1795	75	570.292	8%	3%
Ribeirão do Dourado	264	76	73	0	3	-267	-11	-180.758	1%	-4%
Ribeirão Vermelho	387	0	1	0	-1	-31	-1	-11.357	0%	0%
Ribeirão da Figueira	1548	182	46	0	136	2736	114	653.789	9%	7%
Ribeirão do Batista	356	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%
Ribeirão do Potreiro	1315	48	5	2	47	537	22	157.630	4%	2%

Tabela 6-2. Disponibilidade hídrica nas sub bacias dos Afluentes do Rio Jacaré-Pepira para Cenário Normativo Moderado.

Sub bacias	Vazão Q _{7,10} (m ³ /h)	Cadastro Consolidado de Outorgas (m ³ /h)			Balanço Hídrico Superficial (BH _{sup}) BH _{sup} = Cap _{sup} + Cap _{bar} – Lanç				Comprometimento da vazão de referência	
		Cap _{sup}	Cap _{bar}	Lanç	Instantâneo (m ³ /h)	Diário (Vd, m ³ /d)	Contínuo diário (Vd/24, m ³ /h)	Anual (m ³ /ano)	Instantâneo	Contínuo diário
Cór. do Porto do Coqueiro	87	5	0	2	7	63	3	22.968	8%	3%
Ribeirão do Pinheirinho	1205	3	95	83	-10	-310	-13	-113.616	-1%	-1%
Ribeirão do Tamanduá	2098	76	318	150	-92	-987	-41	-484.808	-4%	-2%
Córrego do Monjolo	142	248	208	0	40	965	40	347.328	28%	28%
Córrego do Gouveia	1157	471	112	1277	1635	23439	977	3.935.980	141%	84%
Córrego da Lagoa Seca	165	51	41	27	37	69	3	9701	23%	2%
Ribeirão da Rasteira	1212	391	0	0	391	3208	134	1.154.880	32%	11%
Ribeirão dos Pinheirinhos	3622	751	323	2	429	4607	192	1.602.844	12%	5%
Ribeirão Bonito	537	508	275	0	233	5232	218	1.838.923	43%	41%

Tabela 6-2. Disponibilidade hídrica nas sub bacias dos Afluentes do Rio Jacaré-Pepira para Cenário Normativo Moderado.

Sub bacias	Vazão Q _{7,10} (m ³ /h)	Cadastro Consolidado de Outorgas (m ³ /h)			Balanço Hídrico Superficial (BH _{sup}) BH _{sup} = Cap _{sup} + Cap _{bar} – Lanç				Comprometimento da vazão de referência	
		Cap _{sup}	Cap _{bar}	Lanç	Instantâneo (m ³ /h)	Diário (Vd, m ³ /d)	Contínuo diário (Vd/24, m ³ /h)	Anual (m ³ /ano)	Instantâneo	Contínuo diário
Ribeirão do Peixe	1319	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%
Ribeirão Boa Vista	510	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%
Córrego do Barreiro	566	300	0	0	300	7197	300	1.798.908	53%	53%
Ribeirão do Bebedouro	2574	179	26	25	179	1428	59	437.223	7%	2%
Ribeirão do Dourado	264	76	73	0	3	-267	-11	-180.758	1%	-4%
Ribeirão Vermelho	387	0	1	0	-1	-31	-1	-11.357	0%	0%
Ribeirão da Figueira	1548	182	46	0	136	2736	114	653.789	9%	7%
Ribeirão do Batista	356	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%
Ribeirão do Potreiro	1315	48	5	2	45	485	20	138.848	3%	2%

Tabela 6-3. Disponibilidade hídrica nas sub bacias dos Afluentes do Rio Jacaré-Pepira para Cenário Restritivo Conservador.

Sub bacias	Vazão Q _{7,10} (m ³ /h)	Cadastro Consolidado de Outorgas (m ³ /h)			Balanço Hídrico Superficial (BH _{sup}) BH _{sup} = Cap _{sup} + Cap _{bar} – Lanç				Comprometimento da vazão de referência	
		Cap _{sup}	Cap _{bar}	Lanç	Instantâneo (m ³ /h)	Diário (Vd, m ³ /d)	Contínuo diário (Vd/24, m ³ /h)	Anual (m ³ /ano)	Instantâneo	Contínuo diário
Cór. do Porto do Coqueiro	54	5	0	2	9	106	4	38.736	16%	8%
Ribeirão do Pinheirinho	1008	3	95	83	73	1635	68	596.184	7%	7%
Ribeirão do Tamanduá	1785	76	318	150	58	213	9	-206.708	3%	0%
Córrego do Monjolo	121	248	208	0	40	965	40	347.328	33%	33%
Córrego do Gouveia	998	471	112	1277	2912	39.143	1631	5.152.339	292%	163%
Córrego da Lagoa Seca	142	51	41	27	64	136	6	21.023	45%	4%
Ribeirão da Rasteira	1046	391	0	0	391	3.208	134	1.154.880	37%	13%
Ribeirão dos Pinheirinhos	3050	751	323	2	430	4.643	193	1.615.804	14%	6%
Ribeirão Bonito	455	508	275	0	233	5.232	218	1.838.923	51%	48%

Tabela 6-3. Disponibilidade hídrica nas sub bacias dos Afluentes do Rio Jacaré-Pepira para Cenário Restritivo Conservador.

Sub bacias	Vazão Q _{7,10} (m ³ /h)	Cadastro Consolidado de Outorgas (m ³ /h)			Balanço Hídrico Superficial (BH _{sup}) BH _{sup} = Cap _{sup} + Cap _{bar} – Lanç				Comprometimento da vazão de referência	
		Cap _{sup}	Cap _{bar}	Lanç	Instantâneo (m ³ /h)	Diário (Vd, m ³ /d)	Contínuo diário (Vd/24, m ³ /h)	Anual (m ³ /ano)	Instantâneo	Contínuo diário
Ribeirão do Peixe	1120	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%
Ribeirão Boa Vista	426	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%
Córrego do Barreiro	479	300	0	0	300	7.197	300	1.798.908	63%	63%
Ribeirão do Bebedouro	2154	179	26	25	204	1.795	75	570.292	9%	3%
Ribeirão do Dourado	216	76	73	0	3	-267	-11	-180.758	2%	-5%
Ribeirão Vermelho	319	0	1	0	-1	-31	-1	-11.357	0%	0%
Ribeirão da Figueira	1316	182	46	0	136	2.736	114	653.789	10%	9%
Ribeirão do Batista	291	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%
Ribeirão do Potreiro	1097	48	5	2	47	537	22	157.630	4%	2%

Tabela 6-4. Disponibilidade hídrica nas sub bacias dos Afluentes do Rio Jacaré-Pepira para Cenário Restritivo Moderado.

Sub bacias	Vazão Q _{7,10} (m ³ /h)	Cadastro Consolidado de Outorgas (m ³ /h)			Balanço Hídrico Superficial (BH _{sup}) BH _{sup} = Cap _{sup} + Cap _{bar} – Lanç				Comprometimento da vazão de referência	
		Cap _{sup}	Cap _{bar}	Lanç	Instantâneo (m ³ /h)	Diário (Vd, m ³ /d)	Contínuo diário (Vd/24, m ³ /h)	Anual (m ³ /ano)	Instantâneo	Contínuo diário
Cór. do Porto do Coqueiro	54	5	0	2	7	63	3	22.968	13%	5%
Ribeirão do Pinheirinho	1008	3	95	83	-10	-310	-13	-113.616	-1%	-1%
Ribeirão do Tamanduá	1785	76	318	150	-92	-987	-41	-484.808	-5%	-2%
Córrego do Monjolo	121	248	208	0	40	965	40	347.328	33%	33%
Córrego do Gouveia	998	471	112	1277	1635	23439	977	3.935.980	164%	98%
Córrego da Lagoa Seca	142	51	41	27	37	69	3	9701	26%	2%
Ribeirão da Rasteira	1046	391	0	0	391	3208	134	1.154.880	37%	13%
Ribeirão dos Pinheirinhos	3050	751	323	2	429	4607	192	1.602.844	14%	6%
Ribeirão Bonito	455	508	275	0	233	5232	218	1.838.923	51%	48%

Tabela 6-4. Disponibilidade hídrica nas sub bacias dos Afluentes do Rio Jacaré-Pepira para Cenário Restritivo Moderado.

Sub bacias	Vazão Q _{7,10} (m ³ /h)	Cadastro Consolidado de Outorgas (m ³ /h)			Balanço Hídrico Superficial (BH _{sup}) BH _{sup} = Cap _{sup} + Cap _{bar} – Lanç				Comprometimento da vazão de referência	
		Cap _{sup}	Cap _{bar}	Lanç	Instantâneo (m ³ /h)	Diário (Vd, m ³ /d)	Contínuo diário (Vd/24, m ³ /h)	Anual (m ³ /ano)	Instantâneo	Contínuo diário
Ribeirão do Peixe	1120	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%
Ribeirão Boa Vista	426	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%
Córrego do Barreiro	479	300	0	0	300	7197	300	1.798.908	63%	63%
Ribeirão do Bebedouro	2154	179	26	25	179	1428	59	437.223	8%	3%
Ribeirão do Dourado	216	76	73	0	3	-267	-11	-180.758	2%	-5%
Ribeirão Vermelho	319	0	1	0	-1	-31	-1	-11.357	0%	0%
Ribeirão da Figueira	1316	182	46	0	136	2736	114	653.789	10%	9%
Ribeirão do Batista	291	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%
Ribeirão do Potreiro	1097	48	5	2	45	485	20	138.848	4%	2%

Para todos os cenários simulados, a bacia do Córrego do Gouveia apresenta situação de disponibilidade mais crítica, seguido pelas bacias do Barreiro e Bonito.

O comprometimento da vazão de referência na bacia do Gouveia é superior a 100% da $Q_{7,10}$, ou seja, as vazões outorgadas neste afluente são superiores a mínima de referência atingindo percentual de 250% no Cenário Normativo Conservador (Tabela 6-1).

Nesta tabela é observado que, caso seja considerada a vazão contínua diária ao invés da máxima instantânea, o comprometimento da $Q_{7,10}$ seria de 140%; considerando o efeito da sazonalidade diária, haveria uma redução significativa da vazão de retirada desse sistema. Entretanto, independentemente do cenário adotado, não é suficiente para tornar a bacia não crítica.

O maior usuário da bacia é a irrigação por aspersão do tipo Pivô Central, com várias máquinas já instaladas, derivando elevadas vazões brutas (2.198 m^3/h) de reservatórios de regularização no Córrego da Minhoca; como os reservatórios não são capazes de atender plenamente a demanda para irrigação, foi necessária complementar por meio de uma reversão de 80 m^3/h a partir do Córrego do Gouveia para os reservatórios.

Também foi identificado nesta bacia uma antiga captação direta de 283,20 m^3/h , para a finalidade de abastecimento público; embora esse registro esteja vencido no cadastro de outorgas da ANA, foi observado indícios de estação elevatória próxima à coordenada deste uso e, por esse motivo, foi contabilizada no balanço.

Considerando o cenário Normativo-Moderado (Tabela 6.2) observa-se que o comprometimento da vazão de referência da bacia do Gouveia reduz para 141% e 84% no balanço hídrico das vazões instantâneas declaradas e das médias diárias, respectivamente. Para quaisquer cenários de demanda hídrica, essa bacia estaria altamente crítica, demonstrando necessidade de revisão das outorgas já deferidas e confirmação do consumo das existentes.

As bacias Córrego do Barreiro e do Ribeirão Bonito apresentam comprometimento da $Q_{7,10}$ de 53% e 43%, respectivamente, para a simulação Normativa-Conservadora (Tabela 6.1); por se tratar de captações diretas, não foi

verificado redução do percentual do comprometimento hídrico, mesmo no cenário Normativo-Moderado (Tabela 6.2), confirmando que essas bacias apresentam disponibilidade hídrica comprometida; é observado que as captações deferidas são para a finalidade de irrigação, sendo poucos usuários, e elevadas vazões.

As bacias do Ribeirão dos Pinheirinhos, Bonito e do Córrego do Monjolo apresentam grandes vazões de captação já outorgadas, entretanto, o balanço de disponibilidade hídrica é compensado pelo elevado lançamento existente nesses córregos, compensando as retiradas. Frisa-se, contudo, que a análise é quantitativa, não sendo avaliado as questões qualitativas.

As sub bacias do córrego Lagoa Seca e do Ribeirão da Rasteira, apresentam comprometimento da $Q_{7,10}$ moderado, com percentuais entre 30 e 40% para Cenário Normativo-Conservador e de 20 e 35% no cenário Normativo-Moderado.

A bacia do córrego Lagoa Seca apresenta vazões de captação superficial iguais ou inferiores a $35 \text{ m}^3/\text{h}$, sendo que a maioria deriva a partir de reservatório de regularização. Considerando balanço hídrico pela vazão instantânea declarada, nos cenários Normativo-Conservador e Normativo-Moderado, é observado uma redução do comprometimento da $Q_{7,10}$, de 39% para 23%.

A situação acima discutida evidencia a importância da regularização de vazões por reservatórios, sobretudo em bacias pequenas (caso do Córrego Lago Seca), garantindo uma disponibilidade hídrica em condições adequadas para a manutenção tanto dos seus usuários, quanto do ecossistema aquático. Por esse motivo, ferramentas e metodologias abarcando a regularização de vazão poderiam ser adotadas para análise do balanço hídrico no contexto do planejamento dos recursos hídricos.

Redução entre 5 e 10% do comprometimento da $Q_{7,10}$ também foi verificada nas bacias do Ribeirão Pinheirinho e do Tamanduá, quando comparados os cenários Normativo-Conservador (Tabela 6.1) com o Normativo-Moderado (Tabela 6.2), corroborando a afirmação anterior, do efeito positivo da regularização de vazões por barragens.



As demais sub bacias do Rio Jacaré-Pepira apresentaram percentual de comprometimento relativamente baixo, inferiores a 30%.

As simulações para cenários restritivos para a vazão de referência (Tabelas 6.3 e 6.4), representam as condições recentes de baixas afluências nessas bacias; nestas condições é observado que o comprometimento da $Q_{7,10}$ aumentaria e as bacias dos ribeirões Barreiro e Bonito já estariam críticas tanto para a simulação Restritiva-Conservadora, quanto a Restritiva-Moderada.

Quando foi considerado a condição Moderada para a estimativa das demandas (que considera efeito da regularização de vazão pelos reservatórios), é observado que as bacias do Pinheirinho, Tamanduá e do Dourado apresentam valor negativo para o Percentual de Comprometimento da $Q_{7,10}$; nestas bacias o volume diário de lançamentos suplanta o retirado pelas captações e, teoricamente, a disponibilidade desses mananciais seria superior a mínima de referência durante os meses de estiagem.

Também foi elaborado o balanço hídrico das outorgas e determinação do saldo de disponibilidade ao longo do perfil longitudinal do talvegue principal do Rio Jacaré-Pepira; da Tabela 6-5 a Tabela 6-8 são apresentadas as estimativas do balanço da disponibilidade hídrica nas seções ao longo do Rio Jacaré-Pepira, definidas nas confluências dos afluentes tributários. A ordenação, descrição e definição das seções seguiu a metodologia já descrita no item 3.2.

Os Gráficos 6.1 a 6.4 apresentam de forma gráfica, as estimativas do saldo de disponibilidade hídrica ao longo do Rio Jacaré-Pepira, nos diferentes Cenários Prováveis de avaliação.

Avaliando as condições normativas do Saldo de Disponibilidade Hídrica do rio (Cenário Normativo-Conservador, Tabela 6-5 – Gráfico 6.1), é observado que até a confluência com o Córrego do Gouveia, o comprometimento da $Q_{7,10}$ está em torno de 10%, portanto o Saldo de Disponibilidade é altamente positivo neste trecho inicial do rio; há um significativo aumento das retiradas do sistema a partir da bacia do Gouveia, comprometendo 45% da $Q_{7,10}$; o trecho seguindo do talvegue compreendido entre as confluências do Gouveia (47 km do perfil do Talvegue) e do Rasteira (57 km) apresenta percentuais de comprometimento entre 45 e 40%, sendo classificada como *Alerta* a condição do Saldo de



Disponibilidade; a partir do Ribeirão da Rasteira o Saldo de Disponibilidade no Jacaré-Pepira cresce gradativamente, aumento a vazão disponível do rio; ao final do trecho analisado, na confluência com o Ribeirão Potreiro, o percentuais de comprometimento seriam em torno de 23%, que é uma condição classificada como pouco preocupante.

Analisando o efeito da regularização por barramentos no Saldo de Disponibilidade Hídrica no Cenário Normativo-Moderado (Tabela 6-6 – Gráfico 6.2), é observado que os percentuais de comprometimento da $Q_{7,10}$ estariam entre 21 e 25%, para o trecho mais crítico do Jacaré-Pepira, entre os Ribeirões Gouveia e o Rasteira. Esse cenário evidencia a eficiência da manutenção da disponibilidade hídrica nos mananciais por meio de estruturas de reservação ressaltando importância de considerar as vazões regularizadas no balanço de disponibilidade.

Na seção do Ribeirão Potreiros desse cenário, o comprometimento da $Q_{7,10}$ seria em torno de 17%, ou seja, apenas 5% menor que a estimativa do Cenário Normativo-Conservador (Tabela 6-5), mantendo a classificação de disponibilidade desta seção perante a simulação anterior.

Avaliando o Saldo de Disponibilidade Hídrica para os cenários Restritivos perante estimativa da $Q_{7,10}$, é observado que para a simulação Restritiva-Conservadora, o trecho do Jacaré-Pepira, entre o Gouveia e o Córrego da Lagoa Seca já estaria crítico; a condição *Alerta* - baixa disponibilidade hídrica, com percentuais de comprometimento iguais ou maiores a 40% estenderia até o Ribeirão do Peixe (70 km do perfil do Talvegue).

Para a simulação do Cenário Restritivo-Moderado, que contempla algum efeito de regularização de vazão por reservatórios, não foram identificados trechos críticos do Rio Jacaré-Pepira, sendo observados percentuais de comprometimento entre 26 e 30% no trecho mais crítico.

Para todos os cenários de simulação do Saldo de Disponibilidade Hídrica, o trecho mais crítico do Jacaré-Pepira seria a extensão de 10 km entre o Ribeirão Gouveia e o Córrego da Lagoa Seca, cujas vazões mínimas poderiam atingir valores inferiores a mínima de referência; a extensão destacada contém as

seções T1 – início e T1 – final do primeiro trecho da prática de rafting, podendo comprometer a operação da atividade em períodos de escassez.

O segundo trecho da prática de rafting (seções T2 – início e T2 – final) está compreendido entre as confluências do Ribeirão da Rasteira (57,5 km) e Bonito (62,5 km); esse trecho seria severamente afetado para condições de severa escassez hídrica, conforme demonstrado no Cenário de Simulação Restritivo-Conservador.

Ocorrências na paralização das práticas de rafting neste segundo trecho, foram relatadas para o período recente, corroborando a análise que para condições de estiagem severa, há risco de comprometer a atividade. Como discutido nos itens 2.2 e 3.3, o período recente desde 2010 foram de baixas afluências e, portanto, agrega tanto a análise apresentada quanto as observações de campo.

A avaliação dos cenários Normativos para estimativa da $Q_{7,10}$ são eficientes para avaliação das condições vigentes de disponibilidade no manancial, sendo recomendados para avaliação e deferimento de novos processos de outorgas; já os cenários Restritivos foram elaborados como subsídio na avaliação de condições de longos períodos de escassez, sendo importantes no planejamento futuro da bacia.

As simulações da Demanda Hídrica considerando efeito de regularização de vazões por barragens (simulações *Moderada* para a demanda), demonstram a importância dessas estruturas para manutenção da disponibilidade hídrica nas bacias do Jacaré-Pepira, sendo recomendado a contabilização desse efeito no balanço hídrico.

Por outro lado, deve ser garantido a manutenção da vazão mínima a jusante da barragem, por meio da sua descarga de fundo, sobretudo nos períodos de escassez hídrica; caso o fluxo defluente seja parcialmente interrompido, por motivos arbitrários, o prejuízo agregado dessa prática ilegal comprometerá os demais usos a jusante, potencializando a deterioração da disponibilidade hídrica da bacia.

Tabela 6-5. Disponibilidade hídrica na bacia do Rio Jacaré-Pepira para Cenário Normativo Conservador.

Seção no Rio Jacaré – Pepira até confluência	Vazão Q _{7,10} (m³/h)	Balço Hídrico Superficial (BH _{sup}) BH _{sup} = Cap _{sup} + Cap _{bar} – Lanç				Comprometi-mento da vazão de referência	
		Instan-tâneo (m³/h)	Diário (Vd, m³/d)	Contínuo diário (Vd/24, m³/h)	Anual (m³/ano)	Instan-tâneo	Contín-uo diário
<i>Jacaré_Montan-te</i>	178	1	3	0	1.080	1%	0%
Cór. do Porto do Coqueiro	296	9	106	4	38.736	3%	1%
Jacaré_Patrimô-nio	1309	156	3.310	138	1.193.010	12%	11%
<i>Jacaré_Pinheiri-nho</i>	1.779	210	3.960	165	1.280.970	12%	9%
Ribeirão do Pinheirinho	3.017	283	5.595	233	1.877.154	9%	8%
Jacaré_Taman-duá	4.019	456	9.747	406	3.371.788	11%	10%
Ribeirão do Tamanduá	6.183	515	9.960	415	3.165.080	8%	7%
<i>Jacaré_Monjol-o</i>	6.341	515	9.960	415	3.165.080	8%	7%
Córrego do Monjolo	6.488	555	10.925	455	3.512.408	9%	7%
<i>Jacaré_Gouvei-a</i>	6.761	566	11.181	4.66	3.605.403	8%	7%
Córrego do Gouveia	7.976	3.478	50.324	2.097	8.757.742	44%	26%
<i>Jacaré_Lagoa_Seca</i>	8.020	3.392	48.260	2.011	8.757.742	42%	25%
Córrego da Lagoa Seca	8.193	3.456	48.396	2.016	8.778.765	42%	25%
<i>Jacaré_Rasteir-a</i>	8.492	3.248	42.509	1.771	5.476.384	38%	21%
Ribeirão da Rasteira	9.771	3.639	45.717	1.905	6.631.264	37%	19%
<i>Jacaré_dos_Pi-nheirinhos</i>	9.821	3.639	45.717	1.905	6.631.264	37%	19%
Ribeirão dos Pinheirinhos	13.570	4.069	50.359	2.098	8.247.068	30%	15%
<i>Jacaré_Bonito</i>	13.809	4.469	58.759	2.448	11.271.068	32%	18%

Tabela 6-5. Disponibilidade hídrica na bacia do Rio Jacaré-Pepira para Cenário Normativo Conservador.

Seção no Rio Jacaré – Pepira até confluência	Vazão Q _{7,10} (m ³ /h)	Balanco Hídrico Superficial (BH _{sup}) BH _{sup} = Cap _{sup} + Cap _{bar} – Lanç				Comprometi- mento da vazão de referência	
		Instan- tâneo (m ³ /h)	Diário (Vd, m ³ /d)	Contínuo diário (Vd/24, m ³ /h)	Anual (m ³ /ano)	Instan- tâneo	Contín- uo diário
Ribeirão Bonito	14.370	4.702	63.991	2.666	13.109.991	33%	19%
Jacaré_Peixe	14.733	5.029	67.105	2.796	14.199.866	34%	19%
Ribeirão do Peixe	16.068	5029	67.105	2796	14.199.866	31%	17%
Jacaré_Boa_Vi sta	16.204	5029	67.105	2796	14.199.866	31%	17%
Ribeirão Boa Vista	16.731	5029	67.105	2796	14.199.866	30%	17%
Jacaré_Barrei ro	17.006	5029	67.105	2796	14.199.866	30%	16%
Córrego do Barreiro	17.580	5329	74.302	3096	15.998.774	30%	18%
Jacaré_Bebedo uro	17.639	5329	74.302	3096	15.998.774	30%	18%
Ribeirão do Bebedouro	20.278	5533	76.097	3171	16.569.066	27%	16%
Jacaré_Dourad o	20.725	5533	76.097	3171	16.569.066	27%	15%
Ribeirão do Dourado	20.986	5536	75.830	3160	16.388.308	26%	15%
Jacaré_Vermel ho	21.278	5536	75.834	3160	16.517.908	26%	15%
Ribeirão Vermelho	21.675	5535	75.803	3158	16.506.550	26%	15%
Ribeirão da Figueira	23.270	5671	78.539	3272	17.160.340	24%	14%
Jacaré_Batista	23.637	5671	78.539	3272	17.160.340	24%	14%
Ribeirão do Batista	23.992	5671	78.539	3272	17.160.340	24%	14%
Jacaré_Potreir o	24.193	5741	78.749	3281	17.220.400	24%	14%
Ribeirão do Potreiro	25.547	5788	88.339	3681	17.378.030	23%	14%

Tabela 6-6. Disponibilidade hídrica na bacia do Rio Jacaré-Pepira para Cenário Normativo Moderado.

Seção no Rio Jacaré – Pepira até confluência	Vazão Q _{7,10} (m³/h)	Balço Hídrico Superficial (BH _{sup}) BH _{sup} = Cap _{sup} + Cap _{bar} – Lanç				Comprometi- mento da vazão de referência	
		Instan- tâneo (m³/h)	Diário (Vd, m³/d)	Contínuo diário (Vd/24, m³/h)	Anual (m³/ano)	Instan- tâneo	Contín- uo diário
Jacaré_Montan- te	178	1	3	0	1.080	1%	0%
Cór. do Porto do Coqueiro	296	7	63	3	22.968	2%	1%
Jacaré_Patrimô- nio	1309	155	3.267	136	1.177.242	12%	10%
Jacaré_Pinheiri- nho	1.779	209	3.917	163	1.265.202	12%	9%
Ribeirão do Pinheirinho	3.017	199	3.607	150	1.151.586	7%	5%
Jacaré_Taman- duá	4.019	372	7.759	323	2.646.220	9%	8%
Ribeirão do Tamanduá	6.183	280	6.772	282	2.161.412	5%	5%
Jacaré_Monjol- o	6.341	280	6.772	282	2.161.412	4%	4%
Córrego do Monjolo	6.488	321	7.736	322	2.508.740	5%	5%
Jacaré_Gouvei- a	6.761	323	7.805	325	2.533.397	5%	5%
Córrego do Gouveia	7.976	1.959	31.244	1.302	6.469.377	25%	16%
Jacaré_Lagoa- Seca	8.020	1.873	29.180	1.216	6.469.377	23%	15%
Córrego da Lagoa Seca	8.193	1.910	29.249	1.219	6.479.078	23%	15%
Jacaré_Rasteir- a	8.492	1.702	23.362	973	3.176.697	20%	11%
Ribeirão da Rasteira	9.771	2.093	26.570	1.107	4.331.577	21%	11%
Jacaré_dos_Pi- nheirinhos	9.821	2.093	26.570	1.107	4.331.577	21%	11%
Ribeirão dos Pinheirinhos	13.570	2.522	31.177	1.299	5.934.422	19%	10%
Jacaré_Bonito	13.809	2.922	39.577	1.649	8.958.422	21%	12%

Tabela 6-6. Disponibilidade hídrica na bacia do Rio Jacaré-Pepira para Cenário Normativo Moderado.

Seção no Rio Jacaré – Pepira até confluência	Vazão Q _{7,10} (m³/h)	Balço Hídrico Superficial (BH _{sup}) BH _{sup} = Cap _{sup} + Cap _{bar} – Lanç				Comprometi- mento da vazão de referência	
		Instan- tâneo (m³/h)	Diário (Vd, m³/d)	Contínuo diário (Vd/24, m³/h)	Anual (m³/ano)	Instan- tâneo	Contín- uo diário
Ribeirão Bonito	14.370	3.155	44.809	1.867	10.797.345	22%	13%
Jacaré_Peixe	14.733	3.466	47.788	1.991	11.854.820	24%	14%
Ribeirão do Peixe	16.068	3.466	47.788	1.991	11.854.820	22%	12%
Jacaré_Boa_Vi sta	16.204	3.466	47.788	1.991	11.854.820	21%	12%
Ribeirão Boa Vista	16.731	3.466	47.788	1.991	11.854.820	21%	12%
Jacaré_Barrei ro	17.006	3.466	47.788	1.991	11.854.820	20%	12%
Córrego do Barreiro	17.580	3.766	54.985	2.291	13.653.728	21%	13%
Jacaré_Bebedo uro	17.639	3.766	54.985	2.291	13.653.728	21%	13%
Ribeirão do Bebedouro	20.278	3.945	56.413	2.351	14.090.950	19%	12%
Jacaré_Dourad o	20.725	3.945	56.413	2.351	14.090.950	19%	11%
Ribeirão do Dourado	20.986	3.948	56.146	2.339	13.910.192	19%	11%
Jacaré_Vermel ho	21.278	3.948	56.150	2.340	14.039.792	19%	11%
Ribeirão Vermelho	21.675	3.947	56.118	2.338	14.028.436	18%	11%
Ribeirão da Figueira	23.270	4.083	58.854	2.452	14.682.224	18%	11%
Jacaré_Batista	23.637	4.083	58.854	2.452	14.682.224	17%	10%
Ribeirão do Batista	23.992	4.083	58.854	2.452	14.682.224	17%	10%
Jacaré_Potreir o	24.193	4.153	59.064	2.461	14.742.284	17%	10%
Ribeirão do Potreiro	25.547	4.198	59.549	2.481	14.888.475	16%	10%

Tabela 6-7. Disponibilidade hídrica na bacia do Rio Jacaré-Pepira para Cenário Restritivo Conservador.

Seção no Rio Jacaré – Pepira até confluência	Vazão Q _{7,10} (m ³ /h)	Balço Hídrico Superficial (BH _{sup}) BH _{sup} = Cap _{sup} + Cap _{bar} – Lanç				Comprometi- mento da vazão de referência	
		Instan- tâneo (m ³ /h)	Diário (Vd, m ³ /d)	Contínuo diário (Vd/24, m ³ /h)	Anual (m ³ /ano)	Instan- tâneo	Contín- uo diário
<i>Jacaré_Montan- te</i>	87	1	3	0	1.080	1%	0%
Cór. do Porto do Coqueiro	237	9	106	4	38.736	4%	2%
Jacaré_Patrimô- nio	1.045	156	3.310	138	1.193.010	15%	13%
<i>Jacaré_Pinheiri- nho</i>	1.425	210	3.960	165	1.280.970	15%	12%
Ribeirão do Pinheirinho	2.432	283	5.595	233	1.877.154	12%	10%
Jacaré_Taman- duá	3.246	456	9.747	406	3.371.788	14%	13%
Ribeirão do Tamanduá	5.031	515	9.960	415	3.165.080	10%	8%
<i>Jacaré_Monjol- o</i>	5.159	515	9.960	415	3.165.080	10%	8%
Córrego do Monjolo	5.278	555	10.925	455	3.512.408	11%	9%
<i>Jacaré_Gouvei- a</i>	5.502	566	11.181	4.66	3.605.403	10%	8%
Córrego do Gouveia	6.496	3.478	50.324	2.097	8.757.742	54%	32%
<i>Jacaré_Lagoa_ Seca</i>	6.532	3.392	48.260	2.011	8.757.742	52%	31%
Córrego da Lagoa Seca	6.673	3.456	48.396	2.016	8.778.765	52%	30%
<i>Jacaré_Rasteir- a</i>	6.916	3.248	42.509	1.771	5.476.384	47%	26%
Ribeirão da Rasteira	7.958	3.639	45.717	1.905	6.631.264	46%	24%
<i>Jacaré_dos_Pi- nheirinhos</i>	7.999	3.639	45.717	1.905	6.631.264	45%	24%
Ribeirão dos Pinheirinhos	11.048	4.069	50.359	2.098	8.247.068	37%	19%
<i>Jacaré_Bonito</i>	11.254	4.469	58.759	2.448	11.271.068	40%	22%

Tabela 6-7. Disponibilidade hídrica na bacia do Rio Jacaré-Pepira para Cenário Restritivo Conservador.

Seção no Rio Jacaré – Pepira até confluência	Vazão Q _{7,10} (m³/h)	Balço Hídrico Superficial (BH _{sup}) BH _{sup} = Cap _{sup} + Cap _{bar} – Lanç				Comprometi- mento da vazão de referência	
		Instan- tâneo (m³/h)	Diário (Vd, m³/d)	Contínuo diário (Vd/24, m³/h)	Anual (m³/ano)	Instan- tâneo	Contín- uo diário
Ribeirão Bonito	11.709	4.702	63.991	2.666	13.109.991	40%	23%
Jacaré_Peixe	12.002	5.029	67.105	2.796	14.199.866	42%	23%
Ribeirão do Peixe	13.125	5029	67.105	2796	14.199.866	38%	21%
Jacaré_Boa_Vi sta	13.237	5029	67.105	2796	14.199.866	38%	21%
Ribeirão Boa Vista	13.664	5029	67.105	2796	14.199.866	37%	20%
Jacaré_Barreir o	13.889	5029	67.105	2796	14.199.866	36%	20%
Córrego do Barreiro	14.372	5329	74.302	3096	15.998.774	37%	22%
Jacaré_Bebedo uro	14.420	5329	74.302	3096	15.998.774	37%	21%
Ribeirão do Bebedouro	16.564	5533	76.097	3171	16.569.066	33%	19%
Jacaré_Dourad o	16.945	5533	76.097	3171	16.569.066	33%	19%
Ribeirão do Dourado	17.155	5536	75.830	3160	16.388.308	32%	18%
Jacaré_Vermel ho	17.390	5536	75.834	3160	16.517.908	32%	18%
Ribeirão Vermelho	17.711	5535	75.803	3158	16.506.550	31%	18%
Ribeirão da Figueira	19.029	5671	78.539	3272	17.160.340	30%	17%
Jacaré_Batista	19.344	5671	78.539	3272	17.160.340	29%	17%
Ribeirão do Batista	19.626	5671	78.539	3272	17.160.340	29%	17%
Jacaré_Potreir o	19.806	5741	78.749	3281	17.220.400	29%	17%
Ribeirão do Potreiro	20.882	5788	88.339	3681	17.378.030	28%	18%

Tabela 6-8. Disponibilidade hídrica na bacia do Rio Jacaré-Pepira para Cenário Restritivo Moderado.

Seção no Rio Jacaré – Pepira até confluência	Vazão Q _{7,10} (m³/h)	Balanço Hídrico Superficial (BH _{sup}) BH _{sup} = Cap _{sup} + Cap _{bar} – Lanç				Comprometimento da vazão de referência	
		Instantâneo (m³/h)	Diário (V _d , m³/d)	Contínuo diário (V _d /24, m³/h)	Anual (m³/ano)	Instantâneo	Contínuo diário
Jacaré_Montan-te	87	1	3	0	1.080	1%	0%
Cór. do Porto do Coqueiro	237	7	63	3	22.968	3%	1%
Jacaré_Patrimônio	1.045	155	3.267	136	1.177.242	15%	13%
Jacaré_Pinheirinho	1.425	209	3.917	163	1.265.202	15%	11%
Ribeirão do Pinheirinho	2.432	199	3.607	150	1.151.586	8%	6%
Jacaré_Tamanduá	3.246	372	7.759	323	2.646.220	11%	10%
Ribeirão do Tamanduá	5.031	280	6.772	282	2.161.412	6%	6%
Jacaré_Monjolo	5.159	280	6.772	282	2.161.412	5%	5%
Córrego do Monjolo	5.278	321	7.736	322	2.508.740	6%	6%
Jacaré_Gouveia	5.502	323	7.805	325	2.533.397	6%	6%
Córrego do Gouveia	6.496	1.959	31.244	1.302	6.469.377	30%	20%
Jacaré_Lagoa_Seca	6.532	1.873	29.180	1.216	6.469.377	29%	19%
Córrego da Lagoa_Seca	6.673	1.910	29.249	1.219	6.479.078	29%	18%
Jacaré_Rasteira	6.916	1.702	23.362	973	3.176.697	25%	14%
Ribeirão da Rasteira	7.958	2.093	26.570	1.107	4.331.577	26%	14%
Jacaré_dos_Pinheirinhos	7.999	2.093	26.570	1.107	4.331.577	26%	14%
Ribeirão dos Pinheirinhos	11.048	2.522	31.177	1.299	5.934.422	23%	12%
Jacaré_Bonito	11.254	2.922	39.577	1.649	8.958.422	26%	15%

Tabela 6-8. Disponibilidade hídrica na bacia do Rio Jacaré-Pepira para Cenário Restritivo Moderado.

Seção no Rio Jacaré – Pepira até confluência	Vazão Q _{7,10} (m³/h)	Balanço Hídrico Superficial (BH _{sup}) BH _{sup} = Cap _{sup} + Cap _{bar} – Lanç				Comprometi- mento da vazão de referência	
		Instan- tâneo (m³/h)	Diário (Vd, m³/d)	Contínuo diário (Vd/24, m³/h)	Anual (m³/ano)	Instan- tâneo	Contín- uo diário
Ribeirão Bonito	11.709	3.155	44.809	1.867	10.797.345	27%	16%
Jacaré_Peixe	12.002	3.466	47.788	1.991	11.854.820	29%	17%
Ribeirão do Peixe	13.125	3.466	47.788	1.991	11.854.820	26%	15%
Jacaré_Boa_Vista	13.237	3.466	47.788	1.991	11.854.820	26%	15%
Ribeirão Boa Vista	13.664	3.466	47.788	1.991	11.854.820	25%	15%
Jacaré_Barreiro	13.889	3.466	47.788	1.991	11.854.820	25%	14%
Córrego do Barreiro	14.372	3.766	54.985	2.291	13.653.728	26%	16%
Jacaré_Bebedouro	14.420	3.766	54.985	2.291	13.653.728	26%	16%
Ribeirão do Bebedouro	16.564	3.945	56.413	2.351	14.090.950	24%	14%
Jacaré_Dourado	16.945	3.945	56.413	2.351	14.090.950	23%	14%
Ribeirão do Dourado	17.155	3.948	56.146	2.339	13.910.192	23%	14%
Jacaré_Vermelho	17.390	3.948	56.150	2.340	14.039.792	23%	13%
Ribeirão Vermelho	17.711	3.947	56.118	2.338	14.028.436	22%	13%
Ribeirão da Figueira	19.029	4.083	58.854	2.452	14.682.224	21%	13%
Jacaré_Batista	19.344	4.083	58.854	2.452	14.682.224	21%	13%
Ribeirão do Batista	19.626	4.083	58.854	2.452	14.682.224	21%	12%
Jacaré_Potreiro	19.806	4.153	59.064	2.461	14.742.284	21%	12%
Ribeirão do Potreiro	20.882	4.198	59.549	2.481	14.888.475	20%	12%

Gráfico 6.1. Balanço hídrico do Rio Jacaré – Pepira, para o Cenário Normativo-Conservador.

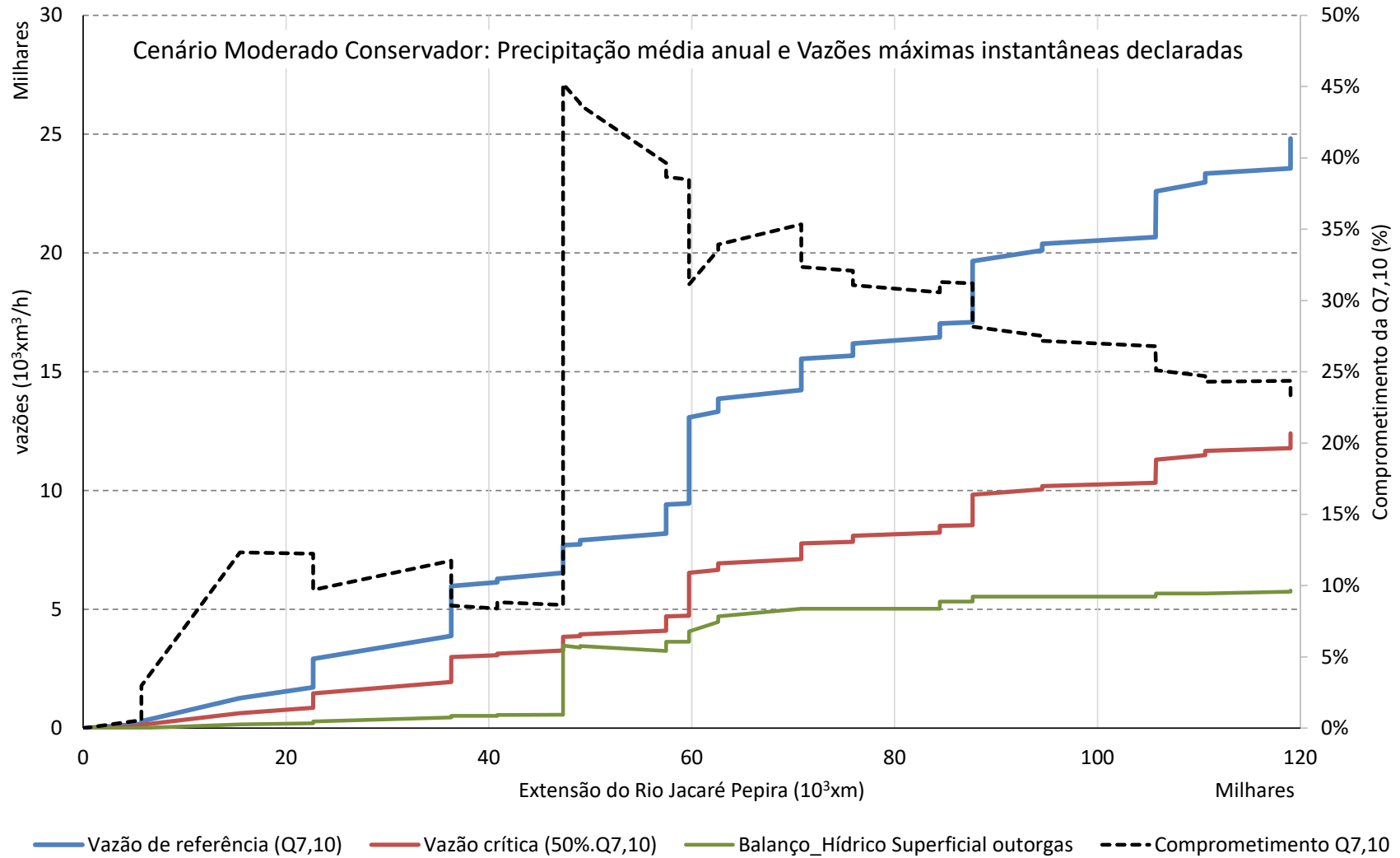


Gráfico 6.2. Balanço hídrico do Rio Jacaré – Pepira, para o Cenário Normativo-Moderado.

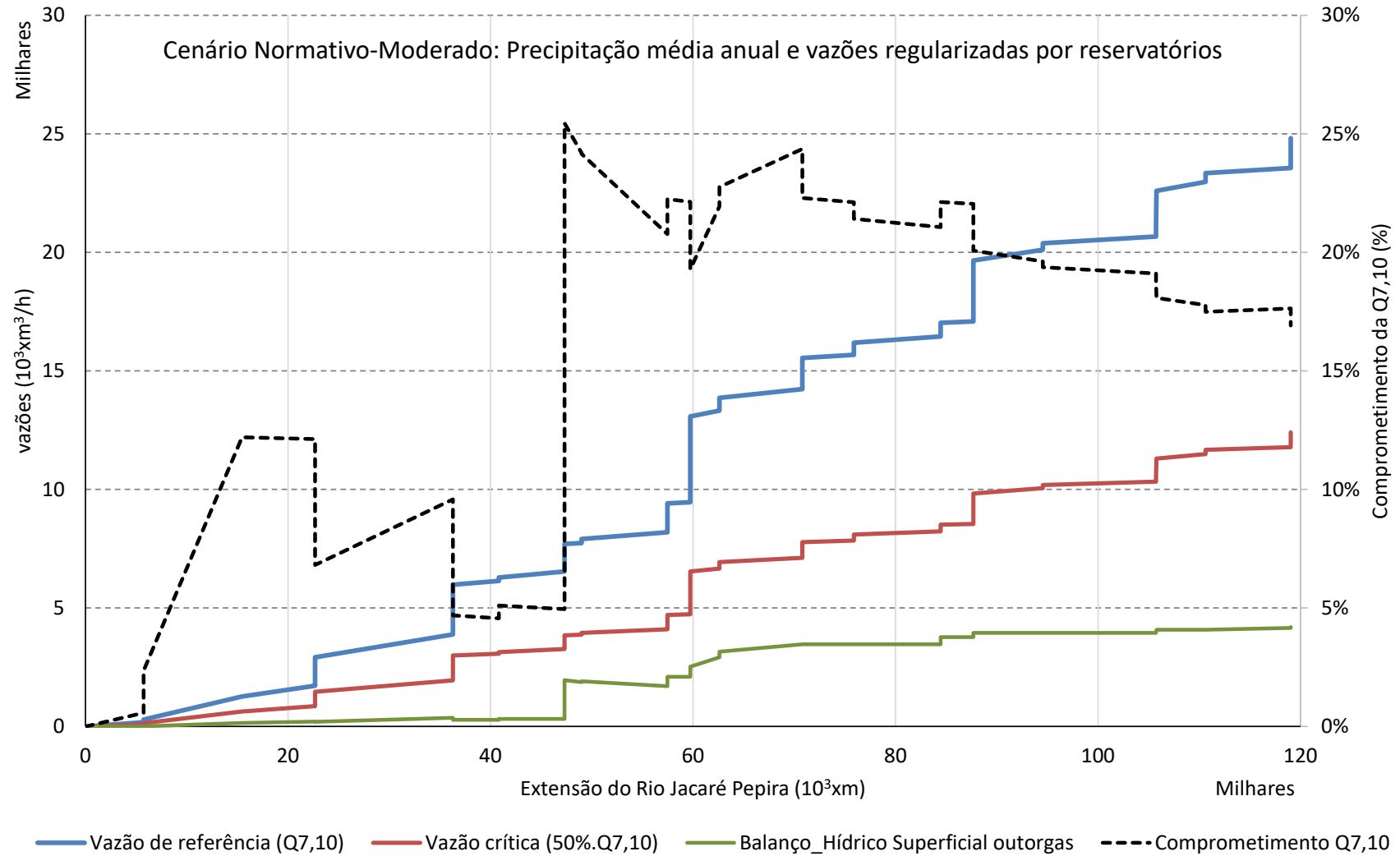


Gráfico 6.3. Balanço hídrico do Rio Jacaré – Pepira, para o Cenário Restritivo-Conservador.

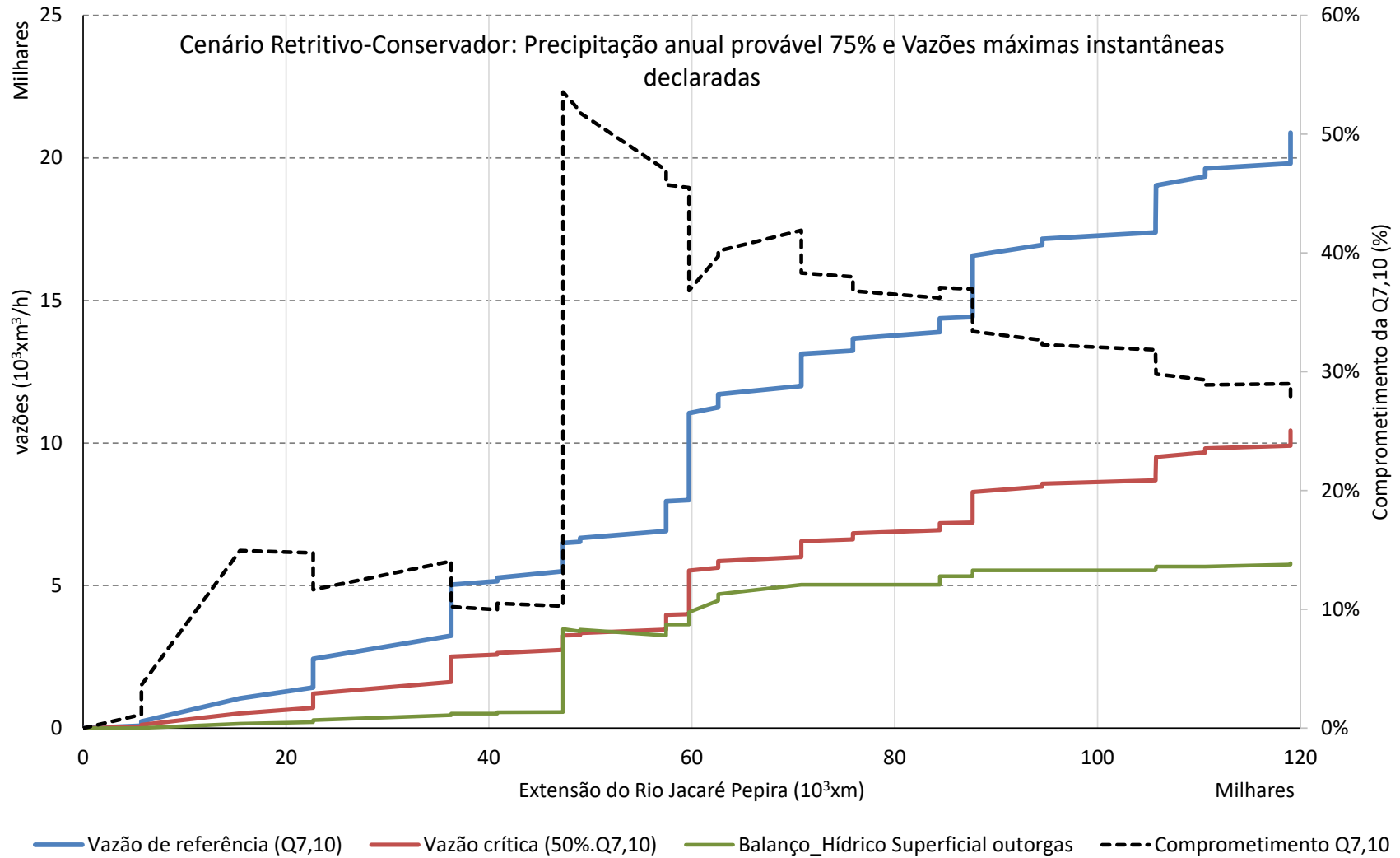
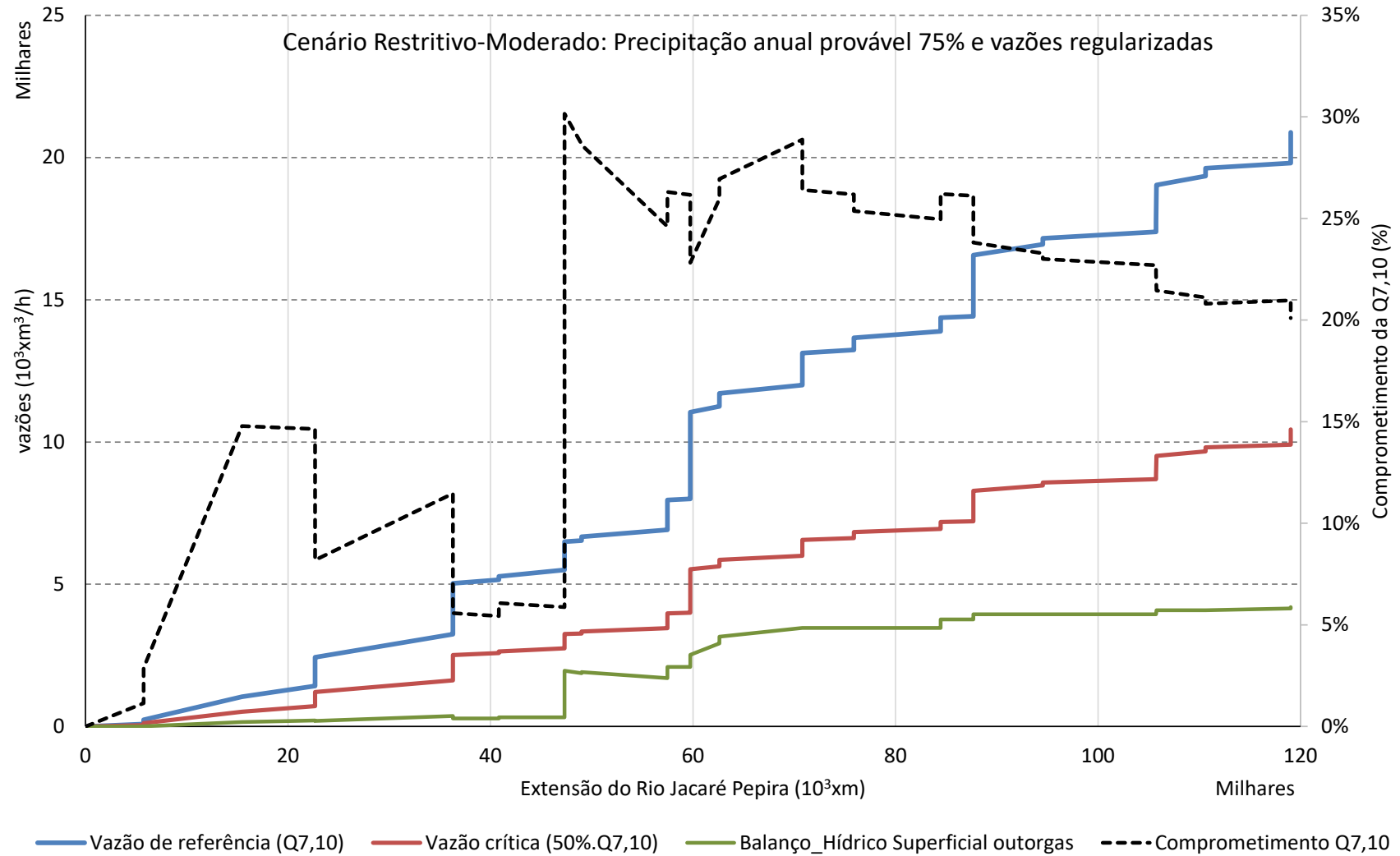


Gráfico 6.4. Balanço hídrico do Rio Jacaré – Pepira, para o Cenário Restritivo-Moderado.



7 ANÁLISE DO EFEITO DA REPRESA DO PATRIMÔNIO NAS VAZÕES DE REFERÊNCIA

Analisada a estação fluviométrica 5D-028, procedeu-se a análise dos efeitos da regularização de vazão proporcionado pela Represa do Patrimônio (Usina do Jacaré) nas vazões dos trechos dos pontos T1 e T2 (Tabela 3-1).

A Represa do Patrimônio localiza-se na porção de montante do Rio Jacaré Pepira com área de drenagem igual a 93,3 km². Adotando uma precipitação média 1.450 mm, valor próximo à precipitação média da bacia no período de seca (Item 3.3), e os coeficientes da Tabela 3-11, estima-se a $Q_{7,10}$:

$$Q_{7,10} \left(\frac{l}{s} \right) = X_{1,10} \cdot C_{7,10} \cdot (A + B) \cdot [a + b \cdot P_{anual}] \cdot A (km^2)$$

$$Q_{7,10} \left(\frac{l}{s} \right) = 0,759 \cdot 0,85 \cdot (0,6141 + 0,0257) \cdot [-4,62 + 0,0098 \cdot 1.450] \cdot 93,3 \quad \text{Equação 6}$$

$$Q_{7,10} \left(\frac{l}{s} \right) = 369,3 \frac{l}{s} = 1.329 \text{ m}^3/h$$

Conforme normas do DAEE, o máximo comprometimento da $Q_{7,10}$ permitido para retiradas das bacias seria 50% da $Q_{7,10}$, ou seja, no balanço hídrico das bacias a máxima vazão a ser regularizada é metade da $Q_{7,10}$. Portanto, a vazão liberada a jusante dos barramentos (pela descarga de fundo) seria entre 50% e 100% desta $Q_{7,10}$:

$$Q_{regularizada} \left(\frac{l}{s} \right) = 50\% \cdot Q_{7,10} = 184,7 \frac{l}{s} = 665 \frac{m^3}{h} \quad \text{Equação 7}$$

Conclui-se, que à jusante da Represa do Patrimônio, a vazão mínima liberada ao Rio Jacaré-Pepira seria entre 665 e 1329 m³/h. Desta forma, estimou-se a $Q_{7,10}$ para os pontos de início e fim dos Trechos 1 e 2 e para o exutório considerado (confluência com o Ribeirão Potreiro), retirando, a posteriori, a valor da vazão regularizada. O resultado encontra-se na Tabela 7-1.

Tabela 7-1. Vazões de referência nos pontos de interesse.

PONTO	ÁREA DE	Q7,10	Redução das vazões mínimas, retirando 100% a contribuição da Patrimônio		Redução das vazões mínimas, retirando 50% a contribuição da Patrimônio	
	DRENAGEM (km ²)	(m ³ /h)	Q7,10 - 665 (m ³ /h)	% de redução	Q7,10 - 1329 (m ³ /h)	% de redução
T1 - INÍCIO	451,43	6.433	5.768	-10%	5.104	- 20%
T1 - FIM	533,30	7.600	6.935	-9%	6.271	- 18%
T2 - INÍCIO	651,95	9.291	8.626	-7%	7.962	- 14%
T2 - FIM	967,99	13.794	13.129	-5%	12.465	- 10%
T3 - Potreiros	1.773,94	25.279	24.614	-3%	23.950	-6%

Analisando a Tabela 7-1, observa-se que os efeitos da regularização causados pela Represa do Patrimônio na vazão de referência dos pontos de interesse, poderiam afetar levemente, não ocasionado severa indisponibilidade ou inviabilizando os usos pretendidos como a prática de esportes aquáticos.

As reduções são da ordem de 10 a 20% no trecho de *bóia-cross* (T1), mais à montante e, portanto, mais próximo da Represa; já para trecho de *rafting* (T2) a influência de restrição das vazões mínima seria em torno de 5 e 14%.

À medida que a distância da barragem aumenta, o ganho de área e, conseqüentemente, de vazão, decorrente da afluência de diversos cursos hídricos reduz os efeitos da regularização, sendo praticamente residual na confluência com o Ribeirão Potreiros.

8 VAZÕES MÁXIMAS NAS BACIAS DO JACARÉ-PEPIRA Q2, Q10 E Q100

Para a estimativa das vazões máximas solicitadas – Q2, Q10 e Q100, as vazões máximas para, respectivamente, 2, 10 e 100 anos de Tempo de Retorno – foi utilizado o método chuva-vazão do hidrograma unitário sintético aplicado a bacias hidrográficas de tamanhos médios. Segundo Ponce (1989), uma bacia hidrográfica de tamanho médio apresenta as seguintes características, as quais podem ser encontradas na bacia em estudo:

- A intensidade da precipitação varia com a duração da chuva;
- A precipitação pode ser considerada uniformemente distribuída no espaço;
- O escoamento superficial ocorre por escoamento em superfícies e canais;
- As declividades dos canais são íngremes o suficiente para que o processo de armazenamento e, portanto, de propagação existam, mas sejam pequenos.

A partir das 04 premissas consideradas, a Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré Pepira até a confluência com o Ribeirão dos Potreiros foi considerada como uma rede de canais com as sub bacias interligadas. As sub bacias são as unidades hidrológicas geradoras de hidrogramas, ou seja, unidades de transformação da chuva em vazão. A rede hidrográfica, por sua vez, é interpretada como a rede de canais que direciona e sobrepõe os hidrogramas.

Na modelação foi empregado o software HEC-HMS®, que apresenta rotinas e algoritmos já desenvolvidos para as simulações hidrológicas pretendidas nesse estudo. O HEC-HMS® trata a bacia hidrográfica como um complexo conjunto integrado de elementos hidrológicos, responsáveis por funções específicas na modelagem. As sub bacias, denominadas *sub-basins*, geram os hidrogramas a partir de uma chuva de projeto individualizada. Os trechos de canais do córrego, denominados como *reach*, transladam os hidrogramas que, posteriormente, são integrados em elementos de junção e sobreposição, denominados de *junctions*.

As junctions são elementos hidrológicos do modelo para interligação entre diferentes trechos do Rio Jacaré-Pepira, as quais servem para receber a vazão

de escoamento superficial das sub bacias conectadas e servem como ponto de análise específica ou da contribuição de um manancial (confluência).

A Tabela 8-1 apresenta os resultados para a simulação dessas vazões para evento chuvoso com duração de 24 horas. No [Apêndice IX](#), encontra-se o estudo completo e o detalhamento das estimativas e metodologias adotadas.

Tabela 8-1. Estimativa das vazões máximas Q2, Q10 e Q100 do Rio Jacaré-Pepira, em função da área da bacia.

Seção no Rio Jacaré – Pepira até confluência com tributário...	Junction (HEC-HMS) Avaliação	Área de drenagem (km ²)	Distância da Foz (km)	Vazões máximas, associadas ao tempo de retorno (m ³ /s)		
				Q2	Q10	Q100
Jacaré_Patrimônio	BHJP01	92,3	15,465	70	69,5	247,7
Ribeirão do Pinheirinho	RJP-T03	207,0	22,670	42,9	109,7	383,1
Ribeirão do Tamanduá	JP-06	414,4	36,285	78,4	169,8	508,9
Córrego do Monjolo	JP-08	434,8	40,815	72,4	159,1	469,6
Córrego do Gouveia	JP-11	532,0	47,315	74,4	154,5	468,2
Córrego da Lagoa Seca	JP-13	546,4	48,985	73,6	153,3	462,0
Ribeirão da Rasteira	JP-14	651,7	57,465	82,9	156,6	477,3
Ribeirão dos Pinheirinhos	JP-16	911,3	59,735	135	234,9	673,7
Ribeirão Bonito	JP-17	966,9	62,600	144	238,7	710,0
JP-14	JP-20	1086,5	70,805	153,7	257,8	762,1
Ribeirão Boa Vista	JP-21	1132,4	75,885	153,4	256,7	727,1
Córrego do Barreiro	JP-22	1191,1	84,455	144,6	248,4	727,2
Ribeirão do Bebedouro	JP-23	1386,2	87,685	147,3	257,6	747,5
Ribeirão do Dourado	JP-25	1437,4	94,550	145,2	255,5	738,8
Ribeirão Vermelho	JP-26	1487,6	105,720	139,7	251,1	717,6
Ribeirão da Figueira	JP-27	1600,2	105,771	139	250,5	717,8
Ribeirão do Batista	JP-29	1656,5	110,620	132,7	246,7	702,6
Ribeirão do Potreiro	JP-30	1776,3	119,035	132,7	245	696,1

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

9.1 QUANTO A DISPONIBILIDADE HÍDRICA E VAZÕES AFLUENTES NO JACARÉ - PEPIRA:

Segundo análise da série histórica fluviométricas das vazões diárias (5D-028), foram observados, vazões médias e mínimas anuais decrescentes, desde 2021. Esse período de quase 15 anos de baixas afluências afetou a disponibilidade hídrica do Rio Jacaré-Pepira, podendo ser caracterizado como **Longo Período Seco**.

Embora este **Longo Período Seco** seja restritivo, possivelmente, não será permanente, ou seja, em algum momento posterior haverá tendência de crescimento das precipitações; não é possível precisar a extensão deste período e, por motivos de segurança, recomenda-se estimativas mais conservadoras de precipitação de projeto e, conseqüentemente, das vazões mínimas de referência.

9.2 QUANTO A DEMANDA HÍDRICA E OUTORGAS CADASTRADAS:

A bacia já conta com grande número de outorgas deferidas, destacando-se o uso para a finalidade irrigação. Algumas sub bacias do Jacaré-Pepira já apresentam condições críticas, afetando diretamente a disponibilidade do Rio, sobretudo nos trechos a jusante da confluência com o Córrego Gouveia.

A simulação pelo cenário Normativo-Conservador, demonstra que o trecho do Jacaré-Pepira mais afetado pelas altas demandas já outorgadas seria entre o Ribeirão do Gouveia e o Rasteira.

Numa condição de prolongada estiagem (como o período recente), o efeito dessas altas demandas estenderia até a confluência com o Ribeirão Peixe, afetando o trecho de atividade de Rafting;

As maiores irrigações na bacia estão associadas à regularização por reservatórios de barragens; essas barragens são importantes para reduzir a vazão instantânea retirada dos mananciais, visto que exploram parcialmente o volume regularizável.

Por outro lado, essas estruturas podem representar um alto “risco hidrológico”, sobretudo em períodos de acentuada estiagem, caso não seja liberado a jusante a vazão mínima de referência.

Por esse motivo, é sugerido que nos trechos críticos do Rio Jacaré-Pepira, além do monitoramento do consumo de água, seja GARANTIDO a vazão mínima de referência.

9.3 QUANTO A INFLUÊNCIA DA REPRESA PATRIMÔNIO NA DISPONIBILIDADE DO RIO JACARÉ-PEPIRA:

A barragem Patrimônio está localizada a montante dos trechos de interesse para esportes aquaviários do Jacaré-Pepira, sendo que a bacia de contribuição no eixo do barramento está em torno de 95 km².

Num período de escassez hídrica, caso seja restringida a vazão liberada a jusante, por meio do fechamento parcial da descarga de fundo da barragem, a influência no trecho de Rafting seria entre 10 e 14% das vazões mínimas de referência.

Sugere-se que seja GARANTIDO a liberação de, pelo menos, vazão equivalente a Q7,10 pelos dispositivos de descarga de fundo desta barragem, sobretudo nos meses seco do inverno.

9.4 AVALIAÇÃO INTEGRADA DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NATURAL DO RIO JACARÉ – PEPIRA E DAS INTERFERÊNCIAS A MONTANTE:

A regularização da represa Patrimônio afeta levemente as vazões mínimas dos trechos importantes para esporte aquaviário;

Em períodos de prolongada estiagem, associados com as demandas já outorgadas, a restrição de vazão pela barragem Patrimônio, potencializa a restrição hídrica no Rio Jacaré – Pepira;

Todas as barragens existentes na bacia devem GARANTIR uma vazão mínima defluente que garanta as atividades esportivas do Rio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, Richard G. et al. *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and Drainage Paper 56*. Rome: FAO, 1998. v. 300, n. 9, p. D05109.

ASPIAZÚ, C.; ALVES, L. M.; VALENTE, O. F. Modelos Digitais de Terrenos - Conceituação e Importância. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n. 21, p. 27-36, dez. 1990.

CETESB. Águas interiores – Programa de monitoramento. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/programa-de-monitoramento/>. Acesso em: 12 set. 2023.

DAEE. *Manual de Cálculo das Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo*. Secretaria de Recursos Hídricos Saneamento e Obras. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Plano Estadual de Recursos Hídricos. 1994. 64 p.

DAEE. *Precipitações Intensas no Estado de São Paulo*. Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo, 2018.

EMBRAPA. *Mapa de água disponível do solo (mm/cm) 100-200 cm do Brasil na resolução espacial de 90 m – Versão 2021*. Disponível em: <http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/3477>. Acesso em: 13 set. 2023.

FANG, X.; THOMPSON, D. B.; CLEVELAND, T. G.; PRADHAN, P.; MALLA, R. Time of Concentration Estimated Using Watershed Parameters Determined by Automated and Manual Methods. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 2008.

HAKTANIR, T.; SEZEN. Suitability of two-parameter gamma and three-parameter beta distributions as synthetic unit hydrographs in Anatolia. *Hydrological Sciences Journal*, 1990.

HINKE, T. H.; NOVOTNY, J. Data mining on NASA's Information Power Grid. In: NINTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON HIGH-PERFORMANCE DISTRIBUTED COMPUTING, 9., 2000, Proceedings. Los Alamitos: IEEE Computer Society, 2000. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1109/HPDC.2000.868663>.

HUFF, F. Time Distributions of Heavy Rainstorms in Illinois. Water Survey Campaign, 2022.

IAG. *Boletim climatológico anual da estação meteorológica do IAG/USP 2016*. São Paulo: IAG/USP, 2016. Disponível em: <http://www.estacao.iag.usp.br/Boletins/2016.pdf>. Acesso em: 20 out. 2023.

IPA, I. de P. A. *Atlas de Suscetibilidades dos Solos do Estado de São Paulo*, 2022. <https://doi.org/10.5935/978-65-996417-4-9.B0001>.

LIASI, A.; OUTROS. Regionalização Hidrológica no Estado de São Paulo. *Revista Águas e Energia Elétrica*, São Paulo, ano 5, n. 14, 1988.

NÓBREGA GOMES JÚNIOR, M.; ALVES BRAGA, P. H.; MENDIONDO, E. M.; RIBEIRO REIS, L. F. Análises estatísticas, visuais e não paramétricas para a otimização do ajuste de curvas idf e construção de ábacos de projeto de obras hidráulicas: estudo de caso em São Carlos - SP. *Revista DAE*, São Paulo, v. 69, n. 228, p. 171–189, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.36659/dae.2021.013>. Acesso em: 19 jun. 2024.

PONCE, V. M. *Engineering Hydrology: Principles and Practices*. 1. ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1989.

PORTO, R. de M. *Hidráulica básica*. 4. ed. São Carlos: EESC - USP, 2006.

PORTO, R. L.; ZAHED FILHO, K.; SILVA, R. M. *Medição de vazão e curva chave*. Apostila de Hidrologia Aplicada. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2001. 48 p.

ROSSI, M. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado. In: IF (Vol. 124, Issue 211). SMA/SP, Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo, 2017. Disponível em: http://correiadasilvaadvogados.com/pdf/art_amb/art_amb2.pdf. Acesso em: 19 jun. 2024.

SANTOS, B. C. dos; SOUZA, P. H. de; SANCHES, R. G.; VECCHIA, F. A. da S. O comportamento da precipitação no verão 2013-2014 em São Carlos/SP a partir da classificação dos anos padrões. In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2017, Anais... Campinas: Unicamp, 2017. 12p. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2418>. Acesso em: 20 out. 2023.

SARTORI, A. Avaliação da Classificação Hidrológica do Solo para a Determinação do Excesso de Chuva do Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos. [UNICAMP], 2004. Disponível em: http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/2ad1ccf5cc715b1182f18ada4b78a527_94e5e2ff168aa7bdb82e9438b8838466.pdf. Acesso em: 19 jun. 2024.

SARTORI, A.; HAWKINS, R. H.; GENOVEZ, A. M. Reference Curve Numbers and Behavior for Sugarcane on Highly Weathered Tropical Soils. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v. 137, n. 11, p. 705–711, 2011. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0000354](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000354).

SILVEIRA, A. L. L. da. Desempenho de Fórmulas de Tempo de Concentração em Bacias Urbanas e Rurais. *RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, n. 10, p. 5–23, 2005. Disponível em: http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/9065c5e8a3333d5348b9babd06aaa510_7aad3403a5602667b67dfbb7c3cbd16a.pdf. Acesso em: 19 jun. 2024.

SOUZA, C. M. et al. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with Landsat archive and Earth Engine. *Remote Sensing*, v. 12, n. 17, 2020. <https://doi.org/10.3390/RS12172735>.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. *The water balances*. Centeron, N.J.: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104 p. (Publications in Climatology, v. 8, n. 1).

USDA - U.S. Department of Agriculture. Hydrologic Soil-Cover Complexes. In U.S. Department of Agriculture & Natural Resources Conservation Service (Eds.), *National Engineering Handbook* (pp. 1–20), 2004.

USDA - U.S. Department of Agriculture. *Time of Concentration*. In U.S. Department of Agriculture & Natural Resources Conservation Service (Eds.), *National Engineering Handbook* (p. 29), 1997.

APÊNDICES

- I. Sub-bacias do rio Jacaré-Pepira até a confluência com o Ribeirão Potreiro.
- II. Mapa com a localização da bacia de estudo e distribuição de estações pluviométricas na região.
- III. Mapa da Precipitação Média na BHRJPP e respectivas isoietas.
- IV. Mapa da Precipitação Mediana na BHRJPP e respectivas isoietas.
- V. Mapa da Precipitação $P_{75\%}$ na BHRJPP e respectivas isoietas
- VI. Pontos de interesse e respectivas bacias de contribuição.
- VII. Todos os usos outorgados na BHRJPP.
- VIII. Usos outorgados válidos na BHRJPP.
- IX. Estudo das vazões máximas na Sub-Bacia do Rio Jacaré Pepira.

APÊNDICE I. Sub-bacias do rio Jacaré-Pepira até a confluência com o Ribeirão Potreiro.

APÊNDICE II. Mapa com a localização da bacia de estudo e distribuição de estações pluviométricas na região.

APÊNDICE III. Mapa da Precipitação Média na BHRJPP e respectivas isoietas.

APÊNDICE IV. Mapa da Precipitação Mediana na BHRJPP e respectivas isoietas.

APÊNDICE V. Mapa da Precipitação $P_{75\%}$ na BHRJPP e respectivas isoietas.

APÊNDICE VI. Pontos de interesse e respectivas bacias de contribuição.

APÊNDICE VII. Todos os usos outorgados na BHRJPP.

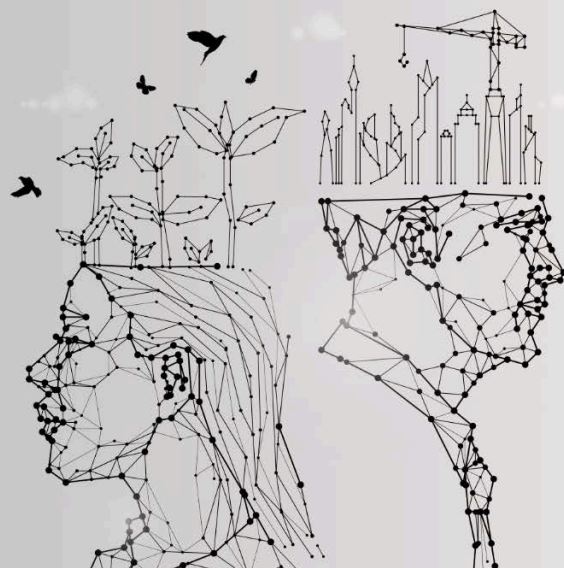
APÊNDICE VIII. Usos outorgados válidos na BHRJPP.

APÊNDICE IX. Estudo das Vazões Máximas na Sub-Bacia do Rio Jacaré
Pepira.

ANEXOS

I. ART – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA

ESTUDO HIDROLÓGICO NA SUB-BACIA DO RIO JACARÉ PEPIRA, MUNICÍPIO DE BROTAS/SP



PRODUTO 3 – META 5.3

CONDIÇÕES NECESSÁRIAS NO RIO PARA A MANUTENÇÃO DAS ATIVIDADES
AQUÁTICAS DE ESPORTE, TURISMO E LAZER PRATICADAS NA ÁREA DA SUB-BACIA,
DE FORMA A GARANTIR A SEGURANÇA E ATRATIVIDADE DESTAS ATIVIDADES.

OUTUBRO/2024

APRESENTAÇÃO

O turismo, um dos pilares da economia do município de Brotas, começou e se desenvolveu com as atividades aquáticas praticadas inicialmente como lazer no rio pela população e que se tornaram atividades turísticas, redefinido a vocação econômica do Município.

Com o turismo, o *rafting* se desenvolveu como esporte e hoje há muitos atletas que disputam campeonatos e praticam esta modalidade no Rio Jacaré Pepira.

A relação da cidade com o Rio Jacaré Pepira se reforça também pelo fato de que está em operação uma Pequena Central hidroelétrica que gera energia para a cidade. Neste lugar, onde o rio é encachoeirado, formando uma paisagem cênica, criou-se um parque urbano municipal, o Parque dos Saltos, principal atrativo turístico público do município.

Desta forma, a identidade municipal de Brotas está intimamente relacionada ao Rio Jacaré Pepira, bem como parte significativa da renda municipal provém de atividades praticadas diretamente no rio.

Em razão das mudanças climáticas, do aumento da demanda de captação superficial de água para produção agrícola e da expansão urbana, o presente estudo hidrológico do Rio Jacaré Pepira se faz necessário para o planejamento estratégico e gestão dos recursos hídricos a nível municipal e regional.

Neste contexto, o referido estudo deverá analisar a disponibilidade e demanda hídrica do Rio Jacaré-Pepira, bem como detalhar os problemas que afetam as atividades aquáticas do mesmo. Além disto, deverá avaliar também a necessidade de vazão do rio para as atividades esportivas turísticas e de lazer que não necessitam de outorga, calculando o balanço hídrico da calha principal e seus afluentes.

Assim sendo, para a elaboração do referido estudo serão feitas as seguintes etapas:

- Determinação da demanda de água;
- Levantamento de dados hidrológicos disponíveis na região;
- Determinação de vazões (Q_{mlp} , $Q_{7,10}$, $Q_{95\%}$, Q_2 , Q_{10} , Q_{100});
- Cálculo do balanço hídrico (demanda x disponibilidade);
- Levantamento de dados da realidade das atividades do rio;
- Comparação com as informações do estudo hidrológico;
- Análise dos problemas hidrológicos que afetam as atividades;
- Definição de valores de referência para a manutenção das atividades;
- Prognóstico dos usos múltiplos de água;
- Contato com os técnicos para verificar a viabilidade das propostas.

ÍNDICE

1	APRESENTAÇÃO	9
2	INTRODUÇÃO	10
3	OBJETIVOS	12
3.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
4	METODOLOGIA.....	13
	RELATÓRIO 1 REFERENTE AS CONDIÇÕES DO RIO PARA ATIVIDADES AQUÁTICAS ESPORTIVAS, TURÍSTICAS E DE LAZER, COM DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO QUE APONTE OS PRINCIPAIS PROBLEMAS QUE AFETA, ESTAS ATIVIDADES.....	14
5	RELAÇÃO DO MUNICÍPIO DE BROTAS COM O RIO JACARÉ PEPIRA.....	14
6	ATIVIDADES ESPORTIVAS AQUÁTICAS E TURÍSTICAS JUNTO AO RIO JACARÉ PEPIRA	18
6.1	RAFTING: PRINCIPAL ATIVIDADE AQUÁTICA NO JACARÉ-PEPIRA	20
6.2	CANOAGEM E CIAQUE	21
6.3	BOIA-CROSS	22
6.4	RESULTADOS E PARTICIPAÇÕES EM COMPETIÇÕES NACIONAIS E INTERNACIONAIS.....	23
6.4.1	HISTÓRICO DO RAFTING EM BROTAS	23
6.4.2	BROTAS NO CENÁRIO NACIONAL DO RAFTING	23
6.4.3	PARTICIPAÇÕES INTERNACIONAIS E RESULTADOS EXPRESSIVOS	24
6.4.4	CONQUISTAS RECENTES.....	25
7	LEVANTAMENTO DE DADOS DO RIO JACARÉ PEPIRA JUNTO AOS ESPORTISTAS, COMERCIANTES E COMUNIDADE	26
7.1	REUNIÕES JUNTO AOS ESPORTISTAS, COMERCIANTES E COMUNIDADE.....	27
8	PRINCIPAIS PROBLEMAS QUE AFETAM AS PRÁTICAS ESPORTIVAS, TURÍSTICAS E DE LAZER JUNTO AO RIO JACARÉ PEPIRA.....	30
8.1	VISTORIAS EM CAMPO JUNTO NA SUB-BACIA DO RIO JACARÉ PEPIRA.....	30
8.2	VISTORIAS JUNTO AO TRECHO DO RAFTING.....	37
8.2.1	PRIMEIRA DESCIDA.....	37
8.2.2	SEGUNDA DESCIDA	40
8.3	PRINCIPAIS PROBLEMAS ENCONTRADOS NO TRECHO ESPECÍFICO PARA A PRÁTICA DAS ATIVIDADES AQUÁTICAS.	45

	RELATÓRIO TÉCNICO UNIFICADO 2 E 3 REFERENTE AS CONDIÇÕES MÍNIMAS E IDEAIS PARA OPERAÇÃO DAS ATIVIDADES COM OS DADOS DO BALANÇO HÍDRICO E CRUZAMENTO COM A CURVA CHAVE.	46
9	ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO INSTALADAS NA BACIA DO RIO JACARÉ PEPIRA	46
10	CORRELAÇÃO ENTRE A CURVA-CHAVE DA ENVEX E AS VAZÕES DO POSTO 5D-028	51
11	OBSERVAÇÕES PRÁTICAS DO NÍVEL D'ÁGUA NO RIO JACARÉ-PEPIRA E DEFINIÇÃO DAS CONDIÇÕES HÍDRICAS PARA OPERAÇÃO DAS ATIVIDADES DE RAFTING	54
12	CONDIÇÕES MÍNIMAS E IDEAIS DO RIO JACERE PEPIRA PARA AS ATIVIDADES TURISTICAS	57
13	ANÁLISE DA SÉRIE FLUVIOMÉTRICA 5D-028, CONSIDERANDO AS CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO PARA PRÁTICA DE RAFTING NO RIO JACARÉ-PEPIRA	59
14	COMPROMETIMENTO DAS VAZÕES AFLUENTES NO RIO JACARÉ-PEPIRA EM FUNÇÃO DAS OUTORGAS DE RETIRADA AUTORIZADAS.....	76
15	EFEITO DA REPRESA DO PATRIMÔNIO NAS VAZÕES DE REFERÊNCIA DO TRECHO DE RAFTING DO JACARÉ-PEPIRA	83
16	VAZÕES REGULARIZÁVEIS NECESSÁRIAS PARA MANUTENÇÃO DAS CONDIÇÕES MÍNIMAS OPERACIONAIS DA PRÁTICA DO RAFTING NO RIO JACARÉ-PEPIRA.....	85
17	PRINCIPAIS PROBLEMAS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS QUE AFETAM AS ATIVIDADES AQUÁTICAS.....	90
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
	APÊNDICES.....	95
	ANEXOS.....	102

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. DESCIDA DE RAFTING PELO RIO JACARÉ PEPIRA (FEVEREIRO DE 2024) – BROTAS/SP.	20
FIGURA 2. CANOAGEM NO RIO JACARÉ PEPIRA (FEVEREIRO DE 2024) – BROTAS/SP	21
FIGURA 3. BOIA CROSS NO RIO JACARÉ PEPIRA – BROTAS/SP.	22
FIGURA 4. PRIMEIRA REUNIÃO REALIZADA JUNTO A ESPORTISTAS E COMUNIDADE – BROTAS/SP.	28
FIGURA 5. REUNIÃO REALIZADA EM 21/06/2024 – BROTAS/SP	29
FIGURA 6. LAGO FORMADO PELA BARRAGEM NO BAIRRO DO PATRIMÔNIO, BROTAS/SP.	30
FIGURA 7. VISTA AÉREA DA BARRAGEM NO BAIRRO PATRIMÔNIO, BROTAS/SP.	30
FIGURA 8. RIO JACARÉ PEPIRA LOGO A JUSANTE DA BARRAGEM.	31
FIGURA 9. VISTA AÉREA PRÓXIMA A BARRAGEM JUNTO AO RIO JACARÉ PEPIRA.	31
FIGURA 10. LOCALIZAÇÃO BARRAGEM PATRIMÔNIO, BROTAS/SP	31
FIGURA 11. TRECHO DO RIO JACARÉ PEPIRA JUNTO A RUA PROFESSOR JESUÍNO NO MUNICÍPIO DE BROTAS/SP.	32
FIGURA 12. TRECHO DO RIO JACARÉ PEPIRA JUNTO A RUA PROFESSOR JESUÍNO NO MUNICÍPIO DE BROTAS/SP.	32
FIGURA 13. VISTA AÉREA – PONTE RUA PROFESSOR JESUÍNO.	32
FIGURA 14. ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA DAEE.	33
FIGURA 15. ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA MUNICIPAL.....	33
FIGURA 16. 1ª ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA -DESATIVADA.	34
FIGURA 17. 1ª ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA -DESATIVADA.	34
FIGURA 18. 2ª ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA - ATIVA	34
FIGURA 19. 3ª ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA – BARRAGEM PATRIMÔNIO BROTAS/SP.....	34
FIGURA 20. DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICAS DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS E PLUVIOMÉTRICAS.....	35
FIGURA 21. CONFLUÊNCIA DO RIBEIRÃO DO POTREIRO COM RIO JACARÉ PEPIRA.....	36
FIGURA 22. CONFLUÊNCIA DO RIBEIRÃO DO POTREIRO COM RIO JACARÉ PEPIRA.....	36
FIGURA 23. PONTO FINAL DO ESTUDO – FÓZ DO RIBEIRÃO DO POTREIRO.....	36
FIGURA 24. INÍCIO DA DESCIDA DO RAFTING - RÉGUA PARA VERIFICAÇÃO DA ALTURA DA LÂMINA D'ÁGUA.....	37
FIGURA 25. INÍCIO DA DESCIDA DO RAFTING - RÉGUA PARA VERIFICAÇÃO DA ALTURA DA LÂMINA D'ÁGUA.....	37
FIGURA 26. CONFLUÊNCIA RIO JACARÉ PEPIRA COM AFLUENTE PINHEIRINHOS	39
FIGURA 27. CAPTAÇÃO EXISTENTE OUTORGADA.	39
FIGURA 28. PONTO MAIS PROFUNDO DO RIO JACARÉ PEPIRA.....	39
FIGURA 29. PONTO FINAL DO RAFTING.....	39
FIGURA 30. RÉGUA PARA AFERIÇÃO DA LÂMINA D'ÁGUA – INÍCIO DO RAFTING.....	40
FIGURA 31. EQUIPE TÉCNICA ANALISANDO A RÉGUA DE AFERIÇÃO DA LÂMINA D'ÁGUA.	41
FIGURA 32. BANCADAS DE AREIAS E PEDRAS EXPOSTAS JUNTO A CALHA DO RIO JACARÉ PEPIRA.	41
FIGURA 33. BANCADAS DE AREIAS E PEDRAS EXPOSTAS JUNTO A CALHA DO RIO JACARÉ PEPIRA.	42

FIGURA 34. TRECHOS DO RIO JACARÉ PEPIRA COM DEGRADAÇÃO DA MATA CILIAR.....	42
FIGURA 35. TRECHOS DO RIO JACARÉ PEPIRA COM DEGRADAÇÃO DA MATA CILIAR.....	43
FIGURA 36. ASSOREAMENTO JUNTO À MARGEM DO RIO JACARÉ PEPIRA.	43
FIGURA 37. CALHA DO RIO JACARÉ PEPIRA ASSOREADO COM BANCADAS DE PEDRAS VISÍVEIS.	44
FIGURA 38. VISTA AÉREA DO PONTO DE PARTIDA E CHEGADA DO RAFTING E DETALHES DO PERCURSO.	44
FIGURA 39. SUB-BACIAS DO RIO JACARÉ-PEPIRA ATÉ A CONFLUÊNCIA COM O RIBEIRÃO POTREIRO E LOCALIZAÇÃO DAS RÉGUAS PARA MEDIÇÃO DE VAZÃO.	48
FIGURA 40. RÉGUA DE LEITURA DO NÍVEL D'ÁGUA UTILIZADA PELAS AGÊNCIAS DE TURISMO – VISTA FRONTAL.	49
FIGURA 41. RÉGUA DE LEITURA DO NÍVEL D'ÁGUA UTILIZADA PELAS AGÊNCIAS DE TURISMO – VISTA LATERAL COM A MARGEM DO RIO JACARÉ PEPIRA AO FUNDO.	49
FIGURA 42. RÉGUA LINIMÉTRICA INSTALADAS PELA ENVEX EM DIFERENTES VISTAS.	50
FIGURA 43. RÉGUA LINIMÉTRICA INSTALADAS PELA ENVEX EM DIFERENTES VISTAS.	50
FIGURA 44. RELAÇÃO CURVA-CHAVE NO PONTO DE ESTUDO DA ENVEX.	51
FIGURA 45. RELAÇÃO ENTRE AS VAZÕES OBSERVADAS NO POSTO DE MEDIÇÃO DA ENVEX E NO POSTO DE MONITORAMENTO FLUVIOMÉTRICO 5D-028.	53
FIGURA 46. . RELAÇÃO ENTRE OS NÍVEIS OBSERVADOS NA RÉGUA LINIMÉTRICA DAS AGÊNCIAS DE TURISMO E DA ENVEX.	56
FIGURA 47. MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DA BACIA DE ESTUDO E DISTRIBUIÇÃO DE ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS NA REGIÃO.	61
FIGURA 48. MAPA DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA NA BHRJPP E RESPECTIVAS ISOIETAS.	63
FIGURA 49. MAPA DA PRECIPITAÇÃO MEDIANA NA BHRJPP E RESPECTIVAS ISOIETAS.	64
FIGURA 50. MAPA DA PRECIPITAÇÃO P _{75%} NA BHRJPP E RESPECTIVAS ISOIETAS.	65
FIGURA 51. SÉRIE HISTÓRICA DE PRECIPITAÇÃO ESTIMADA PARA A BHRJPP.	66
FIGURA 52. HIDROGRAMA DAS VAZÕES MÉDIAS ANUAIS DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA 5D-028.	68
FIGURA 53. CURVAS DE PERMANÊNCIA PARA O POSTO FLUVIOMÉTRICO 5D-028.	69
FIGURA 54. HIDROGRAMA DAS VAZÕES MÁXIMAS, MÉDIAS E MÍNIMAS MENSAS PARA OS PERÍODOS DE 1980 A 1998 E 2009 A 2023 COM INDICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO.	72
FIGURA 55. CONDIÇÕES OPERACIONAIS PARA O RAFTING 1981-99.	74
FIGURA 56. CONDIÇÕES OPERACIONAIS PARA O RAFTING 2009-23.	74
FIGURA 57. USOS OUTORGADOS VÁLIDOS NA BHRJPP.	77
FIGURA 60. VAZÕES DIÁRIAS REQUERIDAS PARA REGULARIZAR 3 M ³ /S: (A) MÉDIA MENSAL E (B) MÁXIMA MENSAL.	86
FIGURA 61. (A) VAZÃO MÉDIA REGULARIZÁVEL E (B) VOLUME ÚTIL NECESSÁRIOS PARA REGULARIZAR 3 M ³ /S.	87
FIGURA 62. VAZÕES REGULARIZÁVEIS E VOLUMES ANUAIS NECESSÁRIOS PARA REGULARIZAR 3 M ³ /S.	88

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA) NOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DO RIO JACARÉ PEPIRA ENTRE 2017 E 2022. FONTE: ANEXO M DE CETESB (2022).	46
TABELA 2. DADOS SOBRE O POSTO DE MONITORAMENTO FLUVIOMÉTRICO 5D-028. FONTE: SP-ÁGUAS.	47
TABELA 3. COTA E VAZÃO OBSERVADOS NA RÉGUA LINIMÉTRICA DA ENVEX E VAZÃO OBSERVADA NO POSTO 5D-028.	52
TABELA 4. CONDIÇÕES OPERACIONAIS DA PRÁTICA DE RAFTING DE ACORDO COM O NÍVEL D'ÁGUA (H).	55
TABELA 5. CONDIÇÕES OPERACIONAIS DA PRÁTICA DE RAFTING DE ACORDO COM O NÍVEL D'ÁGUA NA RÉGUA LINIMÉTRICA INSTALADA PELA ENVEX.	57
TABELA 6. CONDIÇÕES OPERACIONAIS DA PRÁTICA DE RAFTING DE ACORDO COM O NÍVEL D'ÁGUA NO POSTO DE MONITORAMENTO FLUVIOMÉTRICO 5D-028.	57
TABELA 7. ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS NO ESTUDO DE PRECIPITAÇÃO.	59
TABELA 8. RESUMO ESTATÍSTICO DA PRECIPITAÇÃO ANUAL PARA A BHRJPP.	66
TABELA 9. VALORES DE $Q_{50\%}$ $Q_{95\%}$ PARA AS SÉRIES FLUVIOMÉTRICAS CONSIDERADAS DO POSTO 5D-028.	69
TABELA 10. PARÂMETROS DA FUNÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO <i>WEIBULL</i> E ESTIMATIVA DA $Q_{7,10}$	70
TABELA 11. CENÁRIOS PROVÁVEIS PARA ESTIMATIVA DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NAS BACIAS DO JACARÉ-PEPIRA.	78
TABELA 12. VAZÕES DE REFERÊNCIA NOS PONTOS DE INTERESSE.	83

1 APRESENTAÇÃO

O turismo, um dos pilares da economia municipal, começou e se desenvolveu com as atividades aquáticas praticadas inicialmente como lazer no rio pela população e que se tornaram atividades turísticas, redefinindo a vocação econômica do Município.

Juntamente com o turismo, o rafting se desenvolveu como esporte e hoje há muitos atletas praticando no Rio Jacaré Pepira que disputam e vencem campeonatos mundiais.

A relação da cidade com o Rio Jacaré se reforça também pelo fato de o rio atravessar a cidade, onde no passado funcionava uma Pequena Central hidroelétrica que abastecia a energia para a cidade. Neste lugar onde o rio é encachoeirado formando uma paisagem cênica, criou-se um parque urbano municipal, o Parque dos Saltos, principal atrativo turístico público do município.

Desta forma, a identidade municipal de Brotas está intimamente relacionada ao Rio Jacaré Pepira, bem como parte significativa da renda municipal provém de atividades praticadas diretamente no rio.

Em razão de mudanças climáticas e aumento da demanda de captação de água na produção agrícola e expansão urbana, o estudo hidrológico do Rio Jacaré Pepira se faz necessário para o planejamento estratégico municipal e regional.

2 INTRODUÇÃO

O Rio Jacaré Pepira nasce no município de São Pedro a 960 metros de altitude e após percorrer cerca de 174 km, deságua no Rio Tietê no município de Ibitinga. Devido ao relevo das cuestas basálticas na porção alta da bacia, o Rio Jacaré Pepira e seus afluentes formam diversas cachoeiras, favorecendo as atividades turísticas que fortaleceram a economia regional. Em trecho de cerca de 9 km no município de Brotas, o rio torna-se encachoeirado, possibilitando a prática de esportes como o rafting, que se tornou o principal atrativo turístico da cidade.

As atividades esportivas aquáticas necessitam de uma vazão no rio que seja capaz de garantir a segurança e atratividade da operação, condição que sofre várias interferências naturais e antrópicas. A sazonalidade das chuvas e principalmente o aumento das captações de água para irrigação agrícola ou devido à expansão urbana aumentam a demanda pelo uso da água e pressionam a disponibilidade de água para as demais atividades.

Este contexto aponta para o surgimento de conflitos pelo uso da água e necessidade de mudança dos parâmetros para a concessão de outorgas para captação de água na bacia hidrográfica, acentuadamente no trecho onde se concentram atividades que envolvem diversos setores da sociedade.

Considerando os eventos de secas acontecidos nos últimos anos, destacando-se a *Crise Hídrica* – período entre os anos de 2013 e 2015, caracterizado pela ocorrência de déficit hídrico severo, resultando em diversos conflitos pelo uso dos recursos hídricos paulistas – o manejo correto dos recursos hídricos é de fundamental importância, visando a redução de conflitos e sua otimização para as diversas atividades produtivas da sociedade.

Para realizar o manejo correto dos recursos hídricos, torna-se necessário: definir a bacia hidrográfica de estudo e as sub-bacias de interesse; analisar os dados pluviométricos e fluviométricos de maneira a compreender os processos hidrológicos da área de estudo; contabilizar os usos outorgados, verificando se estão em consonância com as atividades produtivas exercidas; e, estimar por

meio das melhores técnicas de engenharia disponíveis vazões críticas, máximas ou mínimas, que auxiliem o planejamento, gerenciamento e implantação de obras para diferentes horizontes temporais. A este conjunto de atividades nomeia-se Estudo Hidrológico, o qual subsidiará a tomada de decisão.

Para o enfrentamento técnico deste conflito se faz necessário um estudo mais detalhado do balanço hídrico e das reais demandas de captação e usos de água nesta região. Neste contexto, este relatório trará informações específicas sobre as condições necessárias no Rio Jacaré Pepira para a manutenção das atividades aquáticas de esporte, turismo e lazer praticadas na área da sub-bacia, de forma que possam garantir a segurança e atratividade destas atividades.

Para isso, contemplando o Relatório 1 deste estudo, serão realizados levantamento de dados juntos aos esportivos, empresários, condutores turísticos e comunidade, que conhecem e vivenciam a realidade das atividades aquáticas esportivas e turísticas e também quanto a sazonalidade da vazão do Rio Jacaré Pepira.

Em seguida serão apresentandos os Relatório 2 e 3 de forma unificada, abrangendo as seguintes etapas: (1) apresentar as estações de monitoramento fluviométrico instaladas na Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré Pepira até a confluência com o Ribeirão do Potreiro (BHRJPP); (2) correlacionar os dados de vazão e altura das diferentes estações de monitoramento fluviométrico na bacia; (3) apresentar as observações práticas e definir as condições hídricas necessárias para operação das atividades de rafting no Rio Jacaré Pepira; (4) definir as condições mínimas e ideais do Rio Jacaré Pepira para as atividades de rafting; (5) analisar a série fluviométrica do posto 5D-028 considerando as condições hídricas necessárias para operação das atividades de rafting;(6) definir as vazões regularizáveis necessárias para manutenção das condições mínimas operacionais da prática de rafting no Rio Jacaré Pepira; (7) discutir sobre o efeito da operação para geração de energia na represa Patrimônio, administrada pelo Grupo Adriano Cobuccio e (8) avaliar os principais problemas relacionadas as baixas aflúências do Rio Jacaré-Pepira e efeitos na operação esportiva de *rafting* .

3 OBJETIVOS

O objetivo do Estudo Hidrológico do Rio Jacaré Pepira no trecho pré definido será apontar parâmetros para a harmonização dos múltiplos usos da água na região, de forma a garantir a manutenção do consumo e das atividades econômicas de turismo, esportivas e de lazer, fortalecendo o desenvolvimento sustentável da região.

O objetivo principal da presente etapa é apresentar as condições e regras operacionais para a prática de rafting no Rio Jacaré Pepira, correlacionando os dados fluviométrico disponíveis, e apresentar as vazões necessárias, assim como o respectivo volume regularizado, para aumentar a confiabilidade do sistema.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos para que se possa alcançar o objetivo principal nesta fase, estão divididas da seguinte forma:

- Levantamento de dados junto aos esportistas, empresários, condutores turísticos e comunidade (pescadores, banhistas, etc.) que conhecem e vivenciam a realidade das atividades aquáticas esportivas e turísticas e a sazonalidade da vazão do rio, através de reuniões, entrevistas e inspeções de campo;
- Levantar as estações de medição, nível e vazão, instaladas ao longo do Rio Jacaré Pepira;
- Correlacionar os dados das estações;
- Analisar os dados das estações e as observações práticas necessárias para a prática do rafting;
- Definir as condições operacionais mínimas e ideias para a prática do rafting no Rio Jacaré Pepira;
- Analisar a série fluviométrica de longo período disponível;

- Avaliar as vazões e volumes necessários para aumentar a confiabilidade do Rio Jacaré Pepira para a prática de rafting; e
- Avaliar as causas hidrológicas e seus principais efeitos na atividade esportiva do *rafting*.

4 METODOLOGIA

Para a realização desta etapa referente ao Estudo Hidrológico na Sub-bacia do Rio Jacaré Pepira no Município de Brotas/SP, foi utilizada a seguinte metodologia:

- Reuniões presenciais junto ao tomador, esportistas, empresários, condutores turísticos e comunidade;
- Vistorias em campo visando a observação das principais características junto ao corpo hídrico do Rio Jacaré Pepira, nas áreas pertinentes ao estudo;
- Descidas de Rafting junto aos esportistas do município para entendimento das dificuldades e reconhecimento do problema;
- Realização de estudos hidrológicos e hidráulicos através de métodos usuais e conhecidos para levantamento das condições mínimas e ideais de operação junto o Rio Jacaré Pepira.

RELATÓRIO 1 – CONDIÇÕES DO RIO PARA ATIVIDADES AQUÁTICAS ESPORTIVAS, TURÍSTICAS E DE LAZER, COM DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO QUE APONTE OS PRINCIPAIS PROBLEMAS QUE AFETA, ESTAS ATIVIDADES.

5 RELAÇÃO DO MUNICÍPIO DE BROTTAS COM O RIO JACARÉ PEPIRA

O município de Brotas, localizado no interior do estado de São Paulo, é amplamente reconhecido por sua estreita relação com o rio Jacaré-Pepira. Este rio, que atravessa o município, desempenha um papel essencial não apenas para a formação geográfica e ambiental da região, mas também para o desenvolvimento econômico, turístico e cultural de Brotas.

O rio Jacaré-Pepira nasce na Serra de São Pedro e percorre aproximadamente 174 km, passando por diversas cidades, entre elas Brotas, até desaguar no rio Tietê. A cidade se desenvolveu nas margens do rio, que desde o período colonial foi utilizado como importante via de transporte e de irrigação para a agricultura. De acordo com estudos históricos, as primeiras atividades econômicas da região estavam diretamente ligadas ao uso das águas do rio para a lavoura, sobretudo o cultivo de cana-de-açúcar e café, principais produtos que impulsionaram o crescimento de Brotas ao longo do século XIX.

No entanto, foi a partir do final do século XX que a relação entre Brotas e o rio Jacaré-Pepira passou a ganhar novas nuances com o crescimento do turismo de aventura. As belezas naturais do rio, como suas cachoeiras e corredeiras, tornaram-se um atrativo para a prática de esportes como rafting, canoagem e boia-cross. Brotas, aproveitando essa riqueza natural, passou a se consolidar como um dos principais destinos de ecoturismo no Brasil.

O turismo de aventura desempenha, atualmente, um papel fundamental na economia de Brotas. O rio Jacaré-Pepira, com suas águas cristalinas e correntezas intensas, é o grande protagonista dessa atividade. A indústria do turismo em Brotas cresceu exponencialmente entre as décadas de 1990 e 2000, proporcionando novos empregos e investimentos em infraestrutura urbana. Essa

transformação econômica, baseada no ecoturismo, tem como pilar o rio, que se tornou símbolo da cidade e de sua identidade turística.

Com o aumento da importância turística do rio, surgiram também desafios ambientais. A intensificação do uso do Jacaré-Pepira para atividades recreativas, juntamente com o crescimento populacional e urbano de Brotas, passou a pressionar os recursos hídricos da região. Diante disso, políticas públicas e iniciativas de preservação começaram a ser implementadas, visando à proteção das nascentes e à qualidade da água do rio.

O Instituto Astral é uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público, fundada em 7 de junho de 2021 no município de Brotas/SP, que tem como objeto o desenvolvimento de projetos sociais nas áreas de educação, cultura e meio-ambiente, tendo como foco principal a preservação da Água e um dos principais projetos existentes dentro do Instituto Astral se chama “Nascentes Astral”, que possui os seguintes principais objetivos:

- Mapear e diagnosticar as nascentes que deságuam no rio Jacaré Pepira e em seus afluentes na extensão do município de Brotas/SP, através da pesquisa teórica Nascentes Astral- Mapeamento das Nascentes e Diagnóstico da Cobertura Vegetal do Alto Jacaré Pepira, realizado por Ruan Smaniotto no ano de 2020.
- Cadastrar os proprietários de terra que desejam cuidar de suas nascentes e matas ciliares.
- Intermediar soluções.

Outra ação de extrema importância também desenvolvida pelo Instituto Astral, foi o projeto “Salve o Rio Jacaré Pepira”, onde foi realizado um abaixo-assinado, lançado em outubro de 2020 e captado mais de 11.000 assinaturas, tendo como objetivo principal de mobilizar a população de Brotas para que os candidatos à prefeitura municipal para o mandato de 2021-2024, se comprometessem a colocar o Rio Jacaré como eixo central no seu programa de governo e pudessem garantir a execução de 10 medidas prioritárias, listadas a seguir:

1. Aplicar e fiscalizar o cumprimento da Lei 12.651/2012, referente às Áreas de Preservação Permanente (APP), com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas;
2. Coordenar, junto com iniciativa privada, associações e ONGs, um projeto de recuperação e de proteção de todas as nascentes do município;
3. Incluir a Educação Ambiental conforme estipulado pelo Ministério da Educação nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) a partir do ano de 1997 no currículo de todas as escolas da cidade, qualificando adequadamente professores para essa cartilha pedagógica;
4. Proporcionar para a população um Parque dos Saltos limpo, gratuito, seguro e pedagógico para que a visita fortaleça o vínculo da população com o Rio. Sempre ter em mente que o parque é também moradia de outras espécies que também fazem uso;
5. Atualizar junto ao DAEE o Q7-10, que permite a captação desproporcional à capacidade hídrica atual do rio Jacaré e seus afluentes;
6. Interromper todas as captações hídricas clandestinas e monitorar as captações legais dentro da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (CBH-TJ);
7. Suspender temporariamente novas outorgas de captação hídrica no CBH-TJ até que o Q7-10 seja atualizado e um estudo de vazão seja realizado;
8. Contratar um estudo técnico integral de todas as propriedades hídricas do Rio Jacaré e das vazões necessárias para a manutenção da prática de atividades turísticas;
9. Implementar e fiscalizar um sistema de saneamento básico nas áreas rurais da cidade;
10. Dimensionar o tratamento de esgoto para ter esgoto 100% tratado no município.

Além de sua importância econômica e ambiental, o rio Jacaré-Pepira também tem uma relevância simbólica e cultural para a população de Brotas. Ao longo de sua história, o rio foi palco de lendas e histórias que fazem parte do imaginário popular local. As festividades religiosas e culturais da cidade, como a Festa de São João, tradicionalmente incluem referências ao rio, que é visto como um elemento de conexão entre a comunidade e a natureza.

O rio Jacaré-Pepira é também fonte de inspiração para artistas locais, que retratam suas paisagens em pinturas, fotografias e poesias. Esse vínculo cultural reforça a identidade de Brotas como um município em que a natureza e as tradições convivem de maneira harmônica, sendo o rio o principal elo dessa relação.

Apesar dos esforços de preservação, o rio Jacaré-Pepira enfrenta desafios crescentes relacionados à urbanização e às mudanças climáticas. O aumento da ocupação das margens do rio, associado à falta de saneamento básico adequado em algumas áreas, tem gerado problemas de poluição. Além disso, a intensificação de períodos de seca, comum em todo o estado de São Paulo, afeta o nível de água do rio, impactando tanto a biodiversidade quanto as atividades turísticas.

Uma solução eficaz passa pela gestão integrada dos recursos hídricos, envolvendo a participação ativa da comunidade, do setor turístico e das autoridades governamentais. A implementação de políticas de saneamento, o controle do uso do solo nas proximidades do rio e a educação ambiental são ações fundamentais para garantir que o Jacaré-Pepira continue sendo uma fonte de vida e prosperidade para Brotas.

6 ATIVIDADES ESPORTIVAS AQUÁTICAS E TURÍSTICAS JUNTO AO RIO JACARÉ PEPIRA

A cidade de Brotas tem uma história profundamente ligada ao rio Jacaré-Pepira, o principal recurso natural que a atravessa. Esse rio desempenhou um papel crucial no desenvolvimento econômico e social da cidade desde sua fundação, sendo utilizado, em tempos anteriores, para agricultura e abastecimento. No entanto, a partir da década de 1990, o Jacaré-Pepira passou a ser reconhecido principalmente por sua vocação para o turismo de aventura, especialmente através das atividades esportivas aquáticas que se consolidaram nas águas do rio.

O início da relação de Brotas com o turismo de aventura pode ser situado no final dos anos 1980 e início dos anos 1990, quando o Brasil começou a experimentar um crescimento no interesse pelo ecoturismo e por práticas de esportes de aventura em áreas naturais. Esse movimento coincidiu com uma busca crescente por atividades ao ar livre, especialmente em locais que proporcionassem contato com a natureza e aventuras desafiadoras. Brotas, com suas cachoeiras, mata preservada e, claro, o rio Jacaré-Pepira, se destacou como um dos locais ideais para essa prática.

Foi nesse período que o rafting, uma atividade ainda incipiente no Brasil, começou a se firmar como uma das principais atrações turísticas da cidade. O rio Jacaré-Pepira, com suas águas cristalinas e correntezas adequadas, tornou-se um dos mais importantes destinos para a prática de rafting no país.

O impacto econômico gerado pelas atividades aquáticas em Brotas é significativo. Com o desenvolvimento do turismo de aventura, a cidade passou por uma transformação que incluiu a melhoria da infraestrutura urbana e a ampliação de serviços voltados para o setor. Novos hotéis, pousadas e restaurantes foram inaugurados para atender à crescente demanda de turistas que buscam as atividades ligadas ao rio Jacaré-Pepira. O turismo de aventura se tornou o principal pilar econômico da cidade, substituindo em grande parte a economia agrícola tradicional que predominava até meados do século XX.

Além dos benefícios econômicos, as atividades esportivas aquáticas em Brotas desempenham um papel importante na promoção da consciência ambiental. Muitos operadores de turismo adotam práticas sustentáveis e incentivam os visitantes a respeitarem a natureza e a preservarem o rio. Além disso, a população local, ao perceber a relevância do turismo, engajou-se em projetos de preservação do Jacaré-Pepira e das áreas naturais adjacentes, como a recuperação de áreas degradadas e o plantio de árvores ao longo da mata ciliar.

Apesar do sucesso das atividades esportivas aquáticas em Brotas, alguns desafios permanecem. O aumento da demanda turística, se não for devidamente gerido, pode causar impactos negativos no meio ambiente, como a poluição das águas e a degradação das margens do rio. A necessidade de uma gestão sustentável das atividades é evidente, e iniciativas têm sido adotadas para minimizar os impactos ambientais.

O controle do número de turistas em determinados trechos do rio, a educação ambiental para os visitantes e a constante vigilância sobre a qualidade da água são algumas das medidas adotadas para garantir a preservação do Jacaré-Pepira. Além disso, as operadoras de turismo têm buscado formas de diversificar as atividades, promovendo o turismo fora da alta temporada e oferecendo opções menos impactantes, como trilhas e passeios de observação de fauna e flora.

As atividades esportivas aquáticas no rio Jacaré-Pepira em Brotas desempenham um papel crucial no desenvolvimento econômico e social da cidade, além de proporcionar uma experiência única de contato com a natureza. O rafting, a canoagem, o boia-cross e outras modalidades esportivas atraem milhares de turistas todos os anos, contribuindo para o crescimento do turismo de aventura no Brasil. No entanto, para que essas atividades continuem a prosperar, é fundamental que a preservação do rio e de seu entorno seja uma prioridade. A gestão sustentável do turismo e a conscientização ambiental são os pilares que garantirão que o Jacaré-Pepira continue sendo uma fonte de lazer, aventura e bem-estar para as futuras gerações.

6.1 RAFTING: PRINCIPAL ATIVIDADE AQUÁTICA NO JACARÉ-PEPIRA

O rafting, esporte que envolve a descida de rios com corredeiras em botes infláveis, tornou-se a principal atividade esportiva aquática de Brotas. A geografia do rio Jacaré-Pepira, com suas corredeiras de níveis variáveis, permite que pessoas com diferentes graus de experiência participem da atividade, o que foi fundamental para a popularização do esporte. As corredeiras mais famosas do rio, como as do trecho do bairro Patrimônio, são adequadas para a prática tanto de iniciantes quanto de praticantes experientes.

Além de ser uma atividade esportiva, o rafting em Brotas é um motor econômico para a cidade. Operadoras de turismo oferecem pacotes que incluem a descida de vários trechos do rio, o que movimenta não só o setor de serviços, como hotéis e restaurantes, mas também impulsiona a conservação do ambiente. A demanda por um ambiente preservado é um incentivo direto para que as operadoras e a população local cuidem da qualidade das águas e da vegetação ao redor do rio.

Figura 1. Descida de Rafting pelo Rio Jacaré Pepira (fevereiro de 2024) – Brotas/SP.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

6.2 CANOAGEM E CAIAQUE

Além do rafting, outras atividades esportivas aquáticas ganharam espaço ao longo dos anos no rio Jacaré-Pepira. A canoagem e o caiaque são duas modalidades que se beneficiam das características do rio, especialmente no que diz respeito à variação de seus trechos, que podem ser tranquilos ou mais desafiadores. Essas modalidades têm atraído um público mais específico, composto por praticantes que buscam desafios técnicos e maior contato com a natureza.

A prática de canoagem e caiaque em Brotas se consolidou como uma alternativa para turistas que desejam explorar o rio de maneira mais independente, já que esses esportes não necessitam de grandes grupos ou botes maiores, como no caso do rafting. Os praticantes podem remar por diferentes trechos do rio, aproveitando a paisagem e a tranquilidade das águas, ou enfrentando as corredeiras conforme seu nível de habilidade. A Canoagem Slalom, modalidade olímpica, já foi realizada em campeonatos e eventos nas águas do Jacaré-Pepira, contribuindo para aumentar a visibilidade desses esportes.

Figura 2. Canoagem no Rio Jacaré Pepira (fevereiro de 2024) – Brotas/SP



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

6.3 BOIA-CROSS

Outra atividade aquática que se tornou popular em Brotas é o boia-cross, que consiste em descer as corredeiras do rio em câmaras de ar. O boia-cross, assim como o rafting, é adequado para diferentes faixas etárias, sendo uma opção segura e divertida, especialmente para grupos familiares ou para quem busca uma experiência mais leve e relaxante.

A simplicidade do boia-cross, em que o praticante precisa apenas guiar a boia pelas correntezas, atraiu uma grande quantidade de visitantes ao longo das últimas décadas. O rio Jacaré-Pepira, por possuir corredeiras de intensidade moderada em boa parte de seu trajeto, proporciona um ambiente perfeito para essa atividade. Além disso, os trechos mais calmos do rio permitem que essa atividade seja praticada por crianças e iniciantes sem a necessidade de grande preparo técnico, o que ampliou seu apelo entre os turistas.

Figura 3. Boia Cross no Rio Jacaré Pepira – Brotas/SP.



Fonte: Alaya Expedições – Brotas/SP.

6.4 RESULTADOS E PARTICIPAÇÕES EM COMPETIÇÕES NACIONAIS E INTERNACIONAIS

6.4.1 *Histórico do Rafting em Brotas*

A história do rafting em Brotas começou na década de 1980, quando o esporte ainda era pouco conhecido no Brasil. Com o crescimento do ecoturismo no país, especialmente em locais que ofereciam aventuras em ambientes naturais, as corredeiras do rio Jacaré-Pepira chamaram a atenção de entusiastas de esportes aquáticos. Brotas, com suas águas cristalinas e corredeiras de níveis variados, se mostrou um local perfeito para o desenvolvimento do rafting, atraindo operadoras de turismo especializadas.

A partir de 1989, o rafting começou a se organizar de forma mais profissional na cidade. Surgiram as primeiras empresas dedicadas exclusivamente à prática do esporte, oferecendo pacotes para turistas interessados na aventura e também incentivando a formação de guias e instrutores locais. Esses profissionais, além de conduzir as atividades de lazer, passaram a treinar equipes para competições, tanto em nível local quanto nacional.

6.4.2 *Brotas no Cenário Nacional do Rafting*

Nos anos 1990, Brotas já era conhecida como um dos principais destinos de rafting no Brasil. Esse reconhecimento fez com que a cidade se tornasse sede de diversos campeonatos nacionais, atraindo atletas de diferentes estados. A criação da Associação Brasileira de Rafting (ABRAF) em 1997 impulsionou ainda mais o desenvolvimento do esporte no país, organizando competições e regulamentando as práticas do rafting competitivo. Brotas, com sua infraestrutura turística e a presença de operadores especializados, foi frequentemente escolhida como palco para esses eventos.

Equipes formadas por moradores de Brotas começaram a se destacar em campeonatos nacionais, aproveitando o conhecimento técnico das águas do

Jacaré-Pepira e o treinamento regular nas corredeiras da região. Em competições realizadas em outros estados, as equipes brotenses também marcaram presença, figurando entre as primeiras colocações. De acordo com Lima (2003), o sucesso nas competições nacionais começou a atrair mais investimentos e visibilidade para o rafting na cidade, solidificando sua posição como capital do esporte.

6.4.3 Participações Internacionais e Resultados Expressivos

O sucesso das equipes de Brotas no cenário nacional abriu portas para a participação em competições internacionais. A partir dos anos 2000, o rafting brasileiro começou a ganhar reconhecimento mundial, e Brotas se tornou um dos centros de excelência na formação de atletas. Em 2001, uma equipe de Brotas representou o Brasil no Campeonato Mundial de Rafting realizado na Costa Rica, um marco importante na história do esporte na cidade. Apesar de não terem conquistado o título, a participação foi considerada um sucesso e motivou ainda mais a comunidade local.

Nos anos seguintes, Brotas continuou enviando equipes para competições internacionais. Em 2007, uma equipe composta por atletas de Brotas participou do Campeonato Mundial de Rafting realizado na África do Sul, onde obteve uma das melhores classificações entre as equipes brasileiras da época. Esse resultado destacou o nível técnico alcançado pelos atletas da cidade e colocou Brotas no mapa internacional do rafting.

A cidade também foi palco de etapas do Campeonato Panamericano de Rafting, atraindo equipes de diversos países da América Latina. Nesses eventos, as equipes locais frequentemente figuraram entre os primeiros colocados, aproveitando o conhecimento das corredeiras do Jacaré-Pepira e o apoio da comunidade esportiva local.

6.4.4 Conquistas Recentes

Nos últimos anos, as equipes de rafting de Brotas continuaram a competir em torneios nacionais e internacionais, consolidando a cidade como um centro de excelência no esporte. Em 2017, Brotas sediou o Campeonato Brasileiro de Rafting, que contou com a participação de mais de 20 equipes de todo o Brasil. As equipes locais se destacaram nas categorias R4 e R6, alcançando o primeiro lugar em ambas e garantindo a classificação para competições internacionais.

Em 2019, uma equipe de Brotas representou o Brasil no Campeonato Mundial de Rafting realizado na Austrália. A equipe terminou entre as 10 melhores do mundo, um feito impressionante, considerando o alto nível da competição. Esse resultado foi mais uma prova da dedicação e do trabalho técnico desenvolvido ao longo dos anos, colocando Brotas como uma referência internacional no rafting competitivo.

Além das competições, Brotas tem investido em infraestrutura para apoiar o crescimento do esporte. O centro de treinamento local, criado com o apoio da prefeitura e de empresas de ecoturismo, oferece suporte técnico e treinamento para atletas, além de promover a inclusão de jovens no esporte, o que garante a formação de novas gerações de praticantes.

A prática do rafting, além de representar uma importante atividade econômica por meio do turismo de aventura, também exerce um papel crucial no fortalecimento da identidade esportiva e comunitária de Brotas. O esporte ajudou a projetar a cidade nacional e internacionalmente, atraindo visitantes de todas as partes do mundo e contribuindo para a economia local.

A interação entre os atletas de rafting e a comunidade também tem sido um fator importante para o desenvolvimento social da cidade. Muitos jovens de Brotas encontraram no rafting uma oportunidade de crescimento pessoal e profissional, participando de competições, formando-se como guias turísticos ou mesmo ingressando no mercado de trabalho ligado ao ecoturismo.

O rafting transformou Brotas de uma pequena cidade agrícola em um dos principais destinos de ecoturismo do Brasil. A prática do esporte no rio Jacaré-

Pepira, juntamente com a participação ativa de equipes locais em competições nacionais e internacionais, contribuiu significativamente para a projeção da cidade como um centro de excelência no rafting. As conquistas das equipes de Brotas, tanto no Brasil quanto no exterior, demonstram o nível técnico alcançado ao longo dos anos e reafirmam o compromisso da cidade com o desenvolvimento do esporte. Com infraestrutura adequada e atletas dedicados, Brotas continuará a ser uma referência no rafting competitivo, além de atrair turistas e aventureiros de todo o mundo.

7 LEVANTAMENTO DE DADOS DO RIO JACARÉ PEPIRA JUNTO AOS ESPORTISTAS, COMERCIANTES E COMUNIDADE

O levantamento de dados sobre do Rio Jacaré Pepira, envolvendo os esportistas, comerciantes e a comunidade local, é uma etapa essencial para o desenvolvimento de políticas e ações de preservação, manejo e uso sustentável dos recursos hídricos.

Coletar informações diretamente de quem utiliza o Rio Jacaré Pepira, como esportistas, agricultores, moradores ribeirinhos e a comunidade como um todo, permite entender como esta comunidade depende do rio para suas atividades cotidianas. Essas informações são cruciais para identificar necessidades específicas, como o fornecimento de água para consumo, irrigação, lazer ou transporte. Além disso, os comerciantes que dependem do rio para suas atividades econômicas, como empresas de turismo, podem fornecer dados sobre o impacto do rio na economia local.

O levantamento permite identificar problemas relacionados à poluição, assoreamento, erosão das margens e outros fatores que possam comprometer a saúde do rio. A coleta de dados junto à comunidade é uma maneira de identificar de forma precoce os impactos dessas questões ambientais, uma vez que os moradores e usuários diários do rio geralmente observam mudanças que podem passar despercebidas para as autoridades.

Com os dados em mãos, é possível desenvolver planos de ação mais eficazes para a preservação do rio. A partir do entendimento das demandas da comunidade e dos impactos causados pelo uso do rio, medidas de controle ambiental, gestão dos recursos hídricos e promoção de boas práticas podem ser implementadas. Isso ajuda a garantir que o rio possa continuar a atender as necessidades das gerações atuais sem comprometer os recursos para as futuras gerações.

O processo de levantamento de dados junto à comunidade incentiva a participação social na gestão dos recursos naturais. Quando a população local se sente envolvida no processo de tomada de decisões sobre o rio, há um maior engajamento nas questões de conservação e uso sustentável. Isso fortalece a governança local e contribui para o sucesso das políticas ambientais, já que os próprios usuários e comerciantes passam a atuar como fiscais e defensores das boas práticas.

Os dados coletados são essenciais para subsidiar a elaboração de políticas públicas que visem à conservação do rio e ao desenvolvimento sustentável da região. Informações detalhadas sobre o uso e a importância do rio podem fundamentar projetos de infraestrutura, como obras de saneamento, ou de desenvolvimento econômico, como o fomento ao ecoturismo ou à pesca sustentável. Além disso, esses dados são fundamentais para a obtenção de recursos junto a órgãos governamentais e instituições financiadoras.

7.1 REUNIÕES JUNTO AOS ESPORTISTAS, COMERCIANTES E COMUNIDADE

Durante a elaboração deste estudo, foram realizadas algumas reuniões no município de Brotas por intermédio do tomador, junto aos esportistas, comerciantes e comunidade, com o intuito de trazer informações primeiramente sobre o estudo e sua importância para comunidade.

Foram abordados durante as reuniões temas específicos sobre o objetivo principal do estudo e de que forma ele poderá contribuir para as ações futuras

quanto a preservação e manutenção da sub-bacia do Rio Jacaré Pepira em também em relação a disponibilidade hídrica.

Em contra partida, foi possível a captação de informações cruciais dos esportistas e o público em geral presente, contribuindo de forma essencial para o desenvolvimento dos estudos e posteriores vistorias em campo junto ao Rio Jacaré Pepira.

Ressalta-se o número de pessoas presentes nestas reuniões que foram realizadas, demonstrando a importância que o Rio Jacaré Pepira possui para o município de Brotas e seus dependentes.

Figura 4. Primeira reunião realizada junto a esportistas e comunidade – Brotas/SP.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Na Figura 4 a cima temos o primeiro encontro realizado em 28/02/2024 junto aos esportistas, comerciantes e comunidade, realizada na Associação Comercial Industrial de Brotas.

Durante esta reunião, esportistas locais e empresas ligada ao turismo junto ao Rio Jacaré Pepira, passaram informações pertinentes aos principais

problemas encontrados por eles relacionados a navegabilidade para prática do Rafting junto ao Rio Jacaré Pepira.

Nova reunião realizada para atualização das informações e dados obtidos pelo estudo, onde foram apresentados para o tomador bem como junto aos esportistas, comerciantes e comunidade local (Figura 5).

Figura 5. Reunião realizada em 21/06/2024 – Brotas/SP



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Esta reunião foi realizada em 21 de junho de 2024, tendo como objetivo a apresentação dos principais resultados obtidos no estudo até a data da apresentação. Enfatiza-se novamente o grande número de participantes nesta reunião.

8 PRINCIPAIS PROBLEMAS QUE AFETAM AS PRÁTICAS ESPORTIVAS, TURÍSTICAS E DE LAZER JUNTO AO RIO JACARÉ PEPIRA

Com o objetivo de entendimento dos principais problemas enfrentados pelos usuários e dependentes do Rio Jacaré Pepira, primeiramente foram realizadas vistorias em campo em pontos específicos da Sub-bacia do Rio Jacaré Pepira.

8.1 VISTORIAS EM CAMPO JUNTO NA SUB-BACIA DO RIO JACARÉ PEPIRA

As capturas das imagens contidas nas figuras 6, 7, 8 e 9 foram realizadas junto ao bairro do Patrimônio pertencente ao município de Brotas/SP, nas coordenadas geográficas UTM 807249,0 m E, 7516021,0 m S.

Figura 6. Lago formado pela Barragem no bairro do Patrimônio, Brotas/SP.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 7. Vista aérea da Barragem no bairro Patrimônio, Brotas/SP.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 8. Rio Jacaré Pepira logo a jusante da Barragem.



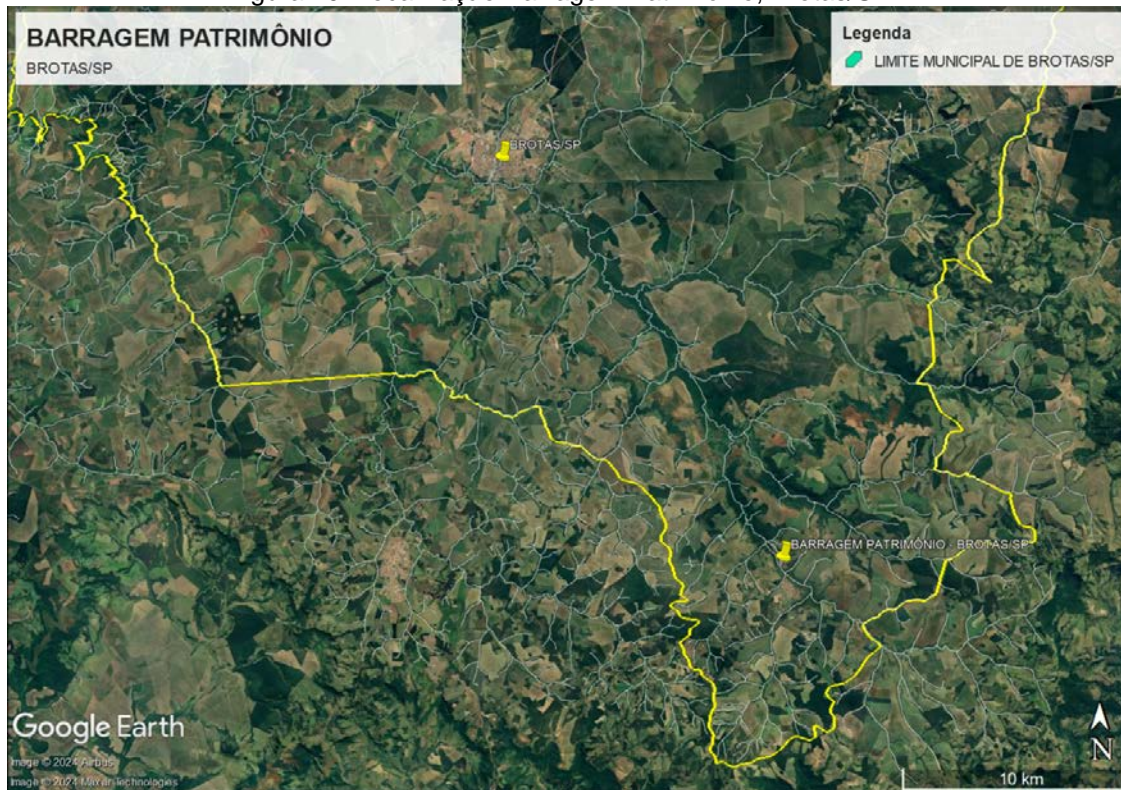
Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 9. Vista aérea próxima a Barragem junto ao Rio Jacaré Pepira.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 10. Localização Barragem Patrimônio, Brotas/SP



Fonte: Google Earth adaptado, 2024.

As figuras 11 e 12 a seguir localizam-se na ponte junto a Rua Professor Jesuíno, dentro da zona urbana do município de Brotas, nas coordenadas UTM 796207,67 m E, 7531994,56 m S.

Figura 11. Trecho do Rio Jacaré Pepira junto a Rua Professor Jesuíno no município de Brotas/SP.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 12. Trecho do Rio Jacaré Pepira junto a Rua Professor Jesuíno no município de Brotas/SP.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 13. Vista aérea – Ponte Rua Professor Jesuíno.



Fonte: Google Earth adaptado, 2024.

Nas proximidades da zona urbana do município de Brotas, foram realizadas vistorias junto as estações fluviométricas e pluviométricas

Na figura 14 a seguir, localizada nas coordenadas geográficas UTM 797010,10 m E 7531951,86 m S, encontra-se a estação fluviométrica de propriedade do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), utilizada para aferição da altura da lâmina d'água. Já na figura 15, estando localizada nas coordenadas UTM 786409,08 m E 7534441,17 m S, encontra-se a segunda estação fluviométrica, sendo esta, de propriedade do município de Brotas/SP.

Figura 14. Estação Fluviométrica DAEE.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 15. Estação Fluviométrica Municipal.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

A primeira estação pluviométrica vistoriada, localiza-se nas coordenadas UTM 796747 m E 7533688 m S, conforme figuras 16 e 17, no entanto ela encontra-se desativada. A segunda estação pluviométrica na figura 18, está localizada nas coordenadas UTM 794652 m E 7531200 m S, encontrando-se ativa e a terceira estação pluviométrica vistoriada demonstrada na figura 19, localiza-se no bairro do Patrimônio, ao lado da barragem existente, possuindo as coordenadas geográficas UTM 807134 m E 7515981 m S.

Figura 16. 1ª Estação Pluviométrica - desativada.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 17. 1ª Estação Pluviométrica - desativada.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 18. 2ª Estação pluviométrica - Ativa



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 19. 3ª Estação Pluviométrica – Barragem Patrimônio Brotas/SP.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

A seguir, pode-se visualizar através de um mapa a distribuição das estações fluviométricas e pluviométricas, junto ao Rio Jacaré Pepira, dentro do limite municipal de Brotas/SP.

Figura 20. Distribuição geográfica das estações fluviométricas e pluviométricas.



Fonte: Google Earth adaptado, 2024.

Com o objetivo de trazer um detalhamento ainda maior e mais atualizado possível das condições do Rio Jacaré Pepira, realizou-se algumas vistorias a montante e a jusante do município de Brotas, delimitando-se entre o exutório do ponto final deste estudo hidrológico e também próximo a nascente do Rio Jacaré Pepira.

O ponto final do estudo hidrológico, localiza-se na foz do Ribeirão do Potreiro, onde ocorre a confluência com o Rio Jacaré Pepira, nas coordenadas UTM 763531 m E 7557142 m S conforme figuras 21 e 22 a seguir.

Figura 21. Confluência do Ribeirão do Potreiro com Rio Jacaré Pepira.



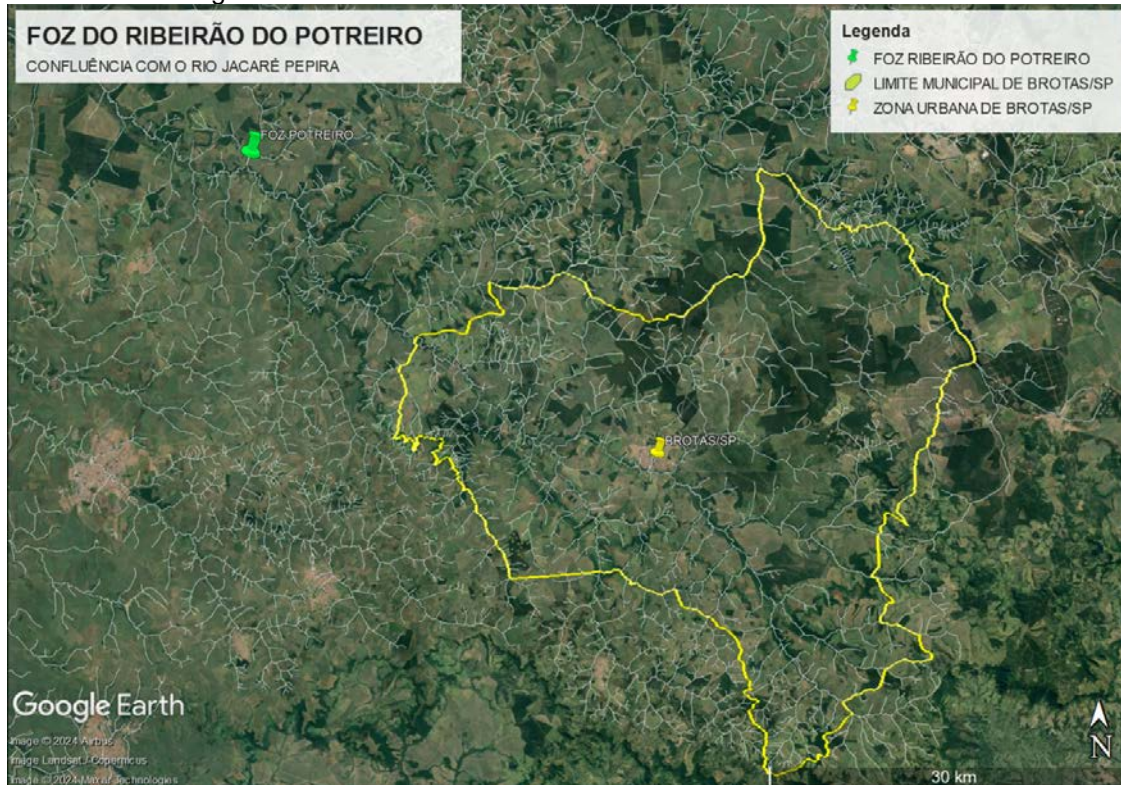
Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 22. Confluência do Ribeirão do Potreiro com Rio Jacaré Pepira.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 23. Ponto final do estudo – Foz do Ribeirão do Potreiro.



Fonte: Novaes Engenharia.

8.2 VISTORIAS JUNTO AO TRECHO DO RAFTING

Os próximos pontos vistoriados estão localizados ao longo do trecho onde são praticadas as descidas do Rafting, considerando-se desde seu início até o ponto de chegada.

8.2.1 PRIMEIRA DESCIDA

Esta primeira descida de Rafting no Rio Jacaré Pepira, foi realizada na data 09 de fevereiro de 2024, sendo considerado um período de chuvas.

As duas primeiras figuras 24 e 25, são referentes ao ponto exato onde se inicia a descida do Rafting, local também onde localiza-se a primeira régua para aferição da lâmina d'água utilizadas pelos guias e praticantes do esporte, estando nas coordenadas UTM 789093 m E 7531720 m S. Esta aferição é de grande importância, pois dependendo de seu valor a descida pode se tornar impraticável, isso pode ocorrer tendo uma lâmina d'água muito baixa ou também muito alta.

Figura 24. Início da descida do Rafting - Régua para verificação da altura da lâmina d'água.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 25. Início da descida do Rafting - Régua para verificação da altura da lâmina d'água.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Na figura 26, localizada nas coordenadas UTM 788006,92 m E 7533760,16 m S, está confluência entre os Rios Jacaré Pepira e o Ribeirão dos Pinheirinhos. Nota-se que a tonalidade e turbidez das águas são diferentes e de fácil observação. Já na figura 27, localizada nas coordenadas UTM 787449,81 m E 7534357,20 m S, refere-se a uma captação existente já outorgada, sua infraestrutura é de fácil localização junto à margem do Rio Jacaré Pepira.

A figura 28 localiza-se nas coordenadas UTM 786705 m E 7534263 m S, neste ponto, segundo informações dos praticantes e guias do Rafting está localizado o ponto mais profundo do Rio Jacaré Pepira, ultrapassando mais de 3 m de profundidade e em períodos de chuva.

Logo após este ponto, o percurso do Rio Jacaré Pepira torna-se mais largo entre as margens e o assoreamento do rio é bem visível, assim como a lâmina da água em alguns pontos, que atinge facilmente seus 30cm, alternando-se com lâminas superiores e possibilitando a navegabilidade dentro do rio, sendo exatamente neste trecho que se finaliza a descida do Rafting, conforme a figura 29, possuindo as coordenadas UTM 785604,77 m E 7535315,27 m S. Importante frisar que esta vistoria do percurso foi realizada no mês de fevereiro de 2024.

Figura 26. Confluência Rio Jacaré Pepira com afluente Pinheirinhos



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 27. Captação existente outorgada.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024

Figura 28. Ponto mais profundo do Rio Jacaré Pepira.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 29. Ponto final do Rafting.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

8.2.2 SEGUNDA DESCIDA

A segunda descida do trecho utilizado para prática do rafting pelos esportistas e turistas junto ao Rio Jacaré Pepira, foi realizada na data de 13 de julho de 2024, período de baixo índice pluviométrico, ou seja, considerado período de estiagem.

No ponto de partida inicial do rafting, foi possível observar novamente a mesma régua utilizada para aferição da lâmina d'água pelos esportistas, estando bem abaixo do nível ideal para prática "comercial" do rafting (entre 70 a 120 cm de altura). Conforme se observa nas Figuras 30 e 31, a lâmina d'água estava bem abaixo desta referência.

Figura 30. Régua para aferição da lâmina d'água – Início do Rafting.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 31. Equipe técnica analisando a régua de aferição da lâmina d'água.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Durante os primeiros trechos da decida foi possível verificar o surgimento de inúmeras pedras e bancos de areias, dos quais não se podem observar em períodos de alto índice pluviométrico, conforme Figuras 32 e 33.

Figura 32. Bancadas de areias e pedras expostas junto a calha do Rio Jacaré Pepira.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 33. Bancadas de areias e pedras expostas junto a calha do Rio Jacaré Pepira.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024

Em outros pontos junto as margens do Rio Jacaré Pepira, se verificou a degradação da mata ciliar, conforme Figuras 34 e 35.

Figura 34. Trechos do Rio Jacaré Pepira com degradação da mata ciliar.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 35. Trechos do Rio Jacaré Pepira com degradação da mata ciliar.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

O assoreamento também era visível em alguns trechos, conforme Figuras 36 e 37.

Figura 36. Assoreamento junto à margem do Rio Jacaré Pepira.



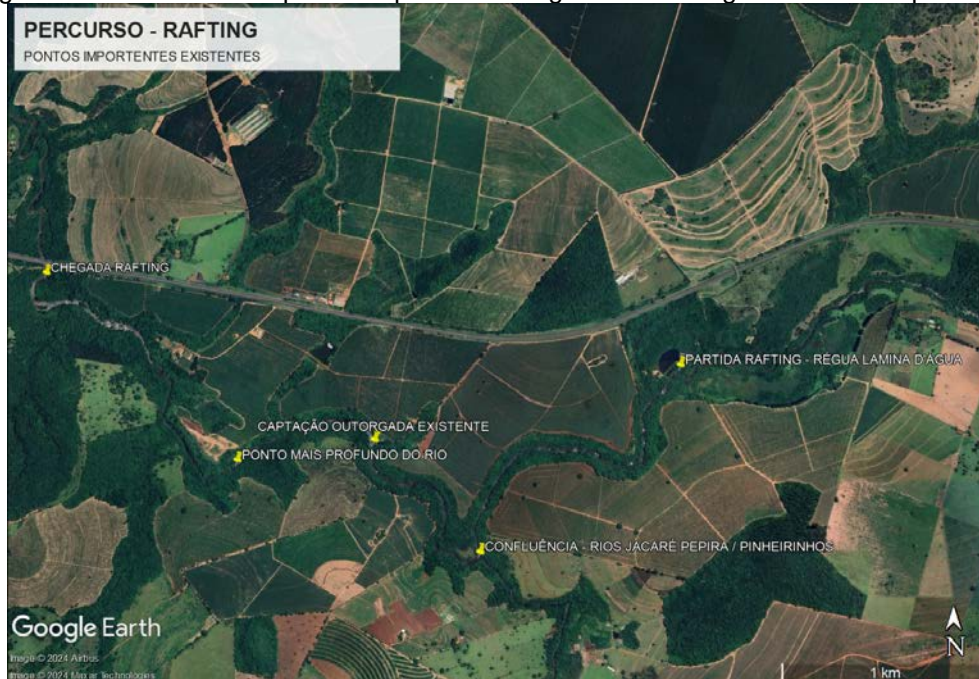
Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 37. Calha do Rio Jacaré Pepira assoreado com bancadas de pedras visíveis.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 38. Vista aérea do ponto de partida e chegada do Rafting e detalhes do percurso.



Fonte: Google Earth Pro (adaptado), 2024.

8.3 PRINCIPAIS PROBLEMAS ENCONTRADOS NO TRECHO ESPECÍFICO PARA A PRÁTICA DAS ATIVIDADES AQUÁTICAS.

De acordo com as vistorias realizadas no Rio Jacaré Pepira, os principais problemas identificados incluem:

1. Tonalidade e turbidez diferentes das águas: Na confluência do Rio Jacaré Pepira com o Ribeirão dos Pinheirinhos, observou-se a diferença de tonalidade e turbidez, o que sugere possíveis fontes de poluição ou sedimentos carregados pelos rios;
2. Assoreamento visível: O assoreamento é um problema recorrente ao longo do trecho do rio, especialmente após o ponto mais profundo, onde a largura do rio aumenta e a lâmina d'água diminui em alguns trechos, dificultando a navegabilidade;
3. Exposição de pedras e bancos de areia: Durante a segunda vistoria, em período de estiagem, surgiram muitas pedras e bancos de areia que normalmente não aparecem em períodos de maior volume de água. Isso é um indicador de assoreamento acentuado e redução da lâmina d'água;
4. Degradação da mata ciliar: Foi constatada a degradação da vegetação nas margens do rio, o que contribui para o assoreamento e prejudica a estabilidade das margens e a qualidade da água.

Esses fatores indicam a necessidade de ações para a recuperação da vegetação ciliar, controle do assoreamento e gestão da qualidade da água para garantir a sustentabilidade das atividades de rafting e a preservação do ecossistema do Rio Jacaré Pepira.

RELATÓRIO TÉCNICO UNIFICADO 2 E 3 REFERENTE AS CONDIÇÕES MÍNIMAS E IDEAIS PARA OPERAÇÃO DAS ATIVIDADES COM OS DADOS DO BALANÇO HÍDRICO E CRUZAMENTO COM A CURVA CHAVE.

9 ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO INSTALADAS NA BACIA DO RIO JACARÉ PEPIRA

Segundo estudos realizados pelo Projeto Piloto do Consórcio do Rio Jacaré, as águas do Rio Jacaré Pepira enquadram-se na Classe II da classificação proposta pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), indicando que são propícias para banho, irrigação, navegação, consumo animal e, após tratamento convencional, o consumo humano. Estes resultados estão em consonância com os apresentados no Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo (CETESB, 2022).

A Tabela 1 apresenta a classificação do Índice de Qualidade das Águas (IQA), segundo as métricas da CETESB, entre os anos de 2017 e 2022 para os pontos de amostragem no Rio Jacaré Pepira. O IQA é o produtório de 09 parâmetros de qualidade (Coliformes Termotolerantes, pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Afastamento da temperatura de equilíbrio, Turbidez, Sólido Total e Oxigênio Dissolvido), sendo seu uso principal a avaliação das águas para abastecimento público. Portanto, pode-se inferir que as águas do Rio Jacaré Pepira apresentam boa qualidade para abastecimento público e, portanto, para consumo humano.

Tabela 1. Índice de Qualidade das Águas (IQA) nos pontos de amostragem do Rio Jacaré Pepira entre 2017 e 2022. Fonte: Anexo M de CETESB (2022).

Ponto de Amostragem	ANO					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
JPEP 03150 (22° 17' 30"S, 48° 07'450"W)	Bom	Bom	Bom	-	Bom	Bom
JPEP 03500 (22° 04' 44"S, 48° 26'30"W)	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
JPEP 03600 (22° 04' 24"S, 48° 29'12"W)	Bom	Bom	Bom	-	Bom	Bom

Conforme definido nos estudos anteriores, o trecho em estudo do Rio Jacaré Pepira compreende a seu percurso até a confluência com o Ribeirão Potreiro, sendo denominado Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré-Pepira até a confluência com o Ribeirão Potreiro (BHRJPP), totalizando 1.773,9 km². Este recorte hidrológico é apresentado na Figura 39 e mapa anexo (Apêndice I). Dentre os cursos hídricos que compõem esse recorte hidrológico, as maiores bacias afluentes ao Rio Jacaré-Pepira são as bacias hidrográficas do Ribeirão do Tamanduá (140,8 km²) e do Ribeirão dos Pinheirinhos (256,2 km²).

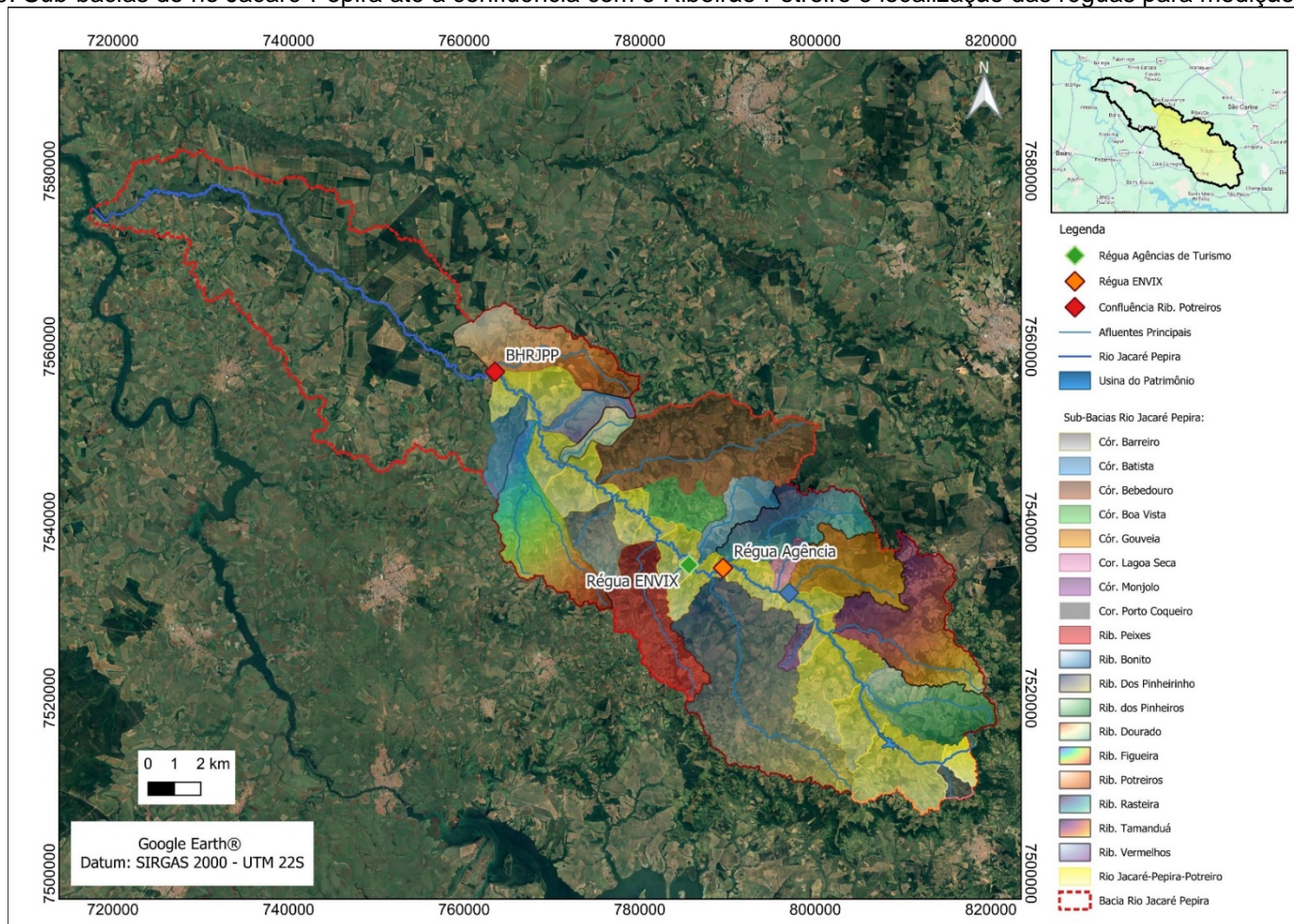
Dentro da área de estudo do presente projeto, há o Posto de Monitoramento Fluviométrico 5D-028 gerido pela SP Águas (antigo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE), cujas informações resumidas encontram-se na Tabela 2. A análise da série de dados deste posto será detalhada na Seção 13.

Tabela 2. Dados sobre o Posto de Monitoramento Fluviométrico 5D-028. Fonte: SP-Águas.

Município	Prefixo	Nome	Latitude	Longitude	Área (km ²)	Curso d'água
Brotas	5D-028	Brotas	22° 17' 33"	48° 07' 03"	442,0	Rio Jacaré-Pepira

Além deste posto de monitoramento fluviométrico da SP-Águas, a bacia apresenta outros dois pontos de monitoramento. O primeiro consiste em uma régua linimétrica instalada pelos guias das agências de turismo para avaliar as condições de operação e navegabilidade para a prática da *rafting* no Rio Jacaré Pepira em função de seu nível, sendo ilustrada nas Figuras 40 e 41. O segundo ponto consiste na régua linimétrica instalada pela empresa ENVEX, conforme ilustrado nas Figuras 42 e 43, sendo que para este ponto foi determinado a equação da curva chave, cujos detalhes serão apresentados na Seção 10.

Figura 39. Sub-bacias do rio Jacaré-Pepira até a confluência com o Ribeirão Potreiro e localização das réguas para medição de vazão.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 40. Régua de leitura do nível d'água utilizada pelas agências de turismo – vista frontal.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 41. Régua de leitura do nível d'água utilizada pelas agências de turismo – vista lateral com a margem do Rio Jacaré Pepira ao fundo.



Fonte: 1. Novaes Engenharia, 2024.

Figura 42. Régua Linimétrica instaladas pela ENVEX em diferentes vistas.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 43. Régua Linimétrica instaladas pela ENVEX em diferentes vistas

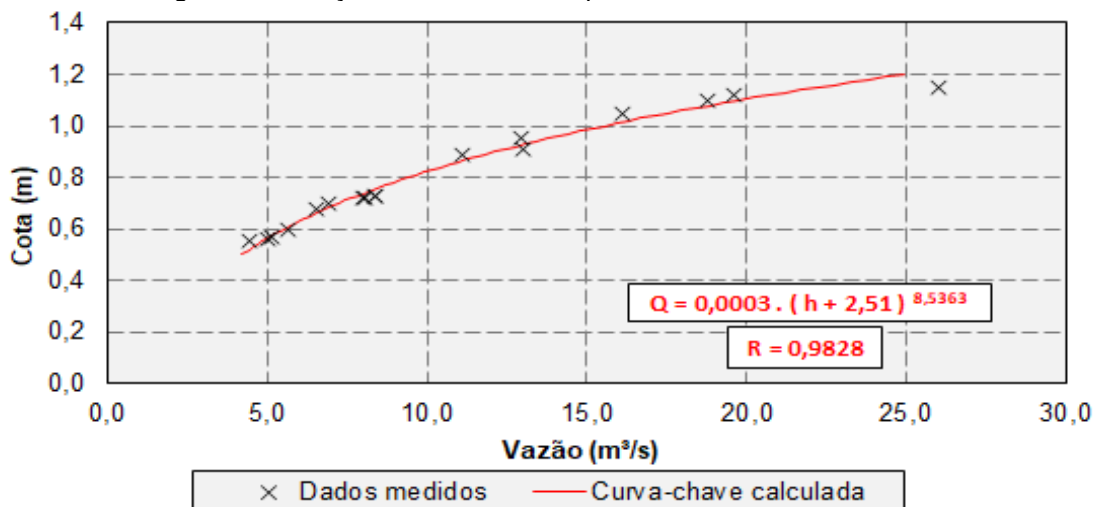


Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

10 CORRELAÇÃO ENTRE A CURVA-CHAVE DA ENVEX E AS VAZÕES DO POSTO 5D-028

Para avaliar a necessidade hídrica para a prática do *rafting*, foi necessário estabelecer uma correlação entre a vazão estimada pela régua linimétrica da ENVEX e a vazão medida no Posto 5D-028. A Figura 44 ilustra a relação curva-chave obtida pela empresa ENVEX.

Figura 44. Relação Curva-Chave no ponto de estudo da ENVEX.



Sendo “Q”, a vazão estimada (m³/s); “h”, o nível da régua linimétrica (m).

Fonte: ENVEX (2023)

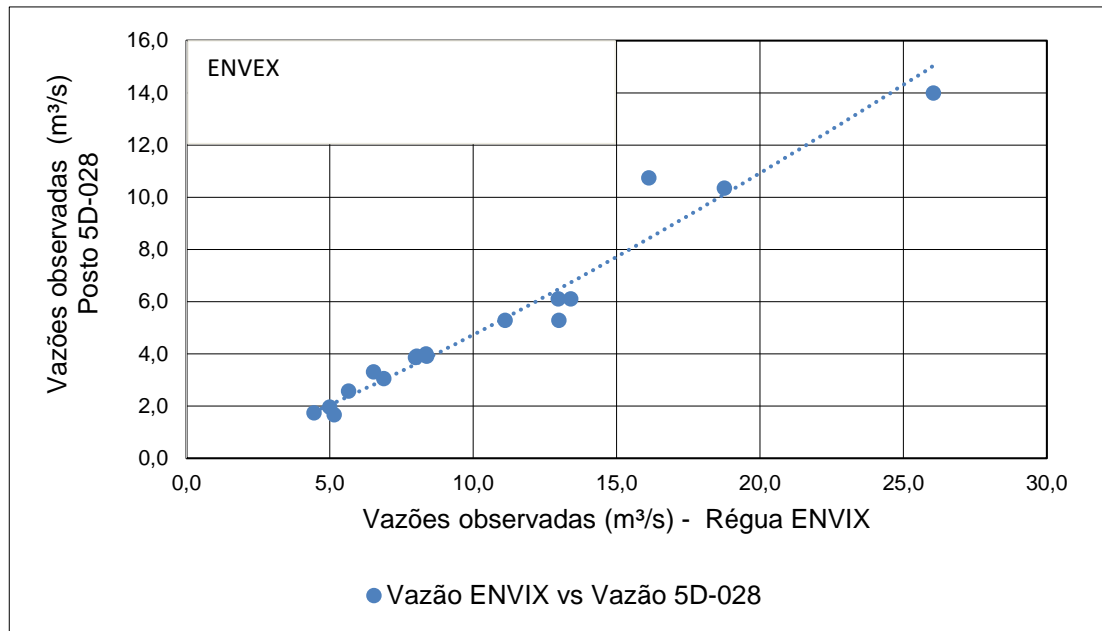
Para a consecução dessa tarefa, a primeira etapa consistiu em correlacionar os dias em que houve medições de nível e de vazão no posto de monitoramento construído pela ENVEX com a vazão medida no Posto de Monitoramento Fluviométrico 5D-028 no dia correspondente. Os registros de nível e vazão são apresentados na Tabela 3. Portanto, frisa-se que no presente estudo correlacionou-se vazões observadas.

Tabela 3. Cota e vazão observados na Régua Linimétrica da ENVEX e vazão observada no posto 5D-028.

Data	Cota (m) ENVEX	Vazão (m³/s) ENVEX	Vazão (m³/s) 5D-028
23/03/2022	1,40	13,40	6,12
26/04/2022	0,73	8,38	3,91
20/05/2022	0,72	8,03	3,91
07/06/2022	0,72	7,99	3,87
21/06/2022	0,73	8,36	4,00
12/07/2022	0,70	6,89	3,06
11/08/2022	0,68	6,52	3,31
01/09/2022	0,56	5,00	1,96
06/10/2022	0,60	5,66	2,58
27/10/2022	0,55	4,45	1,75
23/11/2022	0,57	5,15	1,68
15/12/2022	0,91	12,98	5,29
18/01/2023	1,15	26,04	14,00
16/02/2023	1,10	18,76	10,36
28/03/2023	1,05	16,12	10,74
04/05/2023	0,95	12,97	6,12
06/06/2023	0,89	11,12	5,29

Posteriormente, os dados de vazão foram correlacionados apresentando bom ajuste exponencial, conforme ilustrado na Figura 45. A partir dessa relação foi possível transferir as vazões observadas na régua linimétrica ENVEX para a vazão diária observada no Posto de Monitoramento Fluviométrico 5D-028.

Figura 45. Relação entre as vazões observadas no posto de medição da ENVEX e no Posto de Monitoramento Fluviométrico 5D-028.



Sendo Q_{5D-028} , a vazão estimada no posto de monitoramento fluviométrico 5D-028 (m^3/s); e Q_{ENVEX} , a vazão estimada no posto de monitoramento de nível instalado pela ENVEX (m^3/s).

Dessa forma, a partir do estabelecimento de vazões mínimas necessárias para a prática de *rafting* na régua linimétrica da ENVEX, é possível estimar as vazões correspondentes no trecho montante da série fluviométrica 5D-028 e, portanto, estudar a frequência estatística da ocorrência dessas vazões observadas.

11 OBSERVAÇÕES PRÁTICAS DO NÍVEL D'ÁGUA NO RIO JACARÉ-PEPIRA E DEFINIÇÃO DAS CONDIÇÕES HÍDRICAS PARA OPERAÇÃO DAS ATIVIDADES DE RAFTING

Nas instalações da operação no início do trecho de *rafting* (correspondente ao ponto P2 – início), há uma régua linimétrica instalada pelas agências de turismo, que é utilizada para avaliar as condições hidráulicas do Rio Jacaré-Pepira para a prática desportiva; essa régua fora implantada há anos e a correção entre níveis de água observados neste dispositivo e a navegabilidade do rio são do conhecimento prático dos monitores.

Durante visita técnica para a segunda descida de *rafting*, foi informado pelos monitores que há quatro níveis das condições de navegabilidade do Jacaré-Pepira:

Não operacional - quando o nível d'água na calha é inferior a 70 cm; nestas condições de aflúências muito baixas, a velocidade de escoamento também será; frequentemente as formações rochosas do leito de fundo ficam expostas na superfície da lâmina de água e, conseqüentemente, a descida de *rafting* torna-se extremamente limitada, quase inviabilizando a operação;

Operação Mínima Não ideal – nível de água entre 70 e 85 cm, neste nível de água, há menor exposição das pedras de fundo, com velocidades ligeiramente maiores; embora não sejam melhores condições da atividade desportiva, não há risco de paralização da descida;

Operação satisfatória – nível de água entre 85 e 120 cm, representa as melhores condições de operação da atividade, proporcionando maiores níveis de satisfação pelos usuários; nessas condições não há quase exposição de pedras do fundo da calha, possibilitando utilização de toda a largura da calha ao longo do todo o trecho de *rafting*; e

Operação de risco – nível de água superiores a 120 cm ocorrem para aflúências significativamente elevadas do Jacaré– Pepira, geralmente, logo após grandes eventos chuvosos. As velocidades de escoamento são extremamente altas, representando risco à vida dos usuários. Nessas condições a descida do

rafting somente pode ser praticada somente por profissionais e esportistas experientes.

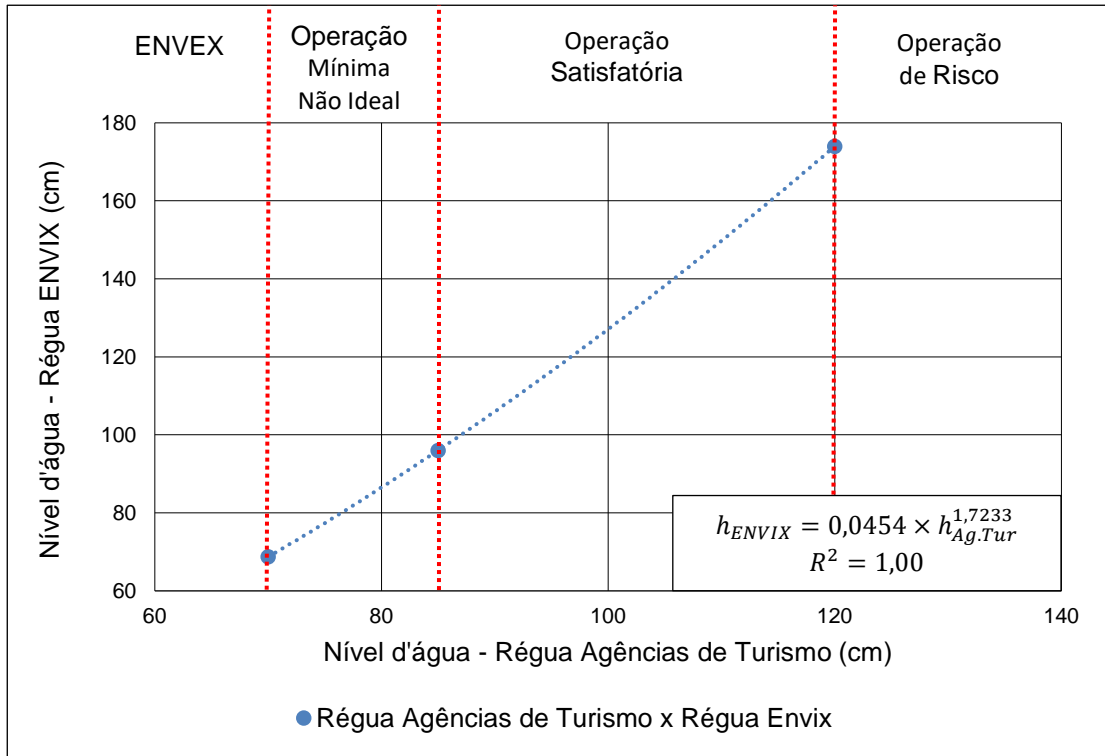
Após a correlação entre as vazões observadas no Posto de Monitoramento Fluviométrico 5D-028 e a régua da ENVEX, buscou-se traduzir os níveis práticos de operação do rafting no Rio Jacaré Pepira em vazão. Tais operações ficam em função dos níveis nas régua instaladas pelas agências (Figuras 40 e 41) e pela ENVEX (Figuras 42 e 43), conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Condições operacionais da prática de rafting de acordo com o nível d'água (h).

Condição	Leituras das régua linimétricas no Rio Jacaré – Pepira	
	Régua Prática Agências de Turismo	ENVEX
Operação de Risco	$h > 120 \text{ cm}$	$h > 174 \text{ cm}$
Operação Satisfatória	$85 \text{ cm} < h \leq 120 \text{ cm}$	$96 \text{ cm} < h \leq 174 \text{ cm}$
Operação Mínima Não Ideal	$70 \text{ cm} < h \leq 85 \text{ cm}$	$69 \text{ cm} < h \leq 96 \text{ cm}$
Não Operacional	$h \leq 70 \text{ cm}$	$h \leq 69 \text{ cm}$

Conforme apresentado na tabela acima, os níveis de 120 cm, 85 cm e 70 cm na régua Linimétrica utilizada pelas Agências de Turismo são equivalentes, respectivamente, aos níveis de 174 cm, 96 cm e 69 cm na régua Linimétrica da ENVEX. A partir dessas equivalências, correlacionou-se os níveis por meio de uma equação potencial, conforme ilustrado na Figura 46.

Figura 46. . Relação entre os níveis observados na régua Linimétrica das Agências de Turismo e da ENVEX.



Sendo: h_{ENVEX} , o nível d'água estimado no posto de monitoramento de nível instalado pela ENVEX (cm); e, $h_{Ag.Tur}$, o nível d'água estimado no posto de monitoramento de nível instalado pelas Agências de Turismo (cm).

12 CONDIÇÕES MÍNIMAS E IDEAIS DO RIO JACERE PEPIRA PARA AS ATIVIDADES TURÍSTICAS

A partir das relações desenvolvidas nas Seções 10 e 11, estimou-se as vazões mínimas, ideais e máximas para a prática de rafting e de atividades turísticas. A primeira etapa consistiu na estimativa das vazões para as diferentes condições de operação da Régua da ENVEX (Tabela 4) por meio da equação presente na Figura 44. O resultado encontra-se na Tabela 5.

Tabela 5. Condições operacionais da prática de rafting de acordo com o nível d'água na régua linimétrica instalada pela ENVEX.

Condição	Régua ENVEX (cm)	Vazão ENVEX (m ³ /s)
Operação de Risco	$h > 174 \text{ cm}$	$Q > 69,4 \text{ m}^3/\text{s}$
Operação Satisfatória	$96 \text{ cm} < h \leq 174 \text{ cm}$	$12,3 \text{ m}^3/\text{s} < Q \leq 69,4 \text{ m}^3/\text{s}$
Operação Mínima Não Ideal	$69 \text{ cm} < h \leq 96 \text{ cm}$	$6,2 \text{ m}^3/\text{s} < h \leq 12,3 \text{ m}^3/\text{s}$
Não Operacional	$h \leq 69 \text{ cm}$	$h \leq 6,2 \text{ m}^3/\text{s}$

Em seguida as vazões estimadas no posto de monitoramento fluviométrico instalado pela ENVEX (Tabela 5) foram *transferidas* para as vazões observadas no Posto de Monitoramento Fluviométrico 5D-028 por meio da equação apresentada na Figura 45. O resultado encontra-se na Tabela 6.

Tabela 6. Condições operacionais da prática de rafting de acordo com o nível d'água no Posto de Monitoramento Fluviométrico 5D-028.

Condição	Vazão ENVEX (m ³ /s)	Vazão 5D-028 (m ³ /s)
Operação de Risco	$Q > 69,4 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q > 49,1 \text{ m}^3/\text{s}$
Operação Satisfatória	$12,3 \text{ m}^3/\text{s} < Q \leq 69,4 \text{ m}^3/\text{s}$	$6,1 \text{ m}^3/\text{s} < Q \leq 49,1 \text{ m}^3/\text{s}$
Operação Mínima Não Ideal	$6,2 \text{ m}^3/\text{s} < h \leq 12,3 \text{ m}^3/\text{s}$	$2,6 \text{ m}^3/\text{s} < h \leq 6,1 \text{ m}^3/\text{s}$
Não Operacional	$h \leq 6,2 \text{ m}^3/\text{s}$	$h \leq 2,6 \text{ m}^3/\text{s}$

Analisando os resultados, observa-se que em razão da falta de medição de vazão no posto linimétrico utilizado pelas Agências de Turismo, não é possível estimar a vazão diretamente no local. Porém, é possível estimar o nível no local por meio do seguinte procedimento: leitura de vazão no Posto 5D-028 (medição ou leitura de série histórica), estimativa da vazão no posto da ENVEX (equação presente na Figura 45), conversão da vazão no Posto ENVEX em nível d'água (equação presente na Figura 44) e, por fim, estimativa do nível no posto da

Agência de Turismo (equação presente na Figura 46). A execução desse procedimento resulta na seguinte equação:

$$h_{Ag.Tur} = 0,5993 \times Q_{5D-028}^{0,1801} \quad \text{Equação 1}$$

Sendo: $h_{Ag.Tur}$, o nível d'água estimado no posto de monitoramento de nível instalado pelas Agências de Turismo (cm); Q_{5D-028} , a vazão diária observada no posto de monitoramento fluviométrico 5D-028.

Por fim, observa-se o aumento dos valores limites de vazão no posto de monitoramento da ENVEX em relação ao posto de monitoramento fluviométrico 5D-028. Esse ganho de vazão é proveniente das vazões afluentes dos Ribeirões Bonito, Rasteira e dos Pinheirinhos e do Córrego Lagoa Seca, além das áreas de contribuição diretamente no Rio Jacaré Pepira (Figura 39). Portanto, o correto manejo dos recursos hídricos não deve centrar-se apenas no Rio Jacaré Pepira, curso hídrico onde as principais atividades turísticas e econômicas são desenvolvidas, mas deve ser estendido para as bacias afluentes.

13 ANÁLISE DA SÉRIE FLUVIOMÉTRICA 5D-028, CONSIDERANDO AS CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO PARA PRÁTICA DE RAFTING NO RIO JACARÉ-PEPIRA

A vazão de um curso hídrico pode ser entendida como o resultado da interação entre a precipitação, entrada de água no sistema bacia hidrográfica, e as características da bacia, como, por exemplo, diferentes tipos de solo e de uso e ocupação da superfície. Portanto, a caracterização da distribuição das chuvas será inicialmente executada e, posteriormente, a série fluviométrica 5D-028 será analisada.

O estudo das precipitações na bacia foi estudado no Produto 2 do estudo hidrológico, sendo reapresentado parcialmente a seguir, facilitando a leitura deste produto dos estudos.

A caracterização da distribuição das chuvas na região foi realizada por meio do levantamento de estações pluviométricas da Agência SP-Águas (antigo DAEE) e da ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico) dentro dos limites da BHRJPP e em seu entorno. Foram levantadas 22 estações na região, sendo que destas 3 possuem dados antigos e estão desativadas, 9 possuem dados recentes e estão desativadas e 10 possuem dados recentes e estão ativas. A Tabela 7 apresenta o código, o município, as coordenadas geográficas, a altitude e o período da série histórica para cada estação pluviométrica levantada na região, bem como indicada a localização na Figura 47.

Tabela 7. Estações pluviométricas utilizadas no estudo de precipitação.

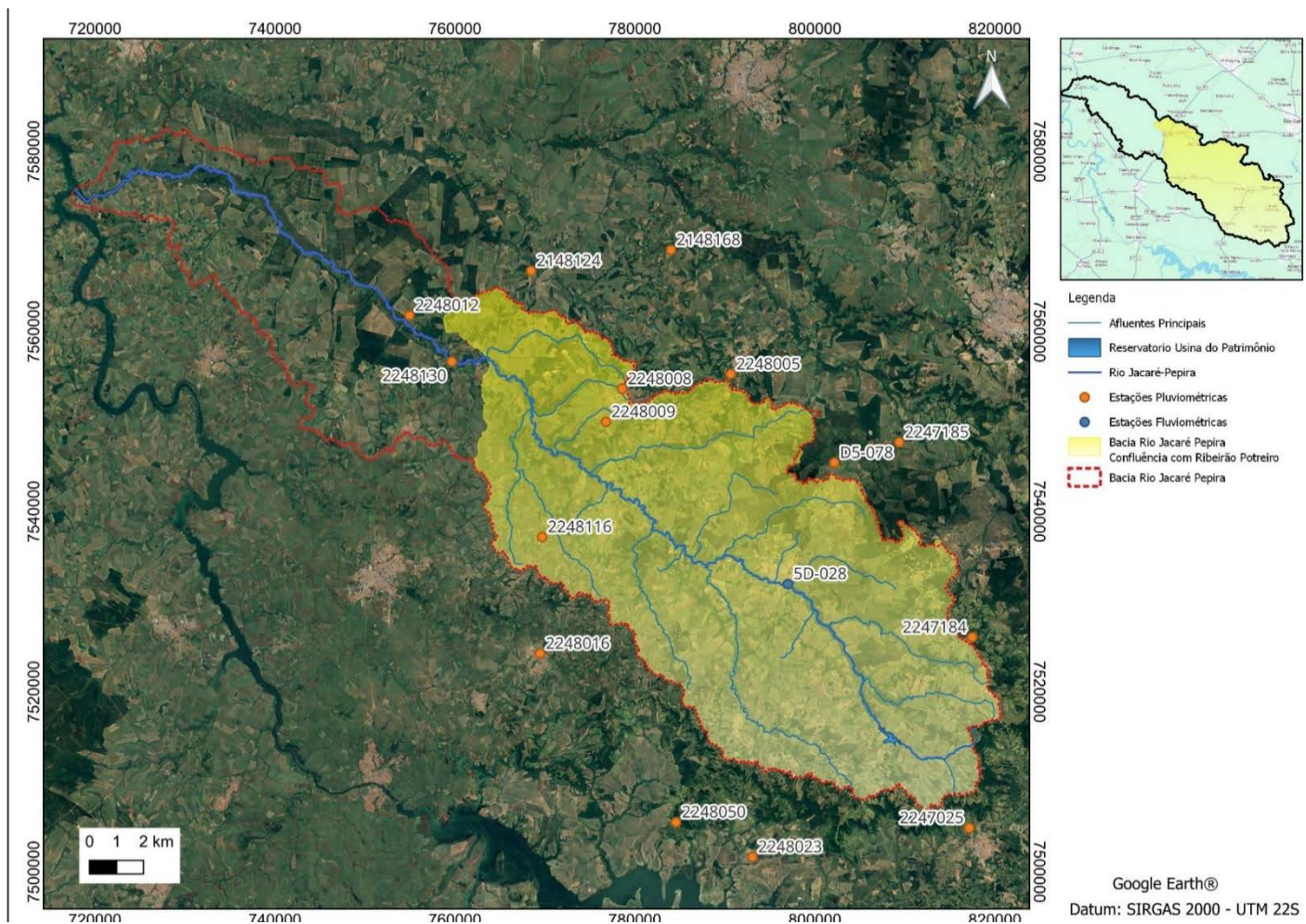
Estação	Município	Coordenadas		Altitude (m)	Período Analisado
		Latitude	Longitude		
D4-040	Brotas/SP	21°14'00" S	47°59'00" O	789	1938-1998 61 anos
D4-098	Brotas/SP	21°22'00" S	47°59'00" O	660	1970-1999 30 anos
D5-002	Brotas/SP	22°17'00" S	48°08'00" O	620	1931-1967 37 anos
D5-052	Brotas/SP	22°20'00" S	48°06'00" O	680	1940-1952 13 anos
D5-069	Brotas/SP	22°25'00" S	48°01'00" O	810	1946-1967 22 anos
D5-078	Brotas/SP	22°17'00" S	48°07'00" O	680	1972-1999 28 anos
D5-006	Torrinha/SP	22°23'45" S	48°09'50" O	783	1936-2022 87 anos

Estação	Município	Coordenadas		Altitude (m)	Período Analisado
		Latitude	Longitude		
2248008	Dourado/SP	22°06'00" S	48°17'59" O	702	1941-1999 59 anos
2248009	Dourado/SP	22°07'59" S	48°19'00" O	711	1954-2020 67 anos
2248116	Guarapuã/SP	22°15'00" S	48°23'00" O	740	1985-2020 36 anos
2247025	São Pedro/SP	22°31'59" S	47°55'00" O	638	1942-2000 59 anos
2248023	Santa Maria da Serra/SP	22°34'00" S	48°08'59" O	557	1945-2000 56 anos
2248016	Dois Córregos/SP	22°22'00" S	48°22'59" O	682	1936-1999 64 anos
2248130	Bocaina	22°04'30" S	48°28'57" O	440	2000-2019 20 anos
2148124	Boa Esperança do Sul/SP	21°58'59" S	48°23'59" O	493	1971-2020 50 anos
2248005	Ribeirão Bonito/SP	22°04'59" S	48°10'59" O	633	1933-2019 87 anos
2247185	Brotas/SP	22°08'54" S	48°00'03" O	790	1977-2019 43 anos
2247184	Itirapina/SP	22°20'31" S	47°55'03" O	914	1977-2022 46 anos
2248050	São Manuel/SP	22°31'59" S	48°13'59" O	514	1973-2000 28 anos
2248012	Jau/SP	22°18'00" S	48°32'00" O	512	1936-1999 64 anos
2148168	Ribeirão Bonito/SP	21°57'41" S	48°14'55" O	546	1979-2022 44 anos
2147021	Ipeúna/SP	22°25'59" S	47°43'00" O	633	1970-2022 53 anos

No estudo de precipitação da bacia foram utilizadas, preferencialmente, as estações pluviométricas em atividade com série histórica superior a 40 anos de dados, período suficiente para estimativas seguras e consistentes dos índices hidrológicos.

Nos meses com falhas, os dados foram preenchidos a partir da composição dos dados mensais das estações; logo em seguida as estimativas de precipitação anual foram homogeneizadas e corrigidas para um mesmo longo período representativo do comportamento dessa variável. Algumas estações possuem período inferior, sendo utilizadas para preenchimento de série de dados mais antiga.

Figura 47. Mapa com a localização da bacia de estudo e distribuição de estações pluviométricas na região.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Após a estimativa da precipitação anual por estação, as precipitações média, mediana e P75% (precipitação com probabilidade de igualada e superada igual a 75%) da bacia foram calculadas por meio da rotina de interpolação do software de geoprocessamento QGIS, sendo ilustradas, respectivamente, na Figura 48 (Apêndice III), Figura 49 (Apêndice IV) e Figura 50 (Apêndice V).

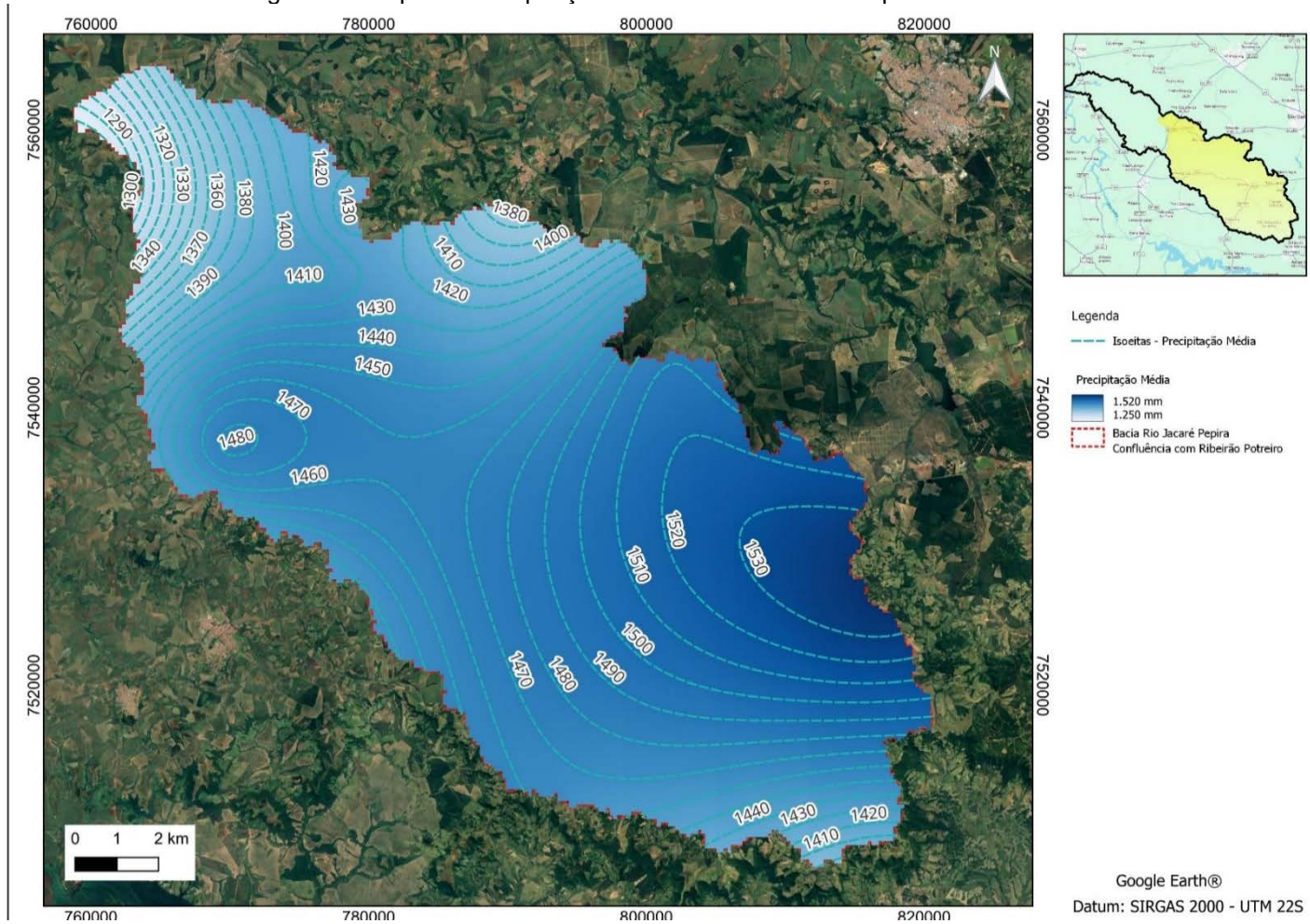
A partir das séries homogêneas e corrigidas, as estatísticas descritivas para a BHRJPP foram estimadas, sendo apresentadas na Tabela 8; a Figura 51 apresenta as precipitações anuais observadas na bacia do Jacaré-Pepira entre 1970 e 2023.

Nessa figura, são destacados a mediana e média da precipitação anual por meio das linhas contínuas vermelha e verde, respectivamente; as curvas pontilhadas roxas são os limites estatísticos superior (LS) e inferior (LI) da série, estimados pela média adicionando o desvio padrão (DP) (LS) e subtraindo DP – LI.

Analisando o comportamento da precipitação estimada para a BHRJPP, ilustrado na Figura 51 nota-se que, entre os anos de 1983 e 2016, a precipitação estimada ficou acima do limite superior definido pela precipitação média somada ao desvio padrão das precipitações. Explica-se este comportamento, a ocorrência de precipitações acima da média climatológica para o estado de São Paulo, devido à influência do fenômeno El Niño (IAG, 2016).

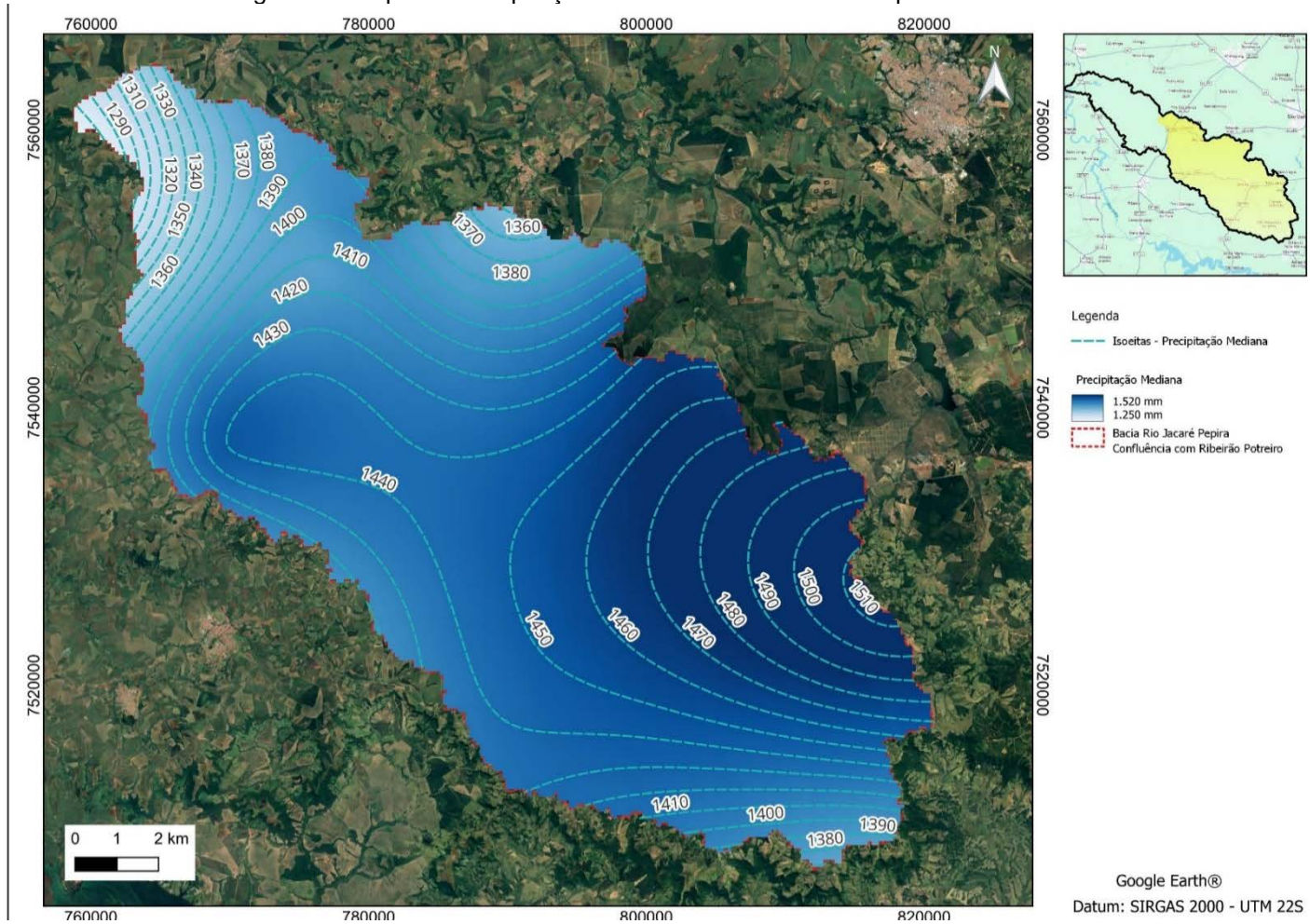
Já para os anos de 2006 e 2014, a precipitação estimada ficou abaixo do limite inferior definido pela precipitação média menos o desvio padrão. Esse comportamento pode ser explicado pela mudança no padrão atmosférico do América do Sul que afetou toda a região sudeste neste período (Santos et al., 2017). Observa-se, também, que após o evento de máxima registrado em 2016, as precipitações anuais registradas são inferiores à média, flutuando em torno do valor de precipitação menos o desvio padrão amostral. Ou seja, os últimos 08 anos foram sistematicamente secos na região. Comportamento semelhante pode ser observado ao analisar a precipitação média móvel de 05 anos (linha tracejada em vermelho).

Figura 48. Mapa da Precipitação Média na BHRJPP e respectivas isoietas.



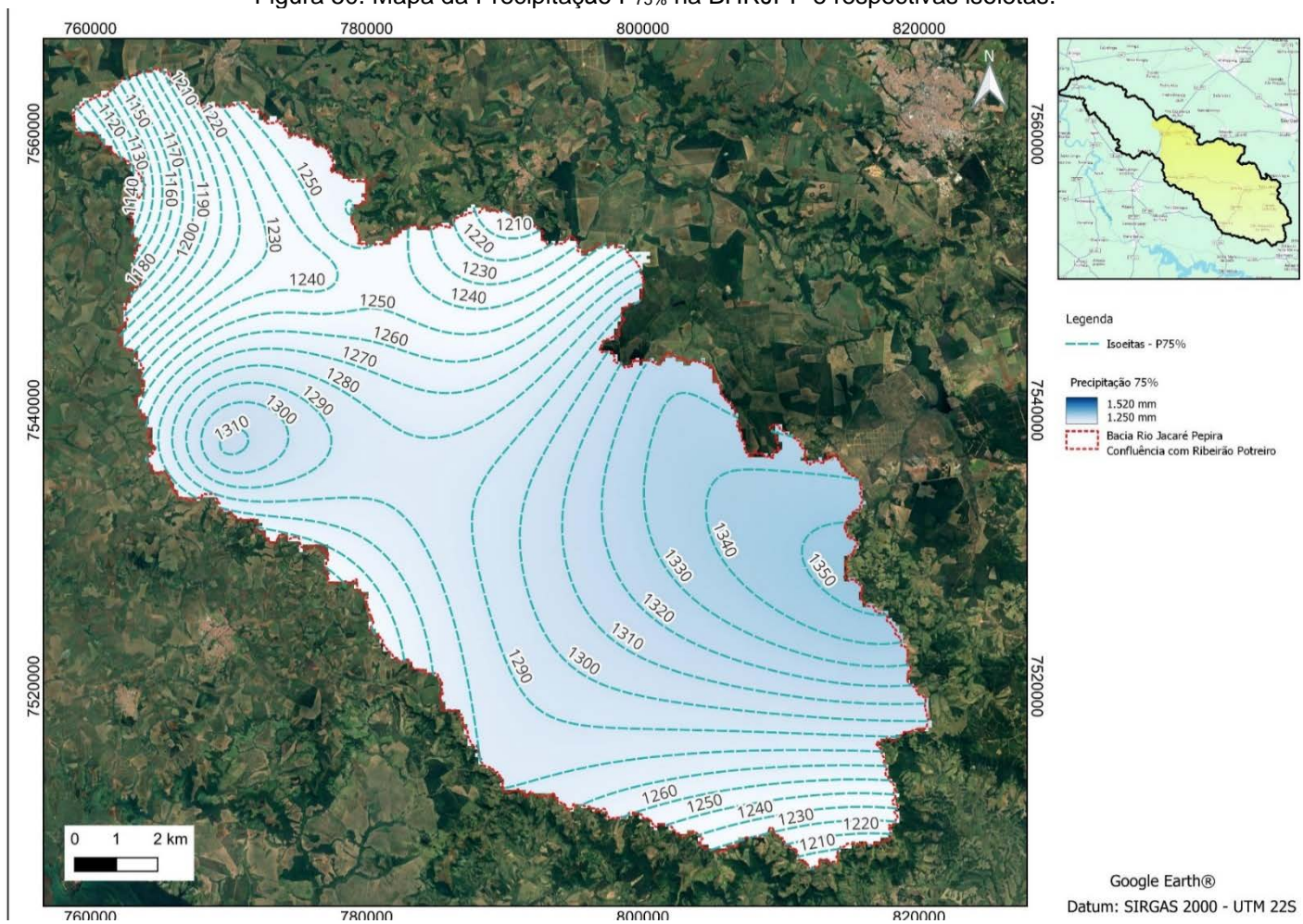
Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 49. Mapa da Precipitação Mediana na BHRJPP e respectivas isoietas.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Figura 50. Mapa da Precipitação P_{75%} na BHRJPP e respectivas isoietas.

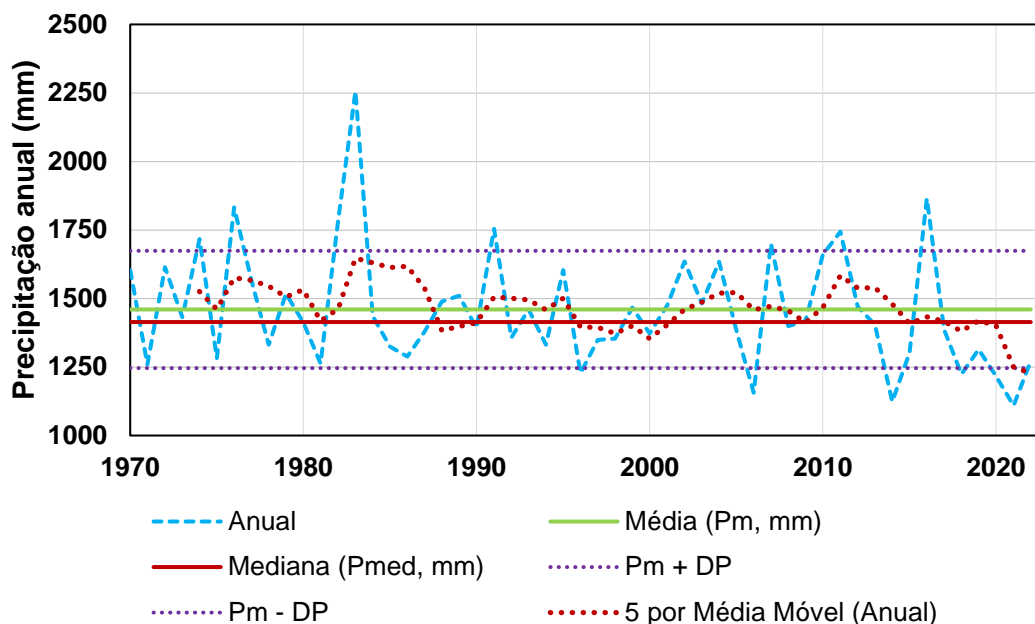


Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Tabela 8. Resumo estatístico da precipitação anual para a BHRJPP.

ÍNDICE ESTATÍSTICO	SÉRIE TODA 1970 – 2023	SEM O PERÍODO ANTERIOR RECENTE 1970 – 2010	LONGO PERÍODO RECENTE 2000 – 2023
MÉDIA (mm/ano)	1.459,2	1.485,6	1.423,8
MEDIANA (mm/ano)	1.413,3	1.435,4	1.399,5
P _{75%}	1.319,4	1.351,2	1.271,3
DESVIO PADRÃO (mm/ano)	214,0	203,2	205,2
PRECIPITAÇÃO MÁXIMA (mm)	2.257	2.257	1.866
ANO DA MÁXIMA PRECIPITAÇÃO	1983	1983	2016
PRECIPITAÇÃO MÍNIMA (mm)	1.109	1.157	1.109
ANO DA MÍNIMA PRECIPITAÇÃO	2021	2006	2021
PROBABILIDADE DE P _{>=1.000mm}	98%	99%	98%
PROBABILIDADE DE P _{>=1.250mm}	84%	88%	80%
PROBABILIDADE DE P _{>=1.500mm}	42%	47%	36%

Figura 51. Série histórica de precipitação estimada para a BHRJPP.



Resumindo, as precipitações observadas na BHRJPP apresentaram o seguinte comportamento:

- De 1970 até 1987, os valores de média móvel foram sistematicamente superiores ao valor da precipitação média anual (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), excetuando a média móvel de 1981 (média da precipitação anual de 1977 a 1981);
- De 1988 a 2000, observa-se precipitações médias móveis flutuando em torno da média observada;
- De 2001 a 2011, a média móvel voltou a se elevar, porém com inclinação menor do que o observado no 1º período (1974 a 1987);
- De 2011 até 2022, fim observado da série, observa-se a redução sistemática dessa estatística descritiva indicando. Esse comportamento mostra que a BHRJPP está enfrentando um período seco.

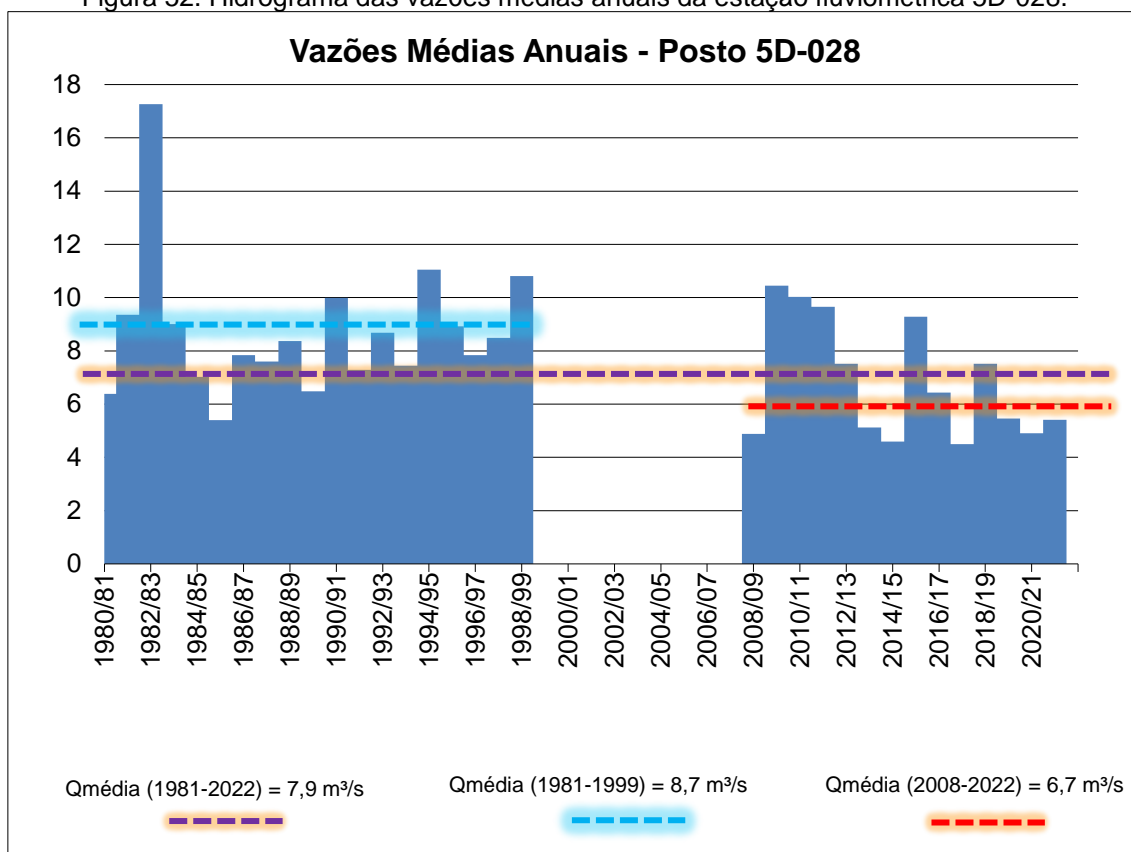
Após a análise das precipitações, principal entrada de água da Bacia BHRJPP, procedeu-se a análise da estação fluviométrica 5D-028, conforme ilustrado na Figura 52. A série fluviométrica da vazão diária foi obtido no portal do Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos (CTH) do DAEE. Esta estação possui dados consistentes entre 1980 e 1999 e entre 2009 e 2022.

A Figura 52 apresenta o hidrograma das vazões médias anuais dessa estação, sendo a linha tracejada em roxo que corta todo o hidrograma a vazão média de todo o período com dados e as linhas tracejadas em azul e vermelho, as médias para os períodos de 1980 a 1999 e 2009 a 2022, respectivamente.

Pela análise da Figura 52, observa-se que a vazão média da série total disponível é de 7,9 m³/s (linha tracejada em roxo). Entretanto, a análise individual de cada subsérie revela uma diminuição da vazão média. Na subsérie de 1981 a 1999, período que abrange a ocorrência no ano hidrológico de 1982/83 de um *El-Niño* intenso que culminou em chuva intensas na região sudeste, a vazão média do período é de 8,7 m³/s, valor 10% superior à vazão média total. Na subsérie de 2008 a 2022 – período marcado pelas severas estiagens durante os anos de 2013 a 2015, denominado como *Crise Hídrica*, caracterizado pelos

baixos níveis de precipitação no Estado de São Paulo e pela crise de abastecimento nas regiões metropolitanas de São Paulo e de Campinas – a vazão média decresce para 6,7 m³/s, valor cerca de 15% inferior à vazão média da série total e 23% inferior ao período anterior.

Figura 52. Hidrograma das vazões médias anuais da estação fluviométrica 5D-028.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Baseando nessas análises, observa-se que a bacia do Rio Jacaré-Pepira passou por um período úmido entre 1970 e 2010, caracterizado por precipitações e vazões maiores e, atualmente, encontra-se em um período mais seco.

Esse decréscimo recente das vazões afluentes no Rio Jacaré-Pepira acompanhou o comportamento das precipitações anuais apontado na **Erro! Fonte de referência não encontrada. 50**, sugerindo que a diminuição do regime pluviométrico anual teria afetado o fluviométrico.

A partir dos dados disponíveis, traçou-se 03 curvas de permanência para estimativa da Q_{50%}, vazão mediana, e Q_{95%}, sendo uma para cada série

supracitada. A frequência acumulada foi calculada por meio da Equação 2. As curvas de permanência para as séries são ilustradas na Figura 52. As vazões de referência para cada série estão dispostas na Tabela 09.

$$F(x) = \frac{1}{TR} = \frac{i}{(n + 1)} \quad \text{Equação 2}$$

Sendo: F(x), frequência acumulada ou a probabilidade a ser igualada ou superada; TR, o tempo de retorno solicitado (anos); i, a posição do valor da série organizada de maneira decrescente; n, o número total de valores da série.

Figura 53. Curvas de Permanência para o posto fluviométrico 5D-028.

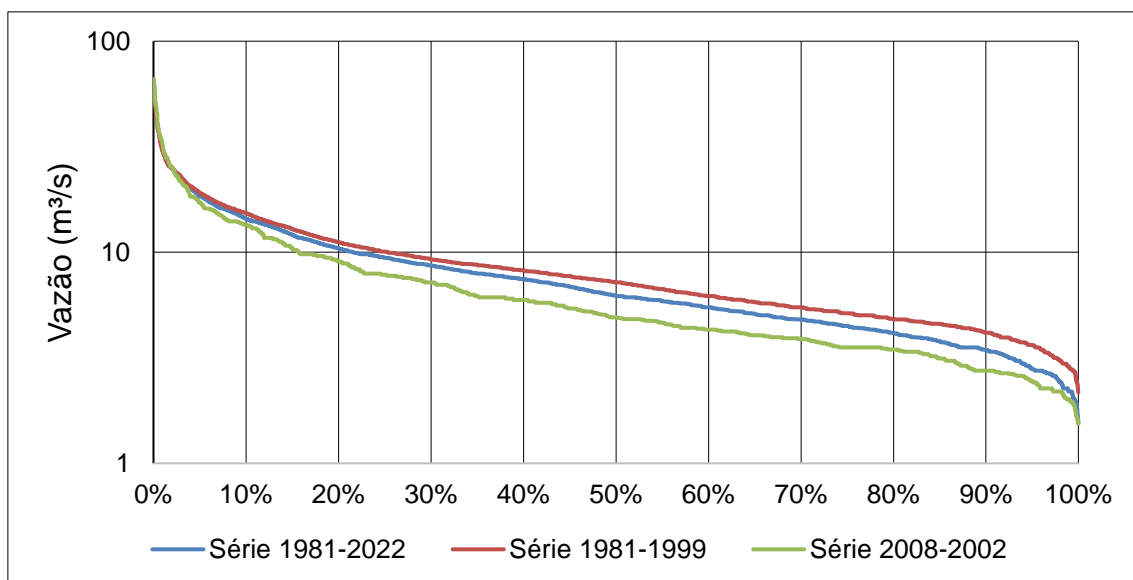


Tabela 9. Valores de Q_{50%} Q_{95%} para as séries fluviométricas consideradas do posto 5D-028.

Vazão (m³/s)	Série Analisada		
	1981-2022	1981-1999	2008-2022
Q _{50%}	6,2	7,2	4,9
Q _{95%}	2,8	3,6	2,4

Analisando a Figura 53 e os resultados presentes na Tabela 9, observa-se que a Q_{50%} e a Q_{95%} da série 1981-1999 são cerca de 16% e 30% superiores, respectivamente, aos valores da série total, enquanto a série de 2008-2022 apresenta valores de Q_{50%} e a Q_{95%} 21% e 15% inferiores à série total. Para a

estimativa da vazão de referência $Q_{7,10}$ ajustou-se os dados das 03 séries supracitadas à distribuição *Weibull*, dada por:

$$f(x) = a \cdot x^{a-1} \cdot b^{-a} \cdot \exp \left[- \left(\frac{x}{b} \right)^a \right]$$

Equação 3

$$x \geq 0, \quad a, b > 0$$

$$F(x) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x}{b} \right)^a \right]$$

Equação 4

Sendo: “a”, parâmetro de forma; “b”, parâmetro de escala.

A distribuição *Weibull* é uma escolha comum para modelar vazões devido à sua flexibilidade e capacidade de se ajustar a uma variedade de condições hidrológicas. Para ajustar a distribuição *Weibull* aos dados, os parâmetros da distribuição (forma e escala) são estimados. A estimativa dos parâmetros é frequentemente realizada utilizando o método de máxima verossimilhança. Para o presente trabalho utilizou-se o *software* estatístico R por meio do pacote estatístico “*ExtDist*”. A avaliação da aderência dos dados foi realizada por meio do teste de Kolmogorov-Sminorv (KS), rejeitando o ajuste estatístico se e, somente se, $p\text{-value} \leq 0,05$. Transformando a equação de Weibull para vazões, tem-se que:

$$Q = b \cdot \left(- \ln \left(1 - \frac{1}{TR} \right) \right)^{\frac{1}{a}}$$

Equação 5

O resultado do ajuste da distribuição é apresentado na Tabela 10.

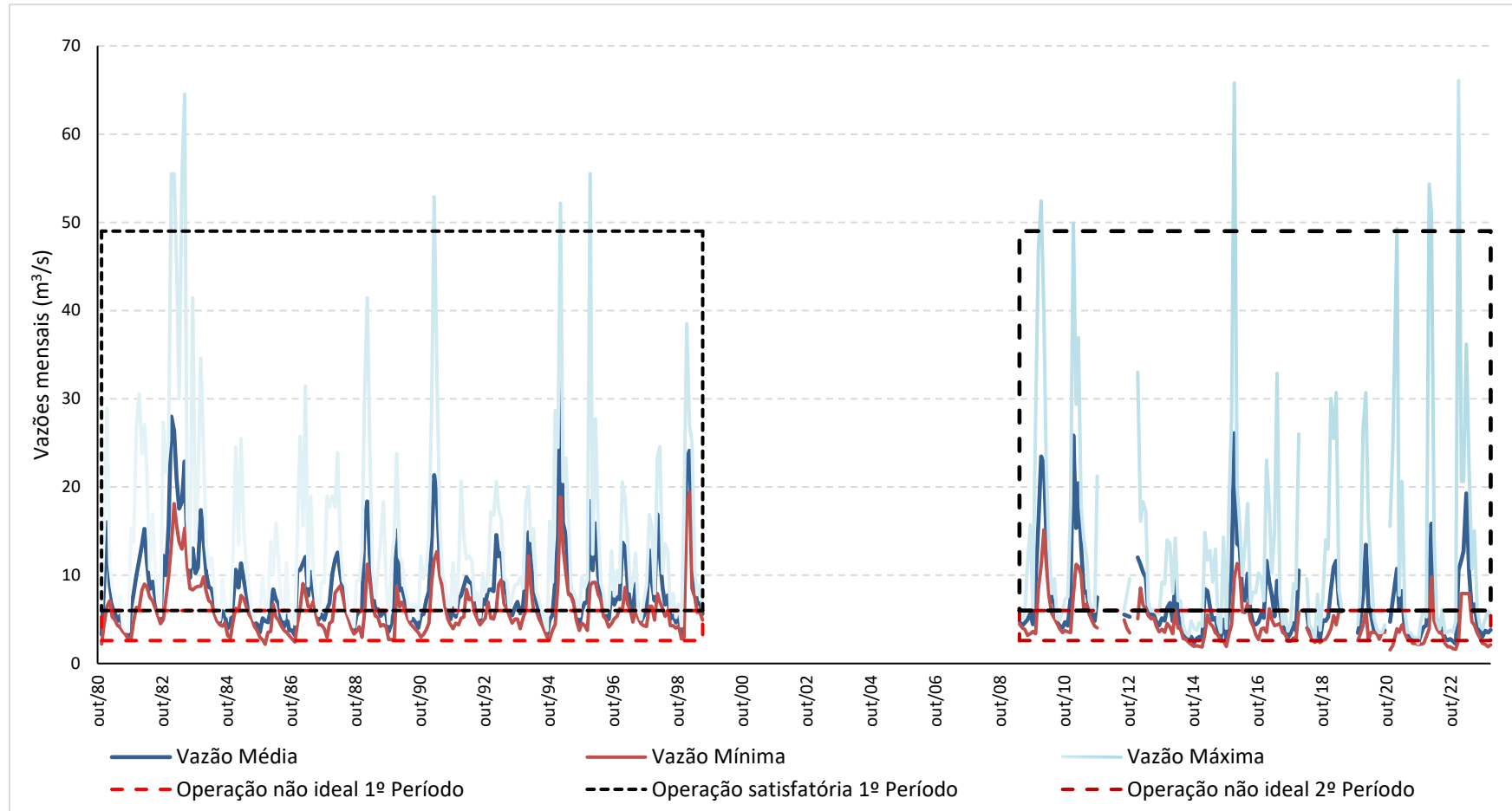
Tabela 10. Parâmetros da função de distribuição *Weibull* e estimativa da $Q_{7,10}$.

ESTAÇÃO	PARÂMETROS DA DISTRIBUIÇÃO DE WEIBULL		Teste de Aderência - KS		$Q_{7,10}$ (m ³ /s)	$Q_{7,10}$ (m ³ /h)
	a	b	Distância	p-value		
1981-2022	4,242199	3,469875	0,11125	0,7528	2,04	7.349
1981-1999	4,990233	3,780958	0,22837	0,2361	2,41	8.671
2008-2022	4,390520	3,023958	0,17949	0,6652	1,81	6.520

Os resultados apresentados na Tabela 10 indicam que, com 95% de confiança estatística, as três séries analisadas (1981-2022, 1981-1999 e 2008-2022) ajustam-se à distribuição de *Weibull*. Novamente, o comportamento das séries parciais 1981-1999 e 2008-2022 se mantêm apresentando estimativas de $Q_{7,10}$ 18% superior e 11% inferior em relação ao valor estimado pela série total.

Uma vez demonstrado a diminuição das precipitações e das vazões médias e de referência do posto 5D-028, avaliou-se o comportamento das vazões observadas em função das condições de operação da prática do *rafting* de acordo com as condições de operação apresentadas na Tabela 6, resultando na 54.

Figura 54. Hidrograma das vazões máximas, médias e mínimas mensais para os períodos de 1980 a 1998 e 2009 a 2023 com indicação das condições de operação.



Fonte: Novaes Engenharia 2024.

A Figura 54 ilustra: (1) os hidrogramas das vazões máximas, médias e mínimas mensais (linhas azul claro, azul e vermelha, respectivamente) para os períodos de 1981 a 1999 e 2008 a 2023; (2) a área entre as linhas tracejadas em vermelho indicam as vazões (máxima, média ou mínima) que se enquadram na condição “Não Operacional”, apresentada na Tabela 6; e, (3) a área entre as linhas tracejadas em preto indicam as vazões (máxima, média ou mínima) que se enquadram nas condições de “Operação Satisfatória”. Por fim, frisa-se que as vazões máximas mensais que ultrapassam os limites superiores das linhas tracejadas em preto indicam a condição “Operação de Risco” (Tabela 6), sendo uma condição de prática esportiva de rafting e outros esportes aquáticos indicados apenas para atletas experientes e/ou profissionais.

Pela análise da Figura 54, observa-se que no primeiro período da série, compreendido entre os anos hidrológicos de 1981 a 1999, as vazões médias mensais frequentemente ultrapassavam o valor mínimo de 2,6 m³/s, permitindo a operação da prática de rafting ainda que em condições de “Operação Mínima Não Ideal” (Tabela 6.). Visualmente, observa-se também que frequentemente no período chuvoso da região (período compreendido entre os meses de novembro e fevereiro), as vazões mínimas mensais superavam os limites mínimos e as vazões máximas mensais superavam os limites máximos da “Operação Satisfatória”.

Tal comportamento, entretanto, não se mantém no segundo período da série, compreendido entre os anos hidrológicos de 2008 a 2022. Visualmente, observa-se o aumento da frequência das vazões médias mensais inferiores ao valor mínimo de 2,6 m³/s. Consequentemente, neste período, há o aumento do número de dias cuja condição operacional é “Não Operação”, acarretando prejuízos econômicos para a região.

De forma a complementar a análise visual, calculou-se a porcentagem mensal de cada condição operacional em cada período da série do Posto Fluviométrico 5D-028, sendo os resultados ilustrados nas Figuras 55 e 56.

Figura 55. Condições operacionais para o Rafting 1981-99.

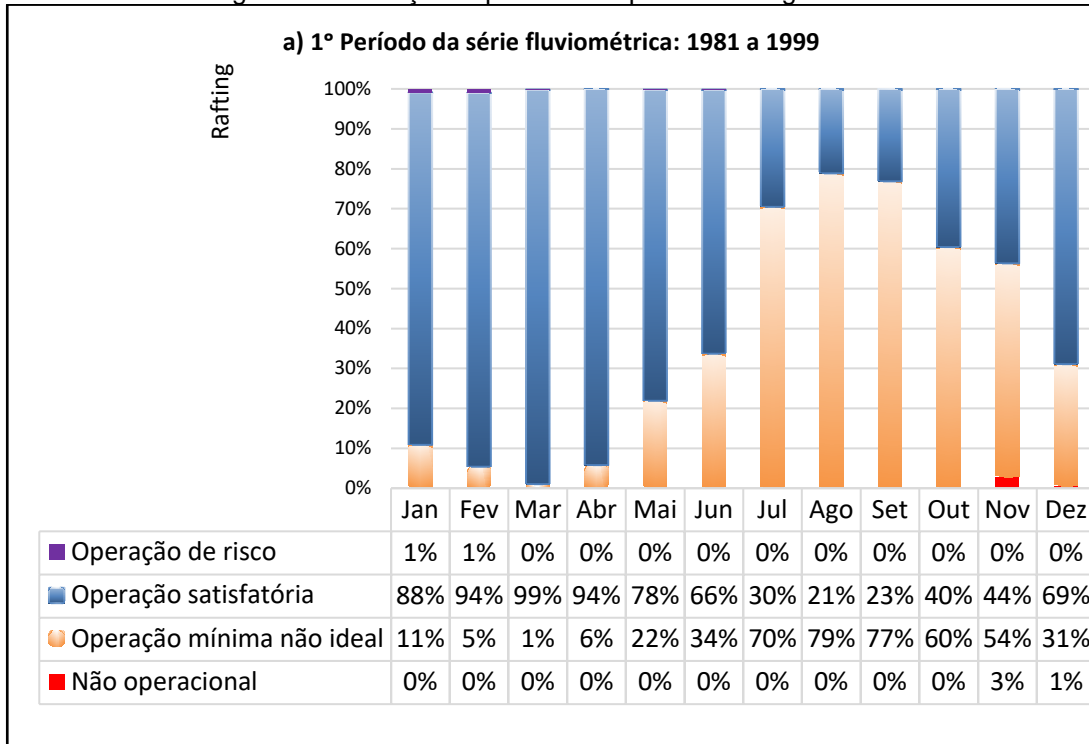
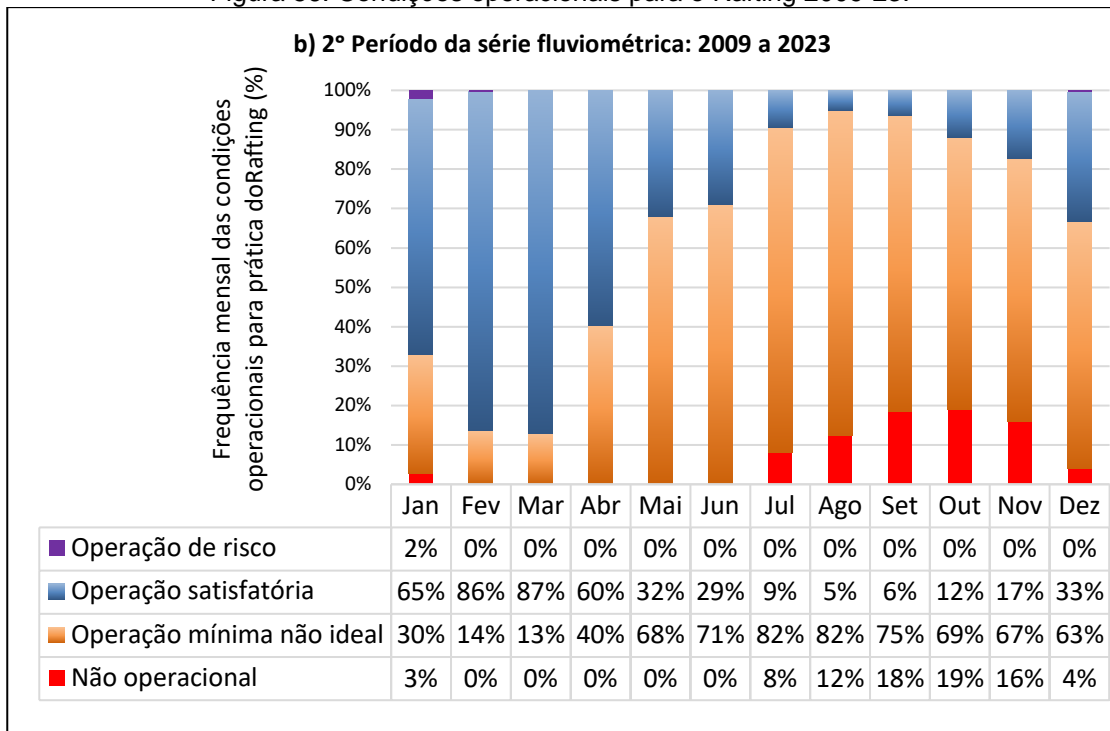


Figura 56. Condições operacionais para o Rafting 2009-23.



Analisando a Figura 55, referente à frequência mensal das condições no primeiro período da série de vazões do posto 5D-028, observa-se que apenas em 3% do tempo do mês de novembro as condições para a prática de rafting apresentava condição “Não Operacional” e apenas em 1% dos meses de janeiro e fevereiro as condições enquadravam-se em “Operação de Risco”. O restante dos meses, a prática de rafting excede 97% do tempo, considerando as condições de “Operação Satisfatória” e “Operação Mínima Não Ideal”.

A Figura 56, por sua vez, referente à frequência mensal das condições no segundo período da série de vazões do posto 5D-028, apresenta uma mudança do comportamento. A condição “Não Operacional” aumenta a frequência de ocorrência, iniciando-se em julho, período de seca da região compreendido ao inverno, e mantendo-se até dezembro, início do período chuvoso. Observa-se também o aumento das frequências da condição de “Operação Mínima Não Ideal”, sobretudo a partir do mês de abril, e redução das frequências da condição de “Operação Satisfatória”, destacando-se o mês de dezembro, cuja frequência desta classe decresce de 69% para 33% do tempo.

Em relação à sazonalidade de operação, observa-se que durante os meses de verão (de dezembro a março) para os dois períodos da série observada a prática do *rafting* é possível na região. Porém, há claro aumento da porcentagem de dias de “Operação Mínima Não Ideal” para o 2º período da série fluviométrica. Durante os meses de inverno (de julho a setembro), há o aumento da frequência da ocorrência de “Operação Mínima Não Ideal” paralelamente a diminuição da frequência da ocorrência de “Operação Satisfatória”.

De maneira geral, ao comparar os dois períodos de série fluviométrica 5D-028, a prática do rafting no Rio Jacaré Pepira em condições de “Operação Satisfatória” diminuiu na bacia sobretudo entre os meses de abril e dezembro para “Operação Mínima Não Ideal”. Também, houve o aumento da condição “Não Operacional” nos meses de julho a dezembro.

Conforme discutido, essas mudanças nas frequências de operação estão diretamente relacionadas pela diminuição das precipitações e consequentemente das vazões na bacia.

14 COMPROMETIMENTO DAS VAZÕES AFLUENTES NO RIO JACARÉ-PEPIRA EM FUNÇÃO DAS OUTORGAS DE RETIRADA AUTORIZADAS

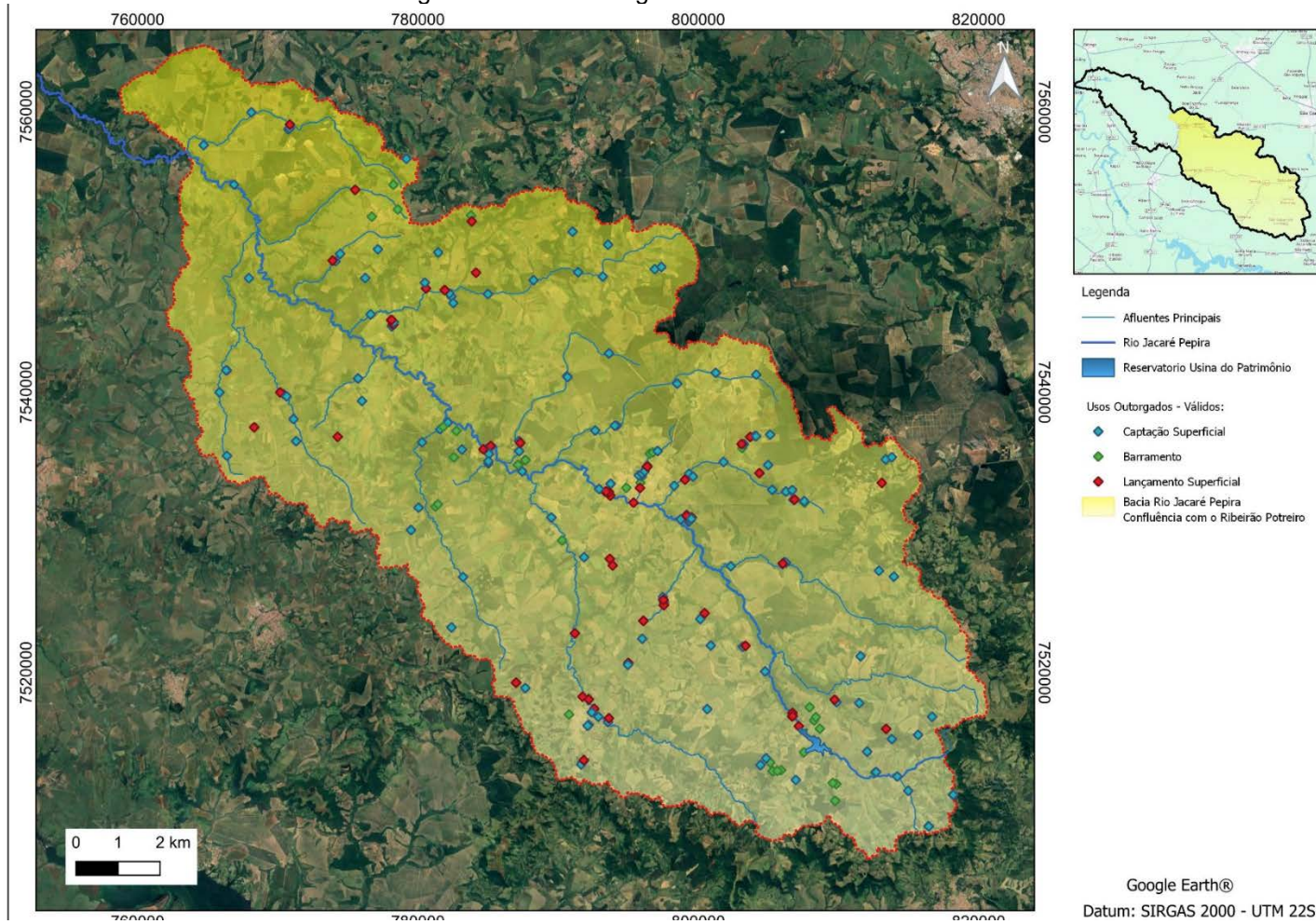
Os usos de água outorgados e cadastrados na bacia do Jacaré-Pepira, foram estudados no Produto 2, sendo os resultados reproduzidos parcialmente neste relatório, visando facilitar a compreensão dos dados.

Os usos superficiais outorgados na BHRJPP foram obtidos do Sistema de Outorga Eletrônica do DAEE (SOE-DAEE) e complementados pelos usos outorgados deferidos presentes no “Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos - Usuários em corpos hídricos de domínio dos Estados” da ANA¹ no portal da ANA. Ambas as bases de dados foram consultadas em maio de 2024, ou seja, em sua atualização recente, permitindo o cálculo do balanço da disponibilidade hídrica remanescente atualizada. Este procedimento resultou em 335 usos outorgados na bacia, sendo que 252 usos correspondem às outorgas válidas (excetuando os usos vencidos e as desistências).

Em seguida, as outorgas superficiais deferidas foram classificadas em: (1) Captação superficial: referente às extrações diretas em cursos hídricos ou em espelhos de reservatórios; (2) Barramento: referente às barragens e reservatórios que apresentam outorga; e, (3) Lançamento superficial: referente ao lançamento de efluentes em cursos hídricos. A Figura 57 (Apêndice VI) apresenta 252 os usos outorgados que correspondem às outorgas válidas (excetuando os usos vencidos e as desistências).

¹ Disponível em: <https://dadosabertos.ana.gov.br/search?groupIds=811289e1bac44a4a8b8d2d7ebc861dd3>

Figura 57. Usos outorgados válidos na BHRJPP.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024.

Para a simulação da Disponibilidade Natural, foram considerados dois cenários prováveis para a vazão de referência; o primeiro é a condição normativa para estimativa da vazão $Q_{7,10}$, considerando como variável climática a precipitação média anual (Figura 48) e outro que representa um longo período seco, com precipitações anuais abaixo da média, que utilizou a precipitação anual provável de 75% (Figura 50) na estimativa da vazão de referência.

Também foram adotadas duas situações para estimativa da demanda calculada pelo balanço hídrico das outorgas: (i) Balanço Hídrico Conservador, cuja contabilização das outorgas de captação superficial desconsideram efeito da regularização de vazão por reservatórios existentes e (ii) Balanço Hídrico Moderado, que considera algum efeito de regularização pelos reservatórios outorgados, nas respectivas captações superficiais associadas. A Tabela 11 apresenta a descrição resumida os quatro cenários prováveis do balanço hídrico na bacia do Rio Jacaré-Pepira.

Tabela 11. Cenários prováveis para estimativa da disponibilidade hídrica nas bacias do Jacaré-Pepira.

CENÁRIOS PARA DEMANDA HÍDRICA	CENÁRIOS PARA VAZÕES DE REFERÊNCIA	
	NORMATIVO $Q_{7,10} \propto P_m$	LONGO PERÍODO SECO E ESTIAGEM PROLONGADA $Q_{7,10} \propto P_{75}$
CONSERVADOR	<p>NORMATIVO PARA $Q_{7,10}$ E CONSERVADOR PARA AS DEMANDAS</p> <p>Não considera regularização por reservatórios e a $Q_{7,10}$ foi estimada para Precipitação média anual</p>	<p>PERÍODO SECO PARA $Q_{7,10}$ E CONSERVADOR PARA AS DEMANDAS</p> <p>Não considera regularização por reservatórios e a $Q_{7,10}$ foi estimada para Precipitação anual provável para 75% dos anos</p>

Os Gráficos 1 e 2 apresentam de forma gráfica, as estimativas do saldo de disponibilidade hídrica e o balanço hídrico ao longo do Rio Jacaré-Pepira, nos Cenários Normativo-Conservador e Restritivo-Conservador, respectivamente.



Nessas figuras, a linha tracejada preta é o percentual de comprometimento da $Q_{7,10}$ devido as derivações já outorgadas e a região hachurada é o trecho do Jacaré-Pepira cujo comprometimento da vazão está, aproximadamente, superior a $40\% \times Q_{7,10}$, ou seja, refere-se ao trecho do corpo hídrico próximo a condição crítica de disponibilidade.

Avaliando as condições normativas do Saldo de Disponibilidade Hídrica do rio (Cenário Normativo-Conservador, Gráfico 1), é observado que até a confluência com o Córrego do Gouveia, o comprometimento da $Q_{7,10}$ está em torno de 10%, portanto o Saldo de Disponibilidade é altamente positivo neste trecho inicial do rio; há um significativo aumento das retiradas do sistema a partir da bacia do Gouveia, comprometendo 45% da $Q_{7,10}$; o trecho seguindo do talvegue compreendido entre as confluências do Gouveia (47 km do perfil do Talvegue) e do Rasteira (57 km) apresenta percentuais de comprometimento entre 45 e 40%, sendo classificada como *Alerta* a condição do Saldo de Disponibilidade; a partir do Ribeirão da Rasteira o Saldo de Disponibilidade no Jacaré-Pepira cresce gradativamente, aumento a vazão disponível do rio; ao final do trecho analisado, na confluência com o Ribeirão Potreiro, o percentuais de comprometimento seriam em torno de 23%, que é uma condição classificada como pouco preocupante.

Para a simulação Restritiva-Conservadora, o trecho do Jacaré-Pepira, entre o Gouveia e o Córrego da Lagoa Seca já estaria crítico; a condição *Alerta* - baixa disponibilidade hídrica, com percentuais de comprometimento iguais ou maiores a 40% estenderia além do Ribeirão do Peixe (~80 km do perfil do Talvegue).

Para ambos os cenários de simulação do Saldo de Disponibilidade Hídrica, o trecho mais crítico do Jacaré-Pepira seria a extensão de 10 km entre o Ribeirão Gouveia e o Córrego da Lagoa Seca, cujas vazões mínimas poderiam atingir valores inferiores a mínima de referência; a extensão destacada contém as seções T1 – início e T1 – final do primeiro trecho da prática de rafting, podendo comprometer a operação da atividade em períodos de escassez.

O segundo trecho da prática de rafting (seções T2 – início e T2 – final) está compreendido entre as confluências do Ribeirão da Rasteira (57,5 km) e Bonito (62,5 km); esse trecho seria severamente afetado para condições de severa escassez hídrica, conforme demonstrado no Cenário de Simulação Restritivo-Conservador.

A simulação do Cenário Restritivo-Conservador demonstra o risco de piora das condições de aflúências do Jacaré-Pepira, frente às condições de severa estiagem, considerando a situação vigente das outorgas já autorizadas.

O cenário restritivo foi elaborado como subsídio na avaliação de condições de longos períodos de escassez; segundo o Gráfico 2, para o longo período de baixas aflúências, (item 13), a condição de vazões de retirada já outorgadas nesse manancial potencializa o risco de paralização da atividade do *rafting*.

Gráfico 1. Balanço hídrico do Rio Jacaré – Pepira, para o Cenário Normativo-Conservador.

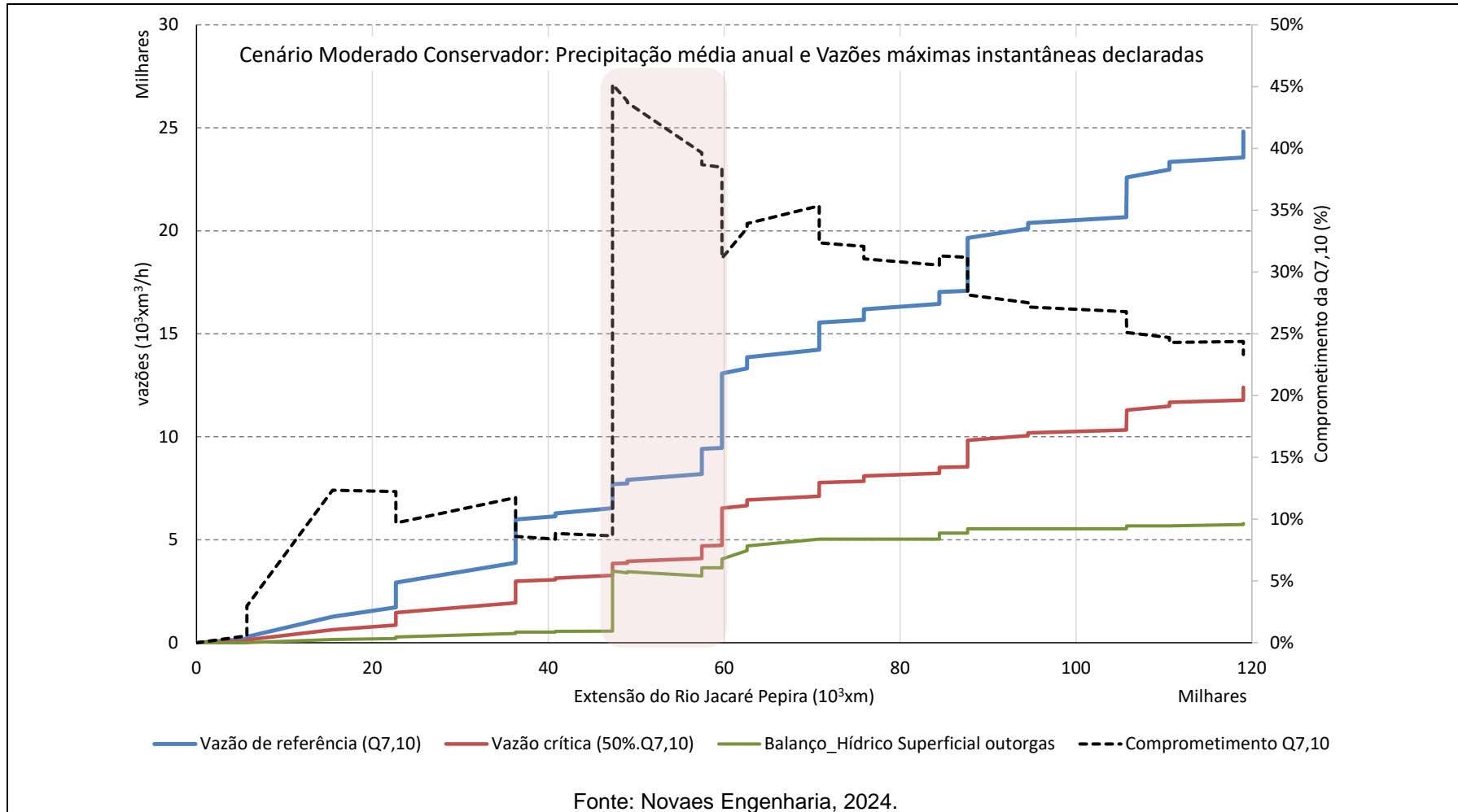
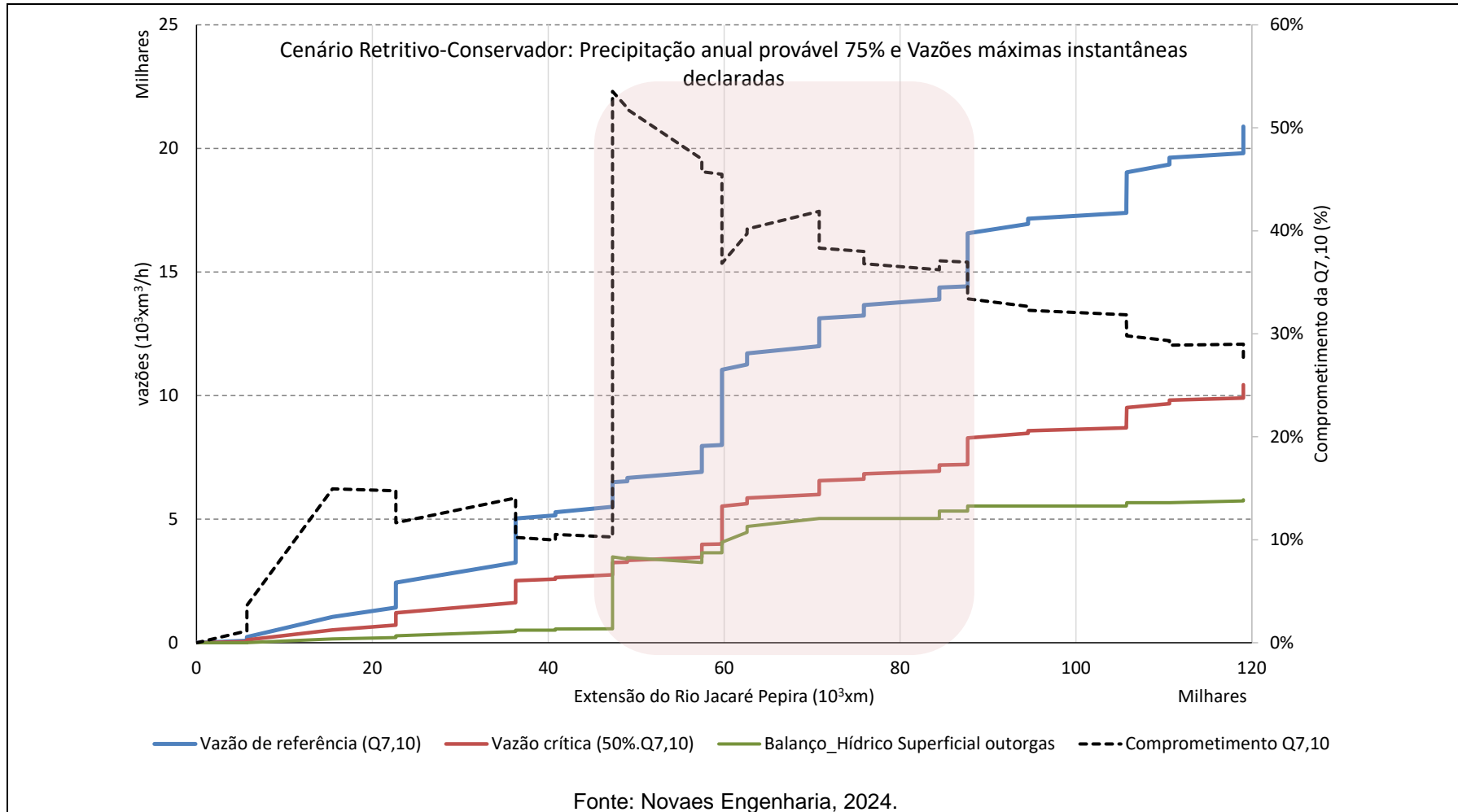


Gráfico 2. Balanço hídrico do Rio Jacaré – Pepira, para o Cenário Restritivo-Conservador.



15 EFEITO DA REPRESA DO PATRIMÔNIO NAS VAZÕES DE REFERÊNCIA DO TRECHO DE RAFTING DO JACARÉ-PEPIRA

A Represa do Patrimônio localiza-se na porção de montante do Rio Jacaré Pepira com área de drenagem igual a 93,3 km². Adotando uma precipitação média 1.450 mm, estima-se a Q_{7,10}:

$$Q_{7,10} \left(\frac{l}{s} \right) = X_{1,10} \cdot C_{7,10} \cdot (A + B) \cdot [a + b \cdot P_{anual}] \cdot A (km^2)$$

$$Q_{7,10} \left(\frac{l}{s} \right) = 0,759 \cdot 0,85 \cdot (0,6141 + 0,0257) \cdot [-4,62 + 0,0098 \cdot 1.450] \cdot 93,3 \quad \text{Equação 6}$$

$$Q_{7,10} \left(\frac{l}{s} \right) = 369,3 \frac{l}{s} = 1.329 \text{ m}^3/h$$

Conforme normas do SP-Águas (antigo DAEE), o máximo comprometimento da Q_{7,10} permitido para retiradas das bacias seria 50% da Q_{7,10}, ou seja, no balanço hídrico das bacias a máxima vazão a ser regularizada é metade da Q_{7,10}. Portanto, a vazão liberada a jusante dos barramentos (pela descarga de fundo) seria entre 50% e 100% desta Q_{7,10}:

$$Q_{regularizada} \left(\frac{l}{s} \right) = 50\% \cdot Q_{7,10} = 184,7 \frac{l}{s} = 665 \frac{m^3}{h} \quad \text{Equação 7}$$

Conclui-se, que à jusante da Represa do Patrimônio, a vazão mínima liberada ao Rio Jacaré-Pepira seria entre 665 e 1329 m³/h. Desta forma, estimou-se a Q_{7,10} para os pontos de início e fim dos Trecho 2 (percurso do rafting) retirando, a posteriori, a valor da vazão regularizada. O resultado encontra-se na Tabela 12.

Tabela 12. Vazões de referência nos pontos de interesse.

PONTO	ÁREA DE	Q _{7,10} (m ³ /h)	Redução das vazões mínimas, retirando 100% a contribuição da Patrimônio		Redução das vazões mínimas, retirando 50% a contribuição da Patrimônio	
	DRENAGEM (km ²)		Q _{7,10} - 665 (m ³ /h)	% de redução	Q _{7,10} - 1329 (m ³ /h)	% de redução
T2 - INÍCIO	651,95	9.291	8.626	-7%	7.962	- 14%
T2 - FIM	967,99	13.794	13.129	-5%	12.465	- 10%

Analisando a Tabela 12 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, observa-se que os efeitos da regularização causados pela Represa do Patrimônio na vazão de referência dos pontos de interesse, poderiam afetar levemente, não ocasionado severa indisponibilidade ou inviabilizando os usos pretendidos como a prática de esportes aquáticos.

As reduções nas vazões mínimas são da ordem de 5 a 14% no trecho de *rafting* (T2) não penalizando sobremaneira a operação da atividade desportiva, para condições médias de precipitação na bacia.

Por outro lado, considerando que já existe elevado porcentual da Q7,10 comprometida pelas outorgas de retirada e, num cenário hidrológico persistente de longo período seco da estiagem; a restrição da vazão mínima a jusante pela Represa Patrimônio, potencializa a condição de baixas afluências no Jacaré-Pepira.

16 VAZÕES REGULARIZÁVEIS NECESSÁRIAS PARA MANUTENÇÃO DAS CONDIÇÕES MÍNIMAS OPERACIONAIS DA PRÁTICA DO RAFTING NO RIO JACARÉ-PEPIRA

A partir do balanço hídrico realizado, foram analisadas as vazões regularizáveis necessárias para o não comprometimento operacional do Rafting no Rio Jacaré Pepira. Para tal, calculou-se a vazão diária requerida para prática do rafting por meio da seguinte equação:

$$\text{Se } Q_{(i)5D-028} \leq 3 \rightarrow Q_{req(i)} = 3 - Q_{(i)5D-028}$$

Equação 8

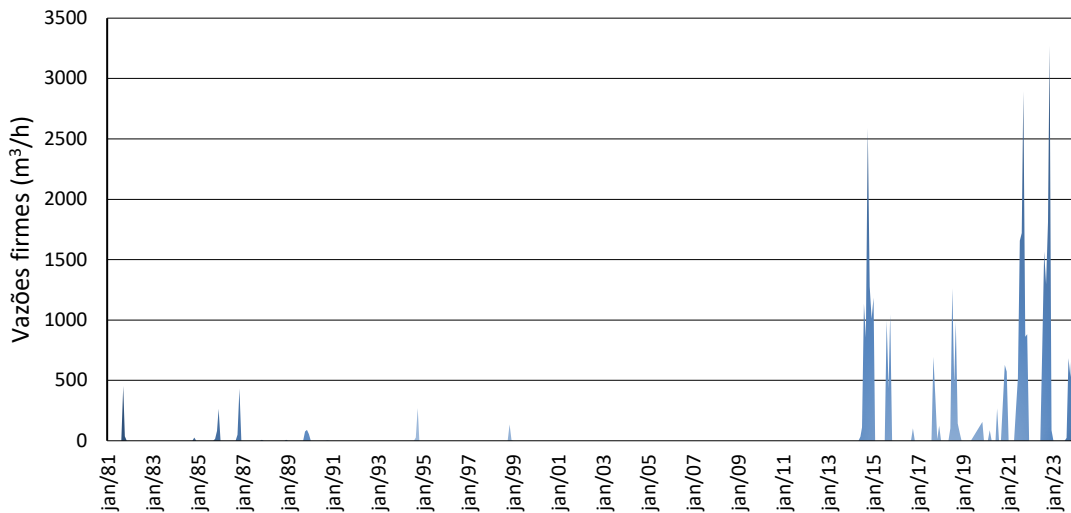
$$Q_{req(i)} = 0, \text{ caso contrário}$$

Sendo: $Q_{(i)5D-028}$, a vazão diária observada no posto de monitoramento fluviométrico 5D-028 no dia i (m^3/s); e, $Q_{req(i)}$, a vazão requerida no dia i (m^3/s).

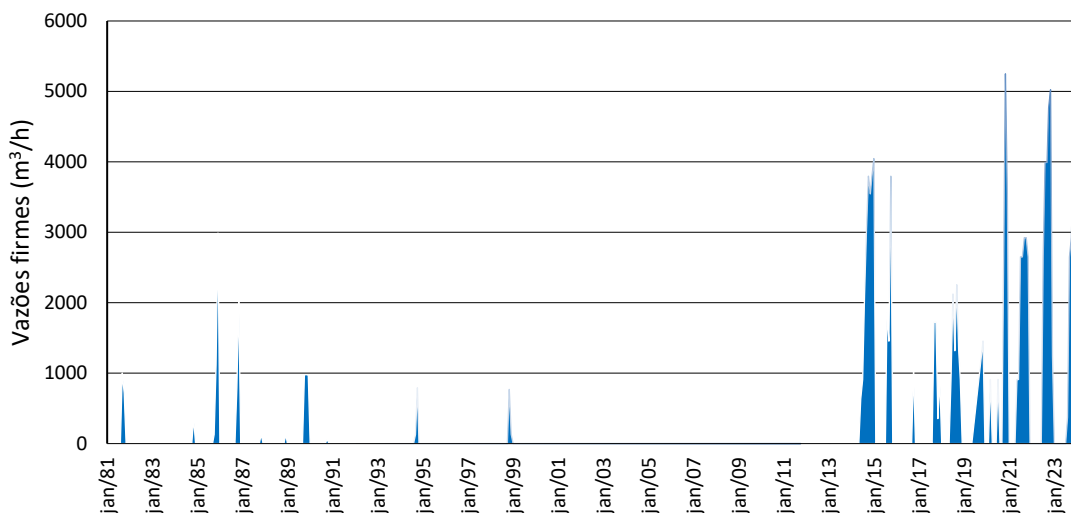
Observa-se na Equação 8 que: somente é solicitada vazão para prática de rafting quando a vazão observada no Posto 5D-028 é inferior a $3 m^3/s$ ($10.800 m^3/h$). Conforme apresentado na Tabela 6, a condição de “Operação Mínima Não ideal” para a prática de rafting é de $2,6 m^3/s$. Para finalidades de regularização e de segurança hídrica, optou-se em solicitar 15% a mais desse limite, ou seja, $3 m^3/s$. Os resultados são ilustrados nas Figuras 60, a saber: a Figura 60(a) ilustra a média mensal das vazões diárias requeridas e a Figura 60(b) ilustra a máxima vazão diária requerida de cada mês.

Figura 58. Vazões diárias requeridas para regularizar 3 m³/s: (a) média mensal e (b) máxima mensal.

a) Média mensal das vazões requeridas



b) Máxima mensal das vazões requeridas



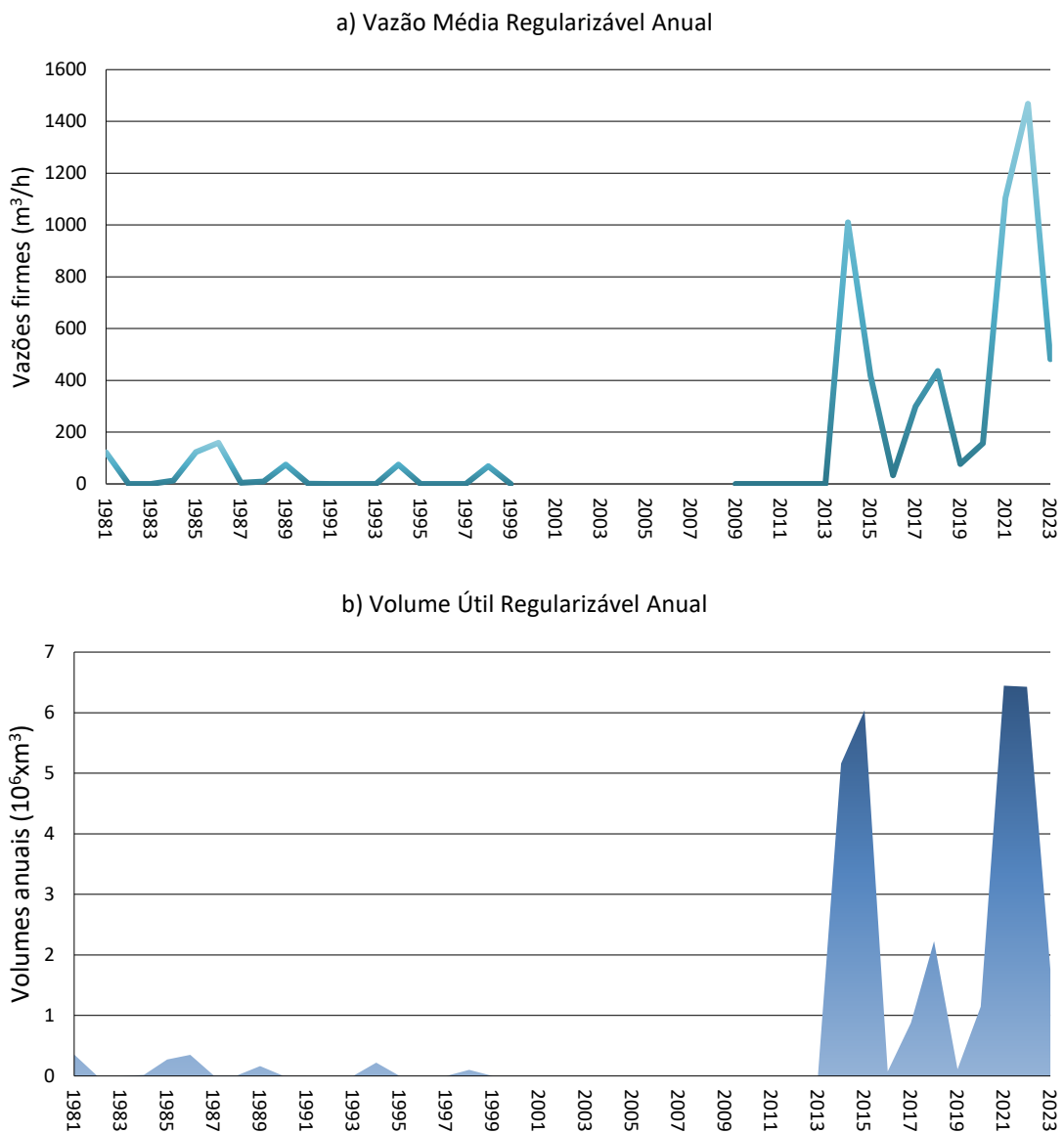
Analisando a Figura 60, observa-se que para o primeiro período de dados, compreendido entre 1981 e 1999, as vazões médias mensais requeridas seriam inferiores a 500 m³/h (0,14 m³/s) e as vazões máximas mensais requeridas seriam inferiores à 1.000 m³/h (0,28 m³/s), ocorrendo apenas dois eventos superiores (dez./1985 e nov./1986).

Para o segundo período de dados, compreendido entre 2008 e 2023, torna-se frequente a ocorrência de vazões médias mensais superiores 1.000 m³/h e as vazões máximas mensais elevam-se cerca de 2.000 m³/h. Portanto, observa-se que BHRJPP está passando por um período de seca, conforme

demonstrado no Item 13, sendo necessário a regularização de vazões e a liberação controlada dos volumes armazenados para a manutenção de condição mínima para a prática de rafting.

A partir da série de vazões requeridas diárias calculadas, as vazões médias requeridas anuais (média anual das vazões requeridas diárias) foram calculadas e convertidas em volume. Os resultados dessas etapas são ilustrados na Figura 61.

Figura 59. (a) Vazão Média Regularizável e (b) Volume Útil necessários para regularizar 3 m³/s.

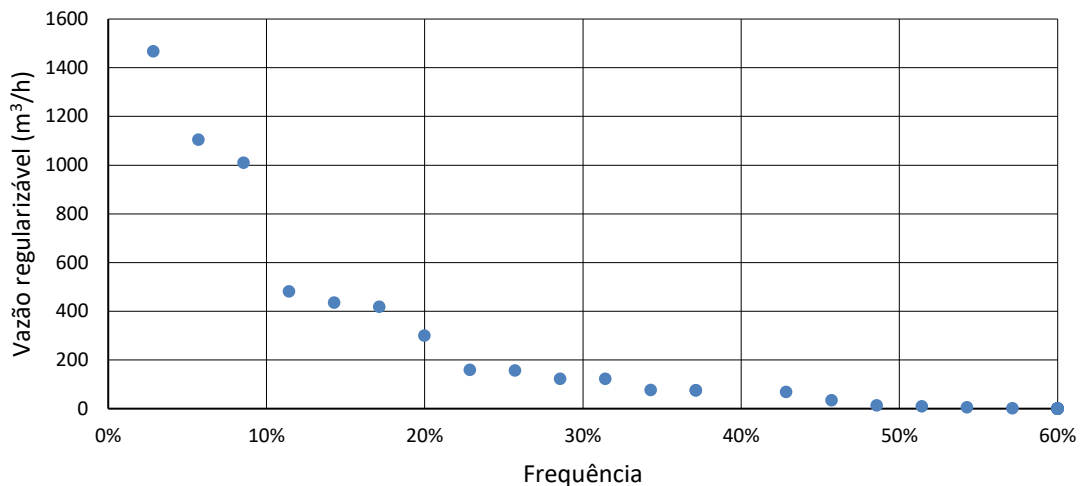


Analisando a Figura 61, observa-se que: para o primeiro período de dados, compreendido entre 1981 e 1999, as vazões firmes a serem regularizadas são inferiores a 200 m³/h e os volumes anuais requeridos inferiores a 0,5 x 10⁶ m³ para manutenção das condições operacionais da prática do *rafting* (Tabela 6). Esta situação muda abruptamente para o segundo período de dados da série fluviométrica, sendo requerido vazões de até 1.400 m³/h (0,40 m³/s) e volume de até 6 x 10⁶ m³.

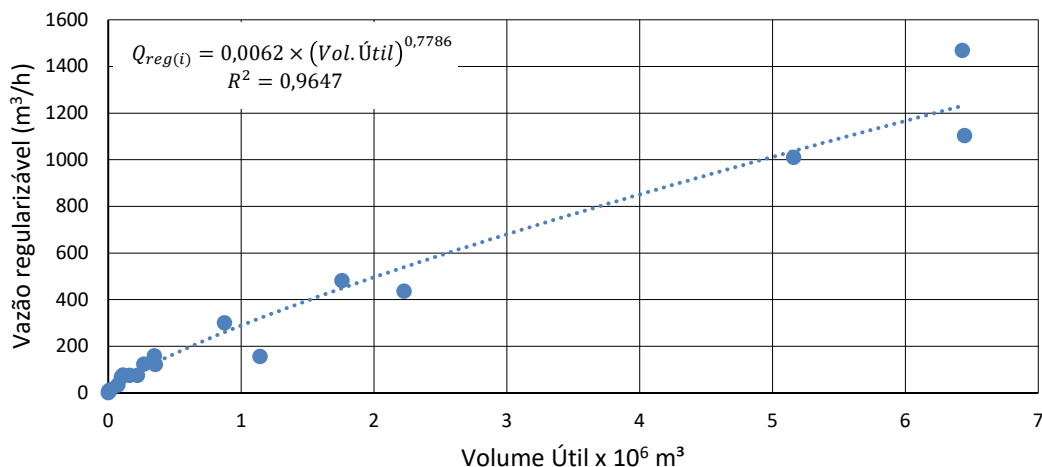
Portanto, o atual período de seca aumentou a necessidade de liberação de volumes para manutenção das atividades aquáticas de modo tão frequente que o reservatório deve apresentar grande volume útil para atender esta demanda. Dessa forma, estimou-se as frequências observadas das vazões médias regularizáveis anuais por meio da Equação 2 e correlacionou-se estas vazões com o volume útil regularizável, conforme ilustrado na Figura 62.

Figura 60. Vazões regularizáveis e volumes anuais necessários para regularizar 3 m³/s.

a) Vazão média requerida anual



b) Volume útil anual necessário para regularizar vazão mínima de 3 m³/s



Analisando a Figura 62, observa-se que em 50% do tempo, não seria necessário o aporte de vazão no Rio Jacaré Pepira para a prática de *rafting*. Entretanto, para ser atendido em 60% do tempo (Probabilidade de a vazão regularizável ser igual ou superior a 40%) seria necessária uma vazão regularizável de 75 m³/h por meio de um reservatório de 175.228 m³ de volume útil. Para as probabilidades de 70%, 80%, 90% e 95% do tempo as vazões regularizáveis e os volumes necessários são de, respectivamente, 120 m³/h e 3,205 x 10³ m³, 300 m³/h e 1,04 x 10⁶ m³, 750 m³/h e 3,4 x 10⁶ m³, e 1.104 m³/h e 5,6 x 10⁶ m³, respectivamente.

Os resultados ilustram que para aumentar a confiabilidade das vazões na BHRJPP para a prática de *rafting*, há o aumento exponencial do volume requerido para menores probabilidades de falhas. Entretanto, deve-se frisar que um reservatório apresenta funcionamento para épocas de seca e de cheias. Conforme demonstrado acima, o reservatório com cerca de 6,0 x 10⁶ m³ atende a prática de *rafting* em 95% do tempo. Do mesmo modo, essa estrutura amortece as vazões máximas, laminando as vazões afluentes, aumentando a qualidade das águas pela sedimentação das partículas carregadas durante o escoamento superficial direto e reduzindo os riscos de operação em um novo período úmido.

17 PRINCIPAIS PROBLEMAS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS QUE AFETAM AS ATIVIDADES AQUÁTICAS.

Avaliando a série histórica de vazões do posto fluviométrico 5D-028, foi observado que a vazão média anual decresceu de 7,9 m³/s (entre 1980 a 1999) para 6,7 m³/s; já a vazão mínima de referência (Q_{7,10}) diminuiu de 2,41m³/s para 1,81 m³/s.

Segundo análise da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, as vazões médias e mínimas mensais estimadas para o período entre 1981 e 1999, frequentemente, ultrapassavam o limite mínimo, permitindo a prática de *rafting*, mesmo para a condição “Operação Mínima Não Ideal”; já para o período recente entre 2008 e 2022 foi observado significativo aumento da frequência de vazões médias mensais inferiores a essa vazão mínima (2,6 m³/s) e, conseqüentemente, aumentou o número de dias classificados como “Não Operação”, ocasionando quase paralização da atividade.

Avaliando o comportamento da precipitação anual da bacia (Figura 51), entre os anos de 2006 e 2014, houve significativa redução da chuva, sendo os valores observados inferiores ao limite inferior estatístico (Média da precipitação anual subtraído do desvio padrão).

A partir de 2016 a precipitação anual da bacia está abaixo da média plurianual e desde 2011, a média móvel dessa variável decresceu gradativamente.

Como discutido na análise hidrológica do Produto 2, houve uma mudança no padrão atmosférico do América do Sul que afetou toda a região sudeste neste período (Santos et al., 2017); essa variação é denominada com o “longo período seco” e trata-se de extenso período persistente (em torno de 20 anos) cujas precipitações anuais são menores que a média, caracterizando prolongada estiagem.

É possível identificar trechos do Rio Jacaré-Pepira cuja vazão mínima de referência já está comprometida pelo elevado número de outorgas de captação autorizadas pelos Gráficos 1 e 2, referente ao balanço hídrico nos cenários

prováveis hidrológicos Normativo-Conservador e Restritivo-Conservador, respectivamente.

O trecho do rio de aproximadamente 10 km, entre a confluência entre o Ribeirão Gouveia e o córrego Lagoa Seca já está próximo da criticidade, devido a elevada derivação por outorgas de captação, sobretudo para a finalidade irrigação.

O balanço hídrico pelo cenário hidrológico Restritivo-Conservador (Gráfico 2), que simula uma condição de anos de pouca precipitação, demonstra que em períodos de severa estiagem, a retirada de vazão pelas captações outorgadas poderia potencializar a diminuição das vazões afluentes do rio além da confluência com o Ribeirão do Peixe, comprometendo a operação da atividade do *rafting*.

Atualmente a Represa do Patrimônio é operada pelo grupo Grupo Adriano Cobuccio, que regula a vazão liberada a jusante por meio da sua descarga de fundo; segundo critério vigente é obrigatório liberar a vazão mínima de referência ($Q_{7,10}$).

Considerando uma liberação de 50% e 0% da $Q_{7,10}$ a partir da descarga de fundo, teoricamente, as reduções nas vazões mínimas no trecho do *rafting* (T2), seriam da ordem de 5 a 14%, respectivamente; isoladamente, a operação isolada da represa Patrimônio não afetaria significativamente a operação da atividade desportiva, para condições médias de precipitação na bacia.

Possivelmente, a variação climática recente, caracterizada pelo “longo período seco” seja a principal causa das baixas afluências no Rio Jacaré-Pepira, penalizando as atividades do *rafting*.

Por outro lado, é acrescentado que já existe significativo percentual da $Q_{7,10}$ comprometida pelas outorgas de captação e, num cenário hidrológico persistente de longo período seco da estiagem; a restrição da vazão mínima a jusante pela Represa Patrimônio, potencializa a condição de estiagem, piorando a atividade desportiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, Richard G. et al. *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and Drainage Paper 56*. Rome: FAO, 1998. v. 300, n. 9, p. D05109.

ASPIAZÚ, C.; ALVES, L. M.; VALENTE, O. F. Modelos Digitais de Terrenos - Conceituação e Importância. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n. 21, p. 27-36, dez. 1990.

CETESB. Águas interiores – Programa de monitoramento. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/programa-de-monitoramento/>. Acesso em: 12 set. 2023.

DAEE. *Manual de Cálculo das Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo*. Secretaria de Recursos Hídricos Saneamento e Obras. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Plano Estadual de Recursos Hídricos. 1994. 64 p.

DAEE. *Precipitações Intensas no Estado de São Paulo*. Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo, 2018.

EMBRAPA. *Mapa de água disponível do solo (mm/cm) 100-200 cm do Brasil na resolução espacial de 90 m – Versão 2021*. Disponível em: <http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/3477>. Acesso em: 13 set. 2023.

ENVEX. Monitoramento fluviométrico e definição da curva-chave de vazão do Rio Jacaré-Pepira - Terceiro Relatório Semestral e Relatório Analítico dos Dados, Julho 2023.

FANG, X.; THOMPSON, D. B.; CLEVELAND, T. G.; PRADHAN, P.; MALLA, R. Time of Concentration Estimated Using Watershed Parameters Determined by Automated and Manual Methods. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 2008.

HAKTANIR, T.; SEZEN. Suitability of two-parameter gamma and three-parameter beta distributions as synthetic unit hydrographs in Anatolia. *Hydrological Sciences Journal*, 1990.

HINKE, T. H.; NOVOTNY, J. Data mining on NASA's Information Power Grid. In: NINTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON HIGH-PERFORMANCE DISTRIBUTED COMPUTING, 9., 2000, Proceedings. Los Alamitos: IEEE Computer Society, 2000. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1109/HPDC.2000.868663>.

HUFF, F. Time Distributions of Heavy Rainstorms in Illinois. Water Survey Campaign, 2022.

IAG. *Boletim climatológico anual da estação meteorológica do IAG/USP 2016*. São Paulo: IAG/USP, 2016. Disponível em: <http://www.estacao.iag.usp.br/Boletins/2016.pdf>. Acesso em: 20 out. 2023.

IPA, I. de P. A. *Atlas de Suscetibilidades dos Solos do Estado de São Paulo*, 2022. <https://doi.org/10.5935/978-65-996417-4-9.B0001>.

LIASI, A.; OUTROS. Regionalização Hidrológica no Estado de São Paulo. *Revista Águas e Energia Elétrica*, São Paulo, ano 5, n. 14, 1988.

NÓBREGA GOMES JÚNIOR, M.; ALVES BRAGA, P. H.; MENDIONDO, E. M.; RIBEIRO REIS, L. F. Análises estatísticas, visuais e não paramétricas para a otimização do ajuste de curvas idf e construção de ábacos de projeto de obras hidráulicas: estudo de caso em São Carlos - SP. *Revista DAE*, São Paulo, v. 69, n. 228, p. 171–189, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.36659/dae.2021.013>. Acesso em: 19 jun. 2024.

PONCE, V. M. *Engineering Hydrology: Principles and Practices*. 1. ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1989.

PORTO, R. de M. *Hidráulica básica*. 4. ed. São Carlos: EESC - USP, 2006.

PORTO, R. L.; ZAHED FILHO, K.; SILVA, R. M. *Medição de vazão e curva chave*. Apostila de Hidrologia Aplicada. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2001. 48 p.

ROSSI, M. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado. In: IF (Vol. 124, Issue 211). SMA/SP, Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo, 2017 Disponível em: http://correiadasilvaadvogados.com/pdf/art_amb/art_amb2.pdf. Acesso em: 19 jun. 2024.

SANTOS, B. C. dos; SOUZA, P. H. de; SANCHES, R. G.; VECCHIA, F. A. da S. O comportamento da precipitação no verão 2013-2014 em São Carlos/SP a partir da classificação dos anos padrões. In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2017, Anais... Campinas: Unicamp, 2017. 12p. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2418>. Acesso em: 20 out. 2023.

SARTORI, A. Avaliação da Classificação Hidrológica do Solo para a Determinação do Excesso de Chuva do Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos. [UNICAMP], 2004. Disponível em: http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/2ad1ccf5cc715b1182f18ada4b78a527_94e5e2ff168aa7bdb82e9438b8838466.pdf. Acesso em: 19 jun. 2024.

SARTORI, A.; HAWKINS, R. H.; GENOVEZ, A. M. Reference Curve Numbers and Behavior for Sugarcane on Highly Weathered Tropical Soils. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v. 137, n. 11, p. 705–711, 2011. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0000354](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000354).

SILVEIRA, A. L. L. da. Desempenho de Fórmulas de Tempo de Concentração em Bacias Urbanas e Rurais. *RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, n. 10, p. 5–23, 2005. Disponível em: http://www.abrh.org.br/sqcv3/UserFiles/Sumarios/9065c5e8a3333d5348b9babd06aaa510_7aad3403a5602667b67dfbb7c3cbd16a.pdf. Acesso em: 19 jun. 2024.

SOUZA, C. M. et al. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with Landsat archive and Earth Engine. *Remote Sensing*, v. 12, n. 17, 2020. <https://doi.org/10.3390/RS12172735>.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. *The water balances*. Centerton, N.J.: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104 p. (Publications in Climatology, v. 8, n. 1).

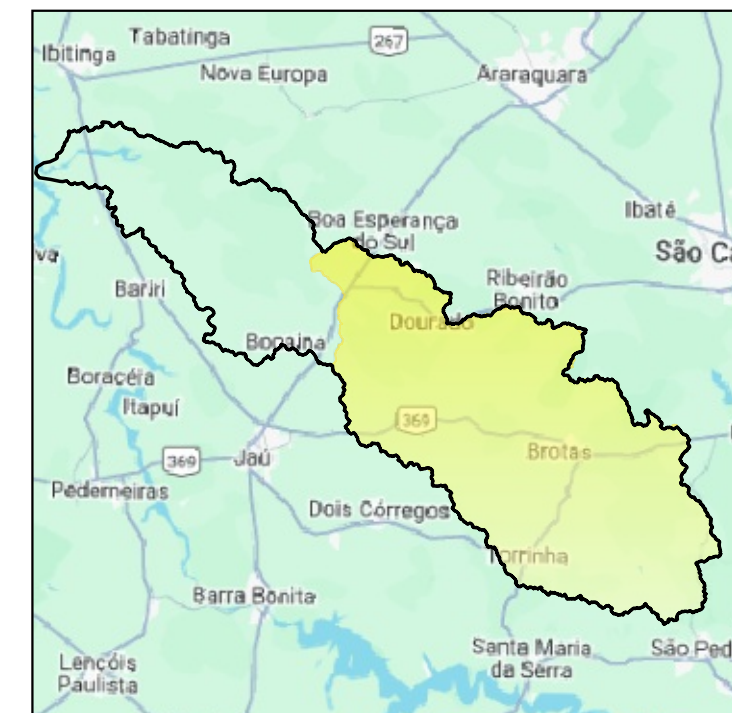
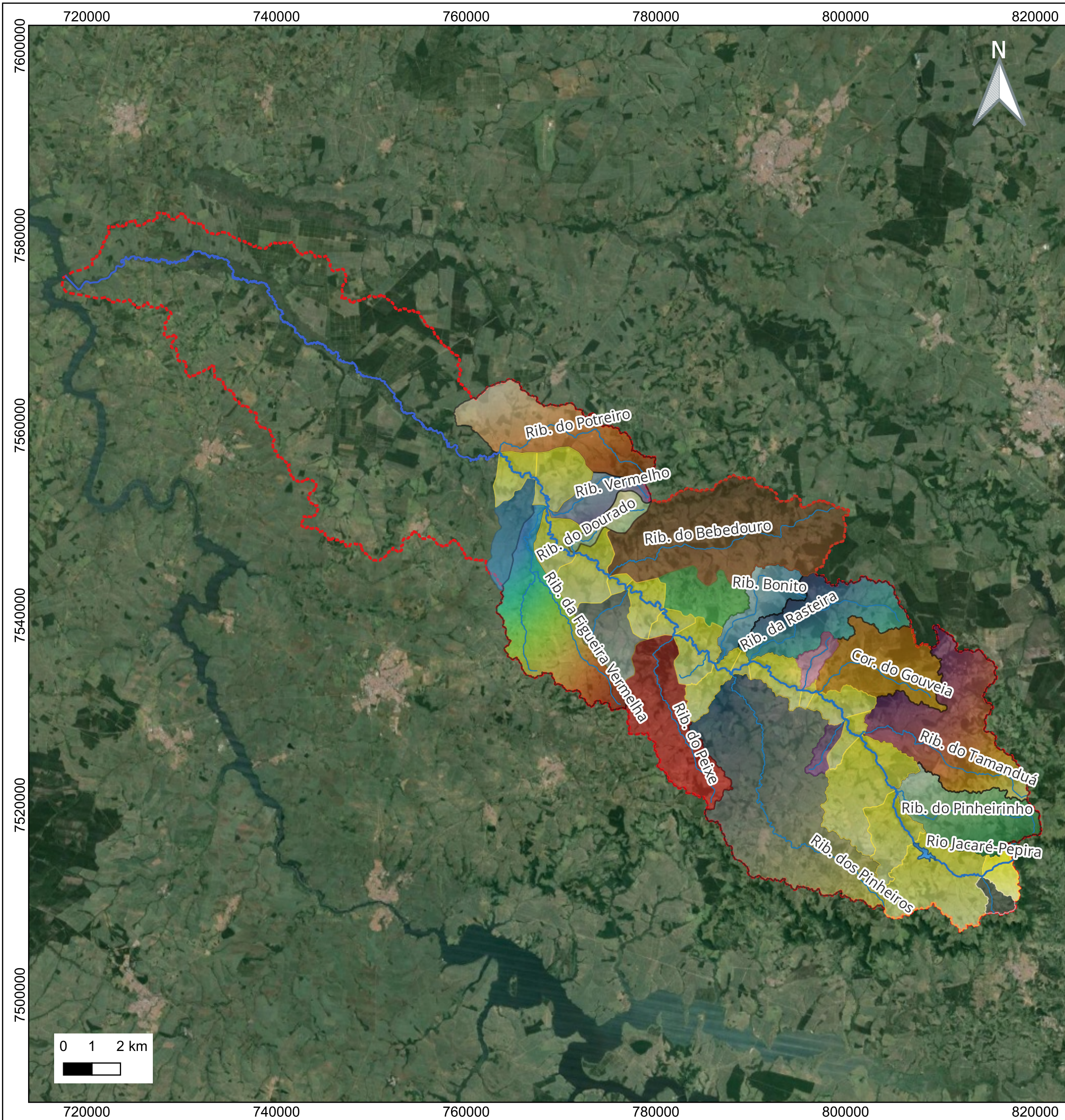
USDA - U.S. Department of Agriculture. Hydrologic Soil-Cover Complexes. In U.S. Department of Agriculture & Natural Resources Conservation Service (Eds.), *National Engineering Handbook* (pp. 1–20), 2004.

USDA - U.S. Department of Agriculture. *Time of Concentration*. In U.S. Department of Agriculture & Natural Resources Conservation Service (Eds.), *National Engineering Handbook* (p. 29), 1997.

APÊNDICES

- I. Sub-bacias do rio Jacaré-Pepira até a confluência com o Ribeirão Potreiro e localização das réguas para medição de vazão.
- II. Mapa com a localização da bacia de estudo e distribuição de estações pluviométricas na região.
- III. Mapa da Precipitação Média na BHRJPP e respectivas isoietas.
- IV. Mapa da Precipitação Mediana na BHRJPP e respectivas isoietas.
- V. Mapa da Precipitação P75% na BHRJPP e respectivas isoietas
- VI. Usos outorgados válidos na BHRJPP.

APÊNDICE I. Sub-bacias do rio Jacaré-Pepira até a confluência com o Ribeirão Potreiro e localização das réguas para medição de vazão.



Legenda

- Afluentes Principais
- Rio Jacaré-Pepira
- Reservatório Usina do Patrimônio
- Sub-Bacias Rio Jacaré Pepira:**
 - Cór. Barreiro
 - Cór. Batista
 - Cór. Bebedouro
 - Cór. Boa Vista
 - Cór. Gouveia
 - Cor. Lagoa Seca
 - Cór. Monjolo
 - Cor. Porto Coqueiro
 - Rib. Peixes
 - Rib. Bonito
 - Rib. Dos Pinheirinho
 - Rib. dos Pinheiros
 - Rib. Dourado
 - Rib. Figueira
 - Rib. Potreiros
 - Rib. Rasteira
 - Rib. Tamanduá
 - Rib. Vermelhos
 - Rio Jacaré-Pepira-Potrei
 - Bacia Rio Jacaré Pepira

Fonte Imagem: Repositório Google Earth®
Datum: SIRGAS 2000 - UTM 22S

NOVAES
ENGENHARIA SUSTENTÁVEL

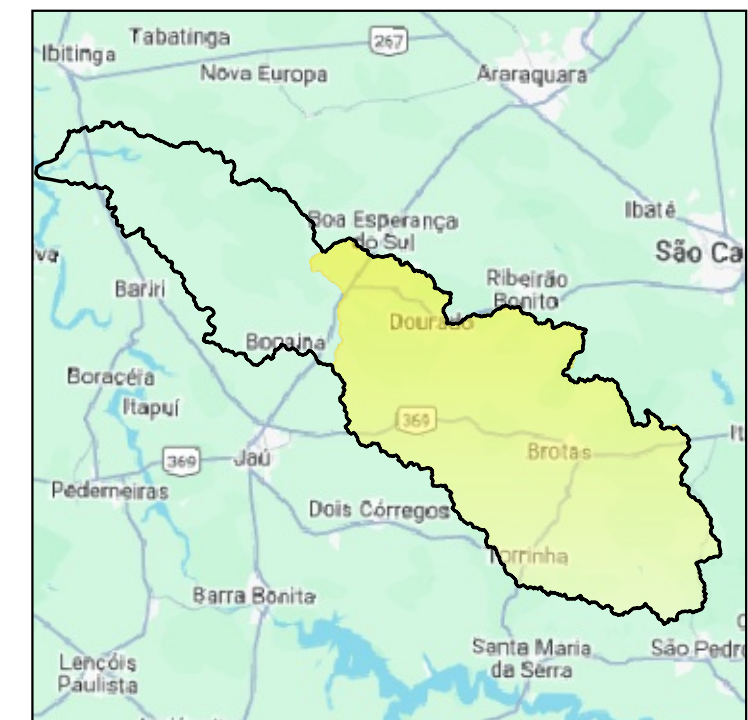
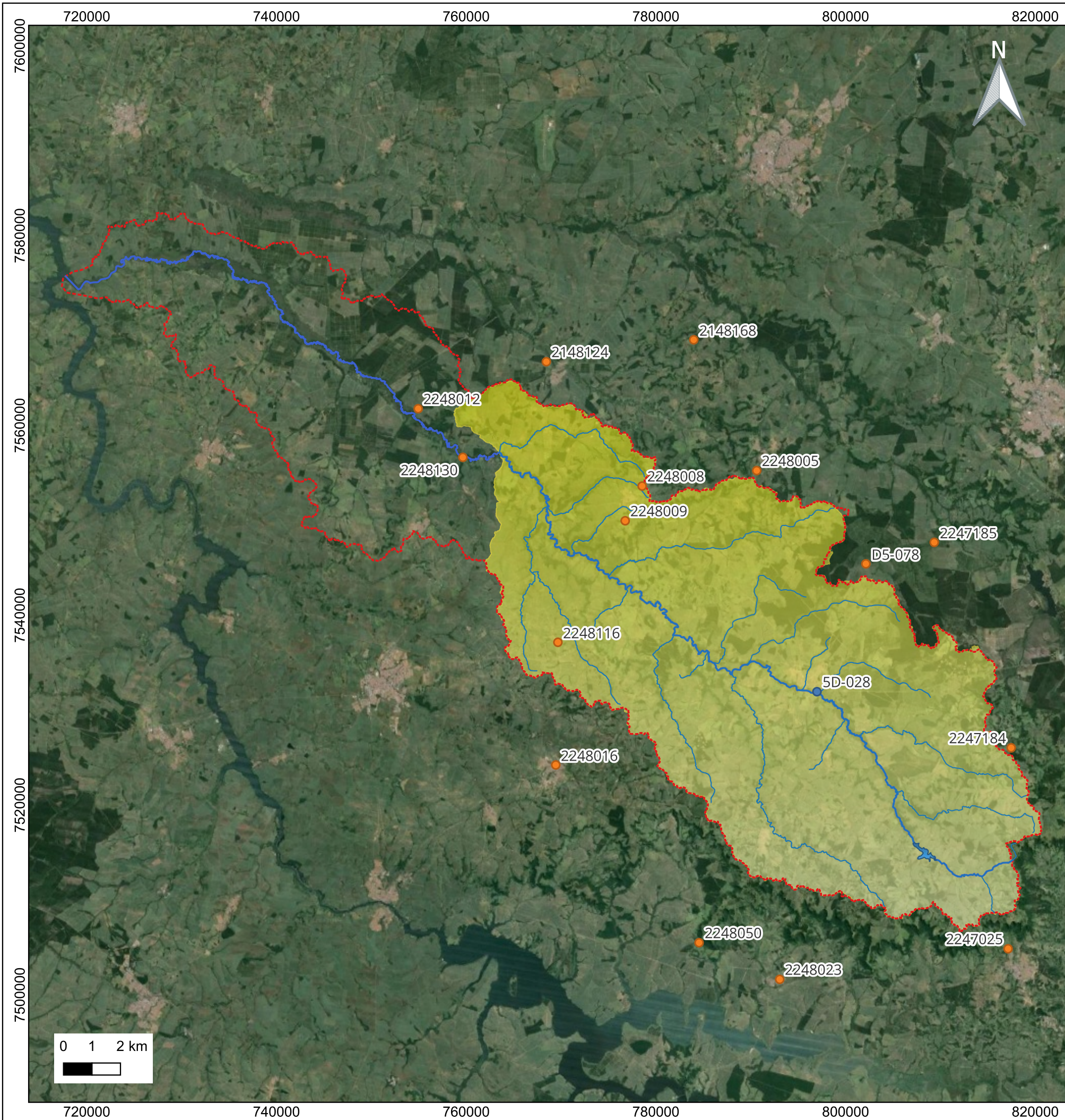
[16] 9.8134.0993 | [16] 3419.0906
adm@novaes.eng.br | comercial@novaes.eng.br
engenhar@novaes.eng.br | Rua São Joaquim, 550
São Carlos / SP | www.novaes.eng.br

Solicitante: Município da Estância Turística de Brotos, **folha 01/01**
CNPJ: 46.362.927/0001-72

Eng. Responsável: Anderson Assis Nogueira
CREA/SP: 5063685287 ART:

Apêndice I: Sub-bacias do rio Jacaré-Pepira até a confluência com o Ribeirão Potreiro.
Desenhista:
Escala: Indicadas Arquivo: Revisão 0 **Data Jun. | 2024**

APÊNDICE II. Mapa com a localização da bacia de estudo e distribuição de estações pluviométricas na região.



Legenda

- Posto Fluviométrico 5D-028
- Estações Pluviométricas
- Afluentes Principais
- Rio Jacaré-Pepira
- Reservatório Usina do Patrimônio
- Bacia Rio Jacaré Pepira - Ribeirão Potreiro
- Bacia Rio Jacaré Pepira

Fonte Imagem: Repositório Google Earth®
Datum: SIRGAS 2000 - UTM 22S

NOVAES
ENGENHARIA SUSTENTÁVEL

[16] 9.8134.0993 | [16] 3419.0906
adm@novaes.eng.br | comercial@novaes.eng.br
engenharia@novaes.eng.br | Rua São Joaquim, 550
São Carlos / SP | www.novaes.eng.br

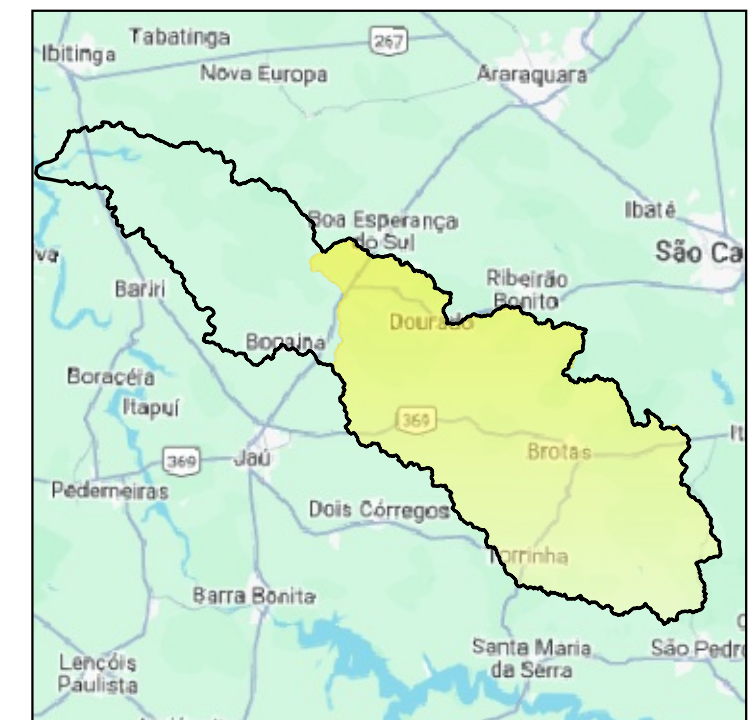
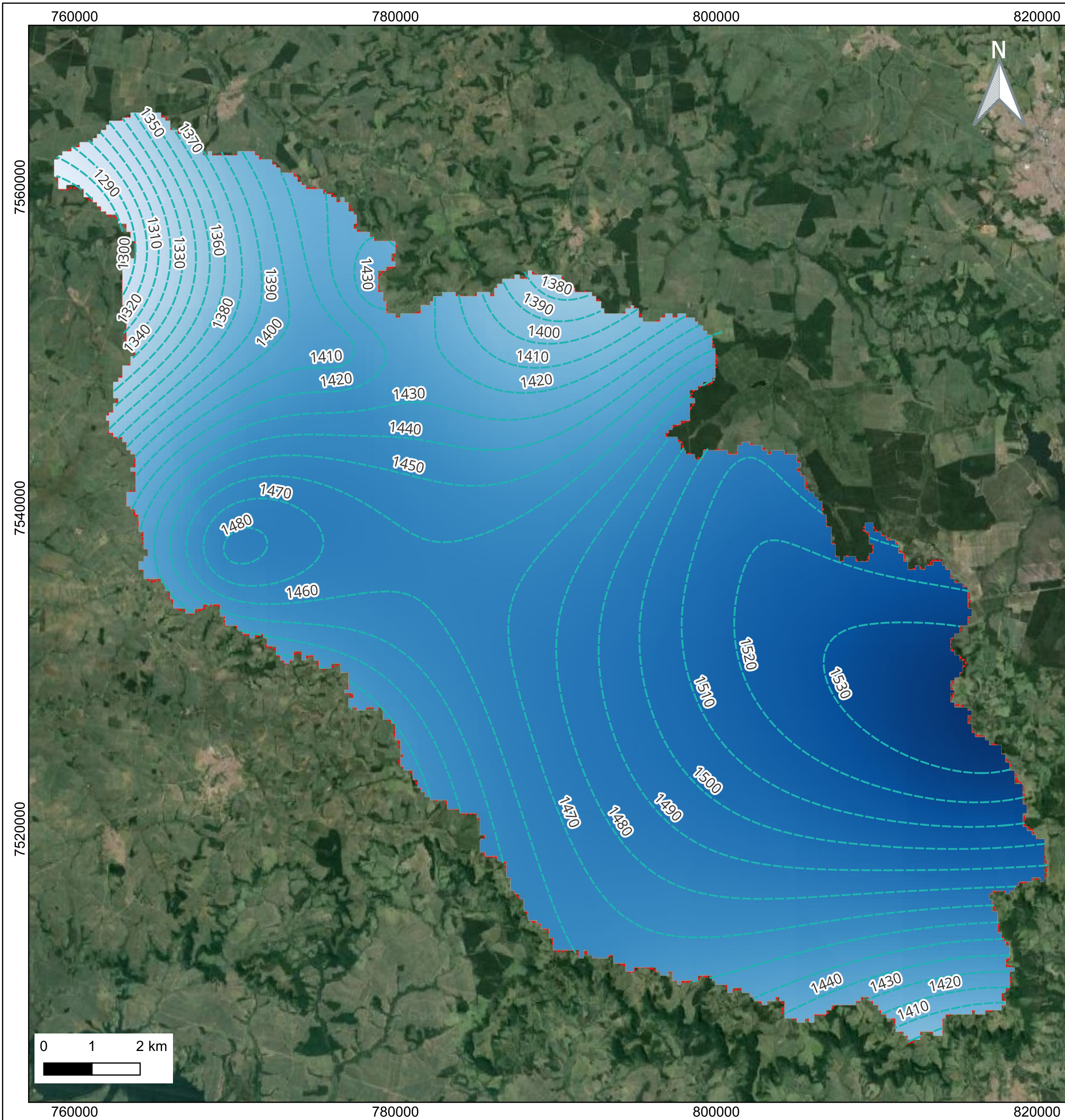
Eng. Responsável: Anderson Assis Nogueira
CREA/SP: 5063685287 ART:

Solicitante: Município da Estância Turística de Brotas, **folha 01/01**
CNPJ: 46.362.927/0001-72





Apêndice II:
Mapa com a localização da bacia de estudo e distribuição de estações pluviométricas na região.

Desenhista:
Escala: Indicadas Arquivo: Revisão 0 **Data Jun. | 2024**

APÊNDICE III. Mapa da Precipitação Média na BHRJPP e respectivas isoietas.



Legenda

-  Isoetas - Precipitação Média
- Precipitação Média**
-  1.250 mm
-  1.520 mm
-  Bacia Rio Jacaré Pepira

Fonte Imagem: Repositório Google Earth®
Datum: SIRGAS 2000 - UTM 22S

NOVAES
ENGENHARIA SUSTENTÁVEL

[16] 9.8134.0993 | [16] 3419.0906
adm@novaes.eng.br | comercial@novaes.eng.br
engenharia@novaes.eng.br | Rua São Joaquim, 550
São Carlos / SP | www.novaes.eng.br

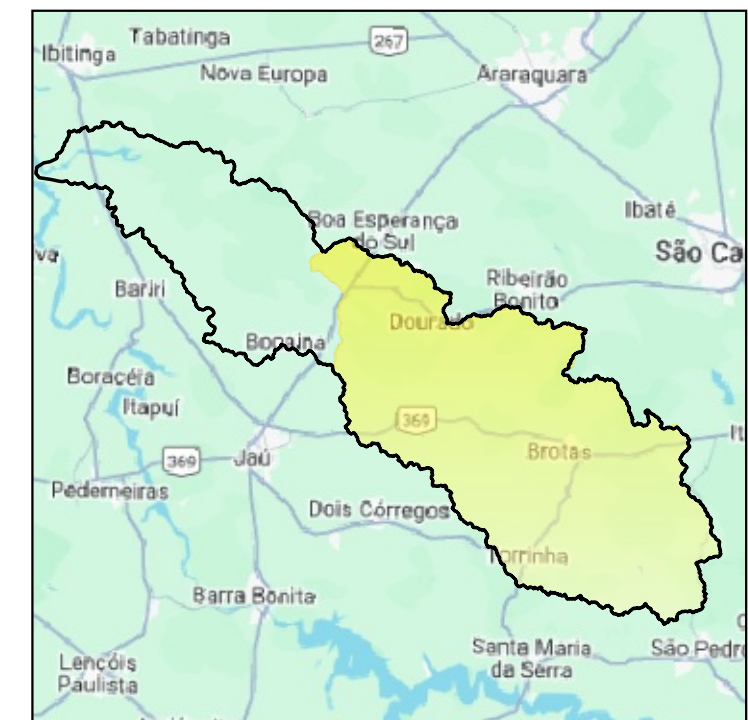
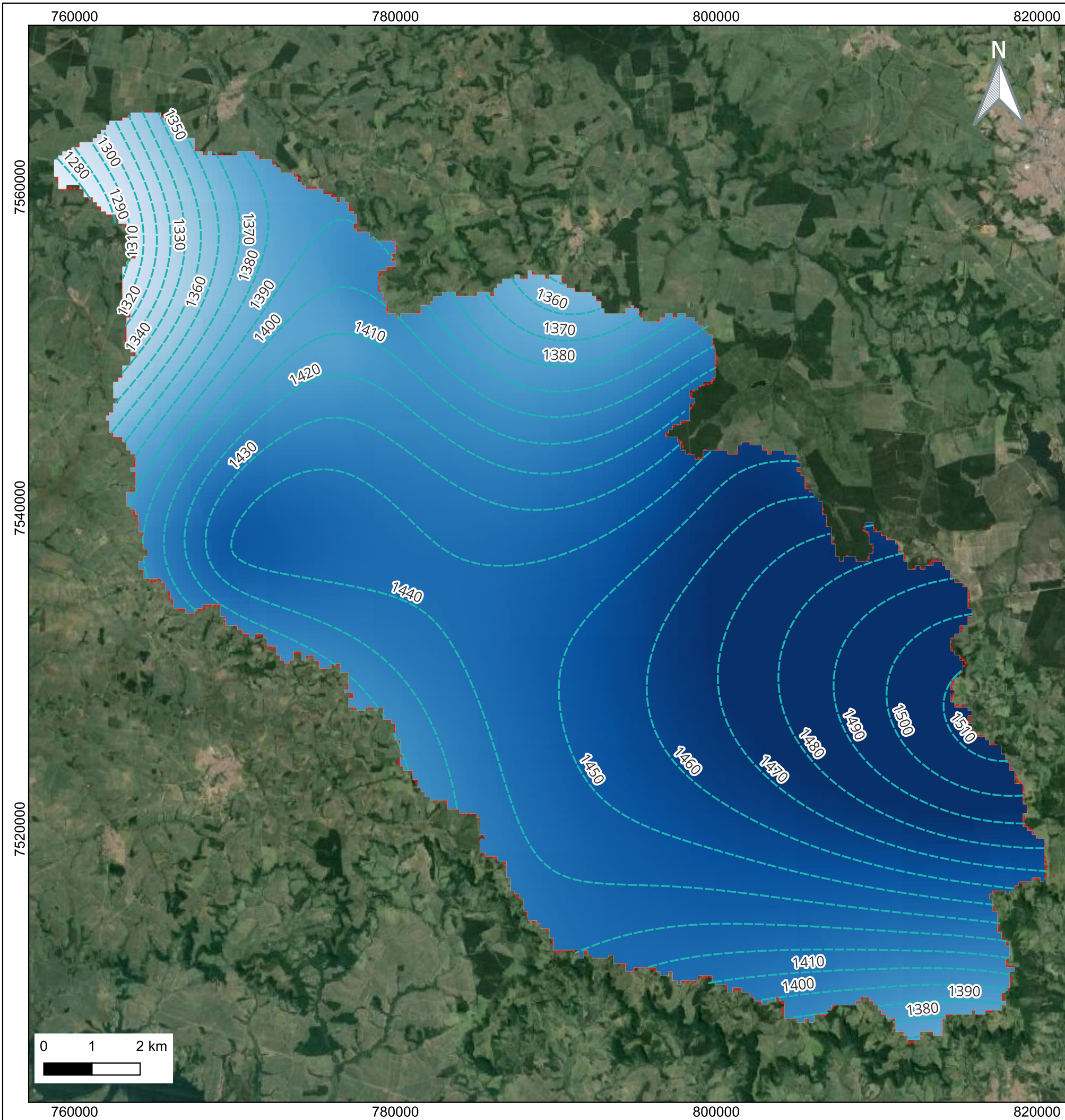
Solicitante: Município da Estância Turística de Brotas, **folha 01/01**
CNPJ: 46.362.927/0001-72

Apêndice III:
Mapa da Precipitação Média na BHRJPP e respectivas isoietas





Eng. Responsável: Anderson Assis Nogueira
CREA/SP: 5063685287 ART: _____

Desenhista: _____
Escala: Indicadas Arquivo: Revisão 0 **Data Jun. | 2024**

APÊNDICE IV. Mapa da Precipitação Mediana na BHRJPP e respectivas isoietas.



Legenda

-  Isoetas - Precipitação Média
- Precipitação Mediana**
-  1.520 mm
-  1.250 mm
-  Bacia Rio Jacaré Pepira

Fonte Imagem: Repositório Google Earth®
Datum: SIRGAS 2000 - UTM 22S

NOVAES
ENGENHARIA SUSTENTÁVEL

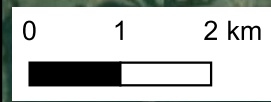
[16] 9.8134.0993 | [16] 3419.0906
adm@novaes.eng.br | comercial@novaes.eng.br
engenharia@novaes.eng.br | Rua São Joaquim, 550
São Carlos / SP | www.novaes.eng.br

Solicitante: Município da Estância Turística de Brotos, **folha 01/01**
CNPJ: 46.362.927/0001-72

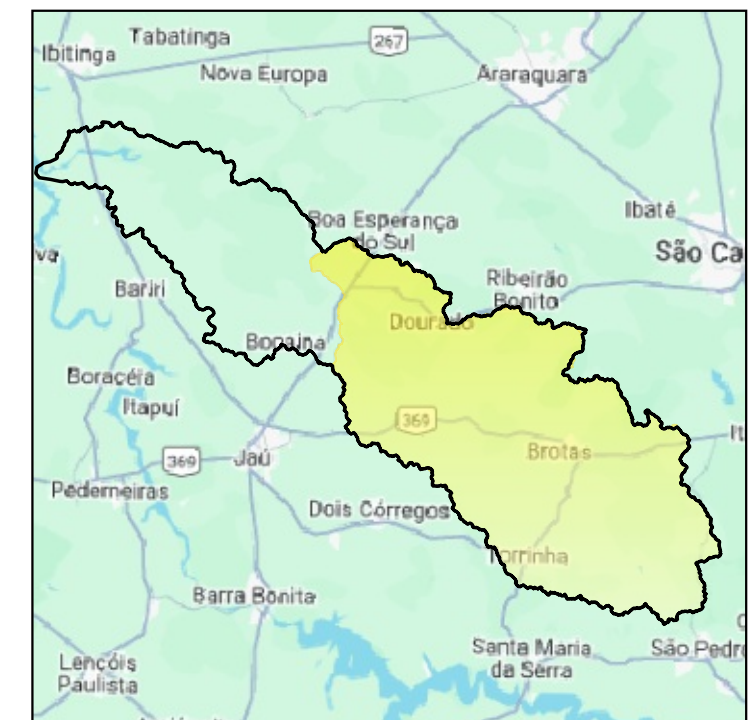
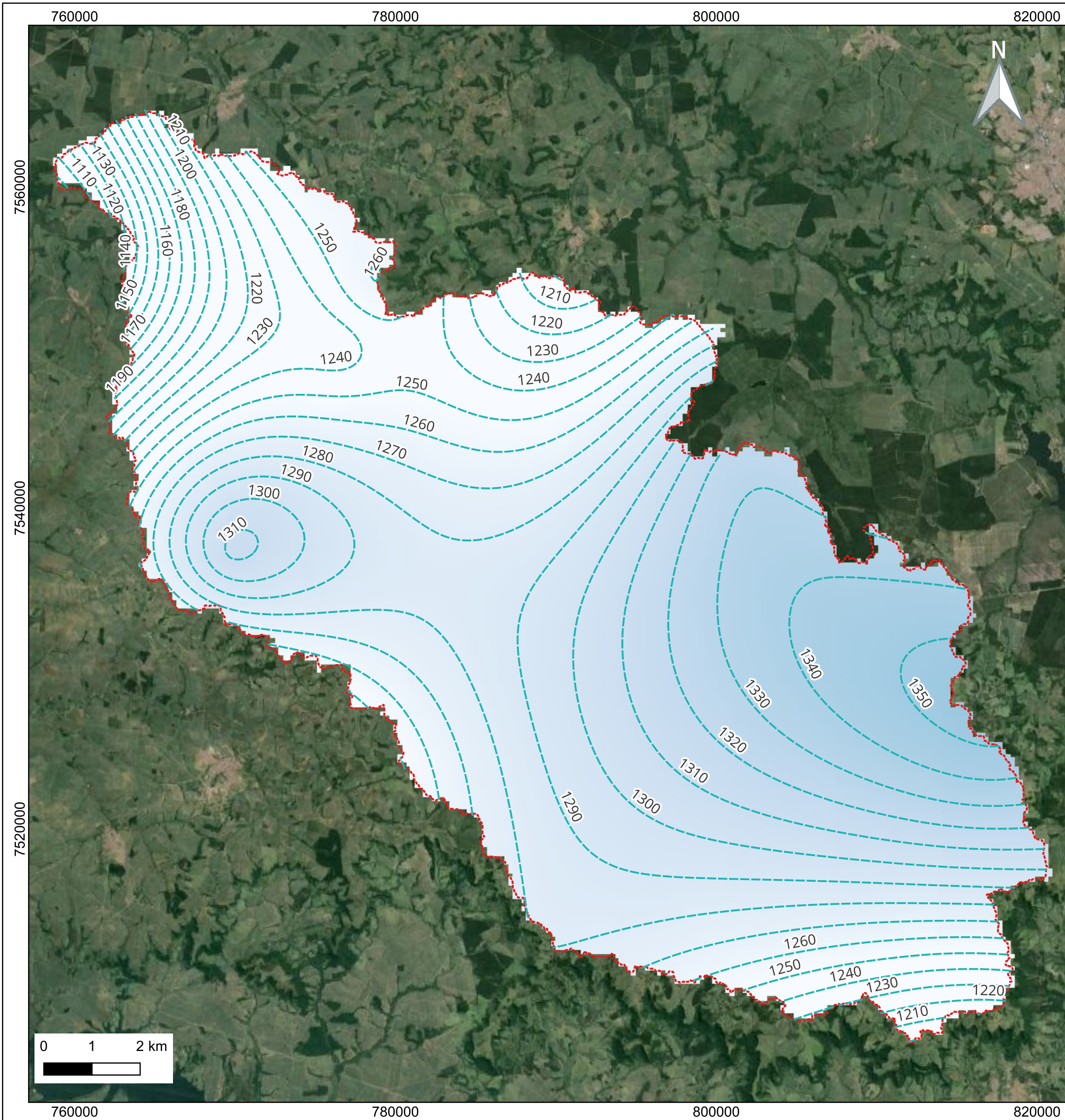
Apêndice IV:
Mapa da Precipitação Mediana na BHRJPP e respectivas isoietas

Eng. Responsável: Anderson Assis Nogueira
CREA/SP: 5063685287 ART: _____

Desenhista: _____
Escala: Indicadas Arquivo: Revisão 0 **Data Jun. | 2024**



APÊNDICE V. Mapa da Precipitação P75% na BHRJPP e respectivas isoietas.



- Legenda**
- Isoetes - P75%
 - Precipitação P75%**
 - 1.520 mm
 - 1.250 mm
 - Bacia Rio Jacaré Pepira

Fonte Imagem: Repositório Google Earth®
 Datum: SIRGAS 2000 - UTM 22S

NOVAES
 ENGENHARIA SUSTENTÁVEL

[16] 9.8134.0993 | [16] 3419.0906
 adm@novaes.eng.br | comercial@novaes.eng.br
 engenharia@novaes.eng.br | Rua São Joaquim, 550
 São Carlos / SP | www.novaes.eng.br

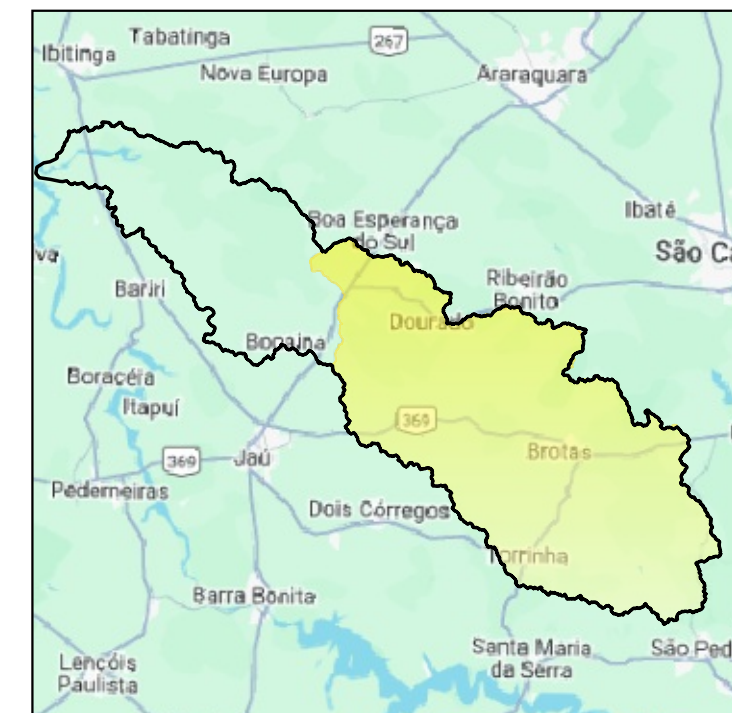
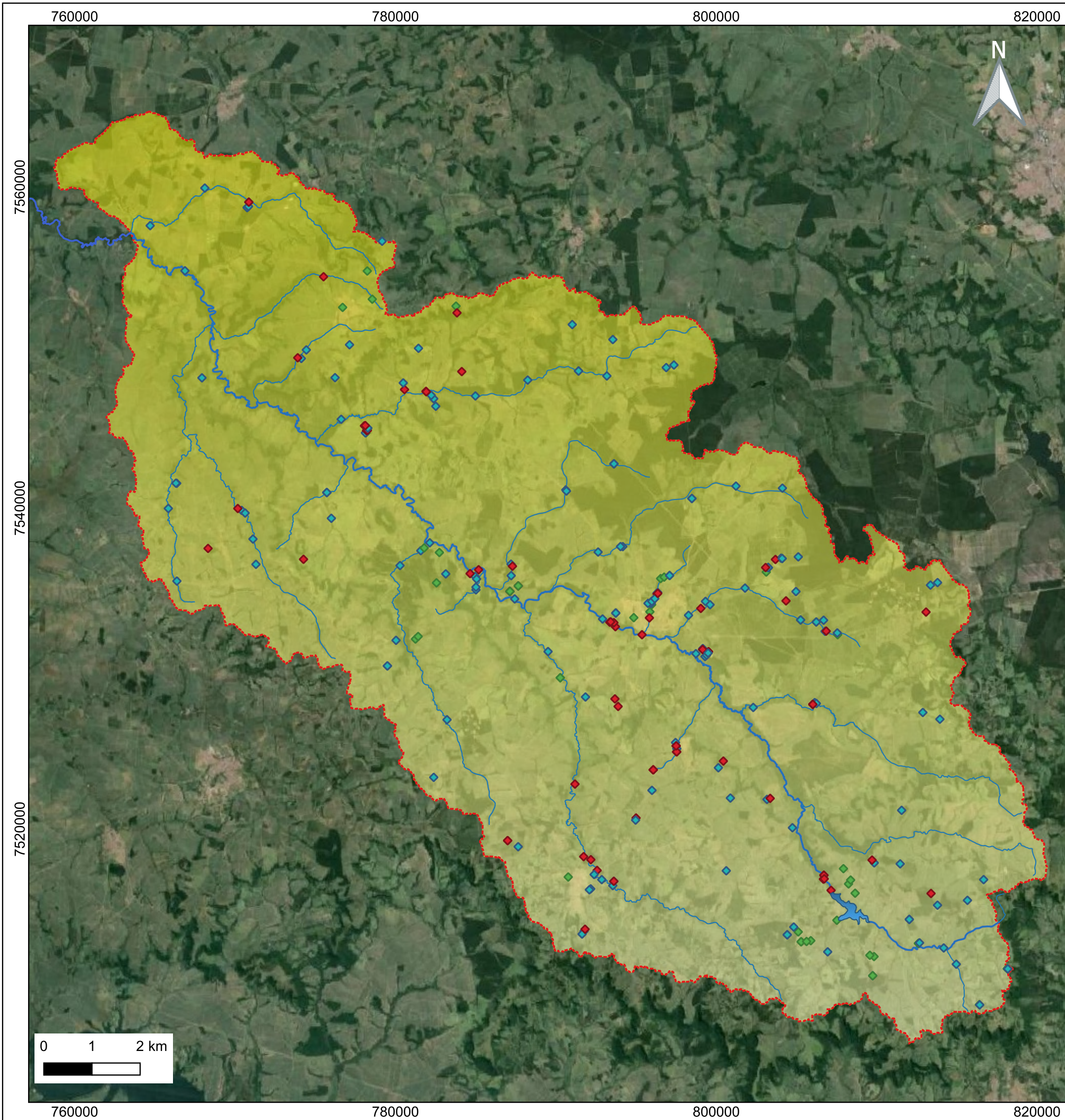
Solicitante: Município da Estância Turística de Brotas, **folha 01/01**
 CNPJ: 46.362.927/0001-72

Apêndice V:
 Mapa da Precipitação P75% na BHRJPP e respectivas isoietas

Eng. Responsável: Anderson Assis Nogueira
 CREA/SP: 5063685287 ART:

Desenhista:
 Escala: Indicadas Arquivo: Revisão 0 **Data Jun. | 2024**

APÊNDICE VI. Usos outorgados válidos na BHRJPP.



Legenda

- Afluentes Principais
- Rio Jacaré Pepira
- Reservatório Usina do Patrimônio

- Usos Outorgados - Válidas**
- ◆ Captação
- ◆ Estrutura de Reservação, Barramento sem PNSB, Barragem
- ◆ Lançamento
- Bacia Rio Jacaré Pepira
Confluência com o Ribeirão Potreiro

Fonte Imagem: Repositório Google Earth®
Datum: SIRGAS 2000 - UTM 22S

NOVAES
ENGENHARIA SUSTENTÁVEL

[16] 9.8134.0993 | [16] 3419.0906
adm@novaes.eng.br | comercial@novaes.eng.br
engenharia@novaes.eng.br | Rua São Joaquim, 550
São Carlos / SP | www.novaes.eng.br

Solicitante: Município da Estância Turística de Brotas, **folha 01/01**
CNPJ: 46.362.927/0001-72

Apêndice VIII
Usos outorgados válidos na BHRJPP

Eng. Responsável: Anderson Assis Nogueira
CREA/SP: 5063685287 ART:

Desenhista:
Escala: Indicadas Arquivo: Revisão 0 **Data Jun. | 2024**

ANEXOS

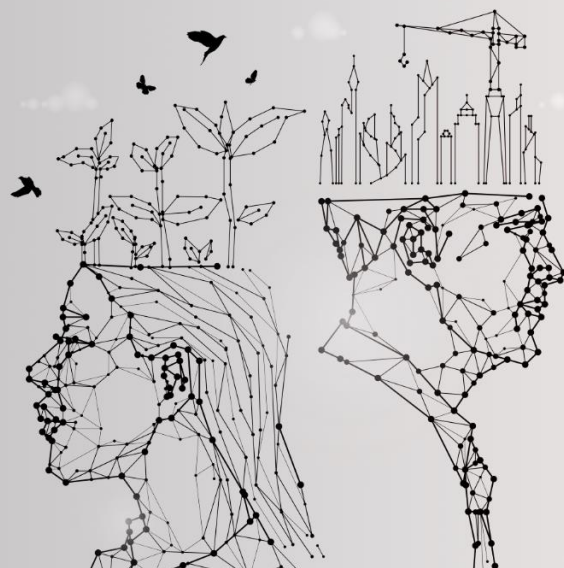
I. ART – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA

ESTUDO HIDROLÓGICO NA SUB-BACIA DO RIO JACARÉ PEPIRA, MUNICÍPIO DE BROTAS/SP



Grupo

NOVAES 10 ANOS
CONSTRUINDO O FUTURO



PRODUTO 4 – META 5.4

PLANO DE MONITORAMENTO E PROPOSTA DE SISTEMA DE SUPORTE A TOMADA DE
DECISÃO DE OUTORGAS

DEZEMBRO/2024

APRESENTAÇÃO

O turismo, um dos pilares da economia do município de Brotas, começou e se desenvolveu com as atividades aquáticas praticadas inicialmente como lazer no rio pela população e que se tornaram atividades turísticas, redefinindo a vocação econômica do Município.

Com o turismo, o *rafting* se desenvolveu como esporte e hoje há muitos atletas que disputam campeonatos e praticam esta modalidade no Rio Jacaré Pepira.

A relação da cidade com o Rio Jacaré Pepira se reforça também pelo fato de que está em operação uma Pequena Central hidroelétrica que gera energia para a cidade. Neste lugar, onde o rio é encachoeirado, formando uma paisagem cênica, criou-se um parque urbano municipal, o Parque dos Saltos, principal atrativo turístico público do município.

Desta forma, a identidade municipal de Brotas está intimamente relacionada ao Rio Jacaré Pepira, bem como parte significativa da renda municipal provém de atividades praticadas diretamente no rio.

Em razão das mudanças climáticas, do aumento da demanda de captação superficial de água para produção agrícola e da expansão urbana, o presente estudo hidrológico do Rio Jacaré Pepira se faz necessário para o planejamento estratégico e gestão dos recursos hídricos a nível municipal e regional.

Neste contexto, o referido estudo deverá analisar a disponibilidade e demanda hídrica do Rio Jacaré-Pepira, bem como detalhar os problemas que afetam as atividades aquáticas do mesmo. Além disto, deverá avaliar também a necessidade de vazão do rio para as atividades esportivas turísticas e de lazer que não necessitam de outorga, calculando o balanço hídrico da calha principal e seus afluentes.

Assim sendo, para a elaboração do referido estudo serão feitas as seguintes etapas:

- Determinação da demanda de água;
- Levantamento de dados hidrológicos disponíveis na região;
- Determinação de vazões (Q_{mlp} , $Q_{7,10}$, $Q_{95\%}$, Q_2 , Q_{10} , Q_{100});
- Cálculo do balanço hídrico (demanda x disponibilidade);
- Levantamento de dados da realidade das atividades do rio;
- Comparação com as informações do estudo hidrológico;
- Análise dos problemas hidrológicos que afetam as atividades;
- Definição de valores de referência para a manutenção das atividades;
- Prognóstico dos usos múltiplos de água;
- Contato com os técnicos para verificar a viabilidade das propostas.

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	8
2	INTRODUÇÃO	9
3	OBJETIVOS	11
3.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
4	METODOLOGIA	12
5	PLANO DE MONITORAMENTO	13
5.1	ANÁLISE DE PROGNÓSTICO DO CENÁRIO ATUAL DE CONCESSÃO DE OUTORGAS.....	13
5.2	PROGRAMA DE MONITORAMENTO DAS VAZÕES DE RETIRADA DO RIO JACARÉ PEPIRA	28
5.3	IDENTIFICAR PONTOS ESTRATÉGICOS PARA A INSERÇÃO DE PONTOS DE MONITORAMENTO	31
5.4	RESPONSÁVEIS PELO MONITORAMENTO.....	35
6	PROPOSTA DE SISTEMA DE SUPORTE À TOMADA DE DECISÃO (SSD)	36
6.1	SUGESTÕES DAS ETAPAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE SUPORTE A DECISÃO NA CONCESSÃO DE OUTORGAS (SSD)	38
6.1.1	OBJETIVO DO SISTEMA	38
6.1.2	COLETA E INTEGRAÇÃO DE DADOS.....	38
6.1.3	ANALISE DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA.....	39
6.1.4	AVALIAÇÃO DOS USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA	40
6.1.5	INTERFACE DE TOMADA DE DECISÃO	41
6.1.6	MONITORAMENTO E ATUALIZAÇÃO.....	41
6.2	EXEMPLOS DE SISTEMA DE SUPORTE A DECISÃO DE OUTORGAS	42
6.2.1	LABSID - SSD BALANÇO HÍDRICO DAEE/WEB (SPÁGUAS)	42
6.2.2	SISTEMA DE SUPORTE À DECISÃO DAS BACIAS PCJ – SSD PCJ.....	50
7	PROPOSTA DE AÇÕES A SEREM IMPLANTADAS NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JACARÉ PEPIRA	58
7.1	PROPOSTA 01.....	58
7.1.1	LEVANTAMENTO DE ÁREAS DEGRADADAS INSERIDAS NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP).....	58
7.2	PROPOSTA 2.....	62
7.2.1	REFLORESTAMENTO E ENRIQUECIMENTO DAS APPS SEM VEGETAÇÃO 62	

7.3	PROPOSTA 3.....	63
7.3.1	AÇÕES DE CONSERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DO SOLO.....	63
7.4	PROPOSTA 4.....	64
7.4.1	CONTROLE BIOLÓGICO DAS CULTURAS.....	64
7.5	PROPOSTA 5.....	66
7.5.1	ELABORAÇÃO DE PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL.....	66
7.6	ESTIMATIVAS DOS CUSTOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DAS PROPOSTAS.....	68
7.7	PROPOSTA 1.....	68
7.8	PROPOSTA 2.....	69
7.9	PROPOSTA 3.....	69
7.10	PROPOSTA 4.....	70
7.11	PROPOSTA 5.....	71
7.12	RESUMO DAS ESTIMATIVAS DOS CUSTOS DAS PROPOSTAS.....	72
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
	ANEXO I.....	75

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 5-1. RÉGUA DE LEITURA DO NÍVEL D'ÁGUA UTILIZADA PELAS AGÊNCIAS DE TURISMO: (A) VISTA FRONTAL; E, (B) VISTA EM RELAÇÃO À MARGEM/RIO.	15
FIGURA 5-2. RÉGUA LINIMÉTRICA INSTALADAS PELA ENVEX EM DIFERENTES VISTAS	15
FIGURA 5-3. RELAÇÃO ENTRE OS NÍVEIS DE LEITURA DA RÉGUA “ANTIGA-PRÁTICA” (DESPROVIDA DE CURVA CHAVE) E A DE LEITURA DO NÍVEL D'ÁGUA NA RÉGUA LINIMÉTRICA INSTALADA PELA ENVEX.	18
FIGURA 5-4. A) ESTIMATIVA DAS VAZÕES MÍNIMAS OPERACIONAIS PARA OS TRECHOS INICIAL E FINAL DO RAFTING E CURVA DE PERMANÊNCIA REGIONALIZADA PARA A SEÇÃO T2 - INÍCIO.....	19
FIGURA 5.5. USOS OUTORGADOS VÁLIDOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JACARÉ - PEPIRA.	21
FIGURA 5.6. INDICAÇÃO DE NOVOS PONTOS DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO NA BACIA DO RIO JACARÉ - PEPIRA.....	34
FIGURA 6-1. INTERFACE DE ACESSO DO SSD BALANÇO HÍDRICO DAEE/WEB.....	43
FIGURA 6-2. TELA PRINCIPAL DO SSD APÓS LOGIN NO SISTEMA.	44
FIGURA 6-3. INTERFACE PARA BUSCA DO PONTO DE INTERESSE POR COORDENADAS GEOGRÁFICAS.	44
FIGURA 6-4. ÁREA DE INTERESSE LOCALIZADA PELO SISTEMA E PROJETOS LOCALIZADOS NA REGIÃO.	45
FIGURA 6-5. LOCAÇÃO DO PONTO DE INTERESSE NO SISTEMA PARA DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	46
FIGURA 6-6. DETALHAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA.	46
FIGURA 6-7. DEFINIÇÃO DOS ELEMENTOS E FINALIDADES PARA O CÁLCULO.....	47
FIGURA 6-8. CONFIGURAÇÃO DOS CENÁRIOS DE VAZÕES.	48
FIGURA 6-9. INTERFACE DA TELA DO PROJETO SALVO.....	48
FIGURA 6-10. TELA PARA INSERÇÃO DOS DADOS DA CAPTAÇÃO QUE SE DESEJA ANALISAR.	49
FIGURA 6-11. TELA COM OS RESULTADOS DO BALANÇO HÍDRICO.	50
FIGURA 6-12. REPRESENTAÇÃO DA EVOLUÇÃO DO SSD PCJ.....	52
FIGURA 6-13. MÓDULOS DO SSD PCJ.....	53
FIGURA 6-14. INTERFACE PRINCIPAL DE ACESSO AO SSD BACIAS PCJ.....	54
FIGURA 6-15. INTERFACE DA ABA DE MONITORAMENTO DO SSD BACIAS PCJ.	54
FIGURA 6-16. INTERFACE DA ÁREA DE MONITORAMENTO – SÉRIE TEMPORAL	55
FIGURA 6-17. INTERFACE PRINCIPAL DA ÁREA DE MODELAGEM.	56
FIGURA 6-18. INTERFACE DA ÁREA DE PAINÉIS.....	57
FIGURA 6-19. INTERFACE DA ÁREA DE PAINÉIS COM A VISUALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO PIRACICABA.	57

LISTA DE TABELAS

TABELA 5-1– ESTIMATIVAS DA PRECIPITAÇÃO ANUAL, CORRESPONDENTES ÀS VAZÕES DE REFERÊNCIA PROVÁVEIS, PARA DIFERENTES PERÍODOS DA SÉRIE HISTÓRICA FLUVIOMÉTRICA 5D-028.....	13
TABELA 5-2. ESTIMATIVA DAS VAZÕES ESPECÍFICAS DE REFERÊNCIA PARA O RIO JACARÉ PEPIRA, PELO MODELO DE REGIONALIZAÇÃO HIDROLÓGICA.....	14
TABELA 5-3 ESTIMATIVA DAS VAZÕES DE REFERÊNCIA PARA O RIO JACARÉ PEPIRA, PELO MODELO DE REGIONALIZAÇÃO HIDROLÓGICA	14
TABELA 5-4. CONDIÇÕES OPERACIONAIS DA PRÁTICA DE RAFTING DE ACORDO COM O NÍVEL D'ÁGUA (H) OBSERVADOS PELAS AGÊNCIAS DE TURISMO DE BROTAS / SP.....	19
TABELA 5-5. USOS OUTORGADOS NA BACIA DO RIO JACARÉ-PEPIRA EM FUNÇÃO DO TIPO.....	20
TABELA 5-6. ESTIMATIVA DAS DESCARGAS REMANESCENTES PARA OPERAÇÃO DO RAFTING, CONSIDERANDO BALANÇO HÍDRICO DAS OUTORGAS E VAZÃO MÍNIMA DE REFERÊNCIA $Q_{7,10}$	24
TABELA 5-7. ESTIMATIVA DAS DESCARGAS REMANESCENTES PARA OPERAÇÃO DO RAFTING, CONSIDERANDO BALANÇO HÍDRICO DAS OUTORGAS E VAZÃO MÍNIMA DE REFERÊNCIA Q_{95}	25
TABELA 5-8. PERIODICIDADE DE DECLARAÇÃO DO USO ACUMULADO DE ÁGUA POR CAPTAÇÃO, SEGUNDO INSTRUÇÃO TÉCNICA DPO Nº 15 DE 19/10/2018.....	29

1 APRESENTAÇÃO

O turismo, um dos pilares da economia municipal, começou e se desenvolveu com as atividades aquáticas praticadas inicialmente como lazer no rio pela população e que se tornaram atividades turísticas, redefinindo a vocação econômica do Município.

Juntamente com o turismo, o rafting se desenvolveu como esporte e hoje há muitos atletas praticando no Rio Jacaré Pepira que disputam e vencem campeonatos mundiais.

A relação da cidade com o Rio Jacaré se reforça também pelo fato de o rio atravessar a cidade, onde no passado funcionava uma Pequena Central hidroelétrica que abastecia a energia para a cidade. Neste lugar onde o rio é encachoeirado formando uma paisagem cênica, criou-se um parque urbano municipal, o Parque dos Saltos, principal atrativo turístico público do município.

Desta forma, a identidade municipal de Brotas está intimamente relacionada ao Rio Jacaré Pepira, bem como parte significativa da renda municipal provém de atividades praticadas diretamente no rio.

Em razão de mudanças climáticas e aumento da demanda de captação de água na produção agrícola e expansão urbana, o estudo hidrológico do Rio Jacaré Pepira se faz necessário para o planejamento estratégico municipal e regional.

2 INTRODUÇÃO

O Rio Jacaré Pepira nasce no município de São Pedro a 960 metros de altitude e após percorrer cerca de 174 km, deságua no Rio Tietê no município de Ibitinga. Devido ao relevo das cuestas basálticas na porção alta da bacia, o Rio Jacaré Pepira e seus afluentes formam diversas cachoeiras, favorecendo as atividades turísticas que fortaleceram a economia regional. Em trecho de cerca de 9 km no município de Brotas, o rio torna-se encachoeirado, possibilitando a prática de esportes como o rafting, que se tornou o principal atrativo turístico da cidade.

As atividades esportivas aquáticas necessitam de uma vazão no rio que seja capaz de garantir a segurança e atratividade da operação, condição que sofre várias interferências naturais e antrópicas. A sazonalidade das chuvas e principalmente o aumento das captações de água para irrigação agrícola ou devido à expansão urbana aumentam a demanda pelo uso da água e pressionam a disponibilidade de água para as demais atividades.

Este contexto aponta para o surgimento de conflitos pelo uso da água e necessidade de mudança dos parâmetros para a concessão de outorgas para captação de água na bacia hidrográfica, acentuadamente no trecho onde se concentram atividades que envolvem diversos setores da sociedade.

Considerando os eventos de secas acontecidos nos últimos anos, destacando-se a *Crise Hídrica* – período entre os anos de 2013 e 2015, caracterizado pela ocorrência de déficit hídrico severo, resultando em diversos conflitos pelo uso dos recursos hídricos paulistas – o manejo correto dos recursos hídricos é de fundamental importância, visando a redução de conflitos e sua otimização para as diversas atividades produtivas da sociedade.

Para realizar o manejo correto dos recursos hídricos, torna-se necessário: definir a bacia hidrográfica de estudo e as sub-bacias de interesse; analisar os dados pluviométricos e fluviométricos de maneira a compreender os processos hidrológicos da área de estudo; contabilizar os usos outorgados, verificando se estão em consonância com as atividades produtivas exercidas; e, estimar por

meio das melhores técnicas de engenharia disponíveis vazões críticas, máximas ou mínimas, que auxiliem o planejamento, gerenciamento e implantação de obras para diferentes horizontes temporais. A este conjunto de atividades nomeia-se Estudo Hidrológico, o qual subsidiará a tomada de decisão.

Esta forma, a elaboração de uma proposta de sistema de decisão para a concessão de outorgas de captação de água na sub-bacia do Rio Jacaré Pepira, com foco no atendimento aos usos múltiplos da água. Reconhecendo a relevância desse recurso hídrico para o equilíbrio ecológico e para as diversas atividades econômicas e sociais da região, o trabalho propõe critérios técnicos que assegurem a sustentabilidade na utilização da água.

Uma das principais análises realizadas no estudo é o prognóstico do cenário atual das concessões de outorga. O objetivo é avaliar a compatibilidade das captações com o limite de até 50% da vazão de referência Q7,10, parâmetro essencial para a manutenção do fluxo hídrico em condições que preservem as atividades aquáticas e os ecossistemas associados. A partir dessa análise, serão definidos valores de referência que garantam uma vazão mínima suficiente para atender aos múltiplos usos, como abastecimento humano, irrigação, lazer e conservação ambiental.

Com esta abordagem, o estudo busca integrar informações hidrológicas, critérios técnicos e perspectivas dos usuários da sub-bacia, oferecendo uma ferramenta de decisão robusta que promova a gestão equilibrada e eficiente dos recursos hídricos.

3 OBJETIVOS

O objetivo do Estudo Hidrológico do Rio Jacaré Pepira no trecho pré definido será apontar parâmetros para a harmonização dos múltiplos usos da água na região, de forma a garantir a manutenção do consumo e das atividades econômicas de turismo, esportivas e de lazer, fortalecendo o desenvolvimento sustentável da região.

O objetivo principal da presente etapa é a elaboração de uma proposta de sistema de decisão para concessão de outorgas de captação de água na área da sub-bacia, tendo como o objetivo o atendimento aos usos múltiplos da água, além a realização de um plano de monitoramento de pontos do rio onde se desenvolvem as principais atividades aquáticas para acompanhamento da sazonalidade e mudanças significativas que podem afetar as atividades aquáticas.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos para que se possa alcançar o objetivo principal nesta fase, estão divididas da seguinte forma:

- Análise de prognóstico do cenário atual de concessão de outorgas baseados no valor de referência do limite de captação de até 50% da Q 7, 10;
- Definição de valores de referência compatíveis com a manutenção da vazão do rio adequada para a manutenção das atividades aquáticas;
- Reuniões e contato com técnicos do SP Águas (DAEE), Comitê de bacias e especialistas em recursos hídricos para discussão da viabilidade das propostas apresentadas.

4 METODOLOGIA

Para a realização desta etapa referente ao Estudo Hidrológico na Sub-bacia do Rio Jacaré Pepira no Município de Brotas/SP, foi utilizada a seguinte metodologia:

- Reuniões presenciais junto ao tomador, esportistas, empresários, condutores turísticos e comunidade;
- Vistorias em campo visando a observação das principais características junto ao corpo hídrico do Rio Jacaré Pepira, nas áreas pertinentes ao estudo;
- Descidas de Rafting junto aos esportistas do município para entendimento das dificuldades e reconhecimento do problema;
- Realização de estudos hidrológicos e hidráulicos através de métodos usuais e conhecidos para levantamento das condições mínimas e ideais de operação junto o Rio Jacaré Pepira.

5 PLANO DE MONITORAMENTO

5.1 ANÁLISE DE PROGNÓSTICO DO CENÁRIO ATUAL DE CONCESSÃO DE OUTORGAS

Nesta etapa será realizado uma análise de prognóstico do cenário atual de concessão de outorgas baseado no valor de referência do limite de captação até 50% da vazão de referência Q_{7,10}.

Na Tabela 5-1 estão as estimativas da vazão de referência (Q_{7,10}) para diferentes sub períodos da série fluviométrica 5D-028 e, utilizando os coeficientes da regionalização paulista (Liasi *et. al*, 1988), são estimadas as respectivas precipitações anuais.

Tabela 5-1– Estimativas da precipitação anual, correspondentes às vazões de referência prováveis, para diferentes períodos da série histórica fluviométrica 5D-028.

Período da série histórica Fluviométrica	Parâmetros da distribuição de probabilidade Weibull		Vazão mínima de referência Q _{7,10}		Precipitação anual (Pa) Calculada
	a	B	(m³/s)	(m³/h)	
1981-2022	4,242199	3,469875	2,04	7.349	1.612
1981-1999	4,990233	3,780958	2,41	8.671	1.819
2008-2022	4,39052	3,023958	1,81	6.520	1.484

Fonte: Tabela 3 12. Precipitações correspondentes às vazões de referência estimadas, do relatório técnico Produto 2, “Estudos Hidrológicos na sub-bacia do Rio Jacaré-Pepira, Município de Brotas/SP”, elaborado pelo Grupo Novaes Engenharia, em junho de 2024.

Para o período recente das afluições do rio (2008 a 2022, perfazendo quase 15 anos), a estimativa da precipitação da bacia seria de 1.484 mm; já para toda a série hidrológica de 32 anos com observação, a precipitação anual seria de 1.612 mm.

Esse período recente é definido como “longo período seco”, devido relativa permanência de afluições inferiores à média da série hidrológica e, portanto, caracterizado por uma longa e prolongada estiagem.

No planejamento da disponibilidade hídrica é indicado que os cenários prováveis prognósticos se baseiem em limites conservadores, assim, a gestão dos recursos hídricos garantiria o uso múltiplo da água para as gerações atuais e futuras.

A partir desse pressuposto, foi adotada a precipitação anual de 1.400 mm e, considerando os coeficientes da região hidrológica M/Z, são estimadas as vazões específicas mínimas de referência ($q_{7,10}$ em $m^3 \cdot h^{-1} \cdot km^{-2}$) e de 95% de permanência (q_{95}) para o Rio Jacaré Pepira, cujos resultados estão na Tabela 5-2.

Tabela 5-2. Estimativa das vazões específicas de referência para o Rio Jacaré Pepira, pelo modelo de regionalização hidrológica

Vazão média específica de longo período				Coeficientes regionais para vazões mínimas				Vazões específica de referência ($m^3 \cdot h^{-1} \cdot km^{-2}$)	
Coeficientes Regionais		$q_{esp} = a+b \cdot Pa$		Q7,10 e Q95				q_{710}	q_{95}
a	b	$L \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$	$m^3 h^{-1} \cdot km^{-2}$	X1,10	A	B	C7	$(A+B) \cdot X1,10 \cdot C7$	$q_{esp} \cdot k_{95}$
-4,62	0,0098	9,1	32,76	0,654	0,6141	0,0257	0,85	11,7	16,9

A partir desse pressuposto, foi adotada a precipitação anual de 1.400 mm e, considerando os coeficientes da região hidrológica M/Z, são estimadas as vazões específicas mínimas de referência ($q_{7,10}$ em $m^3 \cdot h^{-1} \cdot km^{-2}$) e 95% de permanência (q_{95}) para o Rio Jacaré Pepira, cujos resultados estão na Tabela 5-3.

Tabela 5-3 Estimativa das vazões de referência para o Rio Jacaré Pepira, pelo modelo de regionalização hidrológica

PONTO	Coordenadas (UTM, km)		Área de drenagem (Ad, km ²)	Vazões mínimas de referência m ³ /hora	
	Leste-Oeste	Norte-Sul		$Q_{7,10} = Ad \cdot q_{7,10}$	$Q_{95} = Ad \cdot q_{95}$
T1 - INICIO	797,58	7.531,31	451.43	-	-
T1 - FIM	795,723	7.532,09	533.3	-	-
T2 - INICIO	789,498	7.534,80	652	7.597	11.022
T2 - FIM	785,622	7.535,37	968	11.279	16.363

Dentro da área de estudo do Jacaré-Pepira, há o Posto um Posto de Monitoramento Fluviométrico 5D-028 gerido pela SP Águas (antigo

Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE). Além dessa régua linimétrica há outras duas para medição, que estão ilustradas nas Figuras 5-1 e 5-2.

Figura 5-1. Régua de leitura do nível d'água utilizada pelas agências de turismo: (a) Vista Frontal; e, (b) Vista em relação à margem/rio.



(a)



(b)

Figura 5-2. Régua Linimétrica instaladas pela ENVEX em diferentes vistas



(a)



(b)

A primeira medição (Figura 5-1) consiste em uma régua linimétrica instalada pelos guias das agências de turismo para avaliar as condições de operação e navegabilidade da prática da *rafting* no Rio Jacaré Pepira; essa régua não dispõe de curva chave sendo um registro histórico e prático da operação. A segunda régua de medição (Figura 5-2) foi instalada recentemente pela empresa ENVEX, sendo que neste ponto foi determinada a equação da curva chave e cujos níveis foram associados aos da “régua prática”, conforme é observado pela ilustração da Figura 5-3.

Conforme relatado no item 6 “*Observações práticas do nível d’água no Rio Jacaré-Pepira e Definição das condições hídricas para operação das atividades de rafting*” (Produto 3), foi informado pelos monitores que seria possível a operação da atividade aquática, quando o nível d’água fosse superior à 70 cm da “régua prática”, sendo caracterizada como operação não ideal:

Operação Mínima Não ideal – nível de água entre 70 e 85 cm, neste nível de água, há menor exposição das pedras de fundo, com velocidades ligeiramente maiores; embora não sejam melhores condições da atividade desportiva, não há risco de paralização da descida.

A partir do estabelecimento da relação empírica entre os níveis de água de ambas as régua e da curva chave elaborada pela ENVEX, foi possível elaborar uma relação entre as vazões mínimas para operação do *rafting* e área da bacia de contribuição do Rio Jacaré-Pepira - gráfico a) da

Figura 5-4.

Por meio dessa curva foi possível determinar as vazões mínimas para operação dessa prática esportiva de 4m³/s e 6,1 m³/s, nas seções inicial (T2-início) e final (T2-final), respectivamente.

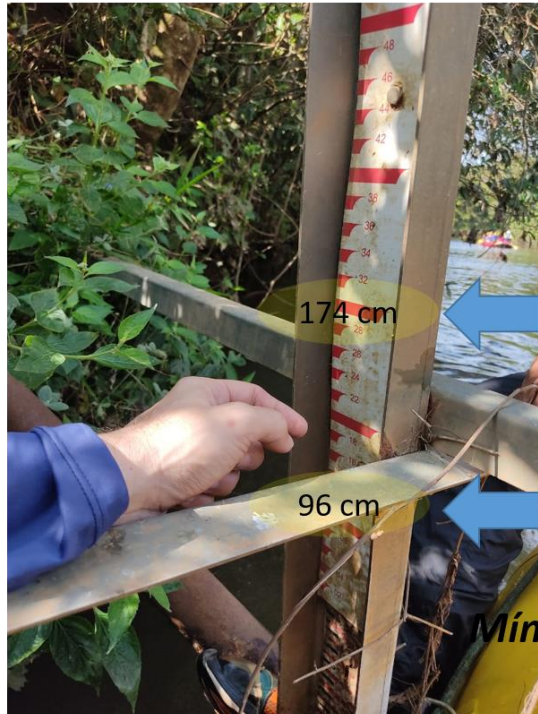
No gráfico b) da

Figura 5-4 está a curva de permanência, calculada pela metodologia da regionalização de vazão, para a seção inicial do trecho de *rafting* (T2-início), comparando-a à vazão mínima de operação de 4 m³/s (14.400 m³/h),

representada pela linha vermelha – *operação indicada rafting*; a vazão de referência $Q_{7,10}$ de $2,1 \text{ m}^3/\text{s}$ ($7.597 \text{ m}^3/\text{h}$).

Figura 5-3. Relação entre os níveis de leitura da Régua “antiga-prática” (desprovida de curva chave) e a de leitura do nível d’água na régua linimétrica instalada pela ENVEX.

B) Régua com curva chave no Rio Jacaré-Pepira



A) Régua “antiga-prática” para monitoramento da operação Rio Jacaré-Pepira



C) Condições de operação da prática de rafting

Operação arriscada

Operação ideal

Operação não ideal

Sem operação

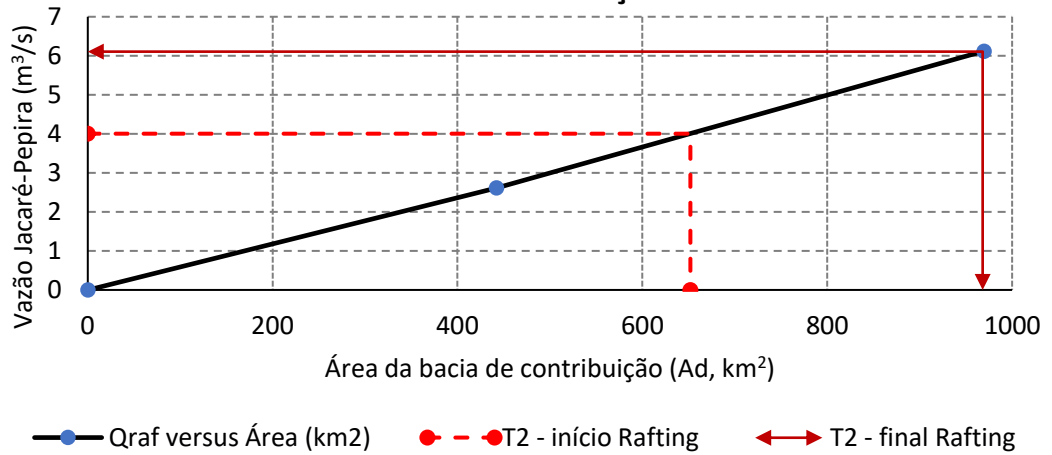
Nota: A correlação entre os respectivos níveis entre as régua linimétricas e classificação da operação do rafting foram informados pelos monitores das agências de turismo, durante a 2ª visita técnica e descida do Rio Jacaré-Pepira

Tabela 5-4. Condições operacionais da prática de rafting de acordo com o nível d'água (h) observados pelas agências de turismo de Brotas / SP.

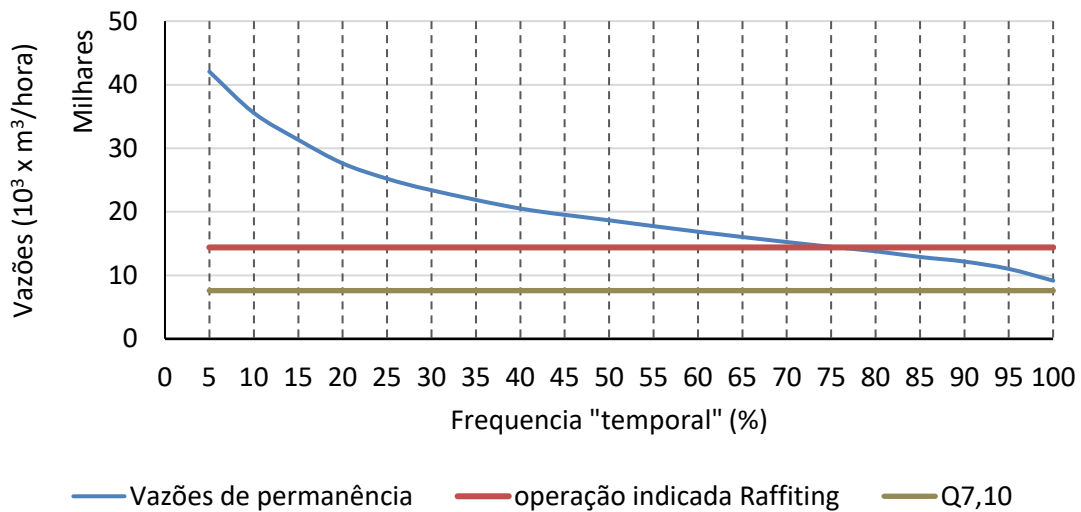
Condição	Leituras das réguas linimétricas e vazões no Rio Jacaré – Pepira			
	Régua Prática Agências de Turismo		Régua linimétrica instalada pela ENVEX	
Operação Mínima	$h > 70 \text{ cm}$	$4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$h > 69 \text{ cm}$	$6,11 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Não Ideal		$(14.400 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1})$		$(21.960 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1})$

Figura 5-4. a) Estimativa das vazões mínimas operacionais para os trechos inicial e final do rafting e curva de permanência regionalizada para a seção T2 - início.

a) Vazões mínimas operacionais do Rafting, segundo área da bacia de contribuição



b) Vazões de permanência do Rio Jacaré-Pepira x vazões de operação Rafting e Q7,10



Comparando a curva das vazões de permanência (azul) e a indicada para operação do *rafting* (linha vermelha) no gráfico b) da

Figura 5-4, é observado que em 25% do tempo as vazões transportadas no Jacaré-Pepira seriam inferiores à mínima operacional indicada.

Abstraindo a análise da permanência dessa vazão para um ano, poderia entender que, em até 3 meses, as vazões no rio seriam menores que o limite inferior da operação, assim, naturalmente é esperado que em algum período do ano, ocorram condições de navegabilidade não ideais para a prática do *rafting*.

Analisando a vazão mínima de operação do *rafting* (Q_{raft}), com as mínimas de referência, a vazão Q_{95} seria em torno de 76,54% e a Q_7 ,10 estaria em torno de 53% da Q_{raft} , respectivamente.

A prática esportiva do *rafting* é análoga ao uso não consultivo para navegação de embarcações nos cursos hídricos; embora independe de autorização específica pelo órgão gestor de recursos hídricos, necessita de uma lâmina mínima de água (associada à vazão) para operação da atividade.

Conforme fundamento da legislação de recursos hídricos, a água é um bem público e a concessão de outorgas deve priorizar seus usos múltiplos. Nesse sentido, além da “navegação” pelo *rafting* há outros usos consuntivos na bacia que derivam determinada vazão pelas captações superficiais, e retornam na forma de lançamento de efluentes.

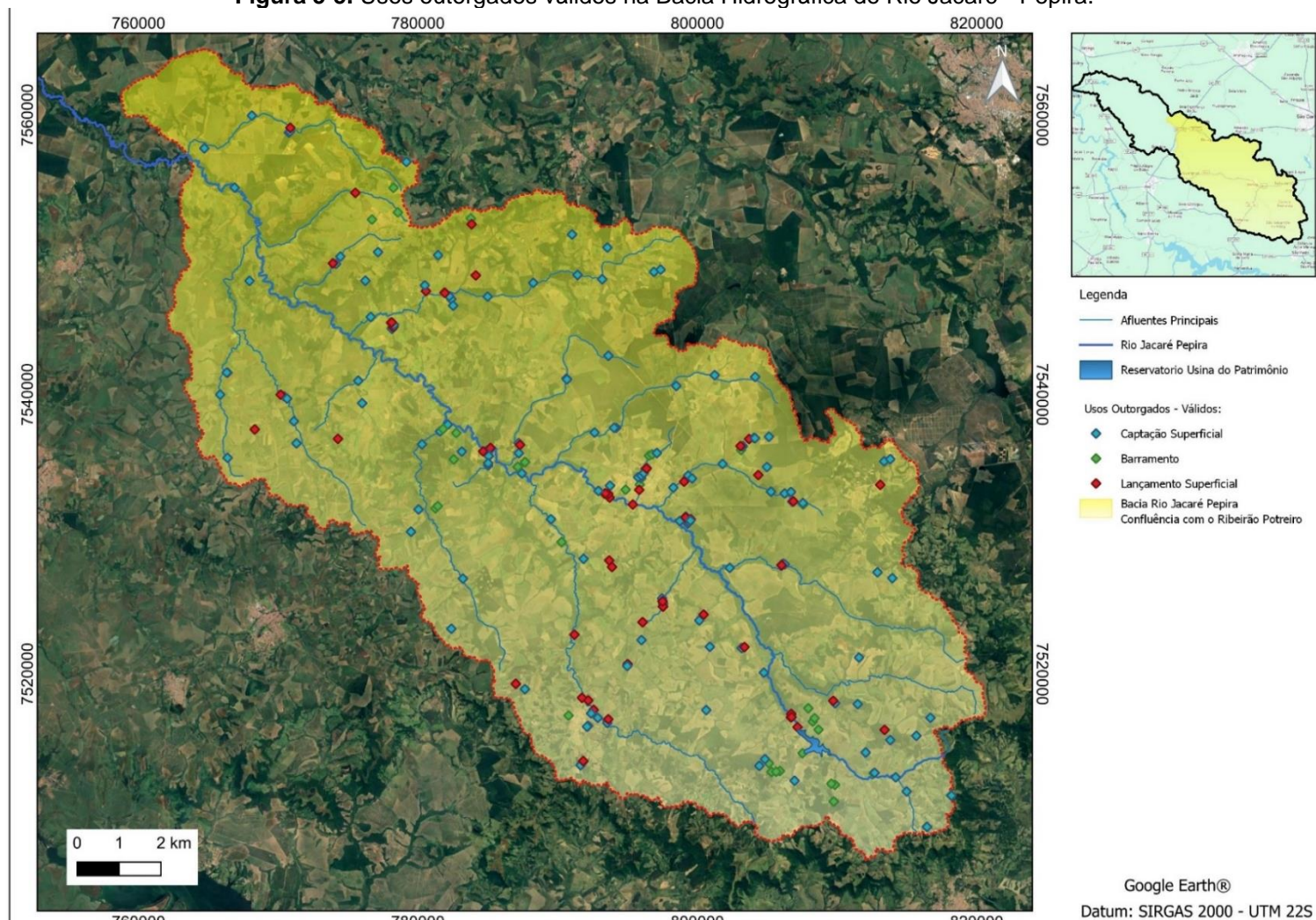
Conforme apresentado no item 4 do Produto 2 “*Estudo hidrológico na sub-bacia do Rio Jacaré Pepira, Município de Brotas/SP*”, há 335 usos outorgados no trecho estudado da bacia (Tabela 5-5 e Tabela 5-5). Deste levantamento, o trecho de navegação pelo *rafting* está contido logo a jusante entre as confluências com o Ribeirão da Rasteira e Bonito, respectivamente.

Tabela 5-5. Usos outorgados na bacia do Rio Jacaré-Pepira em função do tipo.

Tipo de Interferência	Total	Válidas
Captação Superficial	203	143
Barragem	51	50
Lançamento Superficial	81	59
Total	335	252

Fonte: Tabela 4-2, do relatório técnico Produto 2 “*Estudo hidrológico na sub-bacia do Rio Jacaré Pepira, Município de Brotas/SP*”, elaborado pelo Grupo Novaes Engenharia, junho de 2024

Figura 5-5. Usos outorgados válidos na Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré - Pepira.



Fonte: Figura 4-2, Produto 2 “Estudo hidrológico na sub-bacia do Rio Jacaré Pepira, Município de Brotas/SP”, Novaes Engenharia, junho/2024.

As captações superficiais retiram as vazões declaradas na outorga ou continuamente (para as finalidades industrial e consumo humano), ou sazonalmente (irrigação), deplecionando a disponibilidade do rio; assim, concorrem diretamente com as demais atividades não consuntivas como a navegação pelo *rafting*.

No estado de São Paulo, a vazão de referência utilizada para estimativa a disponibilidade hídrica é a $Q_{7,10}$; foi apresentada na Lei Estadual nº 9.034 de 27 de dezembro de 1994 (revogada pela Lei nº 16.337, de 14 de dezembro de 2016), que adota a $Q_{7,10}$ e as vazões regularizadas por reservatórios, sendo o limite máximo outorgável para captação correspondente a 50% da vazão de referência.

Segundo o artigo 14^a da antiga lei: “*quando a soma das vazões captadas em uma determinada bacia hidrográfica, ou em parte desta, superar 50% (cinquenta por cento) da respectiva vazão de referência, a mesma será considerada crítica e haverá gerenciamento especial*”.

A bacia do Jacaré Pepira já apresenta grande número de outorgas de captação e de lançamento, sendo necessário avaliar o efeito do balanço hídrico dessas autorizações nas vazões mínimas de referência.

Na Tabela 5-6 estão as estimativas das vazões remanescentes para as atividades não consuntivas de água no Rio Jacaré, sendo calculada pela subtração entre a vazão de referência e o balanço hídrico das outorgas (BH_{OUT}). Para a seção no início do trecho do *rafting* (T2 – início), o balanço hídrico computou as outorgas até a confluência do Ribeirão da Rasteira; já para a seção final da atividade (T2 – final), a BH_{OUT} foi calculada até confluência com o Ribeirão Bonito.

Para a estimativa da demanda já outorgada e, por conseguinte, do BH_{OUT} (m^3/h), foram considerados três cenários prováveis para contabilização das outorgas de captação:

Captação máxima instantânea - contabilização da vazão nominal das outorgas de captação superficial ocorrendo simultaneamente, desconsiderando

efeito da regularização de vazão por reservatórios existentes;

Média da vazão de retirada – contabilização das vazões contínuas diárias das outorgas de captação superficial; desconsideram efeito da regularização de vazão por reservatórios existentes; e

Captação máxima e regularizável – contabilização da vazão declarada nas outorgas de captação superficial e considera algum efeito de regularização nos reservatórios outorgados para as respectivas captações superficiais associadas.

A vazão contínua diária foi calculada pela divisão do volume diário por 24 horas ($V_d/24$, em m^3/h); essa vazão representa uma derivação média diária da bacia, minimizando efeitos da sazonalidade na operação, especialmente para os usos para finalidade irrigação.

No cenário Captação máxima e regularizável, esta é a vazão firme proporcionada por reservatórios de regularização, cuja estimativa emprega as variáveis independentes (i) vazão média plurianual (característica hidrológica da bacia) e (ii) o volume útil disponível.

O cadastro de outorgas do SOE não disponibiliza essa informação e, quando confirmado que as captações superficiais estavam associadas às barragens outorgadas, essas vazões regularizáveis foram estimadas como 50% do valor da vazão declarada na outorga uma vez que parte dessas vazões declaradas explorarem o volume útil do reservatório.

A Tabela 5-7 apresenta as estimativas da vazão remanescente (Q_{rem} , m^3/h), considerando como vazão mínima de estiagem a com 95% de permanência (Q_{95}).

Em ambas as tabelas estão as estimadas de quanto da vazão de referência já estaria comprometida pelo balanço hídrico das outorgas (relação $BH_{OUT}/Q_{7,10}$ e BH_{OUT}/Q_{95}) e quanto da vazão remanescente atenderia a expectativa da vazão mínima indicada para a prática do *rafting* (relação Q_{rem}/Q_{raft}).

Tabela 5-6. Estimativa das descargas remanescentes para operação do Rafting, considerando balanço hídrico das outorgas e vazão mínima de referência $Q_{7,10}$.

A) Balanço hídrico das captações superficiais, considerando vazão máxima instantânea, sem contribuição da vazão regularizável em reservatórios					
Trechos Rafting no	Vazão de referência	Balanço hídrico outorgas		Vazão remanescente no Rio Jacaré - Pepira	
Rio Jacaré - Pepira	$Q_{7,10}$	Captação máxima instantânea	Comprometimento $Q_{7,10}$	Vazão remanescente Q_{rem} (m ³ /h)	Atendimento operação Rafting (%)
	m ³ /h	BH _{OUT} (m ³ /h)	BH _{OUT} / $Q_{7,10}$	$Q_{7,10} - BH_{OUT}$	Q_{rem}/Q_{raft}
T2 - INICIO	7.597	3.639	48%	3.958	27%
T2 - FIM	11.279	4.702	42%	6.576	29%
B) Balanço hídrico das captações superficiais, considerando vazão média, sem contribuição da vazão regularizável em reservatórios					
Trechos Rafting no	Vazão de referência	Balanço hídrico outorgas		Vazão remanescente no Rio Jacaré – Pepira	
Rio Jacaré - Pepira	$Q_{7,10}$	Média da vazão de retirada	Comprometimento $Q_{7,10}$	Vazão remanescente Q_{rem} (m ³ /h)	Atendimento operação Rafting (%)
	m ³ /h	BH _{OUT} (m ³ /h)	BH _{OUT} / $Q_{7,10}$	$Q_{7,10} - BH_{OUT}$	Q_{rem}/Q_{raft}
T2 - INICIO	7.597	1.905	25%	5.692	40%
T2 - FIM	11.279	2.666	24%	8.612	39%
C) Balanço hídrico das captações superficiais, considerando 50% da derivação atendido por reservatórios de regularização					
Trechos Rafting no	Vazão de referência	Balanço hídrico outorgas		Vazão remanescente no Rio Jacaré – Pepira	
Rio Jacaré - Pepira	$Q_{7,10}$	Captação máxima e regularizável	Comprometimento $Q_{7,10}$	Vazão remanescente Q_{rem} (m ³ /h)	Atendimento operação Rafting (%)
	m ³ /h	BH _{OUT} (m ³ /h)	BH _{OUT} / $Q_{7,10}$	$Q_{7,10} - BH_{OUT}$	Q_{rem}/Q_{raft}
T2 - INICIO	7.597	2.093	28%	5.504	38%
T2 - FIM	11.279	3.155	24%	8.124	36%

Tabela 5-7. Estimativa das descargas remanescentes para operação do Rafting, considerando balanço hídrico das outorgas e vazão mínima de referência Q₉₅.

A) Balanço hídrico das captações superficiais, considerando vazão máxima instantânea, sem contribuição da vazão regularizável em reservatórios					
Trechos Rafting no	Vazão de referência	Balanço hídrico outorgas		Vazão remanescente no Rio Jacaré - Pepira	
Rio Jacaré - Pepira	Q ₉₅	Captação máxima instantânea	Comprometimento Q ₉₅	Vazão remanescente Q.rem (m ³ /h)	Atendimento operação Rafting (%)
	m ³ /h	BH _{OUT} (m ³ /h)	BH _{OUT} /Q ₉₅	Q ₉₅ - BH _{OUT}	Q.rem/Q.raft
T2 - INICIO	11.022	3.639	33%	7.382	51%
T2 - FIM	16.363	4.702	29%	11.661	52%
B) Balanço hídrico das captações superficiais, considerando vazão média, sem contribuição da vazão regularizável em reservatórios					
Trechos Rafting no	Vazão de referência	Balanço hídrico outorgas		Vazão remanescente no Rio Jacaré - Pepira	
Rio Jacaré - Pepira	Q ₉₅	Média da vazão de retirada	Comprometimento Q ₉₅	Vazão remanescente Q.rem (m ³ /h)	Atendimento operação Rafting (%)
	m ³ /h	BH _{OUT} (m ³ /h)	BH _{OUT} /Q ₉₅	Q ₉₅ - BH _{OUT}	Q.rem/Q.raft
T2 - INICIO	11.022	1.905	17%	9.117	63%
T2 - FIM	16.363	2.666	16%	13.697	61%
C) Balanço hídrico das captações superficiais, considerando 50% da derivação atendido por reservatórios de regularização					
Trechos Rafting no	Vazão de referência	Balanço hídrico outorgas		Vazão remanescente no Rio Jacaré - Pepira	
Rio Jacaré - Pepira	Q ₉₅	Captação máxima e regularizável	Comprometimento Q ₉₅	Vazão remanescente Q.rem (m ³ /h)	Atendimento operação Rafting (%)
	m ³ /h	BH _{OUT} (m ³ /h)	BH _{OUT} /Q ₉₅	Q ₉₅ - BH _{OUT}	Q.rem/Q.raft
T2 - INICIO	11.022	2.093	19%	8.929	62%
T2 - FIM	16.363	3.155	19%	13.208	59%



Analisando a condição normativa e conservadora para o balanço hídrico das outorgas de captação – Cenário A - *Captação máxima instantânea*, no trecho do Rio Jacaré – Pepira que compreende a atividade do *rafting*; a vazão de referência ($Q_{7,10}$) já estaria comprometida entre 48% e 42%; a vazão remanescente para uso não consuntivo do *rafting* atenderia entre 27% e 29% do limite mínimo informado.

Caso seja considerada a vazão contínua diária ao invés da máxima instantânea (Cenário B - Balanço hídrico das captações superficiais, considerando vazão média), o comprometimento da $Q_{7,10}$ seria em torno de 25% e vazão remanescente para o *rafting* atenderia a expectativa de até 40% da sua necessidade.

Para o balanço hídrico do cenário hipotético C - *Balanço hídrico das captações superficiais, considerando 50% da derivação atendido por reservatórios de regularização*, o comprometimento da $Q_{7,10}$ seria em torno de 25% e vazão remanescente para o *rafting* atenderia em torno de 38%. As estimativas dessa simulação são próximas das obtidas da condição para vazão média contínua (Cenário B).

A condição conservadora do balanço hídrico considerando todas as captações simultâneas, sem algum efeito de regularização por reservatórios, tornaria a bacia praticamente crítica, sem possibilidade de novos pleitos para derivações diretas consuntivas.

Por outro lado, tal condição é de rara probabilidade de ocorrer, sobretudo quando a maioria das outorgas são para abastecimento de sistemas de irrigação.

A derivação de água para os sistemas irrigados apresenta notória diferença quando comparado aos usos ou para indústria ou para o abastecimento público; essa diferença está na sazonalidade do uso, visto que a irrigação demanda captações intercalares de dias entre aplicações, dessa forma é raro ocorrerem número de dias irrigados superiores a 25 dias/mês.

Na estimativa da derivação de água para irrigação torna-se necessário quantificar uma vazão representativa desse uso sazonal, especialmente quando são utilizados reservatórios para regularização da vazão firme de abastecimento

dos sistemas irrigados e, portanto, a estimativa da vazão média contínua para irrigação é mais apropriada que o uso das vazões nominais dos conjuntos motobombas instalados.

Considerando o efeito da sazonalidade diária para a irrigação, haveria uma redução “média” significativa da vazão de retirada por esses sistemas. Dessa forma os Cenários B e C para estimativa do balanço hídrico das outorgas seriam mais condizentes com a realidade da bacia.

O Cenário C das estimativas do BH_{OUT}, que considera hipotético efeito de regularização por reservatórios, demonstra a importância dessas obras na redução da vazão média captada e, por conseguinte, possibilita o uso da água para outros usuários da bacia, sobretudo para a atividade do *rafting*, cuja vazão remanescente aumentaria entre 40% e 24% nas seções inicial (T2-início) e final (T2-fim), respectivamente.

Por outro lado, tal benefício hídrico somente seria concretizado caso houvesse garantia que a vazão jusante das barragens (liberada pelas estruturas de descarga de fundo) seria, pelo menos, a mínima de referência.

Segundo item IV do Artigo 22 da Portaria DAEE 1630 de 30 de maio de 2017, o outorgado é obrigado a “*manter a operação das estruturas hidráulicas de modo a garantir a continuidade do fluxo d’água mínimo, fixado no ato de outorga, a fim de que possam ser atendidos os usuários a jusante da obra ou serviço*”.

Os barramentos são obras hidráulicas transversais aos cursos de água que detém controle pleno das vazões defluentes; ou seja, caso o empreendimento com barramento resolva “bloquear” parcialmente a vazão mínima a jusante, por quaisquer motivos, o efeito prático seria o equivalente a uma diminuição da área da bacia de contribuição.

No caso de a mesma prática ocorresse em vários empreendimentos de barramento, em uma mesma bacia, o efeito cumulativo de redução fictícia da área de drenagem ocasionaria uma significativa diminuição das vazões efluentes.

A fim de evitar tal efeito em uma bacia crítica, com muitos empreendimentos de barramentos, torna-se mister o monitoramento das vazões liberadas a jusante pelas descargas de fundo, além do controle do consumo de água por macromedidores.

Avaliando o efeito do balanço hídrico das outorgas na vazão de referência Q_{95} (Tabela 5-7) é observado que o percentual de comprometimento da bacia reduziria e, conseqüentemente, a vazão remanescente para a atividade do rafting aumentaria. Essa situação é esperada, visto que a vazão Q_{95} é, relativamente, superior à $Q_{7,10}$ que é uma condição de estiagem bastante crítica.

Em ambas as simulações para vazão de referência, o valor remanescente para a operação do rafting não atenderia o limite mínimo informado e estudado no item 7 “Condições mínimas e ideias do Rio Jacaré Pepira para as atividades turísticas” do Produto 3.

Atualmente a atividade do “rafting”, frequentemente, opera para níveis de água inferiores ao limite mínimo indicado; na segunda visita técnica com descida ao rio, foi informado pelos monitores que, embora não seja a condição ideal para atividade desportiva, seria possível mantê-la.

Visando a manutenção dos usos múltiplos da água na bacia do Jacaré Pepira, incluindo o uso não consuntivo para navegabilidade do “rafting”, cuja atividade é vital tanto para o turismo, quanto para a economia regional, novos pleitos de outorga para captação superficial não deverão ser deferidos.

5.2 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DAS VAZÕES DE RETIRADA DO RIO JACARÉ PEPIRA

No estado de São Paulo, os procedimentos técnicos para instalação e macromedição dos volumes derivados estão estabelecidos pelas Portarias DAEE 5578 e 5579 ambas de 05 de outubro de 2018.

A Portaria DAEE nº 5578/2018 dispõe sobre as condições e procedimentos para a instalação e a operação de equipamentos medidores de

vazões e dos volumes de água captados ou derivados, relacionados com outorgas de direito de uso de recursos hídricos ou sua dispensa.

Já a Portaria DAEE nº 5579/2018 trata dos procedimentos relativos à declaração periódica de medições de volumes relacionados aos usos e interferências de recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

A frequência para declaração da volumetria do uso da água por captação é definida por faixas do volume mensal declarado no Ato de outorga, conforme especificado na Instrução Técnica DP nº 15, de 19/10/2018, rerepresentado a seguir na Tabela 5-8.

Tabela 5-8. Periodicidade de declaração do uso acumulado de água por captação, segundo Instrução Técnica DPO nº 15 de 19/10/2018.

Diretoria de Bacia	Frequência de declaração de volume por faixa do Volume Mensal outorgado					
	Mensal		Semanal		Diária	
	Usos e interferências de águas superficiais					
BMT ⁽²⁾	VM ⁽¹⁾ ≤	5.040	5040 < VM ≤ 25920		VM >	25.920
Vazão	VM/24h =	7 m ³ /h	VM/24h =	36 m ³ /h	-	-
Média	VM/20h =	8 m ³ /h	VM/20h =	42 m ³ /h	-	-

(1) VM é o Volume mensal declarado na Portaria da outorga (m³/mês);

(2) BMT é a Diretoria da Bacia do Médio Tietê.

Conforme o Artigo § 3º do Artigo nº 5 da Portaria DAEE 5579/2018:

“O SP Águas (Antigo DAEE), por meio de ofício do Diretor da Diretoria de Bacia correspondente ao local do uso ou interferência, poderá, a seu critério, exigir declarações diárias ... bem como, estabelecer periodicidade de declaração diferente das previstas neste artigo, conforme peculiaridade ou situação hídrica da bacia hidrográfica ou do tipo de empreendimento.”

No caso da Bacia do Jacaré – Pepira, cujo comprometimento já está próximo do limite de 50% da Q7,10, torna-se necessário ações de fiscalização dos usuários de recursos hídricos. Neste sentido, a declaração do consumo de água na escala diária a semanal das captações superficiais seria ferramenta

indispensável para o monitoramento dos usos, auxiliando os mecanismos de comando-controle.

Na bacia da BMT já está em operação a plataforma online, denominado Sistema para Declaração das Condições de Usos de Captações - SiDeCC. Essa plataforma permite comunicação direta dos usuários de água e o órgão gestor; trata-se de uma ferramenta computacional que permite à agência uma maior eficiência no monitoramento dos usos da água e nas suas ações de fiscalização, possibilitando uma melhor gestão de recursos hídricos nas bacias hidrográficas.

Além disso, em estiagens severas, quando ficam válidas regras de restrição de uso, é possível verificar se os usuários estão cumprindo as determinações restritivas quanto aos volumes captados.

No caso da Bacia do Jacaré – Pepira, sugere-se ações para implementação dessa plataforma focando no treinamento dos técnicos, infraestrutura computacional para comunicação e transferência de dados e etc.

Conforme discutido no item **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, há trechos sensíveis do Rio Jacaré – Pepira, cujo comprometimento da $Q_{7,10}$ encontra-se entorno de 45%, devido as outorgas de captação superficial já autorizadas, sobretudo para a finalidade de irrigação. Muitas dessas outorgas de captação nas sub bacias do Jacaré – Pepira estão associadas a regularização por reservatórios de acumulação de água.

Como discutido, a fim de garantir manutenção das vazões previstas no rio, é necessário garantir uma vazão mínima defluente das estruturas de armazenamento, por meio do monitoramento das vazões liberadas pela descarga de fundo.

Nesses casos, além da utilização de macromedidores para medição do consumo de água pelo empreendimento o usuário deverá providenciar instrumentação para medição da vazão liberada a jusante.

Segundo o balanço hídrico das outorgas na vazão de referência $Q_{7,10}$, considerando o cenário C – “Balanço hídrico das captações superficiais, considerando 50% da derivação atendido por reservatórios de regularização”

(Tabela 5-6), caso fosse garantido que a vazão firme “produzida” pelos reservatórios, atendesse pelo menos 50% da captação superficial declara, o comprometimento da $Q_{7,10}$ do Jacaré-Pepira no trecho do *rafting* seriam em torno de 25%.

Desta forma, visando otimizar as afluições no Rio Jacaré – Pepira, sobretudo no seu trecho que compreende a prática esportiva do *rafting* e, a manutenção dos usos múltiplos já existentes, sugere-se:

- a vazão mínima liberada a jusante dos reservatórios seja de pelo menos 70% da $Q_{7,10}$; e
- o volume útil dos reservatórios de regularização de vazão, que estão associados à captação superficial, sejam redimensionados para que, pelo menos, 50% da sua demanda seja atendida pela vazão regularizável.

Os usuários que possuam interferências do tipo barramentos poderão ter a obrigatoriedade de instalar equipamento de medição e efetuar sua respectiva declaração pelo sistema SDeCC, desde que conste tal obrigatoriedade na respectiva portaria de outorga de uso, conforme decisão da Diretoria de Bacia e anuência do Comitê de Bacia.

Nestes casos de medição de vazão em condutos livres, a Instrução Técnica DPO nº 14 de 19 de outubro de 2018 sugere empregar dispositivos como: (i) de vertedores retangulares ou triangulares de soleira delgada, operando em descarga livre, ou (ii) Calha Parshall

5.3 IDENTIFICAR PONTOS ESTRATÉGICOS PARA A INSERÇÃO DE PONTOS DE MONITORAMENTO

Na **Figura 5-6**, estão indicados os novos pontos de monitoramento fluviométrico sugeridos na bacia para efetivo controle tanto das vazões afluentes, quanto dos usos de água na bacia.

Diretamente no Rio Jacaré Pepira, há duas estações fluviométricas: (i) a

série histórica operada pelo SP Águas 5D-028 e (ii) a implantada recentemente pela ENVEX; é proposto uma terceira estação de medição da descarga líquida no local onde há a “régua prática” operada pelas agências de turismo.

Embora a “régua prática” não disponha de dados fluviométricos, nem de uma curva chave específica, há um conhecimento empírico das condições de operação do *rafting* e os respectivos níveis de água neste instrumento, que deve ser preservado.

Obter estimativas direta de vazão no trecho inicial do *rafting*, além de ampliar o conhecimento hidrológico da bacia, seria útil para as agências de turismo regional que usufruiriam de estimativas precisas, diretas e instantâneas da vazão, avaliando reais condições para a atividade esportiva.

Nesta estação fluviométrica, durante a fase inicial da elaboração da curva chave, sugere-se que sejam medidas as descargas líquidas cujas alturas de nível de água correspondam aos limites operacionais da atividade do *rafting*, indicados pelos monitores das agências de turismo.

Dessa forma, procura-se materializar o conhecimento empírico da navegabilidade do *rafting* com medições precisas da vazão no rio.

A indicação de uma estação fluviométrica no córrego do Gouveia, próximo à confluência com o Jacaré Pepira, é justificada pela condição crítica de disponibilidade desta bacia.

Conforme item 6 “*Balanço hídrico quantitativo das bacias do Jacaré-Pepira*”, do Produto 2 deste trabalho, o comprometimento da vazão de referência na bacia do Gouveia é superior a 100% da $Q_{7,10}$.

Avaliando as condições normativas do Saldo de Disponibilidade Hídrica do rio Jacaré-Pepira (Cenário Normativo-Conservador) é observado que até a confluência com o Córrego do Gouveia, o comprometimento da $Q_{7,10}$ está em torno de 10%; há um significativo aumento das retiradas do sistema a partir da bacia do Gouveia, comprometendo 45% da $Q_{7,10}$; no trecho seguinte do Jacaré-

Pepira compreendido entre as confluências do Gouveia (47 km do perfil do Talvegue) e do Rasteira (57 km), os percentuais de comprometimento da $Q_{7,10}$ estão entre 45 e 40%, sendo classificada como “*alerta*” a condição do Saldo de Disponibilidade.

Dessa forma, o elevado número de outorgas de captação da bacia do Gouveia afeta, significativamente, a disponibilidade do Rio Jacaré-Pepira, influenciando a operação do *rafting*; monitorando as vazões afluentes deste córrego, monitoraria indireta os usos excessivos de água, auxiliando ações de fiscalização e de controle.

O Ribeirão dos Pinheirinhos é um dos maiores afluentes do Rio Jacaré-Pepira, cuja confluência neste rio acontece no trecho compreendido pela atividade do *rafting*. A contribuição hídrica desse manancial é uma das responsáveis pela recuperação da disponibilidade hídrica da bacia do Jacaré-Pepira.

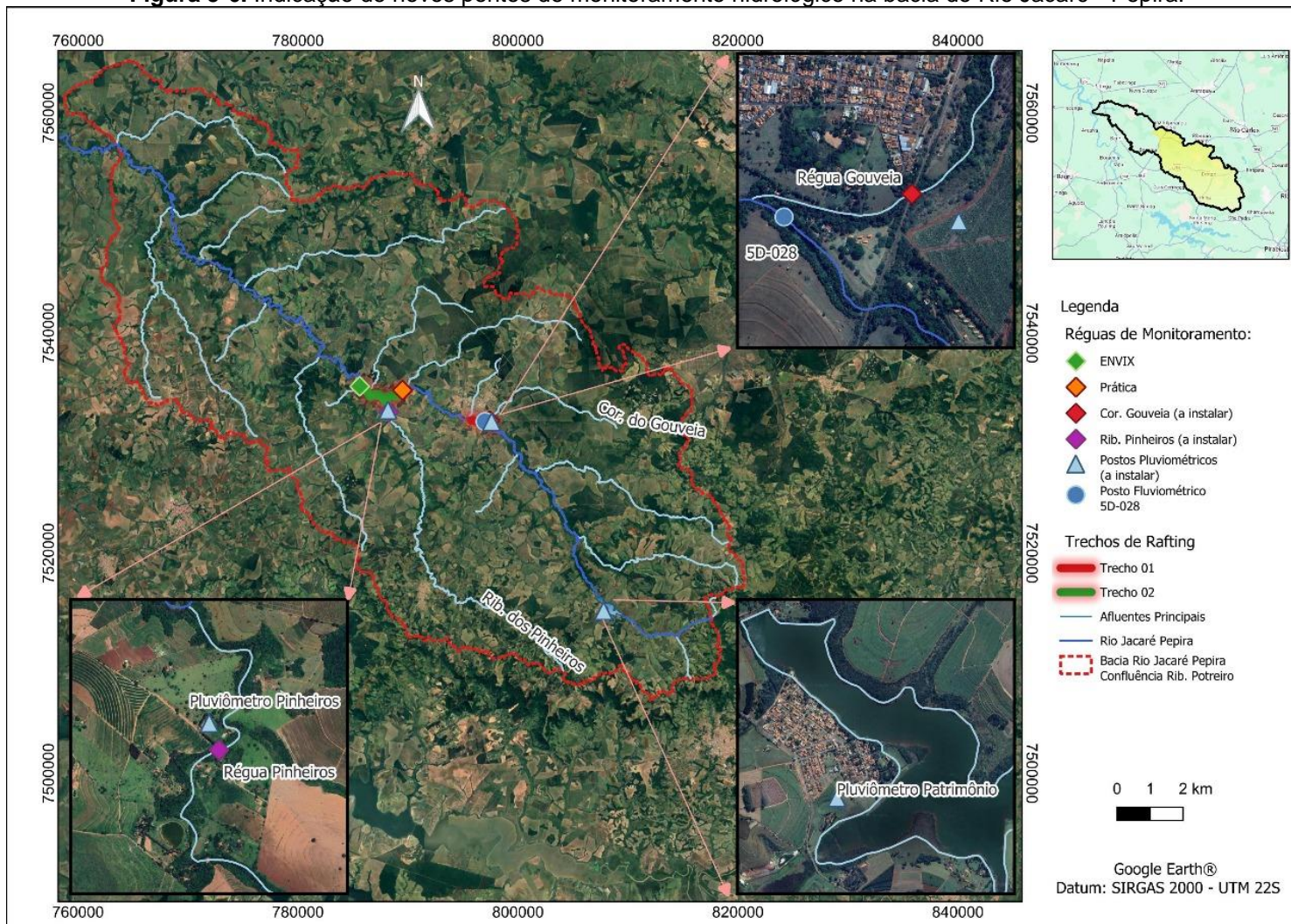
O monitoramento de vazões no Pinheirinhos garantiria instrumentos de fiscalização nessa bacia, visando identificar ocorrências de usos excessivos ou não autorizados; também propiciaria avaliar efeitos sobre as vazões afluentes devido (i) mudanças da ocupação na superfície; (ii) ações de preservação e de conservação de matas ciliares na faixa de APP e etc.

Além das estações fluviométricas, são sugeridas três estações pluviométricas na bacia; sendo duas próximas às fluviométricas e outra próxima a barragem do Patrimônio.

Embora a região disponha de observações pluviométricas, operadas pelo SP Águas, há poucas estações de medição de chuva contidas na bacia do Rio Jacaré-Pepira.

Além de melhorar as estimativas de precipitação nesta bacia e, conseqüentemente, otimizar as estimativas das vazões médias e mínimas; essas medições poderiam ser utilizadas para auxiliar na previsão de chuvas, ocorrência de eventos extremos e implantação de sistemas de alerta

Figura 5-6. Indicação de novos pontos de monitoramento hidrológico na bacia do Rio Jacaré - Pepira.



Fonte: Novaes Engenharia, 2024

5.4 RESPONSÁVEIS PELO MONITORAMENTO

A agência SP Águas (Antigo DAEE) é a autarquia estadual, de regime especial, responsável pela emissão e fiscalização do cumprimento de autorizações para uso de recursos hídricos no Estado de São Paulo, sendo considerado como órgão gestor de recursos hídricos.

O órgão gestor exerce ações de comando-controle dos recursos hídricos uma vez que monitora as leituras dos equipamentos de medição que são declaradas pelos usuários; acompanha se um usuário estaria ou não atendendo os limites do volume declarado no Ato de Outorga, tendo a responsabilidade de aplicação de multas e advertências.

Além do exposto acima, a bacia do Tietê-Batalha não implantou, ainda, uma Agência de Bacia, que teria função de secretaria executiva da Política Estadual de Recursos Hídricos.

Sendo assim, é proposto que ações e programas de monitoramento das vazões, bem como implementação de uma Sala de Situação fiquem a cargo da Agência Estadual SP Águas, sendo proposto esta implantação no escritório técnico de São Carlos, no qual está inserida a fiscalização da bacia do Jacaré-Pepira.

6 PROPOSTA DE SISTEMA DE SUPORTE À TOMADA DE DECISÃO (SSD)

A gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas é um desafio que exige equilíbrio entre as demandas diversas e a sustentabilidade ambiental. Nesse contexto, o **Sistema de Suporte à Tomada de Decisão para Concessão de Outorgas (SSD)** que considere o atendimento aos usos múltiplos da água bacia hidrográfica, é uma ferramenta fundamental, pois integra informações hidrológicas, socioeconômicas e ambientais para garantir o uso equilibrado da água, atendendo às múltiplas necessidades dos usuários.

O SSD visa facilitar o processo de concessão de outorgas ao avaliar a disponibilidade hídrica e compatibilizá-la com as demandas existentes, considerando os seguintes usos múltiplos:

- Abastecimento humano;
- Irrigação agrícola;
- Indústria;
- Geração de energia;
- Turismo e lazer;
- Preservação ambiental.

A ferramenta deve assegurar que as decisões sejam baseadas em critérios técnicos, promovendo eficiência e sustentabilidade no uso dos recursos hídricos. O sistema deve consolidar informações de fontes diversas, como dados hidrológicos, demandas e usos existente, aspectos socioeconômicos e condicionantes ambientais. Esses dados devem ser organizados em uma base georreferenciada, permitindo uma análise espacial e temporal.

Com base nas informações coletadas, o SSD realiza o cálculo do balanço hídrico da bacia, comparando a disponibilidade hídrica com a demanda total, considerando as necessidades atuais e potenciais, segmentadas por tipo de uso. O objeto é analisar e identificar pontos de conflito e áreas com maior pressão sobre os recursos hídricos. Com o resultado, o sistema apresenta a modelagem

para diversos cenários, tais como períodos de estiagem prolongada, aumento de demanda em setores específicos, como agricultura ou indústria e também na ampliação do turismo aquático e esportivo.

Através destas projeções, é possível prever os impactos e subsidiar a priorização dos usos com base em cenários simulados, onde o sistema utiliza uma matriz de decisão que considera a importância social e econômica de cada uso, a sustentabilidade ambiental e critérios legais e institucionais, permitindo definir limites para concessão de outorgas, garantindo que nenhum uso comprometa a disponibilidade para os demais.

É de grande importância que a interface do SSD seja intuitiva para os gestores e tomadores de decisão, permitindo a visualização de mapas temáticos com dados de captação, vazões e conflitos de uso bem como a seja possível gerar relatórios técnicos e avaliar em tempo real os novos pedidos de outorgas. A atualização contínua é fundamental para a eficiência do sistema onde o monitoramento dos dados em tempo real e auditorias regulares, devem ser realizadas para garantir que as decisões sejam baseadas em informações atualizadas e precisas.

Diante dos argumentos supracitados, é evidente que um Sistema de Suporte a Tomada de Decisão na Concessão de Outorgas (SSD) é uma ferramenta indispensável para a gestão integrada de recursos hídricos em bacias hidrográficas, promovendo o equilíbrio entre a demanda crescente por água e a preservação ambiental, garantindo que os usos múltiplos sejam atendidos de forma sustentável e eficiente.

Na Sub-bacia do Rio Jacaré Pepira junto ao limite municipal de Brotas, a crescente pressão sobre os recursos hídricos da região, em especial pelos comerciantes e esportista que dependem do Rio Jacaré Pepira, impulsionadas pelas mudanças climática e pela expansão urbana e agrícola, é evidente a necessidade de uma abordagem sistemática para a gestão e a concessão de outorgas desta região, de modo que possa atender aos interesses diversos sem comprometer a sustentabilidade.

6.1 SUGESTÕES DAS ETAPAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE SUPORTE A DECISÃO NA CONCESSÃO DE OUTORGAS (SSD)

A bacia hidrográfica do Rio Jacaré-Pepira desempenha um papel fundamental no equilíbrio ambiental e na sustentação de múltiplos usos da água, como o turismo, agricultura, consumo humano e atividades industriais. A crescente pressão sobre os recursos hídricos da região, impulsionada pelas mudanças climáticas e pela expansão urbana e agrícola, exige uma abordagem sistemática para a gestão e a concessão de outorgas, de modo a atender aos interesses diversos sem comprometer a sustentabilidade.

6.1.1 OBJETIVO DO SISTEMA

O sistema deve buscar a integração de dados e critérios técnicos para subsidiar a concessão de outorgas na Bacia do Rio Jacaré Pepira, equilibrando usos múltiplos da água, como agricultura, turismo e abastecimento humano.

6.1.2 COLETA E INTEGRAÇÃO DE DADOS

O objetivo desta etapa inicial é consolidar informações essenciais para a análise dos recursos hídricos na bacia.

Fontes de dados:

- Hidrometeorológicos: Séries históricas de dados fluviométricos e pluviométricos das estações ativas e desativadas na região, considerando padrões de precipitação, vazões e períodos críticos de estiagem ou cheias;
- Outorgas Existentes: Levantamento no Sistema de Outorgas Eletrônicas do DAEE e registros da ANA, incluindo captações, volumes autorizados e finalidades de uso;
- Usos não Registrados: Identificação de captações clandestinas ou não cadastradas, obtidas por vistorias e monitoramento remoto;

- Socioeconômicos e Ambientais: Dados de atividades turísticas (rafting, canoagem), agricultura e demografia regional, além de indicadores de qualidade da água.

Métodos de Integração:

- Desenvolvimento de uma base de dados centralizada com informações georreferenciadas;
- Correlação entre dados fluviométricos (curva-chave) e medições específicas para cada ponto da bacia.

6.1.3 ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Avaliar os recursos disponíveis em função da demanda e identificar cenários de estresse hídrico.

Estimativa de Vazões:

- Cálculo de vazões mínimas (Q7,10, Q95%), médias e máximas por métodos de regionalização validados para a bacia;
- Consideração de efeitos de represamento, assoreamento e degradação das margens no cálculo das disponibilidades.

Balanço Hídrico:

- Comparação entre a disponibilidade (vazões calculadas) e demandas cadastradas, segmentando por atividade (turismo, agricultura, abastecimento humano) e localização geográfica;
- Análise do impacto das mudanças climáticas e uso do solo no balanço hídrico.

6.1.3.1 MODELAGEM DE CENÁRIOS

Antecipar situações de crise ou oportunidades para diferentes contextos hídricos.

Definição de Cenários:

- Conservador: Baixa disponibilidade hídrica e maior restrição de outorgas;
- Moderado: Condições típicas para o ano hidrológico médio;
- Restritivo: Previsão de eventos críticos como secas prolongadas.

Simulação de Impactos:

- Avaliação do efeito de novas captações e alterações nas outorgas existentes sobre a sustentabilidade da bacia;
- Estudo do impacto das atividades esportivas no turismo e da irrigação no abastecimento agrícola em cenários críticos;

6.1.4 AVALIAÇÃO DOS USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA

Garantir que todas as atividades relevantes sejam consideradas na alocação dos recursos.

Prioridades de Uso:

- Definição de critérios técnicos para balancear os usos, priorizando abastecimento humano, proteção ambiental e atividades econômicas estratégicas.

Manutenção de Vazões:

- Determinação de vazões mínimas necessárias para a prática segura de esportes aquáticos como rafting e canoagem;
- Proposta de cotas hídricas específicas para setores agrícolas e industriais.

6.1.5 INTERFACE DE TOMADA DE DECISÃO

Oferecer ferramentas práticas para auxiliar gestores na tomada de decisão.

Painéis Interativos:

- Exibição de mapas temáticos georreferenciados que mostram demandas, vazões disponíveis e zonas críticas;
- Visualização de dados em tempo real sobre o nível de rios, precipitações e qualidade da água.

Matriz de Critérios:

- Aplicação de uma matriz de decisão baseada em critérios como sustentabilidade, impacto socioeconômico e legalidade.

Simulador de Concessões:

- Ferramenta para prever o impacto de novas outorgas sobre a disponibilidade hídrica e outros usos.

6.1.6 MONITORAMENTO E ATUALIZAÇÃO

Assegurar a precisão e a relevância contínua das informações do sistema.

Monitoramento Contínuo:

- Uso de estações fluviométricas e pluviométricas para atualizar dados em tempo real;
- Inspeções periódicas para validar o cumprimento das outorgas concedidas e identificar desvios.

Relatórios e Auditorias:

- Geração de relatórios mensais e anuais sobre o estado da bacia e eficácia das decisões tomadas.

6.1.6.1 BENEFÍCIOS DO SISTEMA

Transparência:

- A centralização de dados e o uso de critérios claros fortalecerão a governança dos recursos hídricos.

Sustentabilidade:

- As decisões serão baseadas em análises detalhadas, assegurando o uso equilibrado dos recursos.

Flexibilidade:

- A modelagem de cenários permitirá ajustes nas concessões frente a mudanças climáticas e demandas emergentes.

A implementação do sistema proposto representa um avanço significativo na gestão da bacia do Rio Jacaré-Pepira. Ele proporcionará uma base robusta para decisões alinhadas às necessidades dos múltiplos usuários, promovendo a preservação dos recursos hídricos e a sustentabilidade econômica e ambiental da região.

6.2 EXEMPLOS DE SISTEMA DE SUPORTE A DECISÃO DE OUTORGAS

6.2.1 LABSID - SSD BALANÇO HÍDRICO DAEE/WEB (SPÁGUAS)

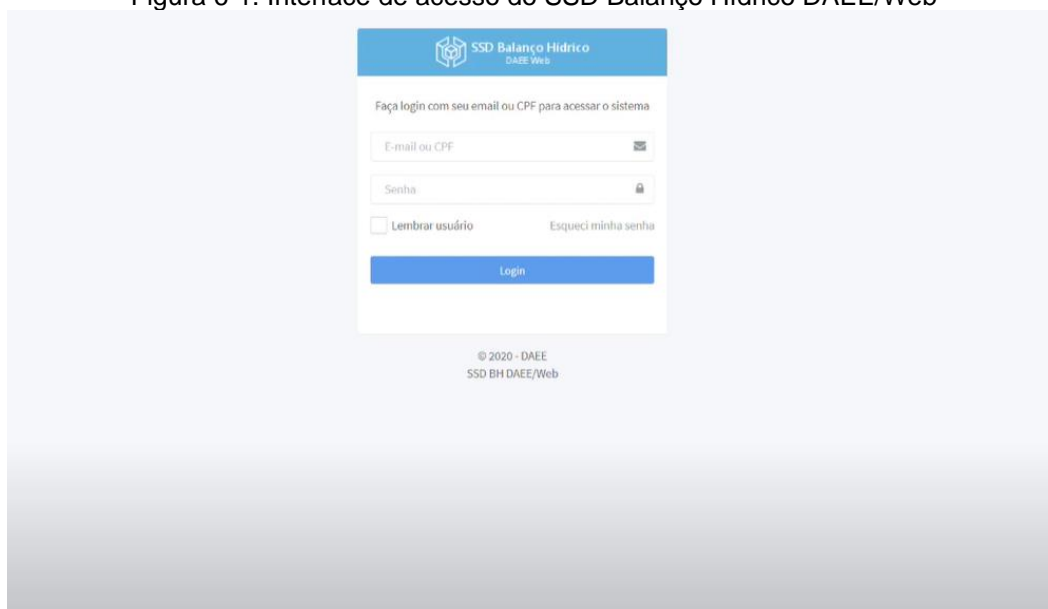
Na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, o Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental por intermédio do Laboratório de Sistema de Suporte a Decisões (LABSID), desenvolveu um sistema denominado de SSD Balanço Hídrico DAEE/WEB, elaborado exclusivamente para o DAEE (SPÁGUAS).

Este sistema permite a análise da outorga de direito de uso dos recursos hídricos, imitando pareceres técnicos e integrando a análise da disponibilidade hídrica superficial e subterrânea. O sistema permite ao técnico realizar em

poucos minutos análises voltadas para o planejamento e elaboração de pareceres técnicos de outorga.

O sistema é acoplado ao Sistema de Outorga Eletrônica (SOE), onde durante a análise de uma solicitação dentro da plataforma do SOE, existe um botão linkado, onde ao clicar, envia os dados da solicitação diretamente para o SSD Balanço Hídrico DAEE/Web, criando assim automaticamente uma análise com as características pré-definidas e gerando um relatório em pdf, enviando na sequência o arquivo para o SOE.

Figura 6-1. Interface de acesso do SSD Balanço Hídrico DAEE/Web

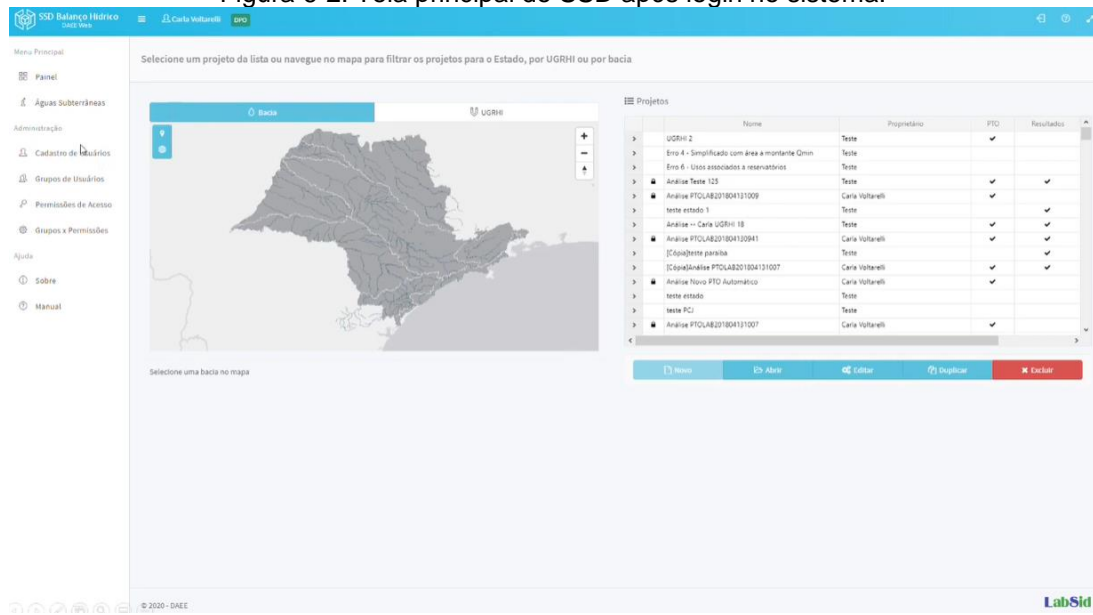


Fonte: Labsid – SSD DAEE/WEEB, 2020.

Conforme mencionado anteriormente, o sistema é de uso exclusivo pelo DAEE (SP ÁGUAS), onde o técnico necessita de uma um usuário e senha para acesso ao sistema, que é realizado através da interface demonstrada na Figura 6-1.

Após concluir o login, a próxima página traz um painel contendo informações dos projetos em andamento referente as análises superficiais bem como um mapa do estado de São Paulo dividido por bacias hidrográficas ou UGRHIs, conforme Figura 6-2.

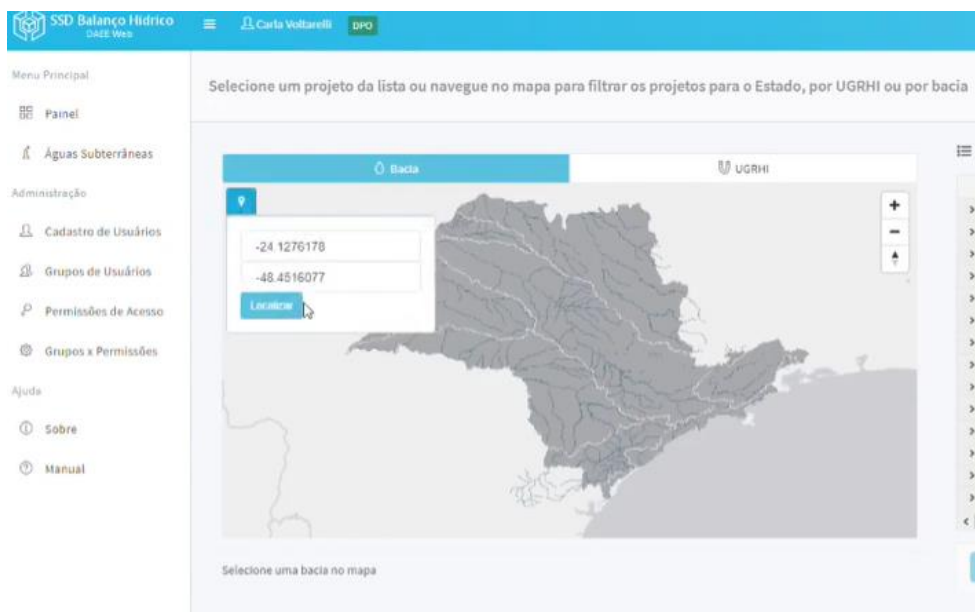
Figura 6-2. Tela principal do SSD após login no sistema.



Fonte: Labsid – SSD DAEE/WEEB, 2020.

O técnico pode realizar a busca também por intermédio de coordenadas geográficas do ponto exato do local que será analisado.

Figura 6-3. Interface para busca do ponto de interesse por coordenadas geográficas.



Fonte: Labsid – SSD DAEE/WEEB, 2020.

Após a localização do ponto de interesse, o sistema identifica a bacia hidrográfica bem como realiza um filtro dos projetos da região, Figura 6-4.

Figura 6-4. Área de interesse localizada pelo sistema e projetos localizados na região.

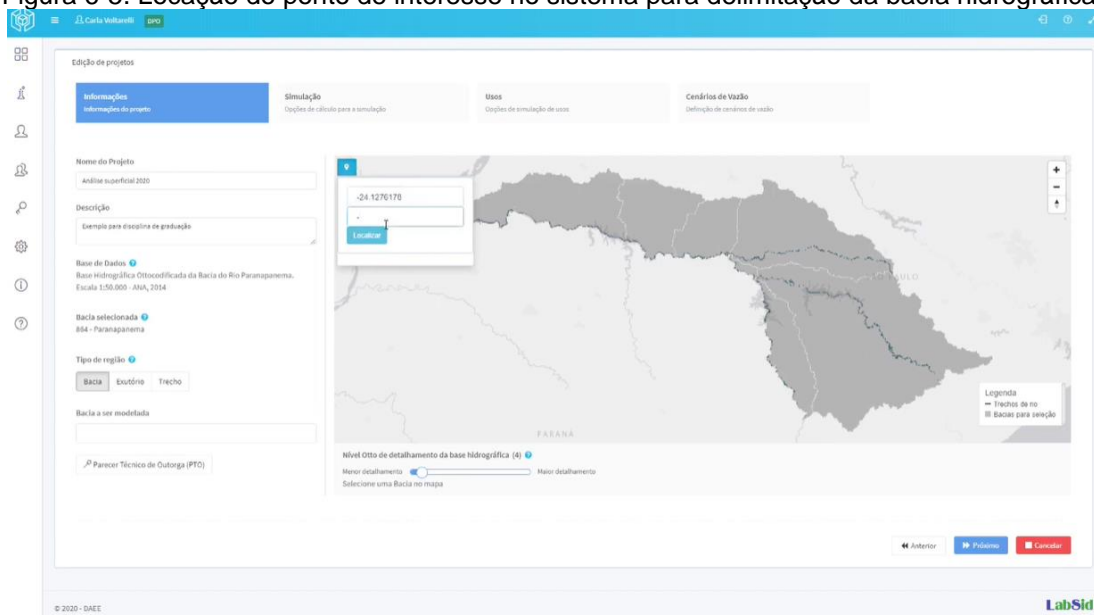
The screenshot shows the SSD Balanço Hídrico interface. On the left is a navigation menu with options like 'Painel', 'Águas Subterâneas', 'Administração', 'Cadastro de Usuários', 'Grupos de Usuários', 'Permissões de Acesso', 'Grupos e Permissões', 'Ajuda', 'Sobre', and 'Manual'. The main area is titled 'Selecione um projeto da lista ou navegue no mapa para filtrar os projetos para o Estado, por UGRHI ou por bacia'. It features a map of the Parapananema basin with a yellow dot indicating a point of interest. Below the map, it states 'Bacia Parapananema, 12 projetos disponíveis, Base hidrográfica Ortocodificada da Bacia do Rio Parapananema, Escala 1:50.000 - ANA, 2014'. To the right is a 'Projetos' table with columns for 'Nome', 'Proprietário', 'PTD', and 'Resultados'. The table lists several projects, with the last one, 'Análise PTDL4201805021306', highlighted. At the bottom of the table are buttons for 'Novo', 'Abrir', 'Editar', 'Duplicar', and 'Excluir'. The footer includes '© 2020 - DAEE' and the 'LabSid' logo.

Nome	Proprietário	PTD	Resultados
Análise Novo Teste UGRHI 17	Teste	✓	✓
Análise Teste UGRHI 17.2	Teste	✓	✓
Análise Teste PTD Nathan	Teste	✓	✓
Análise Teste 17	Teste	✓	✓
Teste res prop	Teste	✓	✓
Teste	Carla Voltarelli	✓	✓
(Cop)Análise Teste 17	Carla Voltarelli	✓	✓
Análise Query 1 UGRHI 17	Carla Voltarelli	✓	✓
Análise PTD NCCOAPTRC2	Carla Voltarelli	✓	✓
Análise Teste PTD DA	Carla Voltarelli	✓	✓
Análise PTD NCCOAPTRC	Carla Voltarelli	✓	✓
Análise PTDL4201805021306	Carla Voltarelli	✓	✓

Fonte: Labsid – SSD DAEE/WEEB, 2020.

Com a identificação do ponto de interesse, se tratando de uma nova análise, é necessário criar um novo projeto bem como definir o limite da simulação, ou seja, a delimitação da bacia hidrográfica, onde o sistema se baseia pelo método Ottocodificada, sendo necessário inserir novamente as coordenadas geográficas do ponto de interesse.

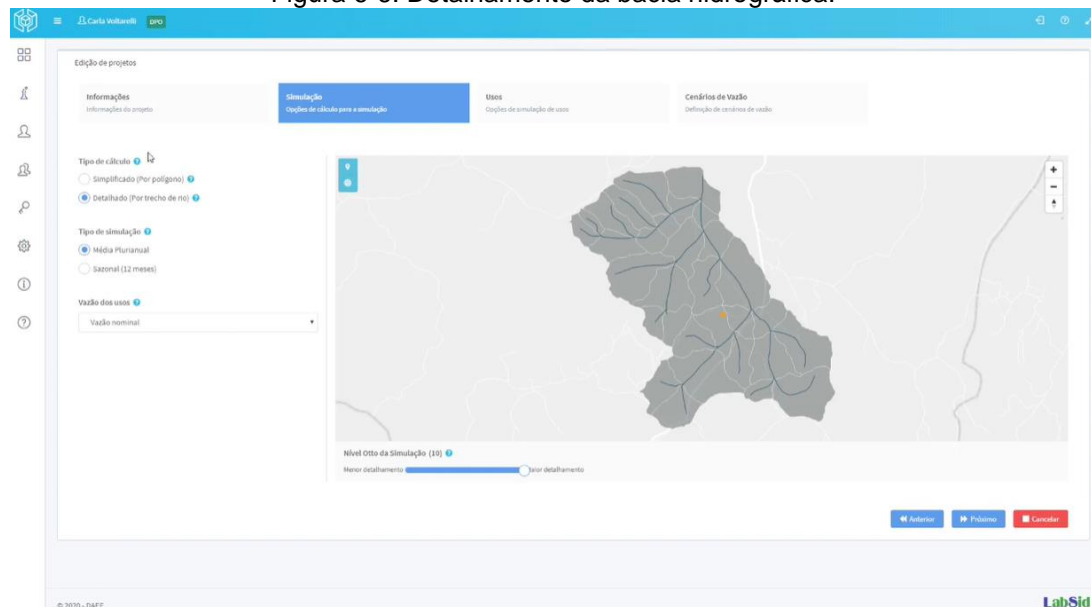
Figura 6-5. Locação do ponto de interesse no sistema para delimitação da bacia hidrográfica.



Fonte: Labsid – SSD DAEE/WEEB, 2020.

Após inserir as coordenadas geográficas, o sistema trará a delimitação da área, onde o técnico poderá escolher o grau de detalhamento desta bacia (Figura 6-6)

Figura 6-6. Detalhamento da bacia hidrográfica.

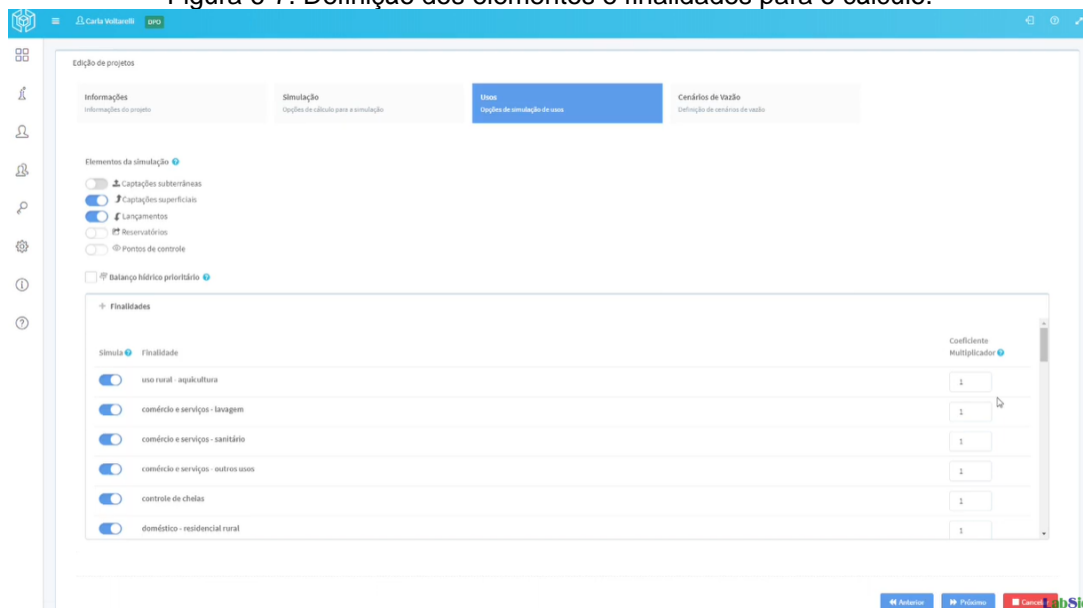


Fonte: Labsid – SSD DAEE/WEEB, 2020.

Nesta etapa também são definidos os tipos de cálculo, que se refere a estratégia de detalhamento da rede de modelagem, onde pode ser feito um cálculo simplificado (por polígono) ou detalhado (por trecho de rio). É verificado também o tipo de simulação, podendo ser por média plurianual ou sazonal (12 meses) bem como também é definido o tipo de cálculo das demandas, que se tratando de uma análise de captação superficial, comumente é feito pela vazão nominal, que considera o cenário mais crítico.

Na próxima etapa, é realizada a definição dos elementos que farão parte da simulação, sendo eles por captações subterrâneas ou superficiais, lançamentos, reservatório e pontos de controle. Nesta etapa também é inserido o balanço hídrico prioritário, onde insere as finalidades desejadas para simular as situações hipotecas, podendo também aplicar um coeficiente multiplicador para cada finalidade.

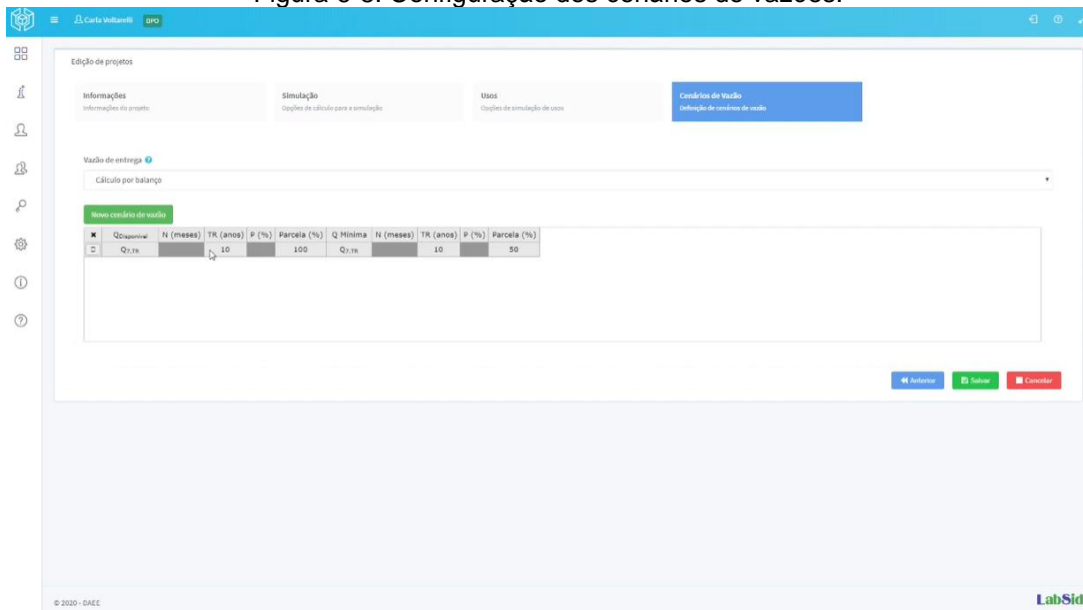
Figura 6-7. Definição dos elementos e finalidades para o cálculo.



Fonte: Labsid – SSD DAEE/WEEB, 2020.

Na etapa seguinte são configurados os cenários de vazão, onde são definidas as regras para o cálculo das vazões atuantes à área simulada.

Figura 6-8. Configuração dos cenários de vazões.

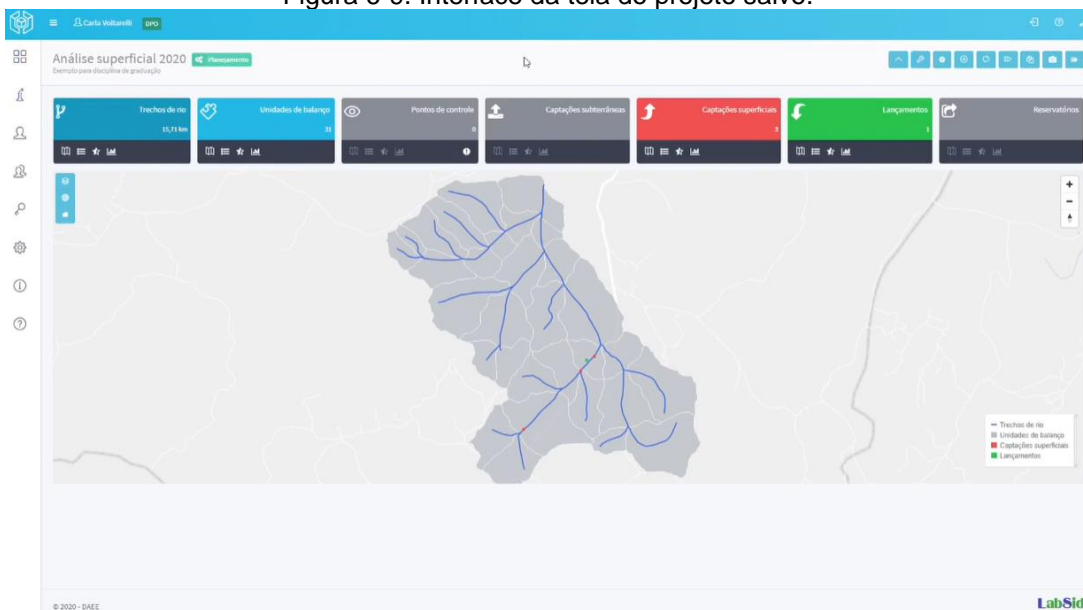


Fonte: Labsid – SSD DAEE/WEEB, 2020.

Concluída as definições é necessário realizar o salvamento do projeto pra cria-lo conforme todas as configurações realizadas até esta etapa.

A tela seguinte abrirá o projeto criado onde poderão ser visualizados todos os elementos do projeto, podendo ser realizadas intervenções se necessário.

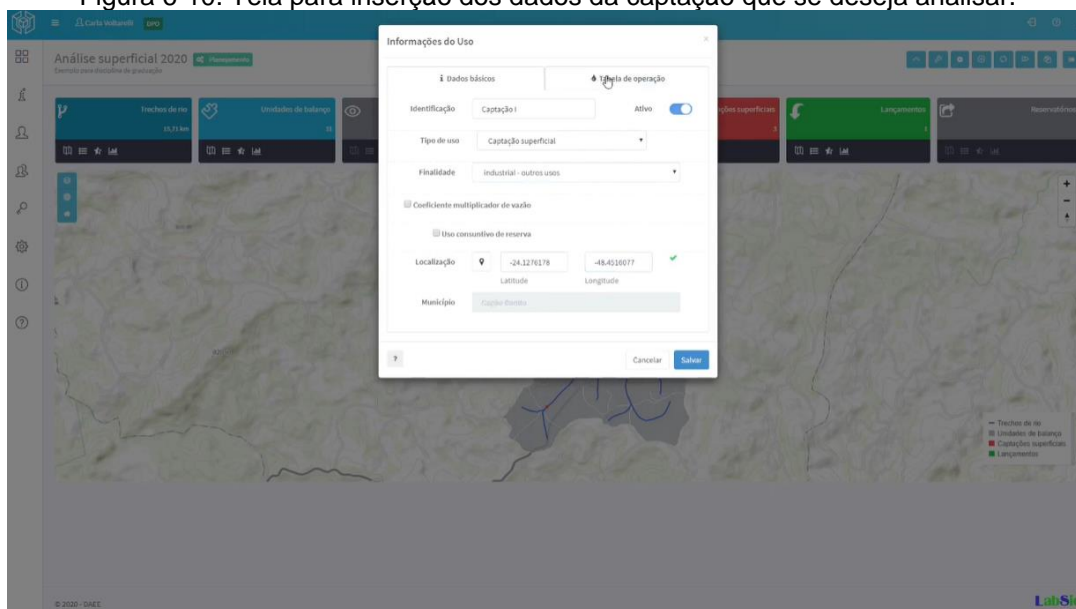
Figura 6-9. Interface da tela do projeto salvo.



Fonte: Labsid – SSD DAEE/WEEB, 2020.

O próximo passo é inserir a captação superficial que se deseja analisar junto ao projeto salvo, para verificação se a disponibilidade hídrica para atendimento da solicitação, inserindo os dados básicos e também sobre a operação desta captação.

Figura 6-10. Tela para inserção dos dados da captação que se deseja analisar.

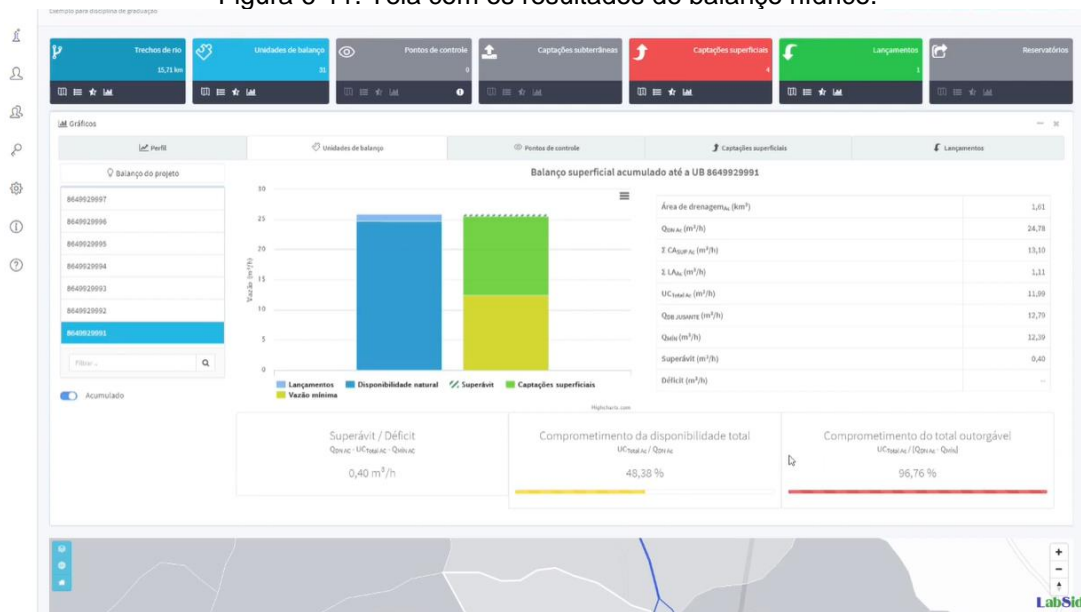


Fonte: Labsid – SSD DAEE/WEEB, 2020.

Com a inclusão da captação que se deseja analisar, é possível então solicitar a simulação para o sistema e na tela seguinte visualizar o resultado.

Na aba “unidades de balanço” é possível verificar um balanço geral da bacia e também é possível selecionar no mapa a bacia em que se encontra inserida a captação, obtendo assim os resultados, tais como superávit ou déficit, comprometimento da disponibilidade total e comprometimento do total outorgável.

Figura 6-11. Tela com os resultados do balanço hídrico.



Fonte: Labsid – SSD DAEE/WEEB, 2020.

6.2.2 SISTEMA DE SUPORTE À DECISÃO DAS BACIAS PCJ – SSD PCJ

O SSD PCJ é fruto de uma parceria entre a Agência das Bacias PCJ e o Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões em Engenharia Ambiental e de Recursos Hídricos (LabSid), para apoiar os Comitês PCJ, a Agência das Bacias PCJ e os órgãos gestores na gestão e no planejamento dos recursos hídricos, resultado de um processo evolutivo de desenvolvimento.

O histórico do uso de SSD no apoio a gestão dos recursos hídricos nas Bacias PCJ inicia-se por volta de 2003, quando foi firmado um protocolo de intenções entre a Secretaria de Estado de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento do Estado de São Paulo, o Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (CBH-AT), os Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Comitês PCJ), o Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) e o Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Consórcio PCJ), com objetivo de otimizar a utilização dos mananciais de abastecimento público.



Posteriormente, em 2007, diante da elaboração do Plano das Bacias PCJ 2010-2020 (COBRAPE, 2010) foi desenvolvido o SSD PCJq, um software de interface amigável que integrava modelos de alocação e qualidade de água em base georreferenciada, com entrada e saída de dados, permitindo ainda exportar para outros softwares, como editores de textos e planilhas eletrônicas. Essa ferramenta foi utilizada para realizar a simulação de cenários do Plano das Bacias PCJ, possibilitando realizar análises e avaliar quali-quantitativamente os recursos hídricos superficiais, de modo a embasar o planejamento das Bacias PCJ para o horizonte de projeto.

Após um período em que as Bacias PCJ vivenciaram eventos extremos de chuvas, ocasionando extravasamentos de leitos de rios e inundações, foi preciso buscar soluções que permitissem analisar o comportamento dos rios em eventos de cheia. Assim, em 2011, foram integrados metodologia e procedimentos para previsão de níveis e vazões em corpos d'água com horizonte de seis horas a dez dias. Para que o SSD PCJ pudesse incorporar essa nova abordagem, aproveitando todo avanço tecnológico, o sistema passou para uma interface online, demandando uma reestruturação e o aprimoramento das ferramentas de suporte a decisões na web já existentes, o que implicou em uma refatoração profunda dos códigos e o maior desenvolvimento. Ademais, integraram-se e centralizaram-se as bases de dados de interesse das Bacias PCJ no sistema, e desenvolveram-se seus mecanismos de atualização.

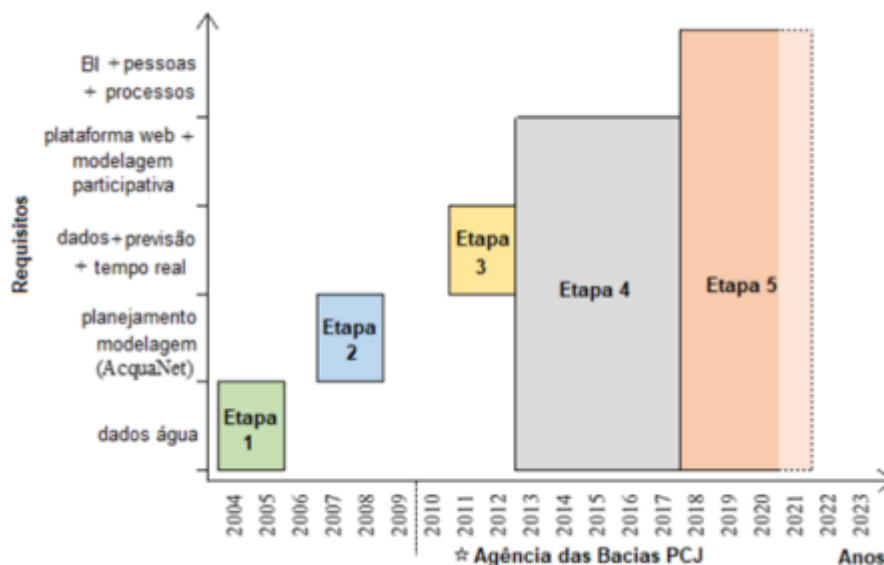
Além do foco no monitoramento, a interface passou a integrar o modelo de simulação de quantidade e qualidade, totalmente online, visando apoiar, principalmente, a elaboração do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035 (CONSÓRCIO PROFILL-RHAMA, 2020) na geração de cenários.

Com objetivo de ampliar a capacidade de coleta, análise e disponibilização de informações para apoiar do processo de planejamento e tomada de decisões sobre os recursos hídricos das Bacias PCJ, uma nova etapa iniciou-se em 2018. Nesta fase, além do aprimoramento da interface com novos recursos e funcionalidade, estruturou-se uma equipe de suporte local na Agência das Bacias PCJ, além da manutenção de rotinas e o aprimoramento contínuo do

sistema – com todas suas funcionalidades, ferramentas, modelos matemáticos e linguagens de programação – sempre considerando as tecnologias mais adequadas à realidade da Agência das Bacias PCJ.

Esse processo evolutivo do desenvolvimento do SSD PCJ é apresentado na Figura 6-12, a seguir, onde a direção do eixo das funcionalidades corresponde ao aumento da complexidade da solução e do entendimento do problema.

Figura 6-12. Representação da evolução do SSD PCJ



Fonte: Lopes et al., 2021.

Destaca-se a aplicação desse sistema nos Planos das Bacias PCJ 2010-2020 e 2020-2035 (COBRAPE, 2010; CONSÓRCIO PROFILL-RHAMA, 2020), por ter possibilitado a avaliação atual e futura das condições quali-quantitativas dos corpos d’água, fornecendo, assim, subsídios para melhor planejar as ações que deverão ser executadas pelos diferentes atores que atuam na região.

A versão atual do SSD PCJ pode ser acessada através do seguinte link: <https://ssd.baciaspcj.org.br/> Maior detalhamento sobre as funcionalidades dos módulos do SSD PCJ pode ser encontrado na wiki que foi preparada para auxiliar na documentação do sistema, disponível no seguinte site: <https://ssd.baciaspcj.org.br/wiki> A publicação técnico-científica denominada “Sistema de suporte a decisões aplicado ao gerenciamento de recursos hídricos: estudo de caso Bacias PCJ”, que reúne informações sobre a estrutura e o

funcionamento do SSD PCJ e encontra-se disponível através do seguinte link: <https://doi.org/10.5585/geas.v10i1.19876>. Ainda releve observar que a utilização mais recentes do SSD PCJ para fins de suporte ao planejamento de recursos hídricos encontra-se descrita no Relatório Final do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035 (CONSÓRCIO PROFILL/RHAMA, 2020), disponível no seguinte site: <https://plano.agencia.baciaspcj.org.br/oplano/documentos/relatório-final>.

Também merece destaque que o SSD PCJ utiliza, em seu módulo de modelagem, o modelo AcquaNet1.

Convém observar, por fim, que nos processos de execução relativos aos Contratos Agência das Bacias PCJ 038/12 e 038/17 reúnem documentação técnica complementar sobre a construção do SSD PCJ. O código fonte do sistema atual também se encontra sob domínio da Agência das Bacias PCJ, sendo utilizada a plataforma GitHub2 para tanto (serviço com restrição de acesso aos envolvidos na manutenção do sistema).

Atualmente o SSD PCJ é composto por 4 módulos distintos, ilustrados na Figura 6-13

Figura 6-13. Módulos do SSD PCJ



Fonte: Agência das Bacias PCJ, 2023.

Abaixo temos a interface de acesso ao SSD Bacias PCJ, onde é possível navegar de forma sucinta e objetiva pelos tópicos de mapas, monitoramento, modelagem e painéis.

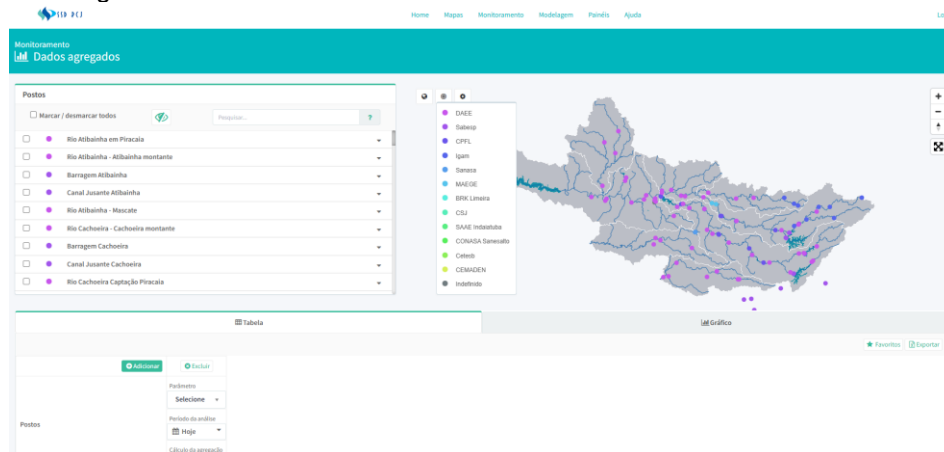
Figura 6-14. Interface principal de acesso ao SSD Bacias PCJ



Fonte: SSD Bacias PCJ, 2024.

Na área de Monitoramento – Dados Agregados é possível realizar a comparação de dados de várias estações agregados em diferentes períodos de análise.

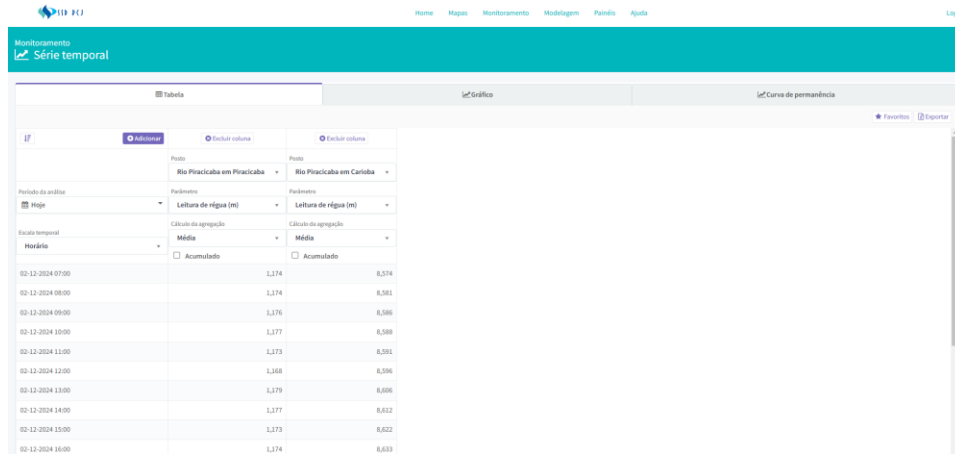
Figura 6-15. Interface da aba de monitoramento do SSD Bacias PCJ.



Fonte: SSD Bacias PCJ, 2024.

Na área de Monitoramento – Série Temporal, é possível comparar variados parâmetros e estações na mesma escala temporal

Figura 6-16. Interface da área de Monitoramento – Série Temporal



Fonte: SSD Bacias PCJ, 2024.

Na área de Modelagem é possível que os usuários simulem e avaliem diversos cenários de utilização dos recursos hídricos para os usos nas Bacias PCJ, através de modelos matemáticos integrados a sua base de dados.

Entre as instâncias de análise podem ser citadas as estações de tratamento de água (ETA) e tratamento de esgoto (ETE), demandas pontuais existentes na bacia, reservatórios e municípios. Para casos onde uma maior discretização da bacia torna se necessária existe a possibilidade de analisar os usos em trechos intermediários de uma sub-bacia, denominados Áreas de Contribuição (AC).

A criação de um novo cenário depende de importar os dados de um cenário já existente, e a partir desse, são realizadas as alterações e inclusões necessárias para estabelecer um novo cenário.

Figura 6-17. Interface principal da área de Modelagem.



Fonte: SSD Bacias PCJ, 2024.

Na área de Painéis – Painel da Situação, é apresentado de forma resumida, os dados de monitoramento nas Bacias PCJ, contemplando os dados de chuva (mm) e vazão (m^3/s) no período das 07h01 do dia anterior às 07h do dia da consulta. Todos os dados são apresentados no horário de Brasília.

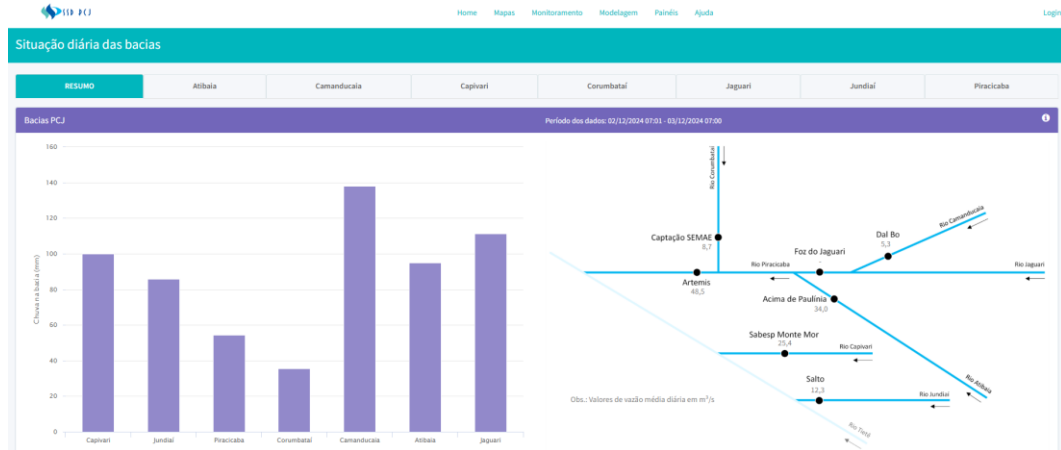
É composto por duas seções:

- **Resumo:** apresenta o resumo do monitoramento diário nas Bacias PCJ, com dados de chuva acumulada pelo Radar Meteorológico de São Paulo (mm) e vazão média (m^3/s) no posto fluviométrico mais a jusante de cada sub-bacia;
- **Sub-bacias:** apresenta a situação diária de cada sub-bacia (Atibaia, Camanducaia, Capivari, Corumbataí, Jaguari, Jundiá e Piracicaba), com dados de chuva acumulada e vazão média (m^3/s) registrados, respectivamente, nos postos pluviométricos e fluviométricos ativos em cada sub-bacia. Apresenta-se também o dado de Precipitação Radar, correspondente à chuva acumulada pelo Radar Meteorológico de São Paulo (mm).

O resumo do monitoramento é atualizado nesse painel todos os dias às 07h, mas todos os dados monitorados nas Bacias PCJ podem ser consultados a qualquer tempo nas interfaces de mapas e monitoramento.

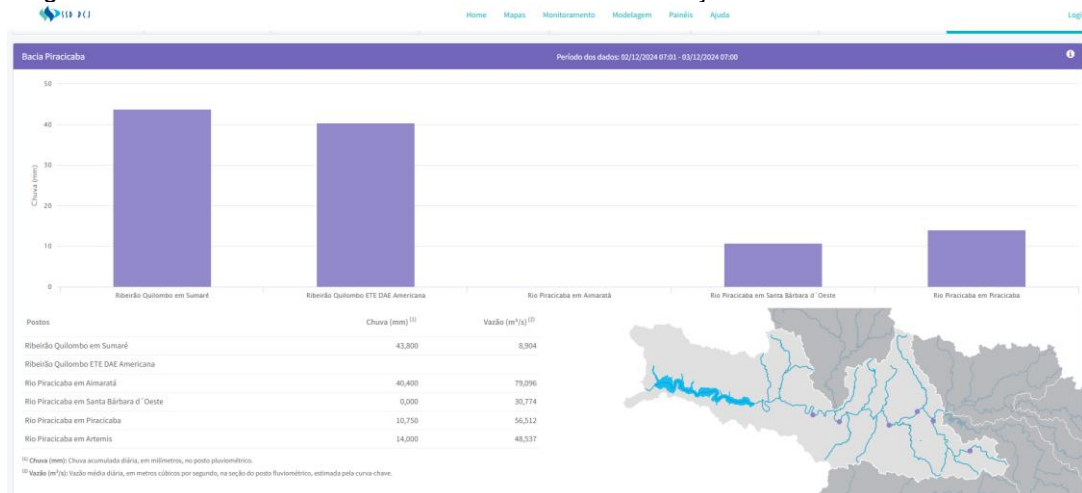
Para consultar outros períodos e efetuar diferentes análises do monitoramento das Bacias PCJ, é possível realizar uma consulta avançada, selecionando os postos, parâmetros, períodos e agregações de interesse.

Figura 6-18. Interface da área de Painéis



Fonte: SSD Bacias PCJ, 2024.

Figura 6-19. Interface da área de Painéis com a visualização da Bacia do Rio Piracicaba.



Fonte: SSD Bacias PCJ, 2024.

7 PROPOSTA DE AÇÕES A SEREM IMPLANTADAS NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JACARÉ PEPIRA

7.1 PROPOSTA 01

Na sequência será apresentado o escopo previsto na Proposta 1.

7.1.1 LEVANTAMENTO DE ÁREAS DEGRADADAS INSERIDAS NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)

As Áreas de Preservação Permanente (APP) desempenham um papel crucial na conservação ambiental, protegendo recursos hídricos, a biodiversidade e a estabilidade do solo. Contudo, a degradação dessas áreas tem se tornado um problema significativo devido à ocupação inadequada, desmatamento, atividades agrícolas ou urbanas e exploração de recursos naturais. Para enfrentar esse desafio, o levantamento de áreas degradadas nas APPs é uma ferramenta essencial.

O levantamento permite identificar as áreas comprometidas, suas causas e extensão. Isso é vital para compreender os impactos gerados, como a perda de vegetação nativa, a poluição de corpos d'água e o aumento da suscetibilidade a erosões e deslizamentos. Com dados detalhados sobre as áreas degradadas, é possível planejar ações de recuperação com maior eficiência. Essas ações incluem a restauração da vegetação nativa, controle de erosão, recomposição de matas ciliares e manejo sustentável dos recursos.

No Brasil, o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) regulamenta a proteção das APPs e exige a recuperação de áreas degradadas. O levantamento é um passo fundamental para o cumprimento dessas obrigações legais, promovendo a regularização ambiental de propriedades rurais e urbanas.

A recuperação de APPs degradadas contribui para mitigar impactos ambientais, como a contaminação de cursos d'água e a redução da

biodiversidade. Além disso, áreas restauradas ajudam na regulação climática e na manutenção dos ciclos hidrológicos.

Ao recuperar as APPs, as comunidades locais podem se beneficiar de ecossistemas mais saudáveis, que oferecem serviços ambientais como água limpa, solo fértil e estabilidade climática. Isso promove o equilíbrio entre desenvolvimento econômico e conservação ambiental.

O levantamento de áreas degradadas inseridas em APPs é um passo estratégico e necessário para reverter os danos ambientais e garantir a sustentabilidade a longo prazo. Ele não apenas possibilita a recuperação dessas áreas, mas também reforça a conscientização sobre a importância de preservar o meio ambiente para as gerações futuras.

Desta forma, diante desta contextualização sugere-se que seja desenvolvido para a Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré Pepira o Levantamento de Áreas de Preservação Permanente (APP) em mata ciliar ao longo do leito principal e afluentes do Rio Jacaré Pepira, junto ao município de Brotas-SP, podendo ser executados em três fases:

- Fase 1 – Levantamento de dados da bacia hidrográfica e propriedades;
- Fase 2 – Elaboração de mapas;
- Fase 3 – Relatórios e recomendações.

7.1.1.1 FASE 1 – LEVANTAMENTO DE DADOS

Esta fase fornecerá dados para a elaboração do levantamento e é de suma importância para o projeto por ser por meio dela que será possibilitada a realização do trabalho. São requeridas as seguintes atividades nesta etapa:

- Levantamento de dados pré-existentes a respeito da Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré Pepira no território de Brotas-SP;
- Levantamento e caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré Pepira no território de Brotas-SP;

- Levantamento Hidrográfico da região de estudo;
- Levantamento e Definição das APPs conforme as exigências do Código Florestal (Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012);
- Levantamento do uso e ocupação do solo de matas ciliares e APP da Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré Pepira no território de Brotas-SP;
- Visitas de campo para avaliação de pontos de interesse e conferência de dados, com inventário fotográfico.

7.1.1.2 FASE 2 – ELABORAÇÃO DE MAPAS

Nesta fase, com dados da fase anterior, os estudos serão aprofundados, incorporando em mapas a caracterização. É requerida a realização das seguintes atividades:

- Mapa de APPs e matas ciliares do Rio Jacaré Pepira no território de Brotas-SP;
- Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia do Rio Jacaré Pepira no território de Brotas-SP.
- Mapa com as áreas de APP e nascentes degradadas, a serem recuperadas, do Rio Jacaré Pepira no território de Brotas-SP;
- Anotação de responsabilidade técnica (ART) do profissional responsável pela elaboração e execução do estudo.

Para a delimitação das APPs, é necessário estipular uma distância padrão de 30 metros marginal ao leito dos corpos hídricos juntamente com um de raio de 50 metros para as nascentes, conforme a Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012.

A Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012 estipula em seu Art.4º, incisos I e IV, que as Áreas de Preservação Permanente (APP) são consideradas (i) as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de 30 (trinta) metros, de ambos os lado, para os cursos d'água com menos de 10 (dez) metros de largura, bem como (ii) as áreas no entorno das

nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros.

7.1.1.3 FASE 3 – RELATÓRIOS E RECOMENDAÇÕES

Nesta fase serão fornecidos relatórios técnicos com os resultados das análises realizadas para utilização a fim de futura recuperação das áreas. São requeridas as seguintes atividades nesta etapa:

- Relatório final contendo o diagnóstico ambiental do uso e ocupação do solo da Bacia do Rio Jacaré Pepira no território de Brotas-SP;
- Relatório final contendo o diagnóstico ambiental das APPs e matas ciliares do Rio Jacaré Pepira;
- Relatório final contendo a localização das áreas a serem recuperadas de APP e mata ciliar;
- Apresentação dos mapas temáticos definidos na fase 2 do escopo

Após as etapas iniciais, poderá ser realizado a apresentação dos dados relativos aos custos estimados para implantação das ações que visam a recuperação de tais áreas.

Para dar continuidade na Proposta 1, serão necessárias demais ações de forma complementar, resultando então e outras propostas, relatado na sequência.

7.2 PROPOSTA 2

Na sequência será apresentado o escopo previsto na Proposta 2.

7.2.1 REFLORESTAMENTO E ENRIQUECIMENTO DAS APPS SEM VEGETAÇÃO

Para as ações de reflorestamento, sugere-se que o município de Brotas-SP realize parcerias a serem formalizadas entre empresas interessadas em cumprir algum TCRA (Termo de Compromisso de Recuperação Ambiental) e proprietários de glebas de terras apresentadas no estudo, as quais podem ser identificadas através dos limites do CAR e seu número de cadastro. Dessa forma, é possível alcançar os objetivos de reflorestamento e enriquecimento da APPs com maior agilidade, não dependendo apenas de ações de recuperação executadas pelo poder público.

Além de empresas que necessitam cumprir algum tipo de TCRA é possível que haja um programa de incentivo às empresas que tenham interesse em obter algum certificado ou selo verde a ser criado pelos municípios demonstrando o comprometimento das mesmas em contribuir com a preservação do meio ambiente, em especial dos recursos hídricos da Sub-bacia do Rio Jacaré Pepira.

Dessa forma, considerando que cada ação proposta pode ser personalizada de acordo com os recursos financeiros disponíveis para cada ocasião, a utilização dos mapas em *software* de geoprocessamento será a ferramenta utilizada para delimitar cada ação de acordo com a área de recuperação proposta.

Os custos estimados são personalizados, pois, os levantamentos dos custos que poderão ser apresentados no estudo, são relacionados às temáticas e devem considerar a unidade de área (hectare) como parâmetro, assim, cada área que se apresente como um potencial de recuperação terá o seu custo definido com base na sua proporção em relação à implantação de um hectare.

7.3 PROPOSTA 3

Na sequência será apresentado o escopo previsto na Proposta 3.

7.3.1 AÇÕES DE CONSERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DO SOLO

Para intervenções de conservação do solo, as recomendações seguem as diretrizes do *Manual Técnico de Manejo e Conservação do Solo e Água* da CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral) (1994).

Nas áreas destinadas à implantação de faixas de vegetação permanente, é sugerido, conforme o manual, que as espécies escolhidas atendam às seguintes características:

- Crescimento rápido e capacidade de cobertura eficiente do solo;
- Formação de barreira densa junto ao solo para proteção contra erosão;
- Durabilidade, garantindo maior longevidade do sistema;
- Ausência de caráter invasor, evitando a propagação indesejada para culturas vizinhas;
- Não oferecer abrigo para vetores e pragas, promovendo equilíbrio ambiental e sanitário.

Além disso, para qualquer tipo de cultura adotada, é imprescindível a implementação de práticas adequadas ao manejo do solo, fundamentais para o funcionamento equilibrado do sistema. Tais práticas impactam diretamente o sucesso das culturas a curto e longo prazo, proporcionando melhores resultados tanto produtivos quanto financeiros ao proprietário.

7.4 PROPOSTA 4

Na sequência será apresentado o escopo previsto na Proposta 4.

7.4.1 CONTROLE BIOLÓGICO DAS CULTURAS

O controle biológico pode oferecer vantagens econômicas a longo prazo, como redução de custos e menor risco de resistência, além de benefícios ambientais. No entanto, a implementação do controle biológico pode demandar investimentos iniciais e conhecimento técnico especializado. Por outro lado, o controle químico pode proporcionar resultados imediatos, mas requer um custo contínuo e apresenta riscos relacionados à resistência e impactos ambientais. A escolha entre as duas abordagens dependerá das características específicas de cada propriedade e dos objetivos econômicos do produtor.

As táticas adotadas pelos produtores para controlar pragas de acordo com o monitoramento da infestação e aplicação de inseticidas seletivo, podem ser realizadas através do controle biológico ou químico.

7.4.1.1 CONTROLE BIOLÓGICO

As vantagens econômicas do controle biológico são:

- Redução de custos a longo prazo: Embora o controle biológico possa ser inicialmente mais caro devido à produção e liberação de organismos benéficos, a sua implementação pode resultar em redução de custos a longo prazo. Isso ocorre porque os organismos utilizados no controle biológico podem estabelecer populações autossustentáveis e reduzir a necessidade de aplicações frequentes de produtos químicos;
- Menor risco de resistência: O controle biológico pode ajudar a evitar o desenvolvimento de resistência de pragas e doenças, o que reduz

a necessidade de buscar produtos químicos mais potentes e caros no futuro;

- Melhoria da qualidade do solo: O uso de práticas de controle biológico, como adubação verde e manejo integrado de pragas, pode melhorar a saúde do solo, resultando em maior produtividade e redução de custos com fertilizantes.

As desvantagens econômicas do controle biológico são:

- Custo inicial: A aquisição e a liberação de organismos benéficos podem ser mais caras do que a compra de produtos químicos para controle imediato das pragas e doenças;
- Necessidade de conhecimento técnico: A implementação do controle biológico requer conhecimento técnico especializado e treinamento adequado, o que pode implicar em custos adicionais de capacitação.

7.4.1.2 CONTROLE QUÍMICO

As vantagens econômicas do controle químico são:

- Efeito imediato: Os produtos químicos geralmente proporcionam um controle rápido e eficaz das pragas e doenças, o que pode ajudar a minimizar perdas de produtividade e, conseqüentemente, prejuízos financeiros;
- Facilidade de aplicação: A aplicação de produtos químicos pode ser realizada de forma relativamente simples e padronizada, exigindo menos tempo e recursos em comparação com outras estratégias de controle.

As desvantagens econômicas do controle químico são:

- Custo contínuo: O uso regular de produtos químicos pode gerar custos recorrentes, uma vez que é necessário adquirir e aplicar esses produtos ao longo do tempo para manter o controle das pragas e doenças;

- Risco de resistência: O uso contínuo de produtos químicos pode levar ao desenvolvimento de resistência das pragas e doenças, o que pode exigir a utilização de produtos mais caros e potentes no futuro;
- Impactos ambientais e regulamentações: A utilização de produtos químicos está sujeita a regulamentações ambientais e de segurança, o que pode implicar em custos adicionais para cumprir essas exigências.

7.5 PROPOSTA 5

Na sequência será apresentado o escopo previsto na Proposta 5.

7.5.1 ELABORAÇÃO DE PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL

O saneamento rural desempenha um papel essencial na garantia da saúde pública, qualidade de vida e preservação ambiental de comunidades que vivem fora dos centros urbanos. Em regiões rurais, a elaboração de um Plano de Saneamento Rural é crucial para gerenciar de forma sustentável os recursos hídricos e minimizar os impactos adversos na hidrologia local.

As áreas rurais frequentemente abrigam importantes nascentes, rios e reservatórios que abastecem comunidades locais e urbanas. Sem um planejamento adequado, atividades como o descarte inadequado de esgoto, o uso descontrolado de fertilizantes e a ausência de sistemas de manejo de resíduos sólidos podem poluir corpos d'água, comprometendo a qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos. Um Plano de Saneamento Rural permite identificar essas fontes de poluição e implementar soluções como fossas sépticas, sistemas de tratamento de esgoto descentralizados e práticas agrícolas mais sustentáveis.

A hidrologia de uma região rural está intimamente ligada ao equilíbrio entre precipitação, infiltração e escoamento superficial. A falta de saneamento

pode aumentar a carga de sedimentos e resíduos nos corpos d'água, elevando o risco de enchentes e erosão. Além disso, áreas degradadas pela ausência de manejo adequado podem perder a capacidade de absorver água das chuvas, exacerbando os impactos de eventos climáticos extremos. O plano de saneamento pode propor intervenções como a restauração de matas ciliares e a construção de sistemas de drenagem que mitigam esses riscos.

A contaminação da água por esgoto doméstico não tratado é uma das principais causas de doenças de veiculação hídrica, como diarreia, hepatite A e cólera. Do ponto de vista hidrológico, essa contaminação afeta não apenas os seres humanos, mas também a fauna aquática e o equilíbrio dos ecossistemas locais. O saneamento rural eficaz é um pilar na interrupção desse ciclo de poluição e degradação ambiental, assegurando que os corpos d'água continuem a fornecer os serviços ecossistêmicos essenciais.

O Plano de Saneamento Rural, quando alinhado às características hidrológicas da região, contribui para a gestão eficiente dos recursos hídricos ao levar em conta fatores como o regime de chuvas, a capacidade dos aquíferos e o fluxo dos rios. Ele orienta decisões estratégicas sobre o uso e conservação da água, promovendo práticas de gestão que são economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis.

Neste contexto, a implementação de um Plano de Saneamento Rural representa um investimento na saúde das populações, na conservação dos recursos hídricos e na sustentabilidade das atividades econômicas da região. Esse planejamento não apenas protege a hidrologia local contra impactos negativos, mas também cria as bases para um desenvolvimento rural mais harmonioso e resiliente frente aos desafios ambientais e sociais do século XXI.

7.6 ESTIMATIVAS DOS CUSTOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DAS PROPOSTAS

Estimar os custos para a contratação das propostas constantes neste estudo, requer uma análise detalhada de diversos fatores, incluindo a dimensão e as especificidades do projeto, a localização geográfica, a legislação ambiental, e as técnicas ou metodologias envolvidas.

No caso de ações não estruturais, como o desenvolvimento de planos, análises de dados existentes entre outras ações, estes podem ser mensurados conforme a área de abrangência dos serviços que serão prestados. Se tratando de ações estruturais, como o plantio de vegetação, desassoreamento de rios, levantamentos planialtimétricos, entre outros, estes podem ser contabilizados também pela área em que serão implantados e referenciando-se por valores constantes a base de custos.

Na sequência estão dispostos as principais etapas e os elementos que serão necessários considerar para implementação de cada proposta.

7.7 PROPOSTA 1

Fatores e custos a considerar para implementação de um levantamento de áreas degradadas inseridas nas áreas de preservação permanente (apps).

Fatores a considerar:

- Tamanho e dispersão das APPs.
- Necessidade de mapeamento por drones ou imagens de satélite.
- Complexidade do trabalho de campo, incluindo equipe técnica e logística.

Custos típicos incluem:

- Contratação de especialistas em geoprocessamento e técnicos ambientais.
- Ferramentas tecnológicas (softwares GIS, drones, e imagens de satélite).
- Relatórios técnicos e mapas georreferenciados.

Estimativa inicial:

- Pode variar de R\$ 2.000 a R\$ 10.000 por hectare avaliado, dependendo da complexidade do levantamento e da tecnologia utilizada.

7.8 PROPOSTA 2

Fatores e custos a considerar para implementação de um reflorestamento e enriquecimento das apps sem vegetação.

Fatores a considerar:

Extensão da área a ser reflorestada.

- Tipo de vegetação nativa e densidade de plantio requerida.
- Custos de mudas e insumos (adubos, defensivos naturais).
- Necessidade de manutenção inicial, como irrigação e controle de pragas.

Custos típicos incluem:

- Produção ou aquisição de mudas.
- Equipe para plantio e monitoramento.
- Insumos e ferramentas para manejo.

Estimativa inicial:

- De R\$ 10.000 a R\$ 50.000 por hectare, considerando plantio, insumos e manutenção por até dois anos.

7.9 PROPOSTA 3

Fatores e custos a considerar para implementação de ações de conservação e recuperação do solo.

Fatores a considerar:

- Diagnóstico inicial da qualidade do solo.

- Técnicas aplicadas (terraceamento, plantio direto, uso de coberturas vegetais).
- Mão de obra especializada e equipamentos.

Custos típicos incluem:

- Análises de solo em laboratório.
- Insumos para correção do solo (calcário, gesso, adubos orgânicos).
- Máquinas para manejo, como tratores e niveladoras.

Estimativa inicial:

- Entre R\$ 5.000 e R\$ 20.000 por hectare, dependendo do grau de degradação do solo e das técnicas aplicadas.

7.10 PROPOSTA 4

Fatores e custos a considerar para implementação de controle biológico e químico das culturas.

Fatores a considerar:

- Tipo de cultura a ser tratada e a presença de pragas específicas.
- Métodos escolhidos (biológico, químico ou integrado).
- Equipamentos e insumos necessários.

Custos típicos incluem:

- Produtos biológicos (organismos controladores) ou químicos.
- Equipamentos de aplicação (pulverizadores, drones agrícolas).
- Treinamento de equipes para aplicação e monitoramento.

Estimativa inicial:

- R\$ 2.000 a R\$ 8.000 por hectare, dependendo da cultura e dos métodos escolhidos.

7.11 PROPOSTA 5

Fatores e custos a considerar para implementação da elaboração de um plano de saneamento rural.

Fatores a considerar:

- Dimensão e complexidade do município.
- Levantamentos prévios (população atendida, infraestrutura existente).
- Envolvimento de consultorias especializadas e necessidade de audiências públicas.

Custos típicos incluem:

- Diagnóstico técnico e social.
- Estudos de viabilidade econômica e ambiental.
- Elaboração e publicação do plano.

Estimativa inicial:

- De R\$ 100.000 a R\$ 500.000, dependendo do porte do município e da profundidade do estudo.

7.12 RESUMO DAS ESTIMATIVAS DOS CUSTOS DAS PROPOSTAS

Esse levantamento serve como ponto de partida para o planejamento orçamentário e destaca a importância de estudos detalhados e cotações específicas para garantir eficiência e viabilidade financeira na execução dos projetos.

Os valores indicados fornecem uma referência preliminar, variando de acordo com fatores como a extensão das áreas envolvidas, a complexidade técnica, a localização geográfica e as tecnologias empregadas. Cada iniciativa visa promover a conservação dos recursos naturais, a melhoria da qualidade de vida das comunidades e a sustentabilidade das atividades econômicas.

Na sequência será apresentado um resumo com as estimativas iniciais de custo para a realização de serviços propostos.

PROPOSTA	SERVIÇO	ESTIMATIVA INICIAL DE VALOR	UNIDADE
1	Levantamento de Áreas Degradadas nas APPs	R\$ 2.000 a R\$ 10.000	Por hectare
2	Reflorestamento e Enriquecimento das APPs sem Vegetação	R\$ 10.000 a R\$ 50.000	Por hectare
3	Ações de Conservação e Recuperação do Solo	R\$ 5.000 a R\$ 20.000	Por hectare
4	Controle Biológico e Químico das Culturas	R\$ 2.000 a R\$ 8.000	Por hectare
5	Elaboração de Plano Municipal de Saneamento Rural	R\$ 100.000 a R\$ 500.000	Por plano

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, 2012.

DER-SP. Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo. Secretaria de Logística e Transportes. Tabela de Preços Unitários. Acesso em: 30 abril 2024. Disponível em: <<http://www.der.sp.gov.br/Website/Acessos/Documentos/PrecosUnitarios.aspx>>.

EMBRAPA. Agricultura Inteligente. Saneamento Básico Rural. Embrapa Instrumentação, 2015. Acesso em: 11 abril 2024. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/1355311/13729367/jardim+filtrante++flyer/3d037f3e-7ff3-44ea-85b8-86682f01dafa>>.

EMBRAPA. Jardim filtrante. O que é e como funciona. EMBRAPA Instrumentação, 20?? Acesso em: 10 abril 2024. Disponível em: <http://saneamento.cnpdia.embrapa.br/downloads/Jardim_Filtrante_%E2%80%93_O_que_%C3%A9_e_como_funciona_%E2%80%93_Wilson.pdf>.

EMBRAPA. SILVA, W.T.L. ABC da Agricultura Familiar: Saneamento Básico Rural. Embrapa Instrumentação, 2014. Acesso em: 11 abril 2023. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/publicacao/1001357/saneamento-basico-rural>>.

EMBRAPA. SILVA, W.T.L. Memorial descritivo: montagem e operação da fossa séptica biodigestora. Embrapa Instrumentação, 2017. Acesso em: 18 fevereiro 2024. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/publicacao/1081476/memorial-descritivo-montagem-e-operacao-da-fossa-septica-biodigestora>>.



ANEXO I

APRESENTAÇÃO E ENTREGA DO PRODUTO FINAL DO ESTUDO HIDROLÓGICO NA SUB-BACIA DO RIO JACARÉ PEPIRA, MUNICÍPIO DE BROTAS/SP

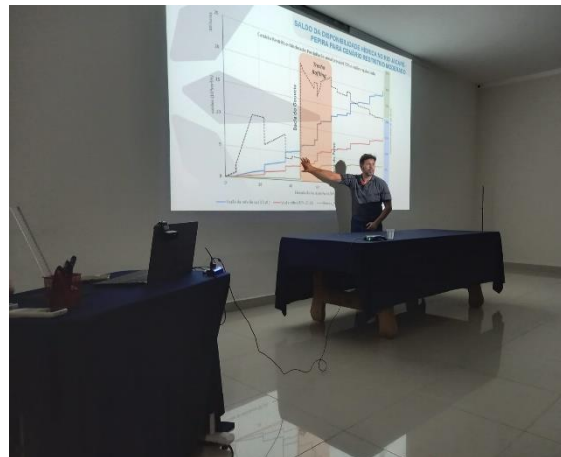
RESUMO DAS ATIVIDADES

No dia 18/12/2024, às 18h30min ocorreu a apresentação e entrega do produto final referente ao Estudo Hidrológico na Sub-bacia do Rio Jacaré Pepira, no município de Brotas/SP.


A apresentação foi conduzida pelo Engenheiro Civil Rafael Manfrinato de Oliveira e pelo Engenheiro Civil Marco Antônio, representantes da empresa contratada Novaes Engenharia.



Estavam presentes integrantes da equipe da tomadora, responsáveis pela fiscalização e acompanhamento dos trabalhos bem como convidados da comunidade comercial e esportiva do município de Brotas.

Imagens referente a apresentação























Lista dos participantes presentes

Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística  **SÃO PAULO**
GOVERNO DO ESTADO
SÃO PAULO SÃO TODOS

 **FEHIDRO**  **Tietê Jacaré**

Reunião Estudo hidrológico dia 18 de dezembro de 2024

Nome	Telefone/e-mail	Assinatura
Luiz Fernando B. da Silva	14-981144341	
ANA WAIÁ A. DA COSTA	14 391128845	
Márcia FERNANDA GONCALVES	14 381134447	
Santete Sparapan	14 981039813	
Bonaira Siphon	14 99713-3713	
Monique de Jesus Souza	14 99123145	
Marcia Audrey	14 393033002	
Jose Carlos de Romeiros de	11 991373963	
Andréia B. Pa	16- 99616- 1769	
Fátima Azeite FORTES	14 981765768	
Elisaviana J. P. Jesus	14 091422277	
Roberto B. B. de	14- 981589166	
FABIO LONCI DE SOUZA	11 976858574	
Jaime Juzenas	14 981040573	
Armando Z. S. S. S.	997781155	
Luciano de F. S.	14 98898276	
Estelita D. de F. S.	14 981256978	
Thomaz Augusto Dos Santos	11993436147	
Armanda Ribeiro Pereira		
Aline Tamborico	16 992432296	
Roberto M. de O. S.	19991434927	