

RELATÓRIO DO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS E SEDIMENTOS



RELATÓRIO DE ANDAMENTO

(Setembro/2024)

PATOS DE MINAS

2024

EMPRESAS RESPONSÁVEIS

EMPREENDEDOR: Distrito de Irrigação Jaíba



CNPJ: 21.372.982/0001-12

Rua B, n° 100, Col. Mocambinho,
Mocambinho – MG / CEP 39508-000

Tel.: 55 (38) 9 9961-9561

EXECUTORA DO ESTUDO: Sintezis Análises e Tecnologia Ambiental Ltda.



CNPJ: 10.639.491/0001-79

Av. Marabá, 3737 – Bela Vista

Patos de Minas – MG / CEP: 38703-236

Tel. / Fax: (034) 3818-5656

Registro no Conselho Regional de Biologia:

000203-04/2009

EQUIPE TÉCNICA

Na Tabela a seguir, são apresentados os dados da equipe técnica dos trabalhos.

Tabela 1: Equipe técnica

Nome	Formação	Registros	Função
Amanda Aparecida Silva	Bióloga e especialista em Ecologia e Gestão Ambiental	-	Elaboração de relatórios
Carla Ferreira Borges Silva	Bióloga, especialista em Limnologia e mestra em Qualidade Ambiental	CRBio 80.252/04 D	Coordenadora Técnica
Diego Roberto Silva	Biólogo e especialista em Educação e Gestão Ambiental	CRBio 80.565/04 D	Diretor Executivo
Otacílio Fernandes Guimarães	Técnico em Agropecuária	-	Coletas
Paula Cristina Pereira da Silva	Bióloga	CRBio 93.223/04D	Elaboração de relatórios
Pedro Henrique Custódio	Biólogo e especialista em Revisão Prática de Texto	-	Elaboração de relatórios
Sandro Aurélio Vieira Costa	Técnico em Química Industrial	CRQ MG 02405434	Diretor Técnico

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	5
1 INTRODUÇÃO	6
2 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	7
3 OBJETIVOS	17
4 METODOLOGIA	18
4.1 ÁGUAS SUPERFICIAIS	19
4.1.1 Descrição de Rede de amostragem – Fonte primária, multiuso e drenagem do perímetro coletor	22
4.1.2 Composição de parâmetros – Fonte primária, multiuso e drenagem do perímetro coletor	27
4.2 ÁGUA SUBTERRÂNEA (Lençol Freático)	29
4.2.1 Descrição de Rede de amostragem – lençol freático	29
4.2.2 Composição de parâmetros lençol freático	32
4.3 SEDIMENTOS	32
4.3.1 Descrição de Rede de amostragem – sedimento (Fonte primária, multiuso e drenagem do perímetro coletor)	33
4.3.2 Composição de parâmetros monitorados em sedimentos	35
4.4 ANÁLISE DE DADOS	35
4.4.1 Índice de Qualidade da Água – IQA	35
4.4.2 Índice de Estado Trófico – IET	37
4.4.3 Classificação de águas para irrigação	39
5 RESULTADOS	43
5.1 ÁGUAS SUPERFICIAIS	43
5.1.1 Ambiente Fonte de Água Primária – Rio São Francisco	43
5.1.2 Ambiente Multiuso	45
5.1.3 Ambiente Drenagem do perímetro coletor	51
5.2 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	54
5.3 SEDIMENTOS	57
5.4 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA	60
5.5 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO	61
5.6 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO	64
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS	66

APRESENTAÇÃO

O presente relatório reporta os resultados obtidos na campanha realizada entre os dias 16 e 18 de setembro de 2024, para o Monitoramento da Qualidade das águas e sedimentos do âmbito do perímetro de Irrigação Jaíba, localizado nos municípios de Jaíba e Matias Cardoso, no Estado de Minas Gerais.

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por água em quantidade e qualidade adequadas é um dos principais desafios enfrentados pela sociedade atual. Embora o Brasil seja considerado um país com vantagens no que diz respeito à questão hídrica, fatores como a redução das áreas de mata ciliar e a descarga de resíduos domésticos, industriais e agrícolas têm levado à degradação da qualidade deste recurso em nosso país. Dado o significado econômico e ambiental da água, é fundamental que se adotem mecanismos de gestão eficazes para assegurar seu uso de forma eficiente e sustentável (CAVALCANTI, 2016).

A qualidade da água é definida por sua composição e pelo conhecimento do efeito que seus constituintes podem causar no meio ambiente e consequentemente na saúde dos seres humanos. Os diferentes usos da água exigem diferentes padrões de qualidade. Nesse sentido, a qualidade da água superficial também está relacionada à condicionantes naturais como regime de chuvas, geologia, escoamento superficial, cobertura florestal. Porém o lançamento de efluente de forma irregular se torna uma das principais formas de contaminação dos cursos hídricos (PIAZZA et al., 2018).

Além disso, o aumento da preocupação com a preservação ambiental, aliando a sustentabilidade e ao crescimento econômico, justifica a realização de estudos que possibilitem analisar os impactos causados por empreendimentos, a fim de estabelecer medidas, no sentido de minimizar e/ou eliminar os efeitos que comprometam os recursos naturais. Nesse sentido de reduzir a degradação ambiental causada pelos empreendimentos, o monitoramento ambiental brasileiro adota uma postura preventiva ao exigir que diversos empreendimentos apresentem estudos discriminando as possíveis alterações ambientais decorrentes de suas atividades (BIANCO, 2019).

O monitoramento das características físicas, químicas e biológicas dos corpos hídricos desempenha um papel crucial na avaliação da qualidade ambiental a que esses ecossistemas estão expostos (SILVA; ARAÚJO, 2017). A análise contínua das variáveis indicativas da qualidade da água permite a identificação de padrões de mudança ao longo do tempo, além de fornecer informações fundamentais para compreender os corpos hídricos e identificar quais parâmetros estão fora dos limites estabelecidos pela legislação.

Nesse contexto, os programas de monitoramento ambiental, tem por objetivo, proporcionar dados sobre as condições do ambiente à qual os empreendimentos estão inseridos e exercem influência, proporcionado o subsídio a ações de controle ambiental e a manutenção dos múltiplos usos das águas superficiais, assim como, medidas mitigadoras e compensatórias devem ser implementadas ao longo do tempo.

2 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A implantação do Projeto Jaíba teve início na década de 50, com as primeiras iniciativas governamentais de ocupação planejada da área. No entanto, apenas na década de 70, dada a grande importância do Projeto para todo o Norte de Minas, o governo federal, através da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF), incorpora-se ao empreendimento e contrata um empréstimo especial junto ao Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD), para a execução das obras de infraestrutura coletiva de irrigação.

No final da década de 80 inicia-se a operação do Projeto, com o assentamento das primeiras famílias de irrigantes. A partir da década de 90, são agregados mais recursos financeiros internacionais ao Projeto, com a contratação, pelo Estado de Minas Gerais, de um novo financiamento junto ao Japan Bank for International Cooperation (JBIC).

O final da década de 80 e início da década de 90 são também marcados pela incorporação da iniciativa privada ao Projeto, através da criação do Distrito de Irrigação de Jaíba, entidade privada, sem fins lucrativos, gerida pelos irrigantes e que tem por finalidade administrar toda infraestrutura construída, bem como pelos municípios de Jaíba e Matias Cardoso, que se tornam responsáveis em atender aos reclamos da área social. A integração destas forças torna o Projeto Jaíba um empreendimento no qual atuam, de maneira sincronizada e complementar, os três poderes executivos da esfera pública, com a ativa participação da iniciativa privada.

Com o início da efetiva operação do projeto, em 1988, foi criado e estabelecida a parceria com o DISTRITO DE IRRIGAÇÃO DE JAÍBA – DIJ, que tem como objetivo administrar, operar e manter as obras de infraestrutura de irrigação de uso comum, compreendendo as estruturas básicas e equipamentos de adução, condução e distribuição de água, as estações de captação e bombeamento da água do Perímetro Irrigado Etapa I.

Grande parte da área cultivada no Projeto Jaíba é destinada à fruticultura, no entanto ainda apresenta uma diversificação de culturas, destacando a produção de banana, limão e manga, além de uma grande produção de batata doce, mandioca, abóbora, cana-de-açúcar, milho e várias outras culturas em menor escala de produção

O Projeto Jaíba localiza-se nos Municípios de Jaíba, de Matias Cardoso e de Verdelândia, no Estado de Minas Gerais. Está na margem direita do Rio São Francisco. As vias de acesso são a BR –122 a 27 km de Montes Claros, com seu prolongamento asfaltado até a Cidade de Janaúba e a MG – 401. Na região do vale no médio São Francisco. A sua sede localiza-se no Distrito de Mocambinho, a aproximadamente 54 km da cidade de Jaíba, conforme a figura 1 (CODEVASP).

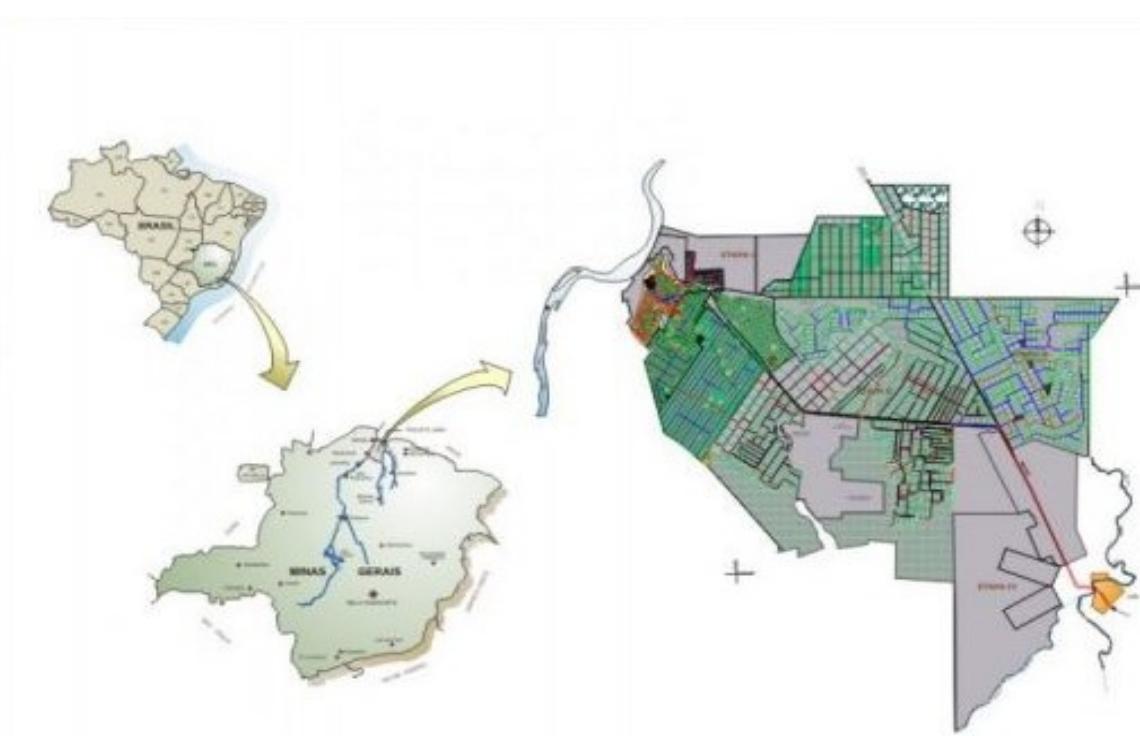


Figura 1: Localização do Perímetro de Irrigação Jaíba.

O Projeto Jaíba, foi dividido em quatro etapas de implantação (Etapa I, II, III e IV), sendo que dos 100.000 há considerados como aptos a irrigação, optou-se por irrigar aproximadamente 66.0000 ha e destinar os 34.000 há restantes em áreas de proteção ambiental, reserva legal, infraestrutura de canais e bombeamento de água e administração do perímetro irrigável (FELÍCIO, 2018).

A etapa I foi originalmente implantada com os recursos do Banco Mundial, de modo que, a condição de acesso à terra como um instrumento de redução da pobreza, foi privilegiado no momento de seleção dos colonos. A etapa II, foi projetada para receber empreendimentos empresariais. É dotada de uma área de 34.772,76 ha, das quais 19.276,40 há são irrigáveis. O seu objetivo é diversificar e aprimorar a estrutura socioeconômica do perímetro irrigável, sendo destinada a pequenos e médios empresários agrícolas, e a forma de acesso é via concorrência pública, coordenado pelo governo do estado de Minas Gerais (CODEVASP).

Já as etapas III e IV, de acordo com o Distrito de Irrigação Jaíba ainda não receberam a infraestrutura específica para a irrigação, sendo contempladas apenas pelos canais principais de irrigação, e as áreas destas etapas são de 12.000 ha e 9.734 ha respectivamente, somando 21.934 de hectares disponíveis para irrigação, assentamento e produção agrícola (CODEVASP).

A etapa I do Projeto Jaíba, considerada a área bruta, ocupa uma superfície total de 32.959,33 hectares, sendo demarcada em dez glebas dispostas ao longo dos canais de

irrigação (Figura 3). Seis destas glebas, A, B, C3, C2, D e F eram consideradas devolutas, portanto, pertenciam ao Estado e foram destinadas as famílias assentadas em processo de colonização. A gleba C2 é uma área pertencente aos municípios de Jaíba e Matias Cardoso, e foi destinada a pequenos e médios empresários. A gleba 4, é composta por propriedades particulares, pré-existentes ao projeto de irrigação, e foram beneficiadas através do transporte de águas dos canais que abastecem as glebas A e B. As glebas C1, C4 e E são glebas pertencentes a empresas privadas. A gleba D, é ocupada pelo perímetro de Mocambinho, projeto piloto do Projeto Jaíba (CODEVASP).

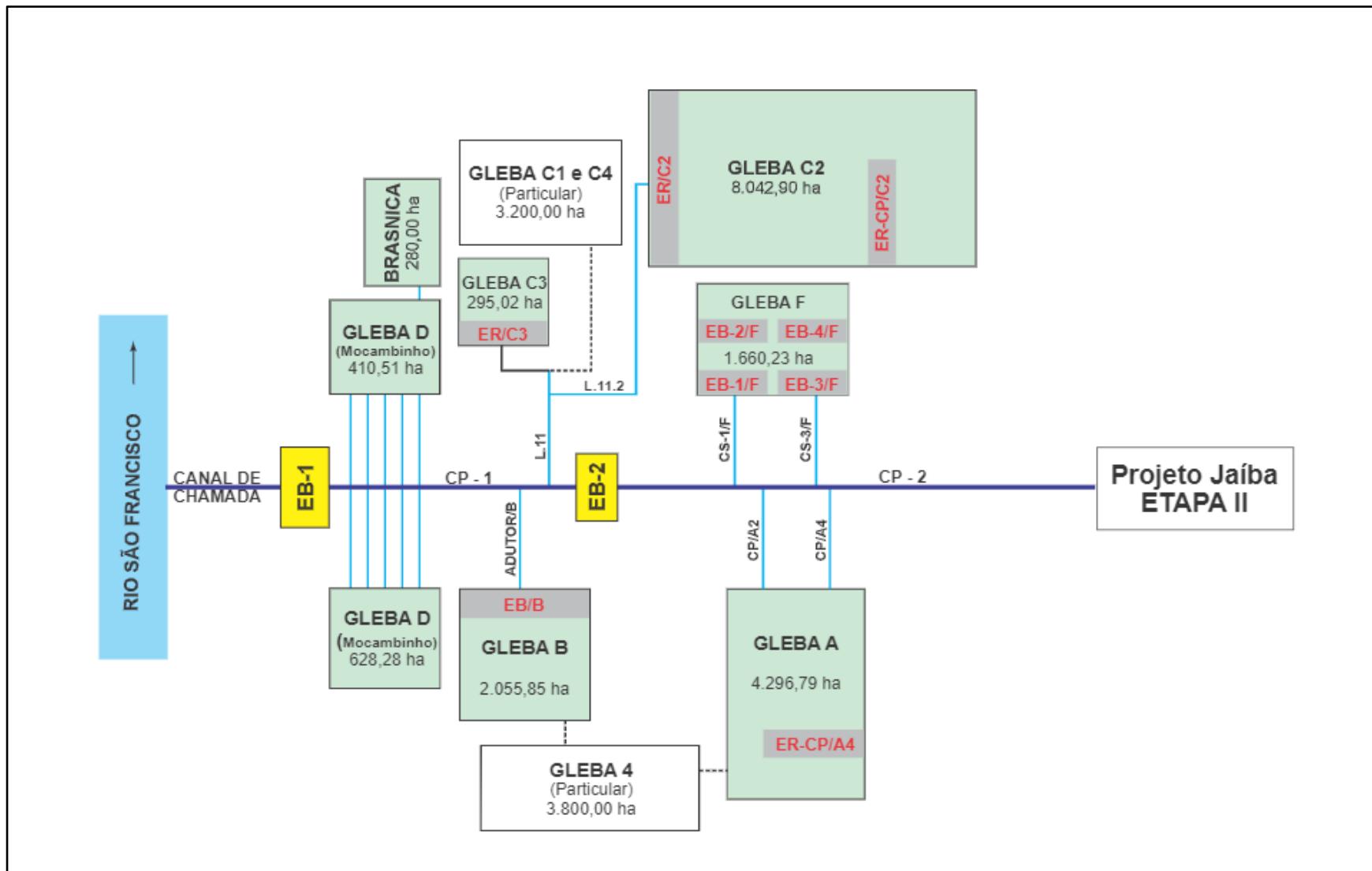


Figura 2: Diagrama Operacional - Etapas I e II.

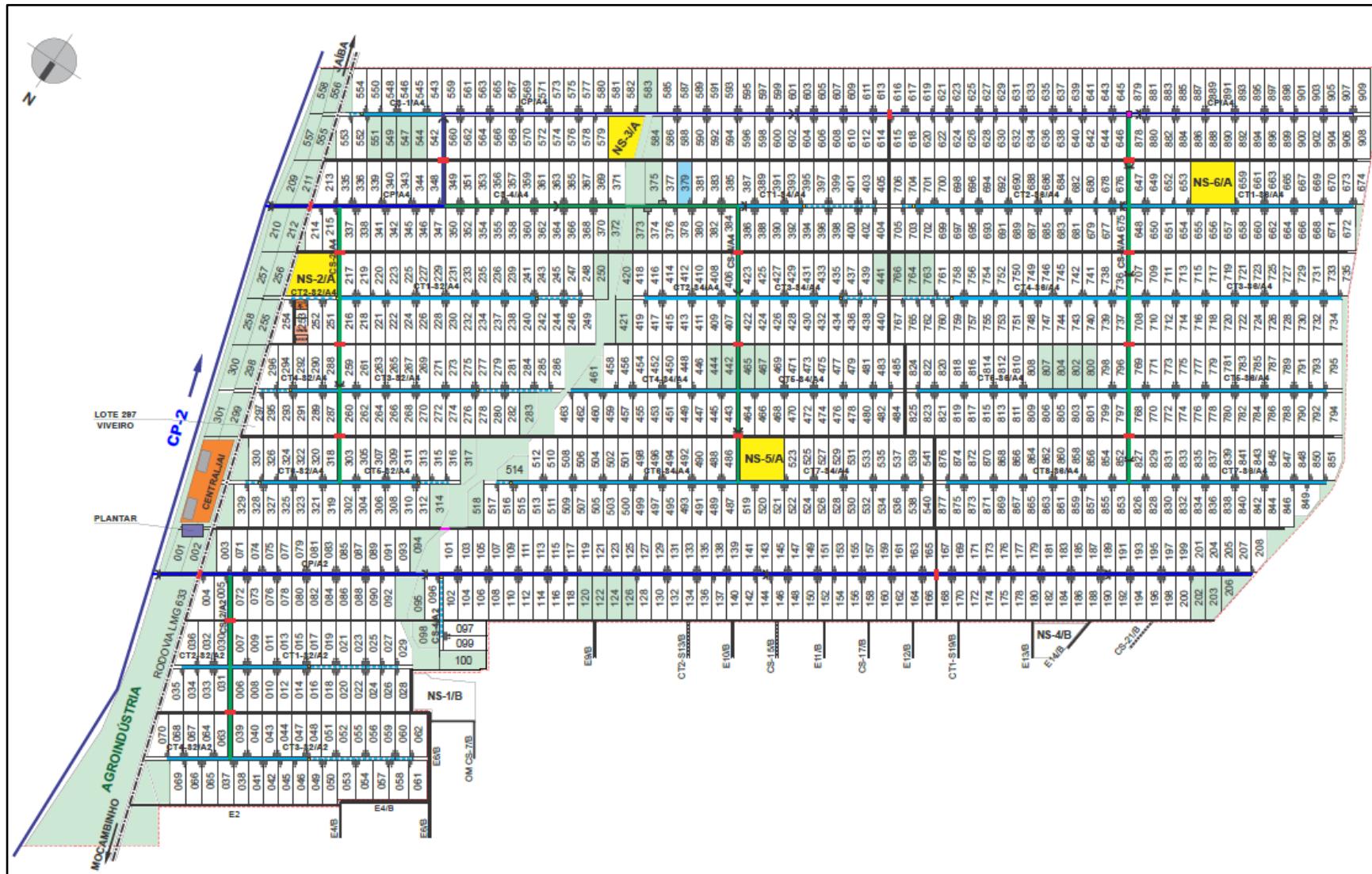


Figura 3: Perímetro de irrigação Jaíba - Etapa I. Gleba A - Layout parcelar.

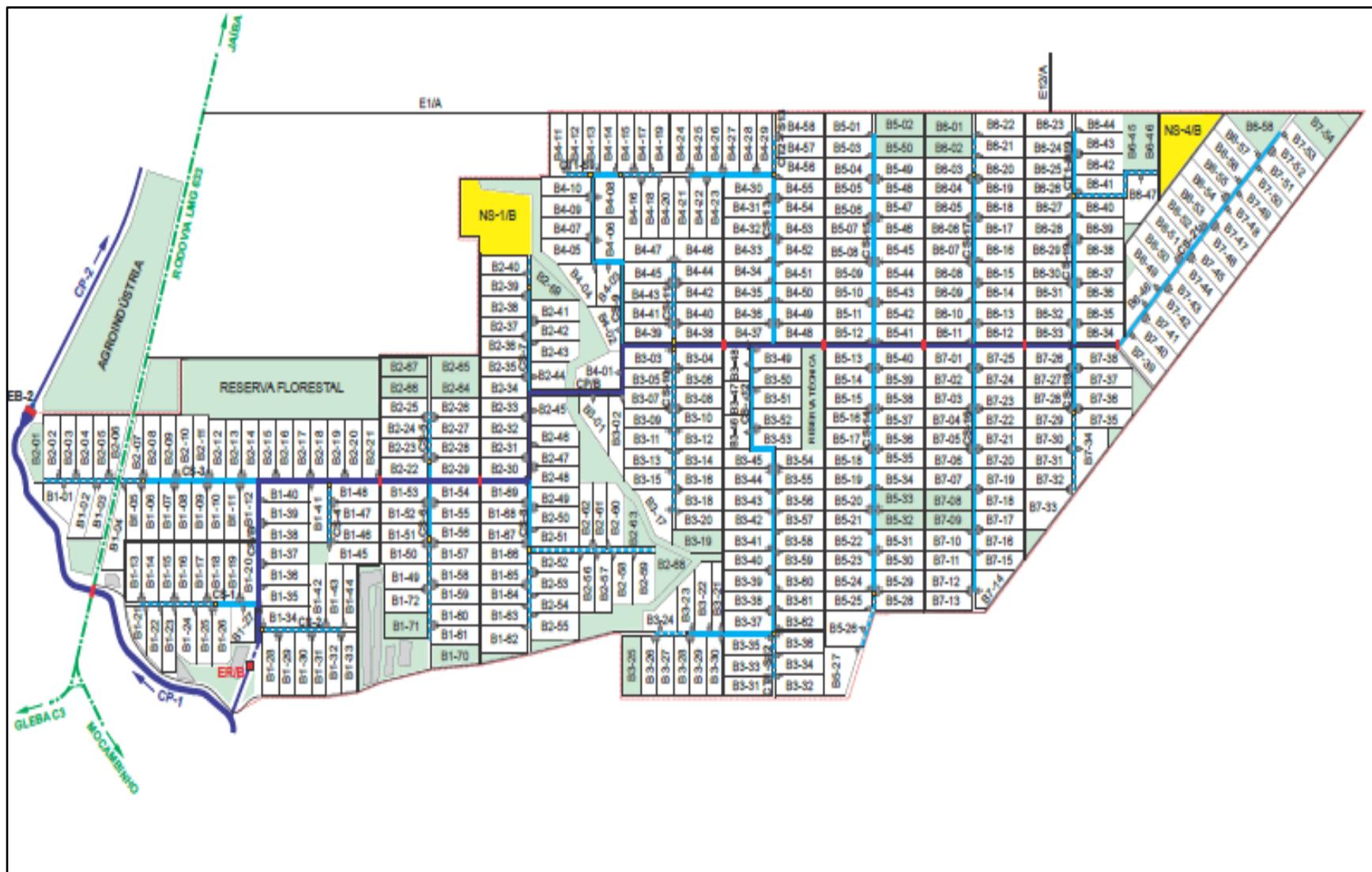


Figura 4: Perímetro de irrigação Jaíba - Etapa I. Gleba B - Layout parcelar.

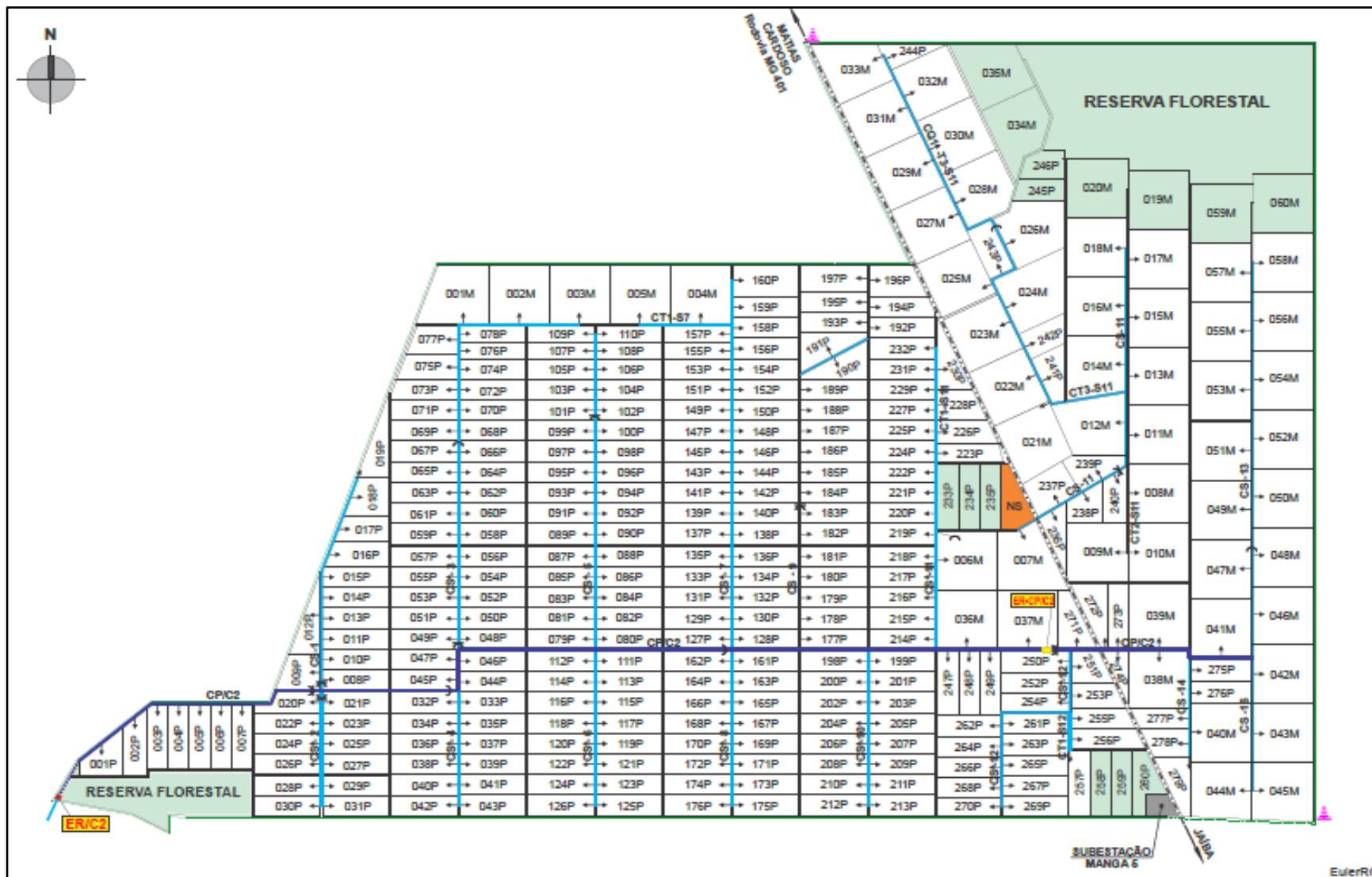


Figura 5: Perímetro de irrigação Jaíba - Etapa I. Gleba C2 - Layout parcelar.

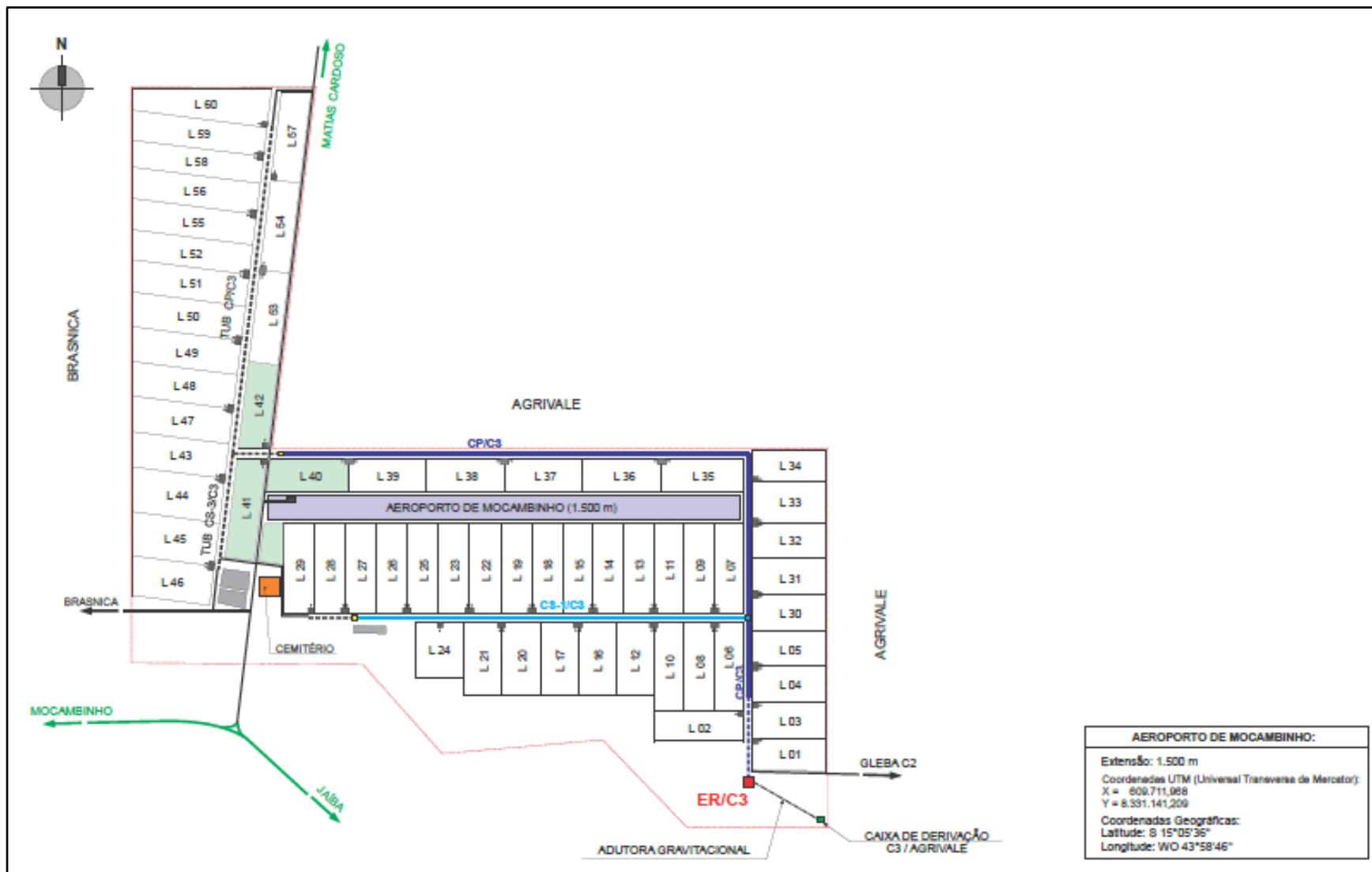


Figura 6: Perímetro de irrigação Jaíba - Etapa I. Gleba C3 - Layout parcelar.

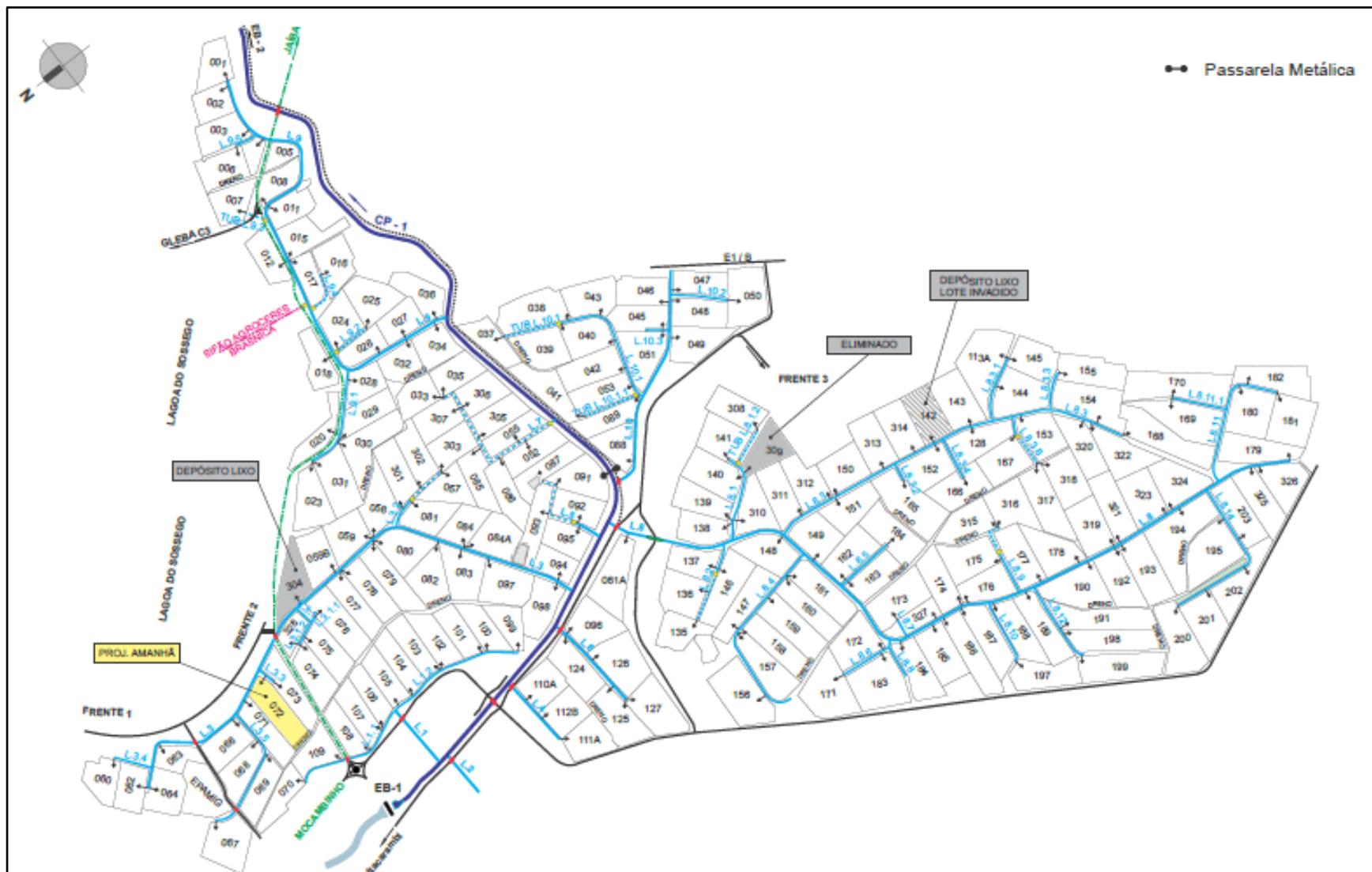


Figura 7: Perímetro de irrigação Jaíba - Etapa I. Gleba D - Layout parcelar.

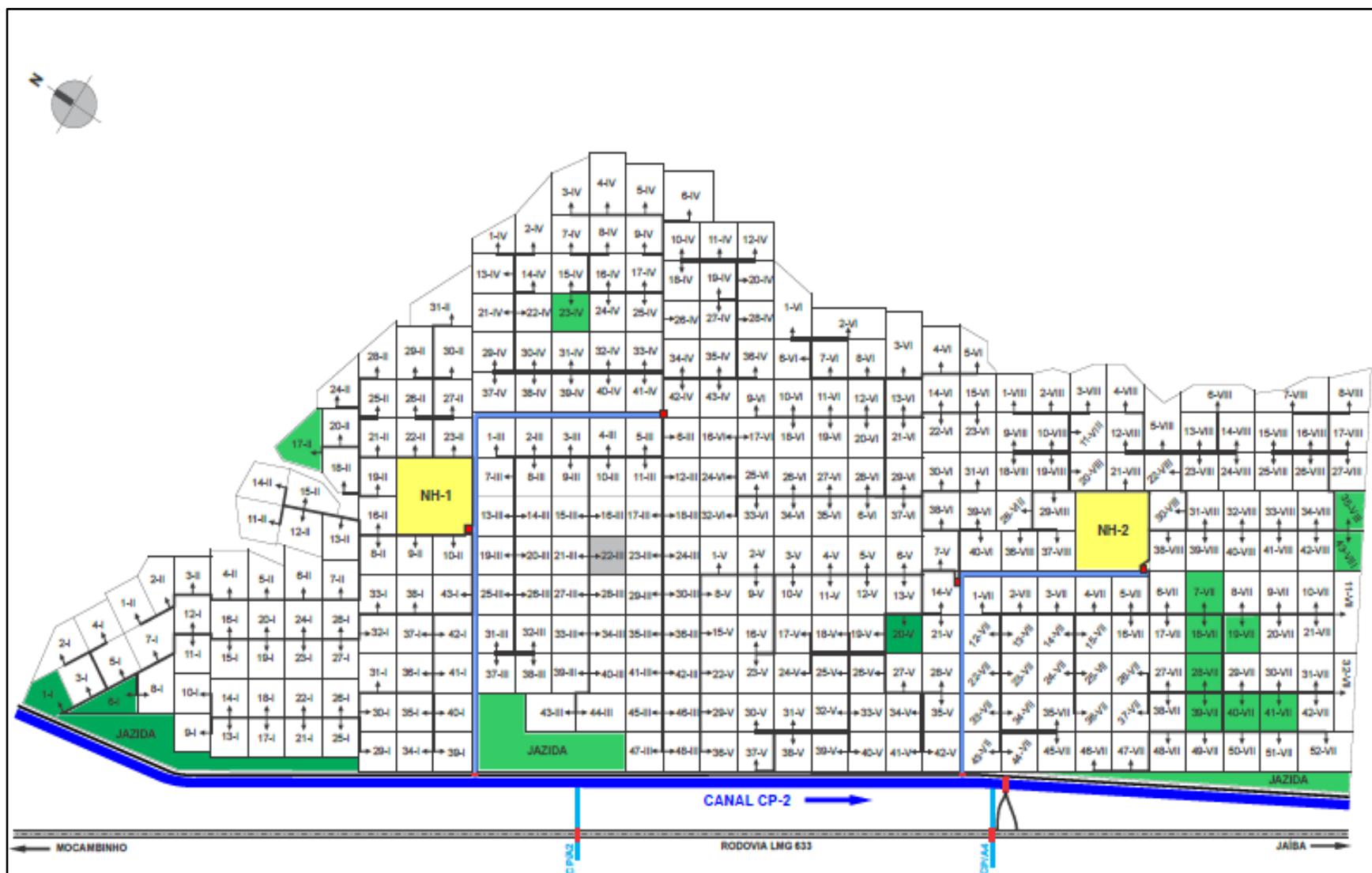


Figura 8: Perímetro de irrigação Jaíba - Etapa I. Gleba F - Layout parcelar.

3 OBJETIVOS

O presente estudo tem por objetivo determinar a qualidade da água, bem como verificar a presença de pesticidas nos sedimentos dos diferentes ambientes: Fonte Primária, Multiuso e Drenagem do Perímetro Coletor.

4 METODOLOGIA

As atividades de monitoramento da qualidade das águas e sedimentos compreendem a análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, além da elaboração de relatórios de andamento e de consolidação dos resultados obtidos.

Para cada unidade amostral, foram coletados, no mínimo, 6 (seis) litros de água. 5 (cinco) litros foram separados em duas partes (amostra bruta e filtrada) para análise dos parâmetros físico-químicos. Os filtros utilizados no litro restante foram acondicionados em frasco escuro e preservados de acordo com a metodologia padrão para análise do teor de clorofila a e de sólidos em suspensão. Todas as amostras foram congeladas, exceto aquelas acondicionadas em frasco de vidro (para carbono orgânico dissolvido), que permanecerão mantidas a 4°C.

Na Tabela 2 são descritos os métodos analíticos utilizados para identificação/análise dos parâmetros investigados, bem como os tipos de recipientes utilizados para preservação das amostras, as formas de preservação e os volumes de amostra coletados.

Tabela 2: Descrição das bases metodológicas dos parâmetros analisados

PARÂMETRO	MÉTODO DE ANÁLISE	TIPO DE FRASCO / PRESERVAÇÃO	VOLUME DA AMOSTRA / PRAZO
Alcalinidade Total	Titulação (2320)	Plástico/vidro, refrigeração ($\leq 6^{\circ}\text{C}$)	200 mL / 14 dias
Arsênio	ICP-MS (3125)	Plástico/vidro, HNO_3 para pH <2	500 mL / 6 meses
Boro	ICP-MS (3125)	Plástico/vidro, HNO_3 para pH <2	500 mL / 6 meses
Cálcio	ICP-MS (3125) ou AA	Plástico/vidro, HNO_3 para pH <2	500 mL / 6 meses
Carbono orgânico	Combustão Catalítica (5310 B)	Vidro âmbar, refrigeração ($\leq 4^{\circ}\text{C}$), H_2SO_4 ou H_3PO_4	100 mL / 28 dias
Cloreto	Titulação com nitrato de prata (4500- Cl^- B)	Plástico/vidro, refrigeração ($\leq 6^{\circ}\text{C}$)	200 mL / 28 dias
Clorofila a	Fluorometria (10200 H)	Vidro âmbar, refrigeração no escuro ($\leq 4^{\circ}\text{C}$)	100 mL / 24 horas
Coliformes totais	Teste de múltiplos tubos (9222 B)	Plástico/vidro estéril, refrigeração ($\leq 10^{\circ}\text{C}$)	100 mL / 24 horas
Condutividade elétrica	Eletrométrico (2510)	Plástico/vidro, refrigeração ($\leq 6^{\circ}\text{C}$)	100 mL / 28 dias
Cor	Colorimétrico (2120)	Plástico/vidro, refrigeração ($\leq 6^{\circ}\text{C}$)	100 mL / 48 horas
DBO	Manométrico ou titulação (5210 B)	Plástico/vidro, refrigeração ($\leq 6^{\circ}\text{C}$)	300 mL / 48 horas
DQO	Digestão com refluxo fechado (5220 B)	Vidro âmbar, refrigeração ($\leq 6^{\circ}\text{C}$), H_2SO_4 para pH <2	100 mL / 28 dias
Escherichia Coli	Método de filtração por membrana (9222 G)	Plástico/vidro estéril, refrigeração ($\leq 10^{\circ}\text{C}$)	100 mL / 24 horas
Ferro dissolvido	ICP-MS (3125)	Plástico/vidro, HNO_3 para pH <2	500 mL / 6 meses
Ferro total	ICP-MS (3125)	Plástico/vidro, HNO_3 para pH <2	500 mL / 6 meses
Fósforo total	Espectrofotometria (4500-P E)	Plástico/vidro, H_2SO_4 para pH <2	100 mL / 28 dias
Magnésio	ICP-MS (3125) ou AA	Plástico/vidro, HNO_3 para pH <2	500 mL / 6 meses
Mercúrio	Cold Vapor Atomic Absorption (CVAA) (3112)	Vidro, HNO_3 e KMnO_4 para pH <2	500 mL / 28 dias
Nitrato	Espectrofotometria (4500- NO_3^- E)	Plástico/vidro, refrigeração ($\leq 6^{\circ}\text{C}$)	100 mL / 48 horas
Nitrito	Espectrofotometria (4500- NO_2^- B)	Plástico/vidro, refrigeração ($\leq 6^{\circ}\text{C}$)	100 mL / 48 horas

PARÂMETRO	MÉTODO DE ANÁLISE	TIPO DE FRASCO / PRESERVAÇÃO	VOLUME DA AMOSTRA / PRAZO
Nitrogênio orgânico	Kjeldahl (4500-Norg B)	Plástico/vidro, refrigeração ($\leq 6^{\circ}\text{C}$), H_2SO_4	200 mL / 28 dias
Nitrogênio amoniacal	Nesslerização (4500-NH ₃ B)	Plástico/vidro, refrigeração ($\leq 6^{\circ}\text{C}$), H_2SO_4	200 mL / 28 dias
Óleos e graxas	Gravimetria (5520 B)	Vidro, refrigeração ($\leq 6^{\circ}\text{C}$), H_2SO_4 para pH <2	1 L / 28 dias
Organoclorados	Cromatografia gasosa (6630)	Vidro, refrigeração ($\leq 6^{\circ}\text{C}$), sem preservante	1 L / 7 dias
Organofosforados	Cromatografia gasosa (6630)	Vidro, refrigeração ($\leq 6^{\circ}\text{C}$), sem preservante	1 L / 7 dias
Oxigênio dissolvido	Eletrodo de membrana (4500-O G)	Medição in situ	Análise imediata
pH	Potenciometria (4500-H ⁺ B)	Medição in situ	Análise imediata
Sódio	ICP-MS (3125) ou AA	Plástico/vidro, HNO_3 para pH <2	500 mL / 6 meses
Sólidos em suspensão	Gravimetria (2540 D)	Plástico/vidro, refrigeração ($\leq 6^{\circ}\text{C}$)	500 mL / 7 dias
Sólidos totais	Gravimetria (2540 B)	Plástico/vidro, refrigeração ($\leq 6^{\circ}\text{C}$)	500 mL / 7 dias
Temperatura	Medição in situ (2550)	Medição in situ	Análise imediata
Turbidez	Nefelometria (2130 B)	Plástico/vidro, refrigeração ($\leq 6^{\circ}\text{C}$)	100 mL / 48 horas

Para este monitoramento foram identificados 4 (quatro) tipos de ambientes, com características específicas, englobando todos os pontos amostrados no âmbito deste estudo (Tabela 3).

Tabela 3: Classificação dos ambientes amostrados.

Tipo	Ambiente	Tipo de amostra
I	Fonte Primária	Água
II	Multiuso	Água
III	Lençol Freático	Água
V	Drenagem do perímetro coletor/canal	Água
I	Fonte primária	Sedimento
II	Multiuso	Sedimento
V	Dreno do perímetro coletor/canal	Sedimento

Nos tópicos abaixo são apresentados e detalhados os pontos, parâmetros e legislações utilizadas em cada ambiente monitorado.

4.1 ÁGUAS SUPERFICIAIS

Para a caracterização das águas do Perímetro Irrigada de Jaíba foram coletadas amostras na camada subsuperficial (até 20 cm de profundidade). As variáveis oxigênio dissolvido, temperatura da amostra e pH foram realizadas “in loco” através de oxímetro e pHmetro. As demais variáveis foram analisadas em laboratório acreditado, sendo coletadas, preservadas e analisadas de acordo com as recomendações contidas no Standard Methods (24^a edição).

Os pontos de águas superficiais foram subdivididos em **Fonte Primária – Rio São Francisco, Multiuso e Drenagem do perímetro coletor**, sendo os resultados obtidos comparados com os padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005, que define padrões para a classificação das águas continentais e marinhas.

Conforme a Resolução, as águas superficiais estão ordenadas em 13 (treze) classes, separadas em águas doces (Classe Especial, 1, 2, 3 e 4), águas salobras (Classe Especial, 1, 2 e 3) e águas salinas (Classe Especial, 1, 2 e 3), segundo o grau de salinidade de cada uma. Já as classes de enquadramento estão relacionadas aos usos preponderantes dos corpos hídricos, ou seja, aos usos que se pretende lhes dar. Para cada uma das classes está estabelecido um nível de qualidade que assegure o atendimento das necessidades da população, assim como o equilíbrio do ambiente aquático.

As águas doces, que se enquadra o Rio São Francisco, tem os usos preponderantes previstos no artigo 4º da Resolução, que são:

I – Classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;*
- b) a preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,*
- c) a preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.*

II – Classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;*
- b) a proteção das comunidades aquáticas;*
- c) a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;*
- d) a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rontes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e*
- 5. e) a proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.*

III – Classe 2: águas que podem ser destinadas:

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

e) a aquicultura e a atividade de pesca.

IV – Classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) a irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) a pesca amadora;
- d) a recreação de contato secundário; e
- e) a dessementação de animais.

V – Classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) a navegação; e
- b) a harmonia paisagística.

O enquadramento dos corpos de água em classes conforme os usos, garante às águas qualidade compatível com os mais severos usos a que se destinam e diminui os gastos de combate à poluição das águas, por meio de ações preventivas contínuas. É um instrumento que fortalece e integra a gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental. Assim, no que diz respeito ao atendimento das amostras aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, foram observados o Artigo 15 (condições e padrões para enquadramento de águas doces de Classe 2).

Na Tabela 4 abaixo segue os valores máximos/mínimos permitidos de acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005.

Tabela 4: Valores máximos permitidos (VMP) para águas superficiais (CONAMA 357/2005)

Parâmetros	Unidade de medida	VMP - Classe 2
2,4-D	µg/L	4
Alacloro	µg/L	20
Alcalinidade Total	mg/L	N.a.
Aldrin	µg/L	N.a.
Arsênio	mg/L	0,01
Boro	mg/L	0,5
Cálcio	mg/L	N.a.
Cálculo de IQA	-	N.a.
Cálculo IET	-	N.a.
Carbono Orgânico Total	mg/L	N.a.
Cloreto	mg/L	250
Clorofila a	µg/L	30
Coliformes Totais	NMP/100 mL	N.a.
Condutividade Elétrica	µS/cm	N.a.
Cor Verdadeira	mgPt/L	75
DDT+DDD+DDE	mg/L	N.a.
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 Dias)	mg/L	5
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	mg/L	N.a.

Parâmetros	Unidade de medida	VMP - Classe 2
Demeton O e S	µg/L	0,1
Diazinon	µg/L	N.a.
Dieldrin	µg/L	N.a.
Disulfoton	µg/L	N.a.
Endossulfan (a + B e Sais)	µg/L	0,056
Endrin	µg/L	0,004
Escherichia coli	NMP/100 mL	N.a.
Etion	µg/L	N.a.
Ferro	mg/L	N.a.
Ferro Dissolvido	mg/L	0,3
Fósforo Total	mg/L	0,03 Lên/ 0,1 Lót
HCH Alfa	µg/L	N.a.
HCH Beta	µg/L	N.a.
HCH Delta	µg/L	N.a.
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01
Hexaclorobenzeno	µg/L	0,0065
Lindano (gama-HCH)	µg/L	0,02
Magnésio	mg/L	N.a.
Malation	µg/L	0,1
Mercúrio	mg/L	0,0002
Metolacloro	µg/L	10
Nitrito	mg/L	10
Nitrito	mg/L	1
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	Máx. 3,7
Nitrogênio Orgânico	mg/L	N.a.
Nitrogênio total	mg/L	N.a.
Óleos e Graxas	mg/L	Virtualmente Ausentes
Oxigênio Dissolvido	mg/L	Mín. 5
Paration	µg/L	0,04
Pentaclorofenol	mg/L	0,009
pH	-	6 a 9
Sódio	mg/L	N.a.
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	N.a.
Sólidos Totais	mg/L	N.a.
Temperatura da Amostra	°C	N.a.
Turbidez	UNT	100

4.1.1 Descrição de Rede de amostragem – Fonte primária, multiuso e drenagem do perímetro coletor

As coordenadas, descrição e mapas com a localização dos pontos monitorados nos ambientes de Fonte Primária, Multiuso e Drenagem do perímetro coletor são apresentados na Tabela 5 e nas Figuras 9, 10 e 11 abaixo.

Tabela 5: Coordenadas dos pontos de amostragem

Ambientes	Ponto Amostral	Localização	Coordenadas Geográficas	
			W	S
Fonte Primária	P I – 01 - A	No leito do Rio São Francisco a margem direita. cerca de 100 metros a jusante da confluência do riacho Mocambinho e São Francisco.	- 15 09603	- 44 03404
	P I – 02 - A	No leito do Rio São Francisco a margem direita à jusante do perímetro em frente à captação da Fazenda Yamada.	- 15 06793	- 44 01531
Multiuso	P II – 03 - A	No canal de chamada na bacia de captação da EB-1	- 15 09087	- 44 02179
	P II – 04 - A	No canal CP-1 imediatamente a saída de água da EB-1.	- 15 09529	- 44 02083
	P II – 05 - A	No canal CS-1/F. tomada d'água do canal secundário da Gleba F.	- 15 13215	- 43 95872
	P II – 06 - A	No canal CP-2 próximo à elevatória EB-3.	- 15 20047	- 43 90335
	P II – 07 - A	No canal CS-1/F a 100 metros da EB-2/F. Gleba F.	- 15 12785	- 43 93676
	P II – 08 - A	No canal L.9.1 próximo ao CP1.	- 15 10406	- 43 99987
	P II – 09 - A	No canal L.1.2 próximo ao seu final.	- 15 13294	- 43 99314
	P II – 10 - A	No canal L.3.4 próximo ao seu final	- 15 08642	- 44 01667
	P II – 11 - A	No canal L.6 próximo ao seu final	- 15 10996	- 44 02052
	P II – 13 - A	No canal L.8.3 próximo ao seu final	- 15 13759	- 44 01951
	P II – 14 - A	No canal L.11 próximo ao partidor.	- 15 10892	- 43 96796
	P II – 15 - A	No canal CP/A4 a jusante da criação de peixes. próximo a rodovia que liga Mocambinho a Jaíba. Área F.	- 15 15514	- 43 93951
	P II – 16 - A	No canal CS-5/B próximo ao final. Gleba B.	- 15 10547	- 44 01745
	P II – 17 - A	No canal CS-8/B próximo ao final. Gleba B.	- 15 13625	- 44 00201
Drenagem do perímetro coletor	P II – 19 - A	No canal CQ1-T3-S11/C2 próximo ao final. Gleba C2.	- 15 02522	- 43 84101
	P II – 33 - A	No canal CP/C2 100 metros à montante da Estação ER-CP/C2. Gleba C2.	- 15 09198	- 43 82267
	P V – 30 - S	No Dreno Jaíba imediatamente a montante da travessia do sifão que alimenta a Gleba C2.	- 15 11065	- 43 93611
	P V – 31 – S	No Dreno Jaíba imediatamente a montante da estrada de travessia de acesso a Gleba C3.	- 15 10085	- 43 98961

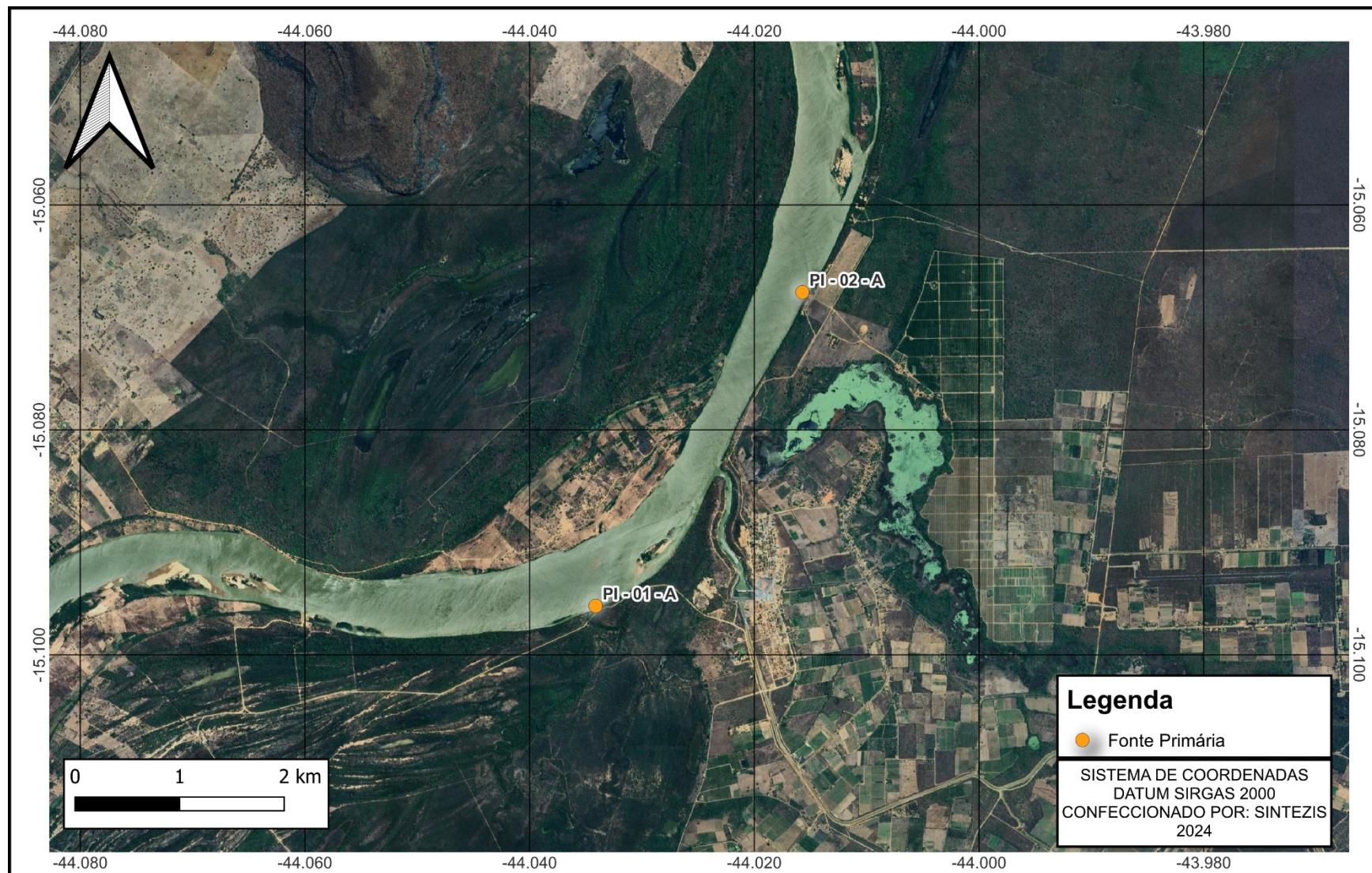


Figura 9: Localização dos pontos monitorados - fonte primária.

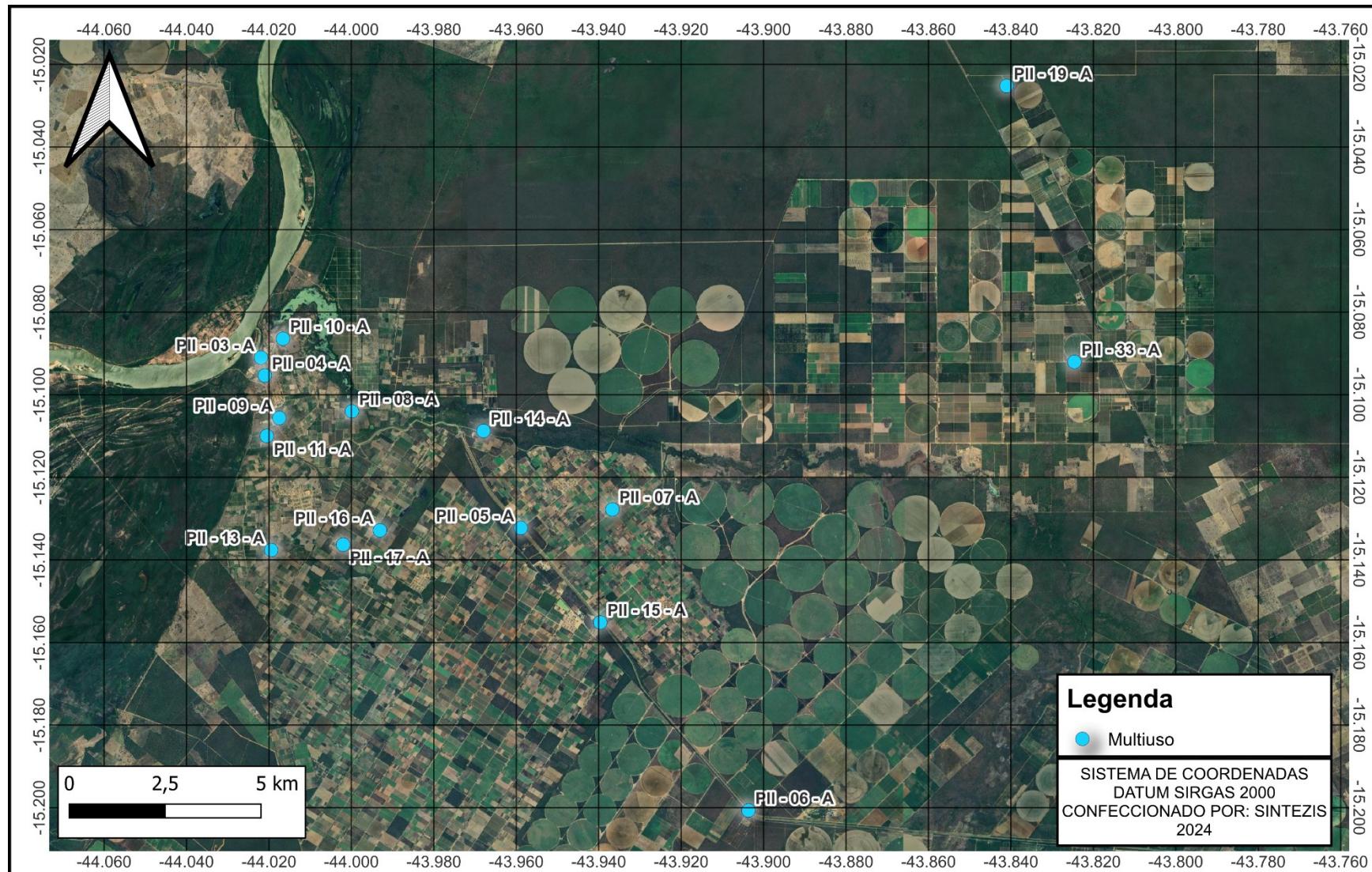


Figura 10: Localização dos pontos monitorados - multiuso.

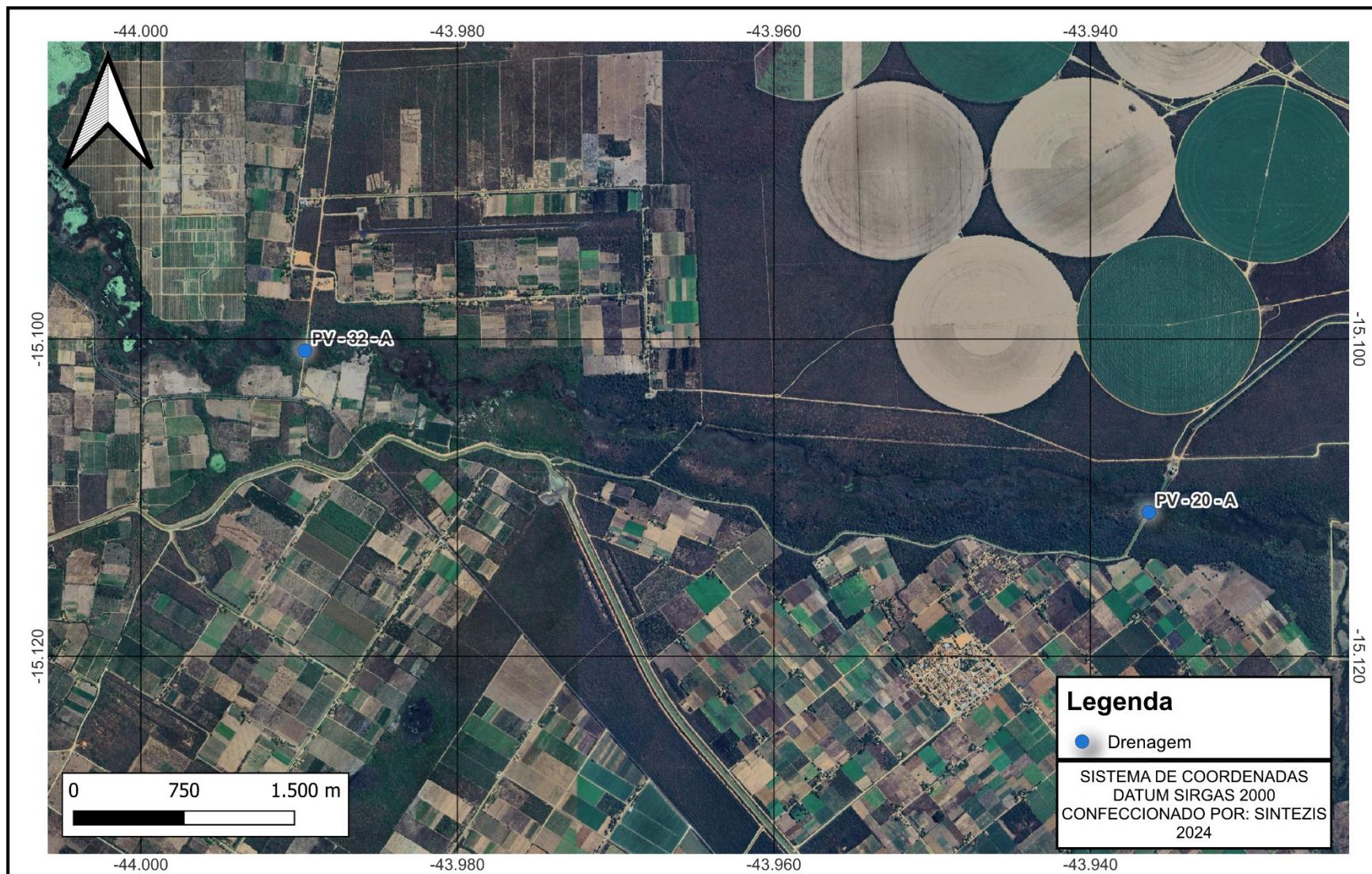


Figura 11: Localização dos pontos monitorados - Drenagem do perímetro coletor.

4.1.2 Composição de parâmetros – Fonte primária, multiuso e drenagem do perímetro coletor

Os parâmetros analisados foram selecionados/estabelecidos de acordo com o tipo de amostra (água ou sedimento) e ambiente de uso da água, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6: Parâmetros analisados por ambiente

Parâmetros	ÁGUA		
	Fonte Primária	Multiuso	Drenagem do Perímetro / Coletor
		I	V
2,4-D	X		X
Alacloro	X		X
Alcalinidade total	X	X	X
Aldrin	X		X
Arsênio	X	X	X
Boro	X		X
Cálcio	X	X	X
Carbono orgânico	X		X
Cloreto	X	X	X
Clorofila a	X	X	X
Coliformes totais	X	X	X
Condutividade elétrica	X	X	X
Cor verdadeira	X	X	X
DDT+DDD+DDE	X		X
DBO	X	X	X
DQO	X		X
Demeton O e S	X		X
Diazinon	X		X
Dieldrin	X		X
Disulfoton	X		X
Endossulfan (a + B e Sais)	X		X
Endrin	X		X
<i>Escherichia Coli</i>	X	X	X
<i>Etion</i>	X		X
Ferro dissolvido	X	X	X
Ferro Total	X		X
Fósforo total	X	X	X
HCH Alfa	X		X
HCH Beta	X		X
HCH Delta	X		X
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	X		X
Hexaclorobenzeno	X		X
Lindano (gama-HCH)	X		X
Magnésio	X	X	X
Malation	X		X
Mercúrio	X		X
Metolacloro	X		X
Nitrito	X	X	X
Nitrito	X	X	X
Nitrogênio amoniacal	X	X	X
Nitrogênio orgânico	X	X	X
Nitrogênio total	X	X	X
Óleos e graxas	X	X	X
Oxigênio Dissolvido	X	X	X
Paration	X		X

Parâmetros	ÁGUA		
	Fonte Primária	Multiuso	Drenagem do Perímetro / Coletor
		I	II
Pentaclorofenol	X		X
pH	X	X	X
Sódio	X	X	X
Sólidos suspensos totais	X	X	X
Sólidos Totais	X	X	X
Temperatura	X	X	X
Turbidez	X	X	X
TOTAL	52	26	52

Legenda: I, II e V: Ambiente de Uso da Água.

4.2 ÁGUA SUBTERRÂNEA (Lençol Freático)

A água subterrânea é muito importante para a sobrevivência de muitas pessoas, principalmente para aquelas que vivem em locais de clima seco. Nesses lugares a água superficial evapora mais rapidamente, enquanto a água subterrânea fica relativamente protegida, servindo para o abastecimento.

Para a avaliação da qualidade das águas subterrâneas, foram coletadas amostras nos poços tubulares profundos e os resultados obtidos comparados com os padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA nº 396/2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

O Anexo I da Resolução CONAMA nº 396/2008 apresenta a lista de parâmetros com maior probabilidade de ocorrência em águas subterrâneas, seus respectivos valores máximos/mínimos permitidos (VMP) para cada um dos usos considerados como preponderantes para aplicação desta Resolução.

Dos parâmetros fixados para análise da qualidade das águas subterrâneas apenas 10 (dez) deles são considerados para aplicação da Resolução CONAMA nº 396 de 2008. Segue abaixo a Tabela 7 com a relação desses parâmetros e os respectivos VMP's fixados de acordo com os usos preponderantes que constam na Resolução.

Tabela 7: Valores máximos permitidos para cada uso preponderante

Parâmetros	Unidade de medida	Usos preponderantes da água			
		Consumo Humano	Dessedentação de animais	Irrigação	Recreação
Arsênio	µg.L-1	10	200	-	50
Boro	µg.L-1	500 (2)	5.000	500 (4)	1.000
Cloreto	µg.L-1	250.000 (1)	-	100.000 - 700.000	400.000
E. coli	Ausência	Ausentes/ 100mL	200/100 mL	-	800/100mL
Ferro	µg.L-1	300 (1)	-	5.000	300
Malation	µg.L-1	190	-	-	-
Mercúrio	µg.L-1	1	10	2	1
Nitrito (expresso em N)	µg.L-1	10.000	90.000	-	10.000
Nitrito (expresso em N)	µg.L-1	1.000	10.000	1.000	1.000
Sódio	µg.L-1	200.000 (1)	-	-	300.000

4.2.1 Descrição de Rede de amostragem – lençol freático

As coordenadas, descrição e mapa com a localização dos pontos monitorados no ambiente subterrâneo (lençol freático) são apresentados na Tabela 8 e Figura 12 abaixo:

Tabela 8: Coordenadas dos pontos de amostragem - Lençol Freático

Ambiente	Ponto Amostral	Localização	Coordenadas Geográficas	
			W	S
Lençol Freático	P III - 21 - A	No poço profundo do Núcleo Habitacional NH-1. Gleba F.	- 15 11925	- 43 94767
	P III - 22 - A	No poço profundo do Núcleo Habitacional NH-2. Gleba F.	- 15 15092	- 43 92525
	P III - 24 - A	No poço profundo localizado casa 1 da Reserva Legal.	- 15 02257	- 43 85073
	P III - 26 - A	No poço profundo do Núcleo de Serviço NS-1/B. Gleba B.	- 15 14548	- 43 98761
	P III - 27 - A	No poço profundo do Núcleo de Serviço NS-4/B. Gleba B.	- 15 19432	- 44 00791
	P III - 28 - A	Poço do Núcleo de Serviço NS-2/A. Gleba A.	- 15 15271	- 43 94704

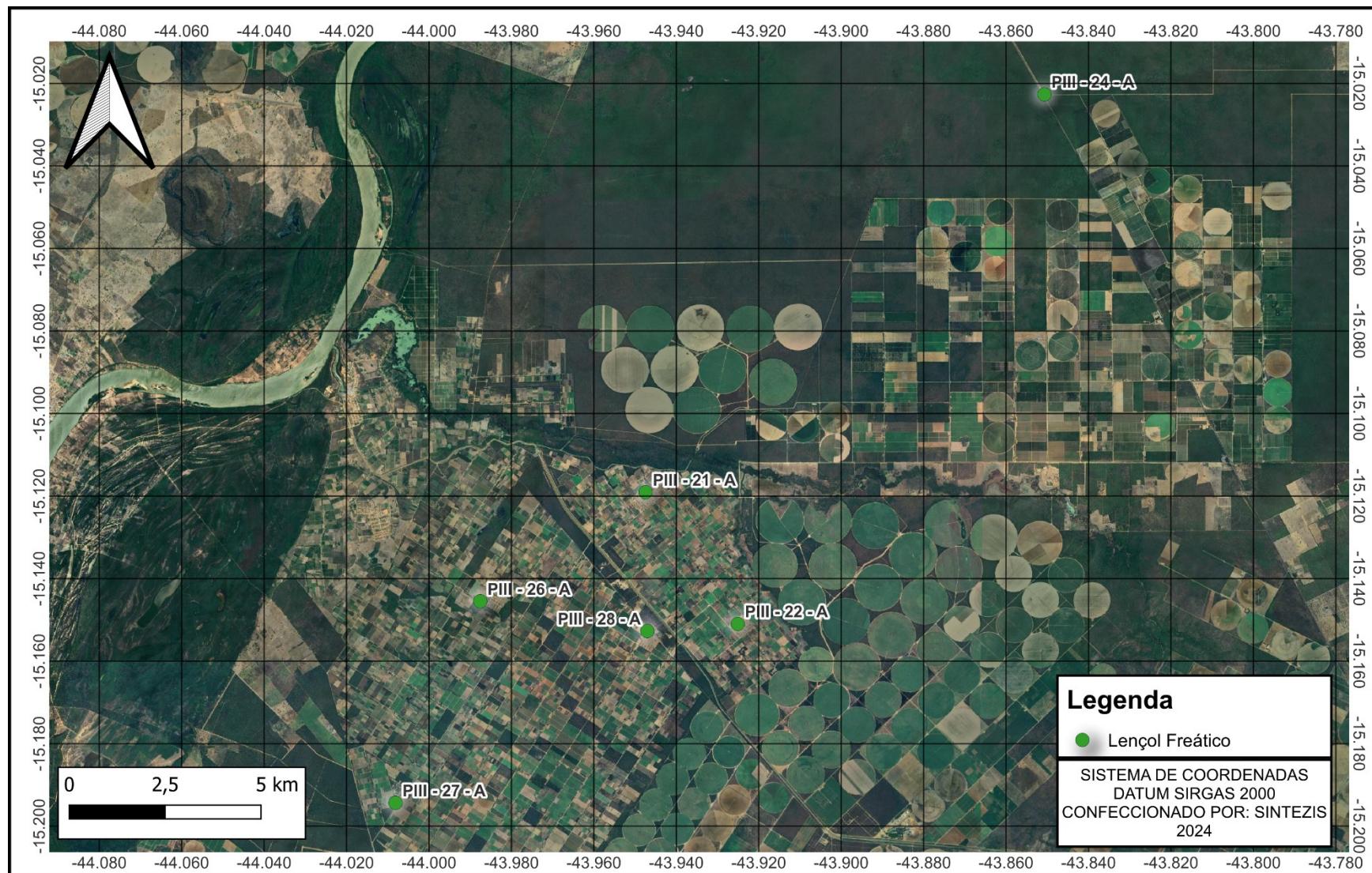


Figura 12: Localização dos pontos – lençol freático.

4.2.2 Composição de parâmetros lençol freático

Os parâmetros analisados foram selecionados/estabelecidos de acordo com o tipo de amostra (água ou sedimento), sendo apresentado na Tabela 9 a seguir os parâmetros monitorados no lençol freático.

Tabela 9: Parâmetros analisados no lençol freático

Parâmetros	Lençol freático (poço)
	III
2,4-D	mg/L
Arsênio	mg/L
Boro	µg/L
Cloreto	µg/L
Coliformes Totais	NMP/100 mL
Condutividade Elétrica	µS/cm
Cor Verdadeira	mgPt/L
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/L
Diazinon	µg/L
Disulfoton	µg/L
Escherichia coli	NMP/100 mL
Etion	µg/L
Ferro	µg/L
Fósforo Total	mg/L
Malation	µg/L
Mercúrio	µg/L
Nitrato	mg/L
Nitrito	µg/L
Nitrogênio Ammoniacal	mg/L
Nitrogênio Orgânico	mg/L
Nitrogênio total	mg/L
Oxigênio Dissolvido	mg/L
Paration	mg/L
pH	-
Sódio	mg/L
Sólidos Totais	mg/L
Temperatura da Amostra	°C
Turbidez	UNT
Total	28

4.3 SEDIMENTOS

Um estudo sobre os sedimentos se faz necessário para acompanhar sua composição, bem como a influência que ele exerce sobre a qualidade das águas e as comunidades aquáticas. Sendo assim, a análise do sedimento de um ambiente aquático é vital para a compreensão de uma série de fatores, pois possibilita a caracterização das populações de organismos presentes no ecossistema, controle de fontes de poluição, além do conhecimento dos tipos de atividades antrópicas que acontecem ou aconteceram no seu entorno.

Ainda não há legislação nacional que disponha a respeito da qualidade dos sedimentos límnicos, enquanto estes ainda compõem o ambiente natural, exceto a legislação que disciplina a dragagem e a disposição dos sedimentos dragados, a Resolução CONAMA

Nº 454 de 1º de novembro de 2012. Esta Resolução apresenta a lista de parâmetros com os níveis de classificação do material a ser dragado. A relação dos parâmetros monitorados são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: Valores máximos permitidos para sedimentos dragados

Parâmetros	Valores de referência (CONAMA nº 454/2012)	
	Nível 1	Nível 2
2,4-D	N.a.	N.a.
Alacloro	N.a.	N.a.
Aldrin	N.a.	N.a.
Arsênio	5,9	17
Carbono Orgânico Total	10	10
DDT+DDD+DDE	N.a.	N.a.
Demeton O e S	N.a.	N.a.
Diazinon	N.a.	N.a.
Dieldrin	2,85	6,667
Disulfoton	N.a.	N.a.
Endossulfan (a + B e Sais)	N.a.	N.a.
Endrin	2,67	62,4
Etion	N.a.	N.a.
Fósforo Total	2000	2000
HCH Alfa	N.a.	N.a.
HCH Beta	N.a.	N.a.
HCH Delta	N.a.	N.a.
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	N.a.	N.a.
Hexaclorobenzeno	N.a.	N.a.
Lindano (gama-HCH)	0,94	1,38
Malation	N.a.	N.a.
Mercúrio	0,17	0,486
Metolacloro	N.a.	N.a.
Paration	N.a.	N.a.
Pentaclorofenol	N.a.	N.a.
pH em Água	N.a.	N.a.

4.3.1 Descrição de Rede de amostragem – sedimento (Fonte primária, multiuso e drenagem do perímetro coletor)

As coordenadas, descrição e mapa com a localização dos pontos de amostragem de sedimentos são apresentados na Tabela 11 e Figura 13:

Tabela 11: Coordenadas dos pontos de amostragem - Sedimentos

Ambiente	Ponto Amostral	Localização	Coordenadas Geográficas	
			W	S
Fonte primária	P I - 34 - S	No Rio São Francisco à montante da captação do Perímetro = Mesma coordenada PI-01-A	- 15 08288	- 44 02287
	P I - 35 - S	No canal de chamada = Mesma coordenada PII-03-A	- 15 09087	- 44 02179
Multiuso	P II - 36 - S	No canal CP-1	- 15 09762	- 44 02052
Drenagem do Perímetro Coletor	P V - 30 - S	No fundo do canal CP-2 na ponte da Gleba F.	- 15 15512	- 43 93936
	P V - 31 - S	No fundo do canal CP/B entre os lotes B2-30 e B1-69. Gleba B.	-15 15866	- 43 99806

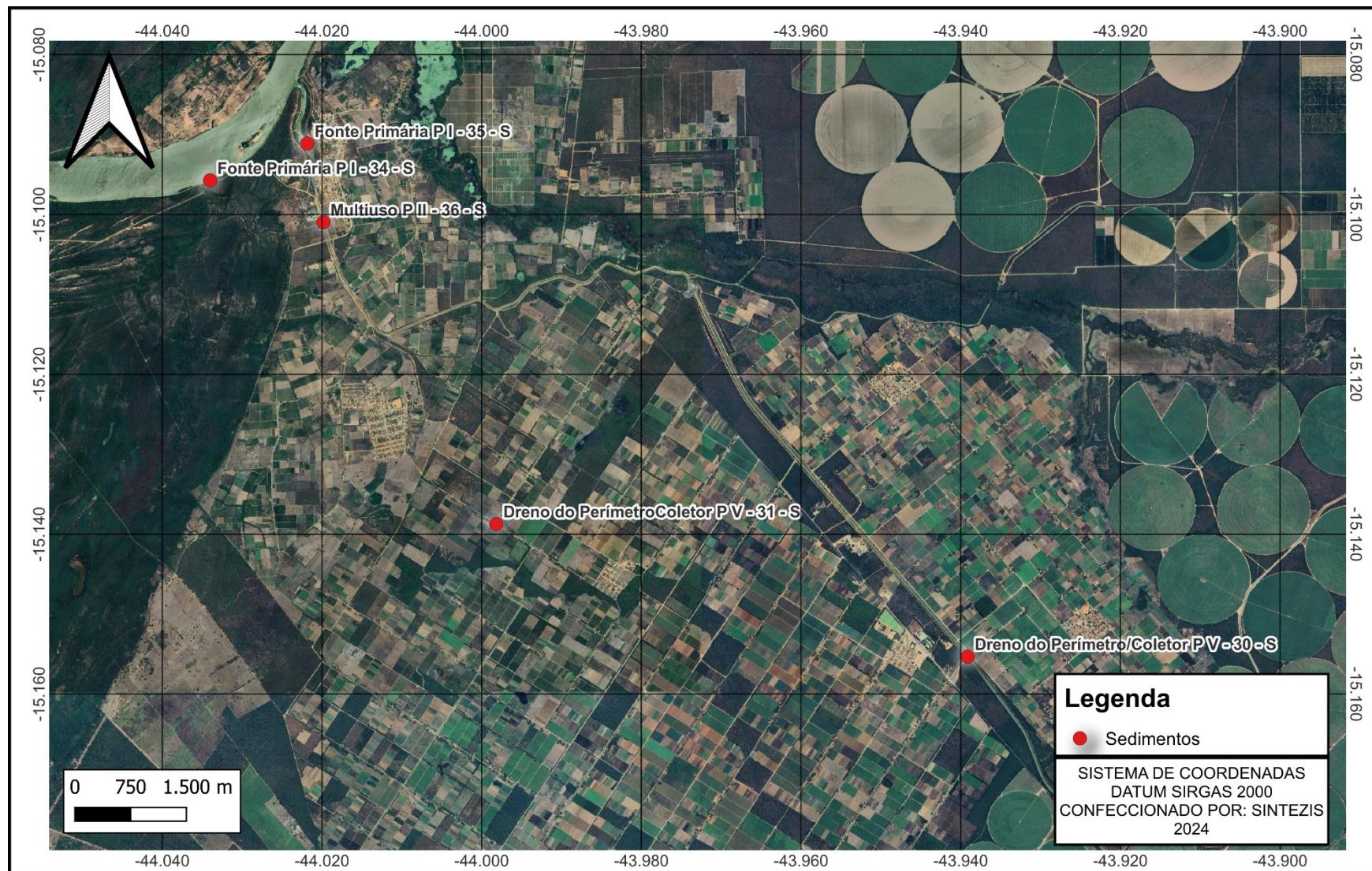


Figura 13: Localização dos pontos de amostragem – sedimentos nos ambientes de fonte primária, multiuso e drenagem do perímetro coletor.

4.3.2 Composição de parâmetros monitorados em sedimentos

Os parâmetros analisados foram selecionados/estabelecidos de acordo com o tipo de amostra (água ou sedimento), sendo apresentado na Tabela 12 os parâmetros monitorados no sedimento nos ambientes de fonte primária, multiuso e drenagem do perímetro coletor.

Tabela 12: Parâmetros analisados por ambiente

Parâmetros	VMP	Unidade de medida	Fonte Primária		Multiuso	Drenagem do Perímetro Coletor	
			P I - 34	P I - 35		P II - 36	P V - 30
2.4-D	N.a.	mg/Kg					x x
Alacloro	N.a.	mg/Kg					x x
Aldrin	N.a.	mg/Kg					x x
Arsênio	17	mg/Kg	x	x	x		x x
Carbono Orgânico Total	10	dag/Kg					x x
DDT+DDD+DDE	N.a.	mg/Kg					x x
Demeton O e S	N.a.	µg/L					x x
Diazinon	N.a.	µg/L					x x
Dieldrin		mg/Kg					x x
Disulfoton	N.a.	µg/L					x x
Endossulfan (a + B e Sais)	N.a.	mg/Kg					x x
Endrin		mg/Kg					x x
Etion	N.a.	µg/L					x x
Fósforo Total	2000	mg/Kg	x	x	x		x x
HCH Alfa	N.a.	mg/Kg					x x
HCH Beta	N.a.	mg/Kg					x x
HCH Delta	N.a.	mg/Kg					x x
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	N.a.	mg/Kg					x x
Hexaclorobenzeno	N.a.	mg/Kg					x x
Lindano (gama-HCH)		mg/Kg					x x
Malation	N.a.	mg/Kg					x x
Mercúrio	0.486	mg/Kg					x x
Metolacloro	N.a.	mg/Kg					x x
Paration	N.a.	mg/Kg					x x
Pentaclorofenol	N.a.	mg/Kg					x x
pH em Água	N.a.	-					x x

4.4 ANÁLISE DE DADOS

4.4.1 Índice de Qualidade da Água – IQA

Depois de comparados os resultados com os padrões estabelecidos na legislação, também foi realizado o cálculo do Índice de Qualidade das Águas – IQA, de acordo com a metodologia estabelecida pela ANA (2024). Assim, foram utilizados nove parâmetros, considerados mais representativos: oxigênio dissolvido, coliformes fecais (termotolerantes), pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio, fósforo total, temperatura da água, turbidez

e sólidos totais. A cada parâmetro foi atribuído um peso, listados na Tabela 13, de acordo com sua importância relativa no cálculo do IQA.

Tabela 13: Parâmetros utilizados no cálculo do IQA, com seus respectivos pesos

Parâmetros	Peso w_i
Coliformes termotolerantes	0,15
pH	0,12
Demandâ Bioquímica de Oxigênio	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Temperatura da amostra	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos totais	0,08
Oxigênio dissolvido	0,17

Fonte: ANA, 2024.

Então o IQA foi calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros conforme a fórmula:

$$IQA = \prod_{i=0}^9 q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA – índice de qualidade da água,

q_i = qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade;

w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

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

sendo n o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Os valores do índice variam entre 0 e 100, conforme especificado na Tabela 14:

Tabela 14: Limites do IQA

Qualidade da água	Faixas DE IQA	Faixas DE IQA
	AL, MG, MT, PR, RJ, RN, RS	BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE, SP
Ótima	91 < IQA ≤ 100	80 < IQA ≤ 100
Boa	71 < IQA ≤ 90	52 < IQA ≤ 79
Regular	51 < IQA ≤ 70	37 < IQA ≤ 51
Ruim	26 < IQA ≤ 50	20 < IQA ≤ 36
Péssima	0 < IQA ≤ 25	0 < IQA ≤ 19

Fonte: ANA (2024)

4.4.2 Índice de Estado Trófico – IET

Também foi calculado o IET - Índice do Estado Trófico. Este índice tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas.

O Índice de Estado Trófico é composto pelo Índice do Estado Trófico para o fósforo – IET(PT) e o Índice do Estado Trófico para a clorofila a – IET(CL), modificados por Lamparelli (2004), sendo estabelecidos para ambientes lóticos, segundo as equações A e B. Assim, para cada ponto, serão utilizadas as médias geométricas das concentrações de fósforo total e clorofila a para cálculo do IET(PT) e IET(CL), sendo o IET final resultante da média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila a, como mostra a equação C. No caso de não haver resultados para o fósforo total ou para a clorofila a, o índice será calculado com a variável disponível e considerado equivalente ao IET, devendo, apenas, constar uma observação junto ao resultado, informando que apenas uma das variáveis foi utilizada. Já no caso de não haver concentrações de fósforo nem de clorofila, a classificação do ambiente será realizada pelo IET transparência (CARLSON, 1977).

Em rios, o cálculo do IET, a partir dos valores de fósforo total e clorofila a, é feito pela fórmula, segundo LAMPARELLI (2004):

Equações A:

$$IET (PT) = 10 \cdot (6 - ((0,42 - 0,36 \cdot (\ln.PT) / \ln 2)) \cdot 20, \text{ onde o fósforo total (PT) é expresso em } \mu\text{g/L}.$$

$$IET (CL) = 10 \cdot (6 - ((0,7 - 0,6 \cdot (\ln.CL) / \ln 2)) \cdot 20, \text{ onde a clorofila (CL) é expresso em } \mu\text{g/L}.$$

Em reservatórios, o cálculo do IET a partir dos valores de fósforo e clorofila a é feito pela fórmula:

Equações B:

IET = $10 \cdot (6 - (1,77 - 0,42 \cdot (\ln.PT) / \ln 2))$ onde o fósforo total (PT) é expresso em $\mu\text{g/L}$.

IET = $10 \cdot (6 - (0,92 - 0,34 \cdot (\ln.CL) / \ln 2))$ onde o clorofila a (CL) é expresso em $\mu\text{g/L}$.

Equação C:

IET = $[\text{IET(PT)} + \text{IET(CL)}]/2$

Os valores do IET são classificados segundo classes de estado tróficos, apresentadas na Tabela 15, juntamente com suas características.

Tabela 15: Classe de estado trófico e suas características principais

Valor do IET	Classes de Estado Trófico	Características
IET ≤ 47	Ultraoligotrófico	Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam prejuízos aos usos da água.
$47 < \text{IET} \leq 52$	Oligotrófico	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
$52 < \text{IET} \leq 59$	Mesotrófico	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
$59 < \text{IET} \leq 63$	Eutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
$63 < \text{IET} \leq 67$	Supereutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos.
IET > 67	Hipereutrófico	Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: CETESB, 2022.

A CETESB não considera, normalmente, na estimativa do Estado Trófico, o cálculo do índice de transparência, pois esta é afetada pela elevada turbidez decorrente de material em suspensão, comum em reservatórios e rios do Estado de São Paulo. No entanto, quando não foram encontradas concentrações de fósforo e clorofila, também foi realizado o IET de transparência (CARLSON, 1977), sendo utilizada a seguinte fórmula:

Equação D:

$$\text{IET (DS)} = (10 \cdot (6 - (\ln.DS) / \ln.2)), \text{ sendo:}$$

DS = transparência da água medida através de disco de Secchi (m)

$\ln.DS$ = logaritmo neperiano da transparência da água medida através de disco de Secchi (m)

$\ln.2$ = logaritmo neperiano de 2

4.4.3 Classificação de águas para irrigação

Os aspectos fundamentais a considerar no uso da água de irrigação são aqueles que afetam principalmente a conservação do solo e o rendimento e qualidade das colheitas. Quanto ao aspecto da qualidade da água, este é definido em função dos critérios de salinidade, sodicidade, toxicidade e outros.

A classificação dessas águas para fins de irrigação fornece uma base para predizer com razoável confiança o efeito geral da sua utilização sobre o solo e a planta e sob o sistema de irrigação.

Os estudos da água visando determinar sua qualidade para a utilização na agricultura irrigada são muito antigos e são baseados em algumas características químicas da água e fisiologia das plantas. Para este relatório utilizamos a classificação proposta pelos técnicos do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos se baseia no diagrama da Figura 14.

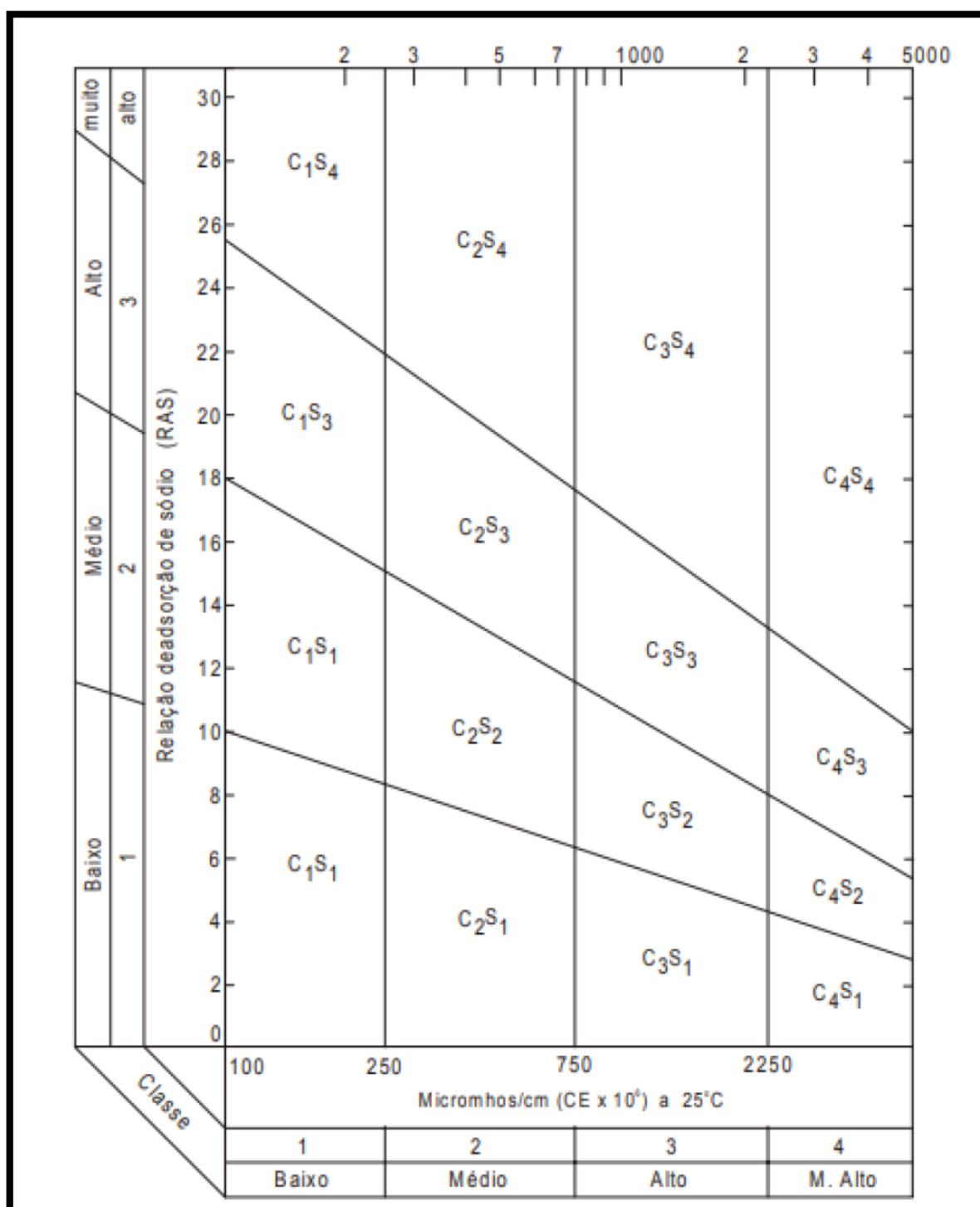


Figura 14: Diagrama para classificação de águas para irrigação.

Fonte: (RICHARDS, 1954).

Conforme amostrado no diagrama as águas se dividem em quatro classes (C_1 a C_4), com respeito a sua condutividade elétrica (CE), ou seja, a classificação se baseia na concentração total de sais solúveis. Já as outras quatro classes (S_1 a S_4) baseiam-se no efeito que tem o sódio trocável sobre a condição física do solo. A combinação destes dois índices, CE e RAS, permitem estabelecer diferentes tipos de águas, ficando identificada cada uma

delas pela inicial de cada um dos índices e subíndices numéricas. À medida que aumentam o valor dos subíndices, diminui a qualidade da água de irrigação.

Provavelmente o critério mais importante com respeito à qualidade da água para irrigação seja a concentração total de sais. Tomando como base este critério de CE, as águas se dividem em quatro classes: salinidade baixa, salinidade média, salinidade alta e salinidade muito alta, sendo os pontos divisórios entre classes 250, 750 e 2.250 $\mu\text{mho}/\text{cm}$.

C₁ - água de baixa salinidade (CE entre 0 e 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$ a 25 °C). Pode ser usada para irrigação da maior parte dos cultivos, em quase todos os tipos de solos com muito pouca probabilidade de que se desenvolva salinidade. Necessita de alguma lixiviação, porém esta se consegue em condições normais de irrigação, exceto em solos de muito baixa permeabilidade.

C₂ - água de salinidade média (CE entre 250 e 750 $\mu\text{S cm}^{-1}$ a 25 °C). Pode ser usada sempre que houver um grau moderado de lixiviação. Plantas com moderada tolerância aos sais podem ser cultivadas, na maioria dos casos, sem necessidade de práticas especiais de controle de salinidade.

C₃ - água de salinidade alta (CE entre 750 e 2250 $\mu\text{S cm}^{-1}$ a 25 °C). Não pode ser usada em solos cuja drenagem seja deficiente. Mesmo com drenagem adequada pode necessitar de práticas especiais de controle da salinidade, devendo, portanto, selecionar unicamente aquelas espécies vegetais muito tolerantes a sais.

C₄ - água de salinidade muito alta (CE entre 2250 e 5000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ a 25 °C). Não é apropriada para irrigação sob condições ordinárias, porém pode ser usada ocasionalmente em circunstâncias muito especiais. Os solos devem ser permeáveis, a drenagem adequada, devendo aplicar um excesso de água para alcançar uma boa lixiviação; devem ser selecionados cultivos altamente tolerantes a sais.

Já com relação a Relação de Adsorção de Sódio (RAS), as águas são divididas em quatro classes, sendo baixo, médio, alto e muito alto, a depender dos valores da RAS e da CE, para valor de CE de 100 $\mu\text{mhos}/\text{cm}$. Os pontos de divisão se encontram em valores para RAS de 10, 18 e 26, entretanto, com uma maior salinidade, os valores para RAS diminuem progressivamente até 2.250 $\mu\text{mhos}/\text{cm}$, onde os pontos divisórios se encontram para valores de RAS de, aproximadamente, 4, 9 e 14. Ou seja, para valores maiores de salinidade (CE), necessitamos menores valores de RAS para aumentar o perigo de sodificação.

S₁ - água com baixo conteúdo em sódio (RAS $\leq 18,87 - 4,44 \log \text{CE}$). Pode ser usada para a irrigação na maioria dos solos com pouca probabilidade de alcançar níveis

perigosos de sódio trocável. Não obstante, os cultivos sensíveis, como algumas fruteiras e abacate, podem acumular quantidades prejudiciais de sódio.

S₂ - água com conteúdo médio em sódio (18,87 – 4,44 log CE < RAS ≤ 31,31 – 6,66 log CE). Em solos de textura fina o sódio representa um perigo considerável, mais ainda se ditos solos possuem uma alta capacidade de intercâmbio de cátions, especialmente em condições de lixiviação deficiente, a menos que o solo contenha gesso. Estas águas só podem ser usadas em solos com textura grossa ou em solos orgânicos de boa permeabilidade.

S₃ - água com alto conteúdo de sódio (31,31 – 6,66 log CE < RAS ≤ 43,75 – 8,87 log CE). Pode produzir níveis tóxicos de sódio trocável na maioria dos solos, pelo que estes necessitarão práticas especiais de manejo, boa drenagem, fácil lixiviação e aporte de matéria orgânica. Os solos com alto conteúdo de gesso podem não desenvolver níveis prejudiciais de sódio trocável quando se irrigam com este tipo de águas. Pode ser requerido o uso de melhoradores químicos para substituir o sódio trocável; entretanto, tais melhoradores não serão economicamente viáveis quando são usadas águas de muito baixa salinidade.

S₄ - água com conteúdo muito alto de sódio (RAS > 43,75 – 8,87 log CE). É inadequada para irrigação, exceto quando sua salinidade é baixa ou média e quando a dissolução de cálcio do solo e a aplicação de gesso ou outros melhoradores não faz antieconômico o emprego desta classe de água.

A relação de adsorção de sódio (RAS) é a relação entre as concentrações de Na⁺ e as concentrações dos íons divalentes Ca²⁺ e Mg²⁺, expressas em mmol L⁻¹, no extrato de saturação do solo e é calculada pela fórmula: RAS = [Na⁺] / [(Ca²⁺ + Mg²⁺)/2]^{1/2}.

5 RESULTADOS

5.1 ÁGUAS SUPERFICIAIS

5.1.1 Ambiente Fonte de Água Primária – Rio São Francisco

Para o ambiente de fonte primária foram coletadas 2 (duas) amostras no dia 16/09/2024. As características do ambiente e da amostra, bem como as fotos, são apresentadas na Tabela 16, abaixo.

Tabela 16: Características da amostra no momento da coleta – Fonte Primária (setembro/2024)

Ponto Amostral	Condições climáticas/Observações	Característica da amostra	Registros fotográficos
P I - 01 - A	Tempo ensolarado e com ventos moderados Coleta realizada no leito do Rio São Francisco. Presença de atividades agropecuárias.	Água cinza clara e inodora.	
P I - 02 - A	Tempo ensolarado e com ventos moderados Coleta realizada no leito do Rio São Francisco. Presença de atividades agropecuárias.	Água transparente e inodora.	

A Tabela 17 apresenta os resultados obtidos e os valores máximos/mínimos permitidos de acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005.

Tabela 17: Resultados das análises das amostras coletadas no Rio São Francisco (Fonte Primária) em setembro/2024

Parâmetros	Unidade de medida	Valores de referência (CONAMA nº 357, Art. 15)	Setembro/2024	
			P I - 01 - A	P I - 02 - A
Tipo de ambiente				
2,4-D	µg/L	4	<0,00500000	<0,00500000
Alacloro	µg/L	20	<0,00500	<0,00500
Alcalinidade Total	mg/L	N.a.	16,6	33,9
Aldrin	µg/L	N.a.	<0,00100	<0,00100
Arsênio	mg/L	0,01	<0,00100	0,0134
Boro	mg/L	0,5	<0,100	<0,100

Parâmetros	Unidade de medida	Valores de referência (CONAMA nº 357, Art. 15)	Setembro/2024	
			P I - 01 - A	P I - 02 - A
Tipo de ambiente			Lótico	Lótico
Cálcio	mg/L	N.a.	7,45	12,13
Cálculo de IQA	-	N.a.	85	89
Cálculo IET	-	N.a.	51	50
Carbono Orgânico Total	mg/L	N.a.	<19,84	<19,84
Cloreto	mg/L	250	4,13	6,88
Clorofila a	µg/L	30	11,32	9,46
Coliformes Totais	NMP/100 mL	N.a.	1553,1	1986,3
Condutividade Elétrica	µS/cm	N.a.	64,1	84,8
Cor Verdadeira	mgPt/L	75	10,14	10,86
DDT+DDD+DDE	mg/L	N.a.	<0,00000200	<0,00000200
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 Dias)	mg/L	5	<2,00	<2,00
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	mg/L	N.a.	<50	<50
Demeton O e S	µg/L	0,1	<0,0100	<0,0100
Diazinon	µg/L	N.a.	<0,00300	<0,00300
Dieldrin	µg/L	N.a.	<0,00100	<0,00100
Disulfoton	µg/L	N.a.	<0,00300	<0,00300
Endossulfan (a + B e Sais)	µg/L	0,056	<0,0500	<0,0500
Endrin	µg/L	0,004	<0,0100	<0,0100
Escherichia coli	NMP/100 mL	N.a.	4,1	2
Etion	µg/L	N.a.	<0,00300	<0,00300
Ferro	mg/L	N.a.	0,204	0,276
Ferro Dissolvido	mg/L	0,3	0,015	<0,010
Fósforo Total	mg/L	0,03 Lên/ 0,1 Lót	<0,0100	<0,0100
HCH Alfa	µg/L	N.a.	<0,100	<0,100
HCH Beta	µg/L	N.a.	<0,100	<0,100
HCH Delta	µg/L	N.a.	<0,100	<0,100
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01	<0,00100	<0,00100
Hexaclorobenzeno	µg/L	0,0065	<0,100	<0,100
Lindano (gama-HCH)	µg/L	0,02	<0,00100	<0,00100
Magnésio	mg/L	N.a.	2,871	3,441
Malation	µg/L	0,1	<0,00100	<0,00100
Mercúrio	mg/L	0,0002	0,000688	<0,000200
Metolacloro	µg/L	10	<0,0500	<0,0500
Nitrato	mg/L	10	0,374	<0,136
Nitrito	mg/L	1	<0,00500	<0,00500
Nitrogênio Amoniacial	mg/L	Máx. 3,7	0,0296	0,0881
Nitrogênio Orgânico	mg/L	N.a.	6,8	9,98
Nitrogênio total	mg/L	N.a.	7,2	10,2
Óleos e Graxas	mg/L	Virtualmente Ausentes	<10,0	<10,0
Oxigênio Dissolvido	mg/L	Mín. 5	8,145	8,075
Paration	µg/L	0,04	<0,0400	<0,0400
Pentaclorofenol	mg/L	0,009	<0,0001	<0,0001
pH	-	6 a 9	7,96	8,05
Sódio	mg/L	N.a.	3,83	5,149
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	N.a.	13	31
Sólidos Totais	mg/L	N.a.	70	114
Temperatura da Amostra	°C	N.a.	22,5	22,5
Turbidez	UNT	100	4,4	3,2

Obs.: Os valores em destaque de vermelho referem-se aqueles que se apresentaram em desacordo com os limites preconizados na legislação.

Como observado na tabela anterior, grande parte dos parâmetros analisados nas estações apresentaram concentrações menores que o limite de detecção da metodologia analítica. Quando as concentrações são comparadas com os valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA 357/2005, a maioria dos parâmetros apresentaram concentrações em acordo com a legislação, com exceção apenas do arsênio no ponto PI - 02 - A e do mercúrio no ponto PI - 01 - A.

O arsênio é um elemento químico que ocorre naturalmente na crosta terrestre. No entanto, durante a extração de carvão, o arsênio presente nos depósitos pode ser liberado no meio ambiente. Segundo Pirrho (2023), a mineração de carvão é responsável pela liberação de elevadas concentrações de arsênio, impactando especialmente as águas superficiais e subterrâneas nas proximidades das minas. Além disso, conforme apontado por Rokonuzzaman (2019), as escombreiras de carvão podem representar uma fonte significativa de contaminação por arsênio, afetando tanto o solo quanto as águas superficiais e subterrâneas.

O mercúrio (Hg) é um metal tóxico amplamente distribuído na crosta terrestre, mobilizado para a atmosfera e ambientes superficiais por fontes naturais ou antrópicas. A emissão de Hg por atividades humanas modificou seu ciclo biogeoquímico global, excedendo as taxas naturais e alterando sua distribuição espacial e temporal (MONTEIRO, 2020).

Na biosfera, o mercúrio é normalmente encontrado em níveis de metais traço e o aumento de sua concentração no ambiente aquático tem relação direta com o acúmulo nos organismos vivos pelos processos de bioacumulação e biomagnificação na cadeia trófica (DA SILVA et al., 2015).

5.1.2 Ambiente Multiuso

Para o ambiente multiuso foram coletadas 16 (dezesseis) amostras entre os dias 16/09/20224 e 18/09/2024. As características do ambiente e da amostra, bem como as fotos, são apresentadas na Tabela 18.

Tabela 18: Características da amostra no momento da coleta – Multiuso (setembro/2024)

Ponto Amostral	Condições climáticas/Observações	Característica da amostra	Registros fotográficos
P II – 03 - A	Tempo ensolarado e com ventos moderados. coleta realizada no canal de chamada na bacia de captação da EB-1, água para distribuição dos canais de irrigação, com presença de mata ciliares as margens e macrófitas aquáticas do tipo emersa enraizada.	Água cinza clara e inodora.	

Ponto Amostral	Condições climáticas/Observações	Característica da amostra	Registros fotográficos
P II – 04 - A	Tempo ensolarado e com ventos moderados. Coleta realizada no canal CP-1 imediatamente a saída de água da EB-1, água utilizada para irrigação, consumo humano e animal.	Água cinza claro e inodora.	
P II – 05 - A	Tempo ensolarado e com ventos moderados. Ausência de vegetação ciliar. Coleta realizada no canal CS-1/F, tomada d'água do canal secundário da gleba F. Água utilizada para irrigação, consumo humano e animal.	Água cinza claro e inodora.	
P II – 06 - A	Tempo ensolarado e com ventos moderados. Coleta realizada no canal CP-2 próximo a elevatória EB-3, água utilizada para irrigação, consumo humano e animal.	Água cinza claro e inodora.	
P II – 07 - A	Tempo ensolarado e com ventos moderados. Coleta realizada no canal CS-1/F a 100 metros da EB-2/F, gleba F, água utilizada para irrigação, consumo humano e animal.	Água cinza claro e inodora.	
P II – 08 - A	Tempo ensolarado e com ventos fracos. canal com vegetação alta ao redor. Coleta realizada no canal L,9,1 próximo ao CP1, água utilizada para irrigação, consumo humano e animal. Presença de macrófitas aquáticas submersa enraizada.	Água cinza claro e inodora.	

Ponto Amostral	Condições climáticas/Observações	Característica da amostra	Registros fotográficos
P II – 09 - A	Tempo ensolarado e com ventos moderados. Coleta realizada no canal CS 5/B próximo ao seu final, gleba B. água utilizada para irrigação, consumo humano e animal.	Água cinza claro e inodora.	
P II – 10 - A	Tempo ensolarado e com ventos moderados. Coleta realizada no canal L,3,4. próximo ao seu final. Água utilizada para irrigação, consumo humano e animal.	Água cinza claro e inodora.	
P II – 11 - A	Tempo ensolarado e com ventos fracos. Canal com vegetação alta ao seu redor. Coleta realizada no canal L,6, próximo ao seu final. Água utilizada para irrigação, consumo humano e animal.	Água cinza claro e inodora.	
P II – 13 - A	Tempo ensolarado e com ventos moderados. Presença de atividades agropecuárias. Coleta realizada no canal L,8,3, próximo ao seu final. Água utilizada para irrigação, consumo humano e animal.	Água cinza claro e inodora.	
P II – 14 - A	Tempo ensolarado e com ventos moderados. Coleta realizada no canal L11 próximo ao partidor, com presença de atividades agropecuárias. Água utilizada para irrigação, consumo humano e animal	Água cinza claro e inodora.	

Ponto Amostral	Condições climáticas/Observações	Característica da amostra	Registros fotográficos
P II – 15 - A	Tempo ensolarado e com ventos fracos. Mata ciliar ausente em ambas as margens, Coleta realizada no canal CP/A4 a Jusante da criação de peixes, próximo à rodovia que liga Mocambinho a Jaíba. Água utilizada para irrigação, consumo humano e animal.	Água cinza claro e inodora.	
P II – 16 - A	Tempo ensolarado e com ventos fracos. Coleta realizada no canal L1,2, próximo ao seu final, vegetação ao redor do mesmo. Água utilizada para irrigação, consumo humano e animal.	Água cinza claro e inodora.	
P II – 17 - A	Tempo ensolarado e com ventos fracos. Coleta realizada no canal CS-8/B próximo ao seu final. Gleba B. Água utilizada para irrigação, consumo humano e animal.	Água cinza caro e inodora.	
P II – 19 - A	Tempo ensolarado e com ventos moderados. Coleta realizada no Canal CQ1-T3-S11/C2 próximo ao final Gleba C2, canal com mata ciliar ausente com estrada de veículos a margem direita. Água utilizada para irrigação, consumo humano e animal.	Água cinza claro e inodora.	
P II – 33 - A	Tempo ensolarado e com ventos moderados. Coleta realizada no canal CP/ C2 100 metros a montante da estação ER-CP/ C2 Gleba C2. Água utilizada para irrigação, consumo humano e animal.	Água cinza claro e inodora.	

A Tabela 19 apresenta os resultados obtidos e os valores máximos/mínimos permitidos de acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005.

Tabela 19: Resultados das análises das amostras coletadas no ambiente multiuso, em setembro/2024 (Continua).

Parâmetros	Unidade de medida	Valores de referência (CONAMA nº 357, Art. 15)	Setembro/2024							
			P II - 03 - A	P II - 04 - A	P II - 05 - A	P II - 06 - A	P II - 07 - A	P II - 08 - A	P II - 09 - A	P II - 10 - A
Tipo de ambiente			Lótico							
Alcalinidade Total	mg/L	N.a.	27,6	<10,0	23,8	27,4	<10,0	29,2	27,1	28,5
Arsênio	mg/L	0,01	<0,00100	<0,00100	0,017	0,00342	0,0153	0,00735	<0,00100	0,0131
Cálcio	mg/L	N.a.	7,201	7,28	7,67	7,09	7,709	7,89	7,848	7,675
Cálculo de IQA	-	-	87	86	87	88	86	86	86	89
Cálculo IET	-	-	53	54	54	55	52	50	53	51
Cloreto	mg/L	250	<2,00	<2,00	<2,00	2,06	2,21	<2,00	2,49	2,52
Clorofila a	µg/L	30	17,03	24,28	24,44	26,71	15,94	9,05	20,26	12,69
Coliformes Totais	NMP/100 mL	N.a.	613,1	1046,2	1986,3	1732,9	1203,3	1986,3	1986,3	1986,3
Condutividade Elétrica	µS/cm	N.a.	55,7	54,7	65,9	64,9	64,3	62,8	54,4	56,8
Cor Verdadeira	mgPt/L	75	9,43	10,86	9,43	85,86	10,86	7,29	70,14	13,71
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 Dias)	mg/L	5	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Escherichia coli	NMP/100 mL	N.a.	<1	<1	1	<1	<1	2	1	<1
Ferro Dissolvido	mg/L	0,3	<0,010	<0,010	0,015	0,016	0,01	0,022	0,018	0,03
Fósforo Total	mg/L	0,03 Lên/ 0,1 Lót	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Magnésio	mg/L	N.a.	2,164	2,197	2,163	2,21	2,164	2,25	2,163	2,038
Nitrato	mg/L	10	<0,136	<0,136	<0,136	<0,136	<0,136	<0,136	<0,136	<0,136
Nitrito	mg/L	1	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500
Nitrogênio Ammoniacal	mg/L	Máx. 3,7	<0,0200	<0,0200	0,0362	0,0445	<0,0200	0,106	<0,0200	<0,0200
Nitrogênio Orgânico	mg/L	N.a.	6,69	9,6	6,51	3,98	7,41	6,05	6,1	4,18
Nitrogênio Total	mg/L	N.a.	6,71	9,6	6,55	4,02	7,41	6,16	6,1	4,18
Óleos e Graxas	mg/L	Virtualmente ausentes	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
Oxigênio Dissolvido	mg/L	Mín. 5,0	7,955	8,115	8,115	8,215	8,275	8,315	7,675	8,155
pH	-	6 a 9	7,85	7,89	8,02	7,89	7,91	7,73	8,14	8,21
Sódio	mg/L	N.a.	4,624	4,613	4,573	4,588	5,013	4,719	4,638	4,857
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	N.a.	11	16	34	28	44	22	35	30
Sólidos Totais	mg/L	N.a.	75	65	87	80	107	75	81	81
Temperatura da Amostra	°C	N.a.	23,5	25,8	26,9	25,1	25,3	25,1	25,4	26,5
Turbidez	UNT	100	8,1	9,3	13	16	17	15	16	9,6

Obs.: Os valores em destaque de vermelho referem-se aqueles que se apresentaram em desacordo com os limites preconizados na legislação.

Tabela 19: Resultados das análises das amostras coletadas no ambiente multiuso, em setembro/2024 (Continuação).

Parâmetros	Unidade de medida	Valores de referência (CONAMA nº 357, Art. 15)	Setembro/2024							
			P II - 11 - A	P II - 13 - A	P II - 14 - A	P II - 15 - A	P II - 16 - A	P II - 17 - A	P II - 19 - A	P II - 33 - A
Tipo de ambiente										
Alcalinidade Total	mg/L	N.a.	28,3	28,6	29,5	28,5	25,7	30	28,4	37,9
Arsênio	mg/L	0,01	<0,00100	0,00962	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	0,00465
Cálcio	mg/L	N.a.	7.536	8.123	7.666	7.358	7.612	7.316	8,26	7,573
Cálculo de IQA	-	-	86	83	86	86	89	88	89	65
Cálculo IET	-	-	53	51	55	54	51	55	49	53
Cloreto	mg/L	250	2,05	2,26	2,04	2,16	2,29	2,09	2,29	2,34
Clorofila a	µg/L	30	19,6	10,69	27,38	22,51	10,46	29,35	6,95	18,67
Coliformes Totais	NMP/100 mL	N.a.	316,9	456,9	1553,1	2419,6	113,7	547,5	307,6	2419,6
Condutividade Elétrica	µS/cm	N.a.	55,6	55,2	66,5	63,9	60,3	72,3	57,9	58,2
Cor Verdadeira	mgPt/L	75	15,14	17,29	10,86	6,57	20,86	11,57	8,71	12,29
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 Dias)	mg/L	5	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Escherichia coli	NMP/100 mL	N.a.	1	3,1	4,1	1	<1	<1	<1	2419,6
Ferro Dissolvido	mg/L	0,3	0,045	0,042	0,015	<0,010	0,013	0,025	<0,010	0,41
Fósforo Total	mg/L	0,03 Lên/ 0,1 Lót	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Magnésio	mg/L	N.a.	1.828	2,004	2,137	2,216	2,126	2,096	1,73	2,209
Nitrato	mg/L	10	<0,136	<0,136	<0,136	<0,136	<0,136	<0,136	<0,136	<0,136
Nitrito	mg/L	1	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500
Nitrogênio Ammoniacal	mg/L	Máx. 3,7	<0,0200	0,112	0,0379	0,0436	0,0527	0,0379	0,0461	<0,0200
Nitrogênio Orgânico	mg/L	N.a.	9,51	9,37	3,3	8,34	10,85	5,56	4,87	6,89
Nitrogênio Total	mg/L	N.a.	9,51	9,48	3,34	8,38	10,9	5,6	4,92	6,89
Óleos e Graxas	mg/L	Virtualmente ausentes	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
Oxigênio Dissolvido	mg/L	Mín. 5,0	7,85	8,205	7,815	8,285	7,845	8,085	7,955	8,005
pH	-	6 a 9	8,08	8,05	8,28	8,08	8,08	7,98	8,18	8,11
Sódio	mg/L	N.a.	4.556	4,809	4.702	4.713	4,673	4,702	4,916	4,572
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	N.a.	<10,0	21	24	34	21	20	11	40
Sólidos Totais	mg/L	N.a.	71	79	98	91	83	75	63	89
Temperatura da Amostra	°C	N.a.	28,5	29,1	26,8	26,8	26,9	26,8	26,5	25,4
Turbidez	UNT	100	9,2	11	11	12	12	13	2,6	14

Obs.: Os valores em destaque de vermelho referem-se aqueles que se apresentaram em desacordo com os limites preconizados na legislação.

Conforme observado na tabela, grande parte dos parâmetros analisados apresentaram concentrações menores que o limite de detecção da metodologia analítica durante o monitoramento. Em relação a aceitabilidade da legislação ambiental, quando comparadas com os valores máximos/mínimos permitidos pela Resolução CONAMA 357/2005, foram registradas concentrações em desacordo apenas para o arsênio nos pontos P II 05 – A, P II 07 – A e P II 10 – A, cor verdadeira no P II 06 – A e ferro no P II 33 - A.

Sobre esses dois parâmetros, a CETESB (2022), explica:

O arsênio ocorre naturalmente na crosta terrestre e está presente em mais de 200 minerais, e pode ser liberado ao ambiente por fontes naturais (poeiras e vulcões) e antropogênicas. O arsênio pode ser introduzido na água por dissolução de rochas e minérios, efluentes industriais, incluindo resíduos de mineração, e via deposição atmosférica. O arsênio presente no solo pode lixiviá-lo para a água subterrânea ou escoar para águas superficiais.

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (e esta redução dá-se por absorção de parte da radiação eletromagnética), devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico. Dentre os coloides orgânicos, podem ser mencionados os ácidos húmicos e fúlvicos, substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos.

A ocorrência de ferro nas águas é muito frequente e pode ser atribuída ao fato de que esse elemento faz parte da composição de diversos tipos de solos. O ferro é, de fato, um dos elementos mais abundantemente presentes na crosta terrestre, o que significa que seus compostos são detectados em praticamente todos os corpos d'água, mesmo em concentrações mínimas (DUARTE, 2019). Geralmente o ferro se dá na forma de íons dissolvidos, onde está relacionada à poluição ambiental de corpos hídricos, como o descarte inadequado de resíduos industriais (BARCO, 2017).

5.1.3 Ambiente Drenagem do perímetro coletor

Para o ambiente de drenagem do perímetro coletor foram coletadas duas (02) amostras no dia 18/09/2024. As características do ambiente e da amostra, bem como as fotos, são apresentadas na Tabela 20.

Tabela 20: Características da amostra no momento da coleta – Drenagem do perímetro coletor (setembro/2024)

Ponto Amostral	Condições climáticas/Observações	Característica da amostra	Registros fotográficos
P V - 20 - A	Tempo ensolarado e com ventos moderados. Coleta realizada no dreno Jaíba, imediatamente a montante da travessia do sifão que alimenta a Gleba C2. Córrego preservado as margens com presença de plantas tábua.	Água transparente e inodora.	
P V - 32 - A	Tempo ensolarado e com ventos moderados. Coleta realizada no dreno Jaíba imediatamente a montante da estrada de travessia de acesso a Gleba C3. Córrego com mata ciliar preservada as margens.	Água transparente e inodora.	

A Tabela 21 apresenta os resultados obtidos e os valores máximos/mínimos permitidos de acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005.

Tabela 21: Resultados das análises das amostras coletadas no ambiente drenagem do perímetro coletor, em setembro/2024

Parâmetros	Unidade de medida	Valores de referência (CONAMA nº 357, Art. 15)	Setembro/2024	
			P V - 20 - A	P V - 32 - A
Tipo de ambiente				
2,4-D	µg/L	4	<0,00500000	<0,00500000
Alaclor	µg/L	20	<0,00500	<0,00500
Alcalinidade Total	mg/L	N.a.	191	210
Aldrin	µg/L	N.a.	<0,00100	<0,00100
Arsênio	mg/L	0,01	0,0123	<0,00100
Boro	mg/L	0,5	<0,100	<0,100
Cálcio	mg/L	N.a.	92,195	98,085
Cálculo IQA	-	-	74	79
Cálculo IET	-	-	50	46
Carbono Orgânico Total	mg/L	N.a.	<19,84	<19,84
Cloreto	mg/L	250	89,4	95,8
Clorofila a	µg/L	30	9,18	4,01
Coliformes Totais	NMP/100 mL	N.a.	1732,9	344,8
Condutividade Elétrica	µS/cm	N.a.	471	468
Cor Verdadeira	mgPt/L	75	8,71	10,14
DDT+DDD+DDE	mg/L	N.a.	<0,00000200	<0,00000200
Demandâ Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 Dias)	mg/L	5	<2,00	<2,00
Demandâ Química de Oxigênio (DQO)	mg/L	N.a.	<50	<50
Demeton O e S	µg/L	0,1	<0,0100	<0,0100
Diazinon	µg/L	N.a.	<0,00300	<0,00300
Dieldrin	µg/L	N.a.	<0,00100	<0,00100
Disulfoton	µg/L	N.a.	<0,00300	<0,00300
Endossulfan (a + B e Sais)	µg/L	0,056	<0,0500	<0,0500
Endrin	µg/L	0,004	<0,0100	<0,0100

Parâmetros	Unidade de medida	Valores de referência (CONAMA nº 357, Art. 15)	Setembro/2024	
			P V - 20 - A	P V - 32 - A
		Tipo de ambiente	Lento	Lótico
Escherichia coli	NMP/100 mL	N.a.	98,7	8,4
Etion	µg/L	N.a.	<0,00300	<0,00300
Ferro	mg/L	N.a.	0,024	0,024
Ferro Dissolvido	mg/L	0,3	<0,010	<0,010
Fósforo Total	mg/L	0,03 Lento; 0,1 Lótico	<0,0100	<0,0100
HCH Alfa	µg/L	N.a.	<0,100	<0,100
HCH Beta	µg/L	N.a.	<0,100	<0,100
HCH Delta	µg/L	N.a.	<0,100	<0,100
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01	<0,00100	<0,00100
Hexaclorobenzeno	µg/L	0,0065	<0,100	<0,100
Lindano (gama-HCH)	µg/L	0,02	<0,00100	<0,00100
Magnésio	mg/L	N.a.	9,676	10,203
Malation	µg/L	0,1	<0,00100	<0,00100
Mercúrio	mg/L	0,0002	0,000739	<0,000200
Metolacloro	µg/L	10	<0,0500	<0,0500
Nitrato	mg/L	10	0,354	0,143
Nitrito	mg/L	1	<0,00500	<0,00500
Nitrogênio Amoniacial	mg/L	Máx. 3,7	<0,0200	<0,0200
Nitrogênio Orgânico	mg/L	N.a.	16,95	15,26
Nitrogênio total	mg/L	N.a.	17,3	15,4
Óleos e Graxas	mg/L	Virtualmente Ausentes	<10,0	<10,0
Oxigênio Dissolvido	mg/L	Mín. 5	8,515	8,445
Paration	µg/L	0,04	<0,0400	<0,0400
Pentaclorofenol	mg/L	0,009	<0,0001	<0,0001
pH	UpH	6 a 9	7,28	7,11
Sódio	mg/L	N.a.	23,604	26,067
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	N.a.	<10,0	<10,0
Sólidos Totais	mg/L	N.a.	471	467
Temperatura da Amostra	°C	N.a.	18,2	16,05
Turbidez	UNT	100	<1,0	3,6

Obs.: Os valores em destaque de vermelho referem-se aqueles que se apresentaram em desacordo com os limites preconizados na legislação.

De acordo com a tabela, durante o monitoramento realizado todos os parâmetros analisados apresentaram concentrações em acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, com exceção apenas dos parâmetros arsênio e mercúrio no ponto PV - 20 - A. Como já citado anteriormente, eles ocorrem naturalmente na crosta terrestre e/ou por meio de atividades antrópicas.

Mesmo assim, vale destacar que, a maioria dos parâmetros monitorados apresentaram concentrações menores que o limite de detecção da metodologia analítica.

5.2 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

As características da água registradas no momento da coleta podem ser verificadas na Tabela 22, a seguir.

Tabela 22: Características da amostra no momento da coleta (setembro/2024).

Ambiente	Ponto Amostral	Data da coleta	Condições climáticas/Observações	Característica da amostra
Lençol Freático	P III – 21 - A	17/09/2024	Tempo ensolarado e com ventos moderados.	Água transparente e inodora.
	P III – 22 - A			
	P III – 24 - A			
	P III – 26 - A			
	P III – 27 - A			
	P III – 28 - A		Poço desativado.	-

As fotos registradas no momento da coleta são apresentadas abaixo:



P III – 21 - A



P III – 22 - A



P III – 24 - A



P III – 26 - A



P III – 27 - A



P III – 28 - A (Desativado)

Foto 1: Fotografias dos pontos de águas subterrâneas (setembro/2024).

A Tabela 23, apresenta os resultados obtidos e os valores máximos/mínimos permitidos de acordo com a Resolução CONAMA nº 396/2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

Tabela 23: Resultados das análises das amostras coletadas no lençol freático, em setembro/2024

Parâmetros	Unidade de medida	Valores de referência (CONAMA nº 396/2008)				Setembro/2024					
		Consumo Humano	Dessedentação animal	Irrigação	Recreação	P III - 21 - A	P III - 22 - A	P III - 24 - A	P III - 26 - A	P III - 27 - A	P III - 28 - A
2,4-D	mg/L	N.a.	N.a.	N.a.	N.a.	<0,00500000	<0,00500000	<0,00500000	<0,00500000	<0,00500000	*
Arsênio	mg/L	0,01*	0,2*	-	0,05*	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	*
Boro	µg/L	500	5.000	500	1.000	869,8	<100,000	<100,000	<100,000	<100,000	*
Cloreto	µg/L	250.000	N.a.	100.000 - 700.000	400.000	16700	5250	22500	42200	8680	*
Coliformes Totais	NMP/100 mL	N.a.	N.a.	N.a.	N.a.	<1	1	<1	<1	3,1	*
Condutividade Elétrica	µS/cm	N.a.	N.a.	N.a.	N.a.	334	70,7	385	440	408	*
Cor Verdadeira	mgPt/L	N.a.	N.a.	N.a.	N.a.	<5,00	8,71	<5,00	<5,00	<5,00	*
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/L	N.a.	N.a.	N.a.	N.a.	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	*
Diazinon	µg/L	N.a.	N.a.	N.a.	N.a.	<0,00300	<0,00300	<0,00300	<0,00300	<0,00300	*
Disulfoton	µg/L	N.a.	N.a.	N.a.	N.a.	<0,00300	<0,00300	<0,00300	<0,00300	<0,00300	*
Escherichia coli	NMP/100 mL	Ausente/100mL	200/100 mL	-	800/100mL	<1	<1	<1	<1	<1	*
Etion	µg/L	N.a.	N.a.	N.a.	N.a.	<0,00300	<0,00300	<0,00300	<0,00300	<0,00300	*
Ferro	µg/L	300	N.a.	5.000	300	15,984	591,083	<0,010	157,504	20,078	*
Fósforo Total	mg/L	N.a.	N.a.	N.a.	N.a.	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	*
Malation	µg/L	190	N.a.	N.a.	N.a.	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100	*
Mercúrio	µg/L	1	10	2	1	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	0,256	*
Nitrito	mg/L	10*	90*	-	10*	<0,136	<0,136	0,146	0,155	<0,136	*
Nitrito	µg/L	1.000	10.000	1.000	1.000	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	*
Nitrogênio Ammoniacal	mg/L	N.a.	N.a.	N.a.	N.a.	0,289	0,12	0,042	0,0264	<0,0200	*
Nitrogênio Orgânico	mg/L	N.a.	N.a.	N.a.	N.a.	5,54	8,57	13,81	8,97	10,1	*
Nitrogênio total	mg/L	N.a.	N.a.	N.a.	N.a.	5,83	8,69	14	9,15	10,1	*
Oxigênio Dissolvido	mg/L	N.a.	N.a.	N.a.	N.a.	5,925	5,205	6,405	6,375	6,205	*
Paration	mg/L	N.a.	N.a.	N.a.	N.a.	<0,0000400	<0,0000400	<0,0000400	<0,0000400	<0,0000400	*
pH	-	N.a.	N.a.	N.a.	N.a.	7,89	7,96	7,11	6,87	7,09	*
Sódio	mg/L	200*	N.a.	N.a.	300*	96,402	4,964	25,233	12,767	7,195	*
Sólidos Totais	mg/L	N.a.	N.a.	N.a.	N.a.	339	69	378	390	392	*
Temperatura da Amostra	°C	N.a.	N.a.	N.a.	N.a.	21,5	21,8	18,5	21,3	18,15	*
Turbidez	UNT	N.a.	N.a.	N.a.	N.a.	<1,0	3,6	<1,0	<1,0	<1,0	*

Obs.: Os valores em destaque de vermelho referem-se aqueles que se apresentaram em desacordo com os limites preconizados na legislação.

Confrontando os resultados obtidos com os valores de referência estabelecidos pela Resolução, nota-se que a maioria dos dados encontrados estiveram abaixo dos VMP's fixados desde o uso mais restritivo até o menos restritivo. Além disso, grande parte dos parâmetros monitorados estiveram em acordo com a Resolução CONAMA nº 396/2008.

No entanto, o parâmetro **boro** para o uso de **consumo humano e irrigação** no ponto P III – 21 – A; o **cloreto** para o uso de **irrigação** em todos os pontos; e o **ferro** para **consumo humano e recreação** no ponto P III – 22 – A., apresentaram concentrações em desacordo com a legislação ambiental

O boro (B) é um composto inorgânico, semimetal, solúvel na água e causa problema ambientais, especialmente nas águas superficiais devido às escorrências agrícolas, dada a sua utilização estar bastante associado aos fertilizantes e pesticidas (CORREIA, 2019).

Corroborando com Silva e Migliorini (2014), eles mencionam que geralmente os teores de cloreto em águas subterrâneas são inferiores a 100.000 µg/L. Além do mais, cloretos quando encontrados em teores elevados conferem a água sabor salgado e possuem efeitos laxativos, tais íons podem ter origem natural (dissolução de minerais ou intrusão de águas marinhas) ou antropogênica (esgotos domésticos e industriais) (BRASIL, 2013).

A detecção do parâmetro ferro, pode estar vinculado à composição dos solos da bacia de drenagem e dos sedimentos, uma vez que esse elemento é comumente encontrado na composição dos mesmos (ESTEVES, 2011). O ferro é o quarto elemento mais abundante da Terra, ele é o contaminante mais comum presente em água potável, pois é facilmente lixiviado das rochas e minerais e acaba dissolvido nas águas subterrâneas. Os íons de ferro são as formas predominantes encontradas nos corpos hídricos (HALDAR *et al.*, 2020).

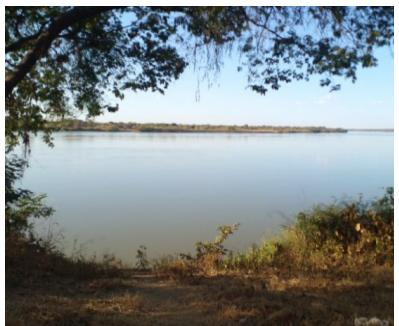
5.3 SEDIMENTOS

Abaixo segue a Tabela 24, contemplando o tipo de ambiente, o ponto amostral, bem como a data de amostragem.

Tabela 24: Pontos monitorados

Ambiente	Ponto Amostral	Data da coleta Setembro/2024
Fonte primária	P I - 34 - S	16/09/2024
	P I - 35 - S	
Multiuso	P II - 36 - S	16/09/2024
	P V - 30 - S	
Drenagem do Perímetro Coletor	P V - 31 - S	

As fotos registradas no momento da coleta podem são apresentadas abaixo:



P I - 34 - S



P I - 35 - S



P II - 36 - S



P V - 30 - S



P V - 31 - S

Foto 2: Fotografias dos pontos de sedimentos de setembro/2024 (Fonte primária, multiuso e drenagem do perímetro coletor).

A Tabela 25 apresenta os resultados obtidos nos pontos de fonte primária, multiuso e drenagem do perímetro coletor e os valores máximos permitidos de acordo com a Resolução CONAMA nº 454/2012, que disciplina a dragagem e a disposição dos sedimentos dragados em águas doces e salobras.

Tabela 25: Resultados das análises de sedimentos em ambiente de fonte primária, multiuso e drenagem perímetro coletor, em setembro/2024

Parâmetros	Unidade de medida	Valores de referência (CONAMA nº 454/2012)		Setembro/2024				
		Nível 1	Nível 2	P I - 34 - S	P I - 35 - S	P II - 36 - S	P V - 30 - S	P V - 31 - S
2,4-D	mg/Kg	N.a.	N.a.	-	-	-	<0,002	<0,002
Alacloro	mg/Kg	N.a.	N.a.	-	-	-	<0,002	<0,002
Aldrin	mg/Kg	N.a.	N.a.	-	-	-	<0,002	<0,002
Arsênio	mg/Kg	5,9	17	39,36	4,60	4,898	5,11	9,9
Carbono Orgânico Total	%	10	10	-	-	-	<5,00	<5,00
DDT+DDD+DDE	mg/Kg	N.a.	N.a.	-	-	-	<0,0001	<0,0001
Demeton O e S	mg/Kg	N.a.	N.a.	-	-	-	<0,002	<0,002
Diazinon	µg/L	N.a.	N.a.	-	-	-	<0,00300	<0,00300
Dieldrin	µg/Kg	2,85	6,667	-	-	-	<0,001	<0,001
Disulfoton	µg/L	N.a.	N.a.	-	-	-	<0,00300	<0,00300
Endossulfan (a + B e Sais)	mg/Kg	N.a.	N.a.	-	-	-	<0,002	<0,002
Endrin	µg/Kg	2,67	62,4	-	-	-	<0,00001	<0,00001
Etion	µg/L	N.a.	N.a.	-	-	-	<0,00300	<0,00300
Fósforo Total	mg/Kg	2000	2000	18,3	10,7	18,3	<0,0100	7,42
HCH Alfa	mg/Kg	N.a.	N.a.	-	-	-	<0,00002	<0,00002
HCH Beta	mg/Kg	N.a.	N.a.	-	-	-	<0,00002	<0,00002
HCH Delta	mg/Kg	N.a.	N.a.	-	-	-	<0,00002	<0,00002
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/Kg	N.a.	N.a.	-	-	-	<0,002	<0,002
Hexaclorobenzeno	mg/Kg	N.a.	N.a.	-	-	-	<0,002	<0,002
Lindano (gama-HCH)	µg/Kg	0,94	1,38	-	-	-	<0,02	<0,02
Malation	mg/Kg	N.a.	N.a.	-	-	-	<0,002	<0,002
Mercúrio	mg/Kg	0,17	0,486	-	-	-	<0,16	<0,16
Metolacloro	mg/Kg	N.a.	N.a.	-	-	-	<0,002	<0,002
Paration	mg/Kg	N.a.	N.a.	-	-	-	<0,002	<0,002
Pentaclorofenol	mg/Kg	N.a.	N.a.	-	-	-	<0,002	<0,002
pH em Água	-	N.a.	N.a.	-	-	-	7,02	6,64

Obs.: Os valores em destaque de vermelho referem-se aqueles que se apresentaram em desacordo com os limites preconizados na legislação.

De acordo com a tabela anterior, todas as análises realizadas para verificação da presença de pesticidas organoclorados e organofosforados apresentaram valores abaixo dos limites de quantificação, logo observa-se que no momento da coleta não havia vestígios de pesticidas nas amostras analisadas.

Quando comparado com a Resolução CONAMA 454/2012, foram verificados resultados em desacordo com o nível 1 para arsênio nos pontos PI - 34 – S e PI - 31 -S, e em desacordo com o nível 2 somente no ponto PI - 34 – S.

Vale ressaltar que nas amostras de sedimento do Rio São Francisco já são encontrados níveis altos de arsênio e fósforo, e as amostragens dos canais apresentam resultados aproximados, o que evidencia que a fonte desses “contaminantes” é do sedimento que vem do rio.

O arsênio (As) é um elemento amplamente distribuído na crosta terrestre e existe a uma concentração média mundial de cerca 5 mg kg⁻¹ (FLORA, 2015). O As encontra-se na crosta principalmente na forma de arsenopirita (FeAsS) e em alguns outros minerais de sulfeto (por exemplo, ouro pigmento (As₂S₃), realgar (As₄S₄)), embora ocorra como constituinte em mais de 200 minerais de menor abundância (GARELICK et al., 2008).

Níveis elevados de arsênio no sedimento do rio São Francisco, podem estar relacionados com o uso e ocupação do solo da bacia e a geologia regional. O Brasil foi protagonista dos maiores desastres ambientais do mundo, em razão do rompimento de barragens de rejeitos de minérios, ocorrido nos municípios de Mariana (2015) e Brumadinho (2019), ambos na região do quadrilátero ferrífero, em Minas Gerais. Em Brumadinho, os rejeitos de minério atingiram o Córrego do Feijão e foram carreados para o rio Paraopeba, principal afluente do Alto SF. Após o desastre, foram conduzidos estudos para avaliar a concentração de substâncias potencialmente tóxicas, como metais, na água e sedimentos, bem como, os efeitos ecotoxicológicos em diferentes níveis da cadeia trófica. Nesses estudos foram detectadas elevadas concentrações de metais, principalmente Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Cr, Ni, Pb, Cd e U (DAMASCENO, 2021).

5.4 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA

Para a execução do cálculo do IQA foram utilizados os parâmetros DBO, OD, fósforo total, nitrogênio total, pH, temperatura da amostra, turbidez, sólidos totais e *Escherichia coli*.

O IQA foi calculado na superfície de todos os pontos de amostragem dos ambientes de fonte primária, multiuso e drenagem do perímetro coletor. De acordo com os cálculos realizados, foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 26 a seguir.

Tabela 26: Resultados do IQA em ambiente de fonte primária, multiuso e drenagem perímetro coletor

Estações	Setembro/2024	
	Cálculo de IQA	Classificação
P I - 01 - A	85	Boa
P I - 02 - A	89	Boa
P II - 03 - A	87	Boa
P II - 04 - A	86	Boa
P II - 05 - A	87	Boa
P II - 06 - A	88	Boa
P II - 07 - A	86	Boa
P II - 08 - A	86	Boa
P II - 09 - A	86	Boa
P II - 10 - A	89	Boa
P II - 11 - A	86	Boa
P II - 13 - A	83	Boa
P II - 14 - A	86	Boa
P II - 15 - A	86	Boa
P II - 16 - A	89	Boa
P II - 17 - A	88	Boa
P II - 19 - A	89	Boa
P II - 33 - A	65	Razoável
P V - 20 - A	74	Boa
P V - 32 - A	79	Boa

De acordo com os resultados apresentados na tabela anterior, apenas o ponto P II - 33 - A, foi classificado como razoável, sendo essa classificação devido especialmente a valores mais elevados de *Escherichia coli*. Nos demais pontos as águas foram classificadas como de boa qualidade.

O IQA é uma ferramenta importante por fornecer um diagnóstico geral sobre o estado do corpo d'água e facilitar a tomada de decisão para atuar preventiva ou corretivamente sobre o recurso hídrico. Além disso, representa uma média de diversas variáveis em um único número, combinando unidades de medidas diferentes em uma única unidade. No entanto, a avaliação dos valores de parâmetros individuais não deve ser desprezada, pois o índice pode escamotear problemas relacionados a determinados parâmetros. As desvantagens do uso do IQA sem uma avaliação criteriosa, parâmetro por parâmetro, incluem a perda de informação de um único parâmetro, a perda de informação das interações entre parâmetros e a falta de portabilidade do índice para diferentes ecossistemas. Sendo assim, o índice jamais substituirá uma avaliação detalhada da qualidade das águas de uma determinada bacia hidrográfica (CETESB, 2022).

Vale ressaltar que como o IQA é resultado de um produtório dos parâmetros ponderados pelos seus respectivos pesos, seu comportamento apresenta o inconveniente de que nas situações em que todos os parâmetros apresentam valores satisfatórios, exceto um deles, o resultado é pouco influenciado negativamente. Nessa avaliação, um parâmetro com valor totalmente fora do padrão desejado, combinado com valores de outros parâmetros que sejam satisfatórios, pode gerar um IQA que classifique a água como excelente. Isso se explica pelas próprias características das operações matemáticas baseadas em produtórios, em que multiplicações potencializam positivamente o resultado, desconsiderando ou neutralizando um único valor pequeno (PEREIRA et. al, 2012).

Portanto deve-se ter cuidado ao interpretar esses dados, visto que, devido às limitações deste índice, apesar da maioria das amostras apresentarem resultados para o IQA que permitiram classificar essas águas como de boa qualidade, não significa que essa seja a real qualidade dessas águas.

5.5 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO

O processo de eutrofização de um ambiente aquático é caracterizado através da classificação em graus de trofia, ou seja, em níveis de estado trófico. Essa abordagem de classificação tipológica consiste em, de acordo com as suas características químicas e biológicas (como concentrações de nutrientes e produtividade primária), conferir a um corpo d'água uma categoria de estado trófico, variando de estágios mais amenos de eutrofização como o oligotrófico para mais avançados como o eutrófico. Lamparelli (2004) define o estado trófico como “a resposta biológica de lagos à introdução de nutrientes”. Em geral, é aceito que o nível trófico de um corpo d'água pode ser inferido a partir das suas concentrações de Clorofila a (utilizadas como medidas da biomassa de algas) das espécies de algas presentes, da transparência da água e das concentrações de nutrientes e oxigênio dissolvido (TOLEDO et al., 1983).

Na busca por limites que dividissem os ambientes segundo a sua qualidade, surgiram os esquemas simplificados de classificação em graus de trofia. Nesses esquemas, comumente apresentados na forma de tabelas, cada classe de trofia é representada por uma faixa de valores de uma variável, em geral são adotadas três variáveis: clorofila a transparência (Disco de Secchi) e fósforo total. Assim, para se determinar o estado trófico de um ambiente basta medir o valor de uma variável, buscar na tabela a faixa correspondente a esse valor e, deste modo, obtém-se a classe de trofia na qual o ambiente se encontra.

Outros autores estabeleceram Índices de Estado Trófico (IET), que são calculados a partir de três parâmetros: clorofila a, transparência (Disco de Secchi) e fósforo total (TOLEDO

et al., 1983). Esses índices são dinâmicos e sua concepção permite que os corpos d'água mudem de classificação de trofia ao longo do tempo. Sua principal função é auxiliar no diagnóstico do processo de eutrofização através do levantamento das características do corpo d'água. Atualmente, o Índice de Estado Trófico mais utilizado tanto no âmbito institucional como acadêmico no Brasil, é o índice clássico introduzido por Carlson (1977) e modificado por Toledo et al. (1983) e Toledo (1990), que alteraram as expressões originais para adequá-las à realidade de ambientes subtropicais. Contudo, recentemente Lamparelli (2004) propôs um novo Índice de Estado Trófico, baseada em dados coletados em reservatórios do Estado de São Paulo.

Devido ao seu caráter sintético e simplificado, os Índices de Estado Trófico são usualmente preferidos em estratégias de manejo, pois são usados para simplificar fenômenos complexos, o que decorre do fato de que um índice reduz um determinado fenômeno a uma única dimensão a partir da medida de uma série de variáveis. Assim têm-se que os IETs representam a média das principais expressões físicas, químicas e biológicas do conceito de estado trófico, sendo a transparência da água a variável física, clorofila a a variável biológica e as concentrações de fósforo total a variável química (BICUDO et al., 2006).

Na aplicação de um Índice de Estado Trófico pode-se observar que o Índice médio engloba, de forma satisfatória, a causa e o efeito do processo, pois os resultados do parâmetro fósforo total, IET (PT), podem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo, e os resultados procedentes da clorofila a, IET (CL), podem ser considerados como uma medida da resposta do ambiente aquático ao processo de eutrofização, pois indicam o nível de crescimento de algas (CETESB, 2022).

A importância da classificação trófica de ambientes aquáticos reside no fato de que o estabelecimento de critérios, numéricos ou normativos, auxilia no estabelecimento de políticas de gerenciamento de corpos d'água. Os critérios numéricos têm como vantagens o fato de serem objetivos e de mais fácil acompanhamento em programas de recuperação da qualidade das águas (LAMPARELLI, 2004).

Conforme apresentado no item metodologia, o cálculo do IET foi realizado com os valores dos parâmetros fósforo total e clorofila a, sendo utilizado o valor de transparência apenas caso não fosse possível a análise dos dois parâmetros. E para mensuração do IET global foi utilizada a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila a. O IET foi calculado apenas nos pontos localizados em água superficial.

Na Tabela 27 abaixo são apresentados os resultados de trofia realizado nos pontos de amostragem dos ambientes de fonte primária, multiuso e drenagem do perímetro coletor.

Tabela 27: Resultados de IET em ambiente de fonte primária, multiuso e drenagem perímetro coletor

Estações	Cálculo IET	Setembro/2024
		Classificação
P I - 01 - A	51	Oligotrófico
P I - 02 - A	50	Oligotrófico
P II - 03 - A	53	Mesotrófico
P II - 04 - A	54	Mesotrófico
P II - 05 - A	54	Mesotrófico
P II - 06 - A	55	Mesotrófico
P II - 07 - A	52	Oligotrófico
P II - 08 - A	50	Oligotrófico
P II - 09 - A	53	Mesotrófico
P II - 10 - A	51	Oligotrófico
P II - 11 - A	53	Mesotrófico
P II - 13 - A	51	Oligotrófico
P II - 14 - A	55	Mesotrófico
P II - 15 - A	54	Mesotrófico
P II - 16 - A	51	Oligotrófico
P II - 17 - A	55	Mesotrófico
P II - 19 - A	49	Oligotrófico
P II - 33 - A	53	Mesotrófico
P V - 20 - A	50	Oligotrófico
P V - 32 - A	46	Ultraoligotrófico

Quanto ao estado trófico, dos 20 (vinte) pontos de amostragem, 09 (nove) predominaram águas com estado **oligotróficos**, que são corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes. 10 (dez) pontos apresentaram águas **mesotróficas**, esses ambientes são corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos. Por fim, somente o ponto P V – 32 – A, foi classificado como **ultraoligotrófico**, que são considerados corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam prejuízos aos usos da água

Todos os pontos que se apresentaram em forma de ambiente mesotróficos, obtiveram valores elevado para o parâmetro clorofila a, o que consequentemente, ocasionou estes resultados.

O IET é apenas um dos diversos instrumentos utilizados para a avaliação do estado trófico e que para caracterizar um ambiente é necessária a persistência temporal da observação por várias campanhas, e uma consistência com outros dados (clorofila, densidade de fitoplâncton, concentrações de nutrientes). Sendo assim, um índice jamais poderá substituir uma avaliação detalhada da qualidade das águas de uma determinada bacia hidrográfica (CETESB, 2022).

5.6 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO

As águas do ambiente multiuso foram classificadas segundo a metodologia do Laboratório dos Estados Unidos (1954). E os resultados se encontram na Tabela 28 abaixo.

Tabela 28: Classificação das águas de irrigação, em setembro/2024

Parâmetros	Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Sódio (mmol/L)	Cálcio (mmol/L)	Magnésio (mmol/L)	RAS $\text{Na}^+/\text{Ca}^+/\text{Mg}^{2+}/2$ (mmol/L)	Classificação
P II - 03 - A	55,7	0,2010	0,3601	0,1803	0,3868	C1S1
P II - 04 - A	54,7	0,2006	0,3640	0,1831	0,3835	C1S1
P II - 05 - A	65,9	0,1988	0,3835	0,1803	0,3745	C1S1
P II - 06 - A	64,9	0,1995	0,3545	0,1842	0,3844	C1S1
P II - 07 - A	64,3	0,2180	0,3855	0,1803	0,4098	C1S1
P II - 08 - A	62,8	0,2052	0,3945	0,1875	0,3803	C1S1
P II - 09 - A	54,4	0,2017	0,3924	0,1803	0,3769	C1S1
P II - 10 - A	56,8	0,2112	0,3838	0,1698	0,4014	C1S1
P II - 11 - A	55,6	0,1981	0,3768	0,1523	0,3851	C1S1
P II - 13 - A	55,2	0,2091	0,4062	0,1670	0,3906	C1S1
P II - 14 - A	66,5	0,2044	0,3833	0,1781	0,3859	C1S1
P II - 15 - A	63,9	0,2049	0,3679	0,1847	0,3898	C1S1
P II - 16 - A	60,3	0,2032	0,3806	0,1772	0,3847	C1S1
P II - 17 - A	72,3	0,2044	0,3658	0,1747	0,3933	C1S1
P II - 19 - A	57,9	0,2137	0,4130	0,1442	0,4050	C1S1
P II - 33 - A	58,2	0,1988	0,3787	0,1841	0,3748	C1S1

*Conversão de mg/L para mmol_c = massa atômica /valência /1.000, uma vez que a relação de adsorção de sódio (RAS) é a relação entre as concentrações de Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , expressas em mmol L⁻¹.

De acordo com o apresentado na tabela, todos os pontos foram classificados como C₁S₁. Logo, os pontos apresentaram água de baixa salinidade e baixo teor de sódio, ou seja, pode ser usada para irrigação na maior parte dos cultivos em quase todos os tipos de solo, com pouca probabilidade de desenvolver problemas de salinidade e problemas de sodificação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados expostos, verificou-se que a maioria das amostras analisadas apresentaram concentrações em acordo com os limites estabelecidos com as legislações.

Para as águas superficiais – ambiente fonte primária, multiuso e drenagem do perímetro coletor foi evidenciada concentração em desacordo com a Resolução CONAMA 357/2005 para **arsênio** nos pontos PI - 02 – A, PII - 05 – A, PII - 07 – A, PII - 10 – A e P V - 20 – A; **cor verdadeira** no ponto PII - 06 – A; **ferro dissolvido** no ponto PII - 33 – A; e **mercúrio** nos pontos PI - 01 – A e P V - 20 – A,

Para as águas subterrâneas, quando comparadas com os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 396/2008 foram registradas concentrações em desacordo para o parâmetro **boro** para o uso de **consumo humano e irrigação** no ponto P III – 21 – A; o **cloreto** para o uso de **irrigação** em todos os pontos; e o **ferro** para **consumo humano e recreação** no ponto P III – 22 – A

Já para as análises de sedimentos, o parâmetro **arsênio** apresentou concentração em não conformidade com a Resolução CONAMA nº 454/2012 para o nível 1 nos pontos PI - 34 – S e PI - 31 -S, e em desacordo com o nível 2 somente no ponto PI - 34 – S.

Em relação ao índice de qualidade da água (IQA), a maioria dos pontos monitorados apresentaram resultados indicativos para águas de boa qualidade. Já para o IET, devido aos valores mais elevados de clorofila a, predominou a classificação mesotrófica.

Diante da importância do projeto do Distrito de Irrigação da Jaíba, o programa de monitoramento das águas e sedimentos deve ser contínuo, visando sempre o acompanhamento das variações dos parâmetros e o controle da qualidade das águas. Assim, sendo possível avaliar os impactos decorrentes das atividades realizadas pelo empreendimento, permitindo, quando necessário, a adoção de medidas mitigadoras em tempo hábil.

REFERÊNCIAS

ANA. **Portal da Qualidade das Águas** – Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA), 2024.

APHA. **Standard Methods for the examination of water & wastewater**. 24 ed. 2023.

BARCO, A. A. P. **Estudo da contaminação por ferro de águas subterrâneas provenientes da região noroeste do estado do Paraná**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Campo Mourão, 2017.

BIANCO, S. Planejamento, Implantação e Operação de Gasodutos: Impactos Ambientais e Medidas Mitigadoras. Monografia (Graduação em Gestão Ambiental) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Três Rios, RJ, 2019.

BICUDO, D. C. Remoção de *Eichhornia crassipes* em um reservatório tropical raso e suas implicações na classificação trófica do sistema: estudo de longa duração no Lago das Graças, São Paulo, Brasil. Em: TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; GALLI, C. S. (Org.). **Eutrofização na América do Sul: Causas, consequências e tecnologias de gerenciamento e controle**. São Carlos: ed. IIEGA, Acad. Ciências, CNPq, p. 413-438, 2006.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4. ed. Brasília: FUNASA, 2013.

CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**, v. 22, p. 361-369, 1977.

CAVALCANTI, B.S.; MARQUES, G.R. GARCIA (2016). **Recursos hídricos e gestão de conflitos**: A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul a partir da crise hídrica de 2014-2015. Revista de Gestão dos Países de Língua Portuguesa, v. 15, n. 1, p. 04-16.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. APÊNDICE C: Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem. São Paulo: CETESB, 2022.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. APÊNDICE D: Metodologia de Cálculo dos Índices de Qualidade das Águas – 2022. São Paulo: CETESB, 2022.

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Alto Parnaíba. **História do Projeto Jaíba**. MIMEO.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA 357/2005, 17 de março de 2005.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA 396/2008, 03 de abril de 2008.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA 454/2012, 01 de novembro de 2012.

CORREIA, P. M. N. **Fitoremediação de afluentes com elevados teores de azoto e boro.** 2019. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Escola Superior Agrária de Beja, Beja, 2019.

DAMASCENO, M. R. A. **Caracterização do microbioma e dopotencial multitolerante de bactérias associadas a brânquias e intestino de duas espécies de peixes detritívoros do rio São Francisco.** 2021. 139f. Tese (Doutorado em Bioquímica Estrutural e Biologia Molecular) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021.

DA SILVA, M.W. et al. Concentração de mercúrio em peixes da Amazônia. *Boletim A B Limino*, v. 41, n. 1, p. 8-14, 2015.

DUARTE, H. A. Ferro – Um Elemento Químico Estratégico Que Permeia História, Economia E Sociedade. *Quim. Nova*, v. 42, n. 10, 1146-1153, 2019.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia.** Rio de Janeiro: Interciênciia. 2011.

FELÍCIO. A. S. G.; REYDON. B. P. Projeto Jaíba – Etapa I: Assentamento e concentração da terra em um perímetro irrigado. **Retratos de Assentamentos.** v. 21. n.1. 2018.

FLORA, S. J. S. (2015) 'Handbook of Arsenic Toxicology, Handbook of Arsenic Toxicology.' doi: 10.1016/C2013-0-08322-3.

GARELICK, H. ET AL. (2008) 'Arsenic pollution sources', *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. doi: 10.1007/978-0-387-79284-2_2.

HALDAR, D. et al. MOFs for the treatment of arsenic, fluoride and iron contaminated drinking water: a review. **Chemosphere**, [S.L.], v. 251, p. 3-22, jul. 2020.

LAMPARELLI, M. C. 2004. **Grau de trofa em corpos d'água do estado de São Paulo:** avaliação dos métodos de monitoramento. 2004. 238f. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências – USP, São Paulo, 2004.

MONTEIRO, L. C. **Avaliação das concentrações, bioacumulação e distribuição espacial de mercúrio nos ecossistemas aquáticos da Estação Ecológica de Águas Emendadas, Planaltina –DF.** 2020. 34 f. Monografia (Bacharelado em Gestão Ambiental) – Universidade de Brasília, Planaltina, 2020.

PEREIRA, A. A. et al. Avaliação da qualidade da água: proposta de novo índice alicerçado na lógica fuzzy. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 28, n. 4, p. 667-677, 2012.

PIAZZA, G. A. et al. Influence of hydroclimatic variations on solute concentration dynamics in nested subtropical catchments with heterogeneous landscapes. **Science of the total environment**, v. 635, p. 1091-1101, 2018

PIRRHO, V. **Avaliação do estado ambiental dos solos na envolvente da escombreira da mina de Carvão de Germunde.** Dissertação (Mestrado em Geologia) – Faculdade de Ciências Universidade do Porto. 2023.

RICHARDS, L. A. Diagnosis and Improvement of saline and Alkali Soils. Washington D.C, U.S. Salinity Laboratory, 1954.

ROKONUZZAMAN, M. et al. *A Review on Impact of Coal Mining on*

Vegetation: A Case Study on Barapukuria Coal Mining Field, Dinajpur, Bangladesh.
International Conference on Petroleum Engineering, 2019.

SILVA, J. J. F. da, MIGLIORINI, R. B. Caracterização das águas subterrâneas do aquífero Furnas na região sul do estado de Mato Grosso. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 33, n. 2, p.261-277, 2014.

SILVA, M. A.; ARAÚJO, R.R. Análise temporal da qualidade da água no córrego limoeiro e no rio Pirapozinho no estado de São Paulo – Brasil. **Revista Formação (ONLINE)**, v. 1, n. 24, p. 182-203. 2017.

TOLEDO JR., A. P. et al. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. CETESB, **12º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Santa Catarina. p. 22 -34, 1983.

TOLEDO JR., A. P. Informe preliminar sobre os estudos para a obtenção de um índice para a avaliação do estado trófico de regiões quentes tropicais. **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**. (Relatório Interno CETESB), São Paulo, 12 p. + 32 figs., 1990.