



Artigo Original

e-ISSN 2177-4560

DOI: 10.19180/2177-4560.v18n12024p62-88

Submetido em: 21 out. 2024

Aceito em: 05 dez. 2024

.....

Determinação de parâmetros da qualidade da água, presença de agrotóxicos e água residuária do café no entorno de uma pequena propriedade cafeeira em Varre-Sai-RJ

Determination of water quality parameters, presence of pesticides and coffee wastewater around a small coffee farm in Varre-Sai-RJ

Determinación de parámetros de calidad del agua, presencia de pesticidas y aguas residuales de café alrededor de una pequeña finca cafeeira en Varre-Sai-RJ

Jefferson de Brito  <https://orcid.org/0000-0002-4957-3358>

Instituto Federal do Amapá.

Engenheiro Agrônomo.

Professor no Instituto Federal do Amapá.

E-mail: jefferson.brito@gsuite.iff.edu.br

Vicente de Paulo Santos de Oliveira  <https://orcid.org/0000-0002-5981-0345>

Instituto Federal Fluminense.

Doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa.

Professor Titular do Instituto Federal Fluminense.

E-mail: vicentepsoliveira@gmail.com

Thiago Moreira de Rezende Araújo  <https://orcid.org/0000-0003-2512-9743>

Instituto Federal Fluminense.

Doutorado em Ciências Naturais pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

Professor no Instituto Federal Fluminense.

E-mail: thiago_uenf@yahoo.com.br

Resumo: A qualidade da água em Varre-Sai no estado do Rio de Janeiro é um tema importante para seus habitantes e gestores públicos, pois a garantia de água potável e segura é essencial para a saúde humana e ambiental. O objetivo deste trabalho foi analisar parâmetros de qualidade da água como: N_{amoniaco} , Fósforo total, Potássio, $DBO_{5,20}$, pH, Turbidez, Condutividade e Salinidade. Além de realizar a análise de agrotóxicos e dos parâmetro físico-químico no resíduo líquido do café. Enquadrou-se os valores obtidos na Resolução CONAMA 357/2005 e portaria do Ministério da Saúde nº 888/2021. Verificou-se que os níveis detectados estavam no limite tolerável em ambas legislações, nos respectivos cinco pontos de coleta, além dos parâmetros físico químicos do efluente líquido do beneficiamento do café e seu nível de fertilidade, além da detecção de associação de moléculas de agrotóxicos. Concluiu-se que apesar das baixas concentrações de nutrientes e agrotóxicos encontrados sugere-se constante monitoramento da água na região e recomenda-se a utilização do efluente líquido direto na lavoura após bioestabilizado.

Palavras-chave: Agrotóxicos. Resíduo. Efluente.

Summary: Water quality in Varre-Sai in the state of Rio de Janeiro is an important topic for its inhabitants and public managers, ensuring safe and drinking water is essential for human and environmental health. The objective of this work was to analyze water quality parameters such as: presence of Namoniacal, total phosphorus, Potassium, BOD5.20, COD, pH, Turbidity, Conductivity and Salinity. In addition to carrying out analysis for the presence of pesticides and physical-chemical parameters in the liquid coffee residue. The values obtained in CONAMA resolution 357/2005 and Ministry of Health ordinance n° 888 were included. It was verified whether the detected levels were within the tolerable limit in both legislations, in the respective five collection points, in addition to the physical and chemical parameters of the effluent. liquid from coffee processing and its fertility level, in addition to detecting the association of pesticide molecules. It was concluded that despite the low concentrations of nutrients and pesticides found, constant monitoring of water in the region and recommendation of using the liquid effluent for direct use in the field after biostabilization is suggested.

Keywords: Pesticides. Residue. Effluent.

Resumen: La calidad del agua en Varre-Sai en el estado de Río de Janeiro es un tema importante para sus habitantes y gestores públicos, garantizar agua potable y segura es esencial para la salud humana y ambiental. El objetivo de este trabajo fue analizar parámetros de calidad del agua como: presencia de Namoniacal, fósforo total, Potasio, DBO5.20, DQO, pH, Turbidez, Conductividad y Salinidad. Además de realizar análisis para la presencia de pesticidas y parámetros físico-químicos en el residuo líquido del café. Se incluyeron los valores obtenidos en la resolución CONAMA 357/2005 y ordenanza Ministerio de Salud n° 888. Se verificó si los niveles detectados se encontraban dentro del límite tolerable en ambas legislaciones, en los respectivos cinco puntos de recolección, además del físico y. parámetros químicos del líquido efluente del procesamiento del café y su nivel de fertilidad, además de detectar la asociación de moléculas de pesticidas. Se concluyó que a pesar de las bajas concentraciones de nutrientes y pesticidas encontradas, se sugiere un monitoreo constante del agua en la región y recomendación de utilizar el efluente líquido para uso directo en campo luego de su bioestabilización.

Palabras clave: Pesticidas. Residuo. Efluente.

1 Introdução

A alimentação humana e animal têm sua origem na agropecuária e as expectativas mundiais apontam para necessidade crescente de produção de alimentos, com projeção de duplicação dessa demanda até o ano de 2025, no âmbito internacional. Isto representa uma demanda adicional de aproximadamente 780 km³ de água, equivalentes a cerca de dez vezes a vazão anual do Rio Nilo. Isso implica na possível ampliação da área agrícola e/ou no aumento da sua eficiência na produção de alimentos, o que significa um aumento na demanda de água para uso agrícola e/ou um aumento na eficiência agrícola de uso de água. A agricultura é responsável por cerca de 70 % do consumo mundial da água captada (STOCKLE, 2001).

A degradação ambiental restringe o fornecimento de água para as cidades sendo também afetada por águas residuais contaminadas. Embora o tratamento da água seja uma resposta possível, apenas 10 % dos efluentes nos países em desenvolvimento são tratados, e os custos envolvidos são enormes. É portanto notório a constante ameaça da inversão da pressão das contaminações para as águas superficiais, tendo em vista que as águas subterrâneas são na sua maioria responsáveis pelo abastecimento das áreas urbanas e rurais (MOLLE et al, 2006).

Em concordância, a Lei n° 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, afirma que a gestão sistemática dos recursos hídricos deve ocorrer associada aos aspectos de quantidade e qualidade e que, dentre os instrumentos

fundamentais para gestão de água, encontra-se o enquadramento dos corpos hídricos em classes segundo os seus principais usos, o que, no caso das águas superficiais, é regulado pelas Resoluções 357/2005 e 91/2008, respectivamente, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 2005; CNRH, 2008). Ressalta-se que o enquadramento estabelece metas de qualidade de água, os quais podem variar ao longo do corpo hídrico, e se fundamenta no nível mínimo de qualidade que os corpos hídricos devem possuir para satisfazer seus usos preponderantes (Brasil, 2005).

A portaria GM/MS N° 888/2021 que dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, restringindo a presença de determinadas substâncias nocivas a saúde humana e ambiental, onde neste trabalho foi focado a detecção de presença de agrotóxicos na água, tendo em vista que, na cafeicultura utiliza-se para controle de pragas chaves da cultura (inseticidas/praquicidas) e para diminuição do mato competição (herbicidas), nos períodos de intervalo entre safras e no início da implantação da lavoura.

A avaliação da qualidade da água é realizada, principalmente, através da determinação de parâmetros químicos, físicos e biológicos. Alguns parâmetros usualmente empregados são: concentração de agrotóxicos, oxigênio dissolvido (OD), turbidez, potencial hidrogeniônico (pH), salinidade, sólidos totais dissolvidos (STD), condutividade elétrica, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes termotolerantes (CT) e *Escherichia coli* bem como, alguns índices, dentre eles: o Índice de Qualidade de Água (IQA) e o Índice do Estado Trófico (IET) (Von Sperling, 2005, Rocha *et al.*, 2017).

Sendo assim, diante da necessidade de analisar a qualidade da água ao longo do tempo devido aos possíveis problemas ocasionados pela interferência antrópica em pequenas propriedades rurais cafeeiras em Varre-Sai-RJ, o presente trabalho realizou a medição de parâmetros de qualidade da água, dentre eles a presença de agrotóxicos e a análise química do efluente líquido proveniente do beneficiamento por via úmida do café. As coletas foram realizadas no ano de 2022 no período de safra e entre safra com três saídas no campo, visando verificar se os valores obtidos estavam em conformidade com a legislação vigente, bem como verificar se há diferença entre os pontos amostrais.

2 Material e Método

2.1 Área de Estudo

A área de estudo compreendeu o domínio do sítio Panorama em Varre-Sai-RJ, situada na região noroeste fluminense. As características de relevo e clima assemelham-se com a região de Minas Gerais tendo temperaturas diurnas e noturnas amenas, devido a altitude do local e por estar confinada em um vale, as quais influenciam na produtividade do café. Os cinco pontos avaliados no projeto situam-se nos municípios de Varre-Sai-RJ (P01), (P02), (P03), (P04), (P05), conforme a Figura 1.

Figura 1: Pontos de coleta das amostras de água para análise no Laboratório (LABFOZ)-IFF. (Coordenadas Geográficas: P1- 20.94060191S 41.90208692W, P2- 20.94501938S 41.90381469W, P3- 20.94274077S 41.90035069W, P4- 20.94249965S 41.90547178W, P5- 20.93790589S 41.89713065W).



Fonte: Google Eart PRO (2019).

Foram realizadas quatro saídas de campo, sendo as amostras coletadas a cerca de 20-30 cm da superfície da lâmina d'água, nos dias 20/11/2022, 03/05/2023, 20/12/2023, para análise de parâmetros físico-químicos no Laboratório de Análise e Monitoramento das Águas (LabFoz) do Polo de Inovação Campos dos Goytacazes (PICG/IFF Fluminense) e no dia 09/01/2024 para análise de agrotóxicos no laboratório da TESALAB – Tecnologia em Serviços Ambientais. Na saída do dia 03/05/2023 foi coletada ainda amostra de efluente de água residuária da cafeicultura no local de beneficiamento para determinação dos teores de potássio, matéria orgânica e outras espécies que possam contaminar os corpos hídricos da propriedade e da região. Foi feita ainda uma avaliação do potencial uso do efluente na fertilização da plantação de café. Vale ressaltar que, nas outras saídas esse efluente não estava sendo produzido e, por isso, não foi coletado e analisado.

2.2 Levantamento e Análise dos Dados

As análises das amostras foram realizadas no Laboratório de Análise e Monitoramento das Águas (LabFoz) do Polo de Inovação Campos dos Goytacazes (PICG/IFF Fluminense). As determinações realizadas foram: pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, salinidade, turbidez, oxigênio dissolvido, temperatura, nitrogênio amoniacal e fósforo total. Os métodos utilizados para realização das análises dos referidos parâmetros seguiram o que preconiza o Standard Methods for examination of water and wastewater 21st Edition (2005). Resumidamente, o pH foi determinado utilizando-se um pHmetro de bancada da Thermo, Orion Star A 214.

A condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos foram obtidos com o auxílio de um

condutivímetro de bancada da Tecnal, Tec - 4 MP. A salinidade, em gramas (de sal) por litro (de solução), ou seja, por mil (%), foi determinada por meio de equação de conversão a partir da condutividade. Para tal procedimento foi necessário converter a unidade de medição da condutividade de microsiemens por centímetro ($\mu\text{S cm}^{-1}$) para milisiemens por centímetro (mS cm^{-1}), em seguida elevou-se a potência de 1,0878 e multiplicou-se por 0,4665.

A turbidez foi determinada por turbidimetria a partir da utilização de turbidímetro de bancada Digimed, DM - TU - EBC. O parâmetro oxigênio dissolvido foi realizado com um oxímetro de campo Alfakit, AT 160, assim como a temperatura.

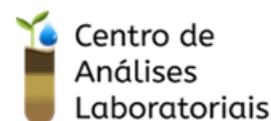
O fósforo total e fosfato total foram analisados por espectroscopia UV/Vis (GEHAKA-UV-380 G), pelo método do ácido ascórbico, o nitrogênio amoniacal foi analisado pelo método Nessler e a determinação do potássio foi realizada com o auxílio de um cromatógrafo de íons da Metrohm (modelo 883 Basic IC Plus) acoplado a um amostrador automático da mesma marca (modelo 863 Compact Autosampler). O método da padronização externa foi o utilizado para a confecção da curva analítica para essas quatro análises.

A água residuária coletada proveniente do beneficiamento por via úmida do café foi coletada em garrafa padrão branca de plástico rígido devidamente identificada e levada ao laboratório da FUNDENOR para análise química quanto às suas propriedades físico químicas e fertilidade, devido a água residuária ser utilizada como biofertilizante ou em caso seja despejado diretamente no corpo hídrico do estado da eutrofização da água, como mostra a Figura 2.

A água residuária não se enquadra como uma análise comum de água, mas sim na categoria de efluente, com alto teor de material orgânico e outros nutrientes que caracterizam por exemplo o forte odor e coloração totalmente fora dos padrões de potabilidade.

Por essas razões na propriedade rural água residuária proveniente do beneficiamento do café é armazenada em caixas d'água para posteriormente ao longo da estabilização físico química deste efluente, serem utilizadas diretamente na lavoura como um biofertilizante, sendo portanto um insumo essencial que incrementa a fertilidade da rizosfera ao entorno da planta de café e portanto colabora significativamente para a nutrição da lavoura, refletindo em qualidade dos frutos e fortalecimento das condições fitossanitárias do cafeeiro.

Figura 2: Análise da água residuária do café coletado na área de estudo.



RESULTADO DE ANÁLISE DE RESÍDUO LÍQUIDO

SOLICITAÇÃO: RC/00008.2023

DATA DE SAÍDA: 01/12/2023

INTERESSADO: Vicente de Paulo Santos		RESPONSÁVEL PELA COLETA: O interessado	
MUNICÍPIO: Varre-sai, RJ		CONVÊNIO: Particular	
IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA: Lavagem de Café			
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E RELAÇÕES			
DETERMINAÇÃO	ESPECIFICAÇÃO	RESULTADO	UNIDADE
Condutividade Elétrica	MAPA Cap. IV. D.13	1,58	mS/cm
pH	MAPA Cap. III. D.2	5,32	-
Umidade Total	IN SDA 37 Cap. 2	99,76	%
Densidade	m/v	0,99	g/ml
Materia Orgânica	Calcinação a 550°C	1,19	g/Kg
Carbono Orgânico	MAPA Cap. III. E.13	3,04	g/Kg
Sólidos Totais	IN SDA 37 Cap. 2	2,44	g/Kg
Relação C/N	MAPA Cap. III. G	9,43	-
FERTILIDADE			
Nitrogênio	MAPA Cap. III. E. 1	0,32	g/Kg
P ₂ O ₅ Total	MAPA Cap. III. E. 2	0,10	g/Kg
K ₂ O Sol. H ₂ O	MAPA Cap. III. E. 6	0,70	g/Kg
Cálcio	MAPA Cap. III. E. 7	0,34	g/Kg
Magnésio	MAPA Cap. III. E. 7	0,01	g/Kg
Enxofre S-SO ₄	MAPA Cap. III. E. 8	0,20	g/Kg
Fósforo	MAPA Cap. III. E. 2	0,04	g/Kg
Boro	MAPA Cap. III. E. 9	1,65	mg/Kg
Cobre	MAPA Cap. III. E. 10	2,41	mg/Kg
Ferro	MAPA Cap. III. E. 10	35,24	mg/Kg
Manganês	MAPA Cap. III. E. 10	4,17	mg/Kg
Zinco	MAPA Cap. III. E. 10	1,28	mg/Kg

*Análise realizada em laboratório parceiro cadastrado no MAPA e participante do programa de ensaio de proficiência IAC para amostras de Insumos Agrícolas.

** O nível médio adequado, representa os limites toleráveis de acordo com as determinações de Instrução Normativa SDA/MAPA 25/2009.

CONVERSÃO DE UNIDADES:
g/Kg para % = Dividir por 10
mg/Kg para % = Dividir por 10000

É de nossa responsabilidade somente a análise realizada no referido material

Responsável Técnico
Mauricio Pereira Nunes Dias
CRQ RJ 03311094
Assinado Eletronicamente



Avenida Presidente Vargas, 132 - Pecuária - Campos dos Goytacazes | CEP: 28.053-100 | Telefone: (22) 999911871
www.fundenor.org / @fundenor.org132 / fundenor@fundenor.com.br

Fonte: FUNDEFOR, 2023.

2.3 Análise das amostras de água para detecção de Agrotóxicos

A análise de presença de agrotóxicos foi realizada por laboratório privado, devido a variabilidade de

moléculas a serem analisadas na amostra de modo a se obter um espectro maior de possível nível de contaminação pelo uso de produtos fitossanitários usados. Para isto os métodos principais de análise foram a cromatografia Líquida de Alta Eficiência/ HPLC e a Cromatografia Gasosa, ambas técnicas utilizadas na separação e determinação dos componentes de uma amostra, os quais se distribuem em duas fases, uma estacionária e a outra móvel. Os Resultados foram organizados em planilha eletrônica Excel® e seus valores foram comparados com os da Portaria 888/2021 do GM/MS.

3 Resultados e Discussão

Para avaliar a viabilidade do uso de um efluente orgânico líquido de café como mostra a figura 2 acima para fertirrigação, é essencial analisar seus parâmetros físico-químicos à luz da literatura científica e das normativas técnicas estabelecidas, como as do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e da Instrução Normativa SDA 37. Organizou-se, portanto, a discussão em função dos resultados apresentados a saber:

Condutividade Elétrica (CE): A condutividade elétrica de 1,58 mS/cm observada neste efluente é relativamente baixa. Segundo Souza et al. (2013), a CE de efluentes destinados à fertirrigação deve ser monitorada para evitar salinização do solo, especialmente em solos com baixo poder de troca de cátions. Valores de CE entre 0,7 e 3,0 mS/cm são geralmente considerados adequados para a maioria das culturas, dependendo da tolerância à salinidade. Portanto, o valor de 1,58 mS/cm sugere que o efluente possui nível de salinidade dentro do intervalo seguro para uso na fertirrigação.

pH: O pH de 5,32 indica leve acidez no efluente. Segundo Silva et al. (2017), o pH ideal para soluções de fertirrigação deve estar na faixa de 5,5 a 7,0 para garantir a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Embora o valor observado seja ligeiramente abaixo desse intervalo, ele ainda é aceitável, especialmente se o solo tiver uma boa capacidade tampão. Contudo, é importante considerar a possibilidade de correção do pH, se necessário, para evitar problemas de acidez no solo ao longo do tempo.

Umidade Total: A umidade total de 99,76 % indica que o efluente é quase inteiramente composto por água, o que é típico para efluentes líquidos. Medeiros et al. (2012) afirmam que, em fertirrigação, a alta umidade pode ser benéfica, pois facilita a aplicação uniforme do efluente e a absorção de nutrientes pelas plantas.

Densidade: A densidade de 0,99 g/mL é muito próxima da densidade da água, sugerindo que o efluente tem composição aquosa predominante com baixa concentração de sólidos. Oliveira et al. (2016) destacam que efluentes com densidade próxima à da água são mais fáceis de manejar e aplicar na fertirrigação.

Matéria Orgânica e Carbono Orgânico: A matéria orgânica (1,19 g/kg) e o carbono orgânico (3,04 g/kg) indicam a presença de compostos orgânicos em baixa concentração. Melo e Silva (2018) destacam que a matéria orgânica é crucial para a melhoria da estrutura do solo e a retenção de água. A baixa concentração observada sugere que, embora o efluente possa contribuir para o fornecimento de matéria orgânica, ele não será a principal fonte desse componente no solo.

Sólidos Totais: Os sólidos totais de 2,44 g/kg refletem a baixa concentração de partículas sólidas no efluente. Barros et al. (2014) sugerem que baixos valores de sólidos totais são favoráveis na fertirrigação, pois reduzem o risco de obstrução dos sistemas de irrigação.

Relação C/N: A relação C/N de 9,43 indica que o efluente tem uma baixa proporção de carbono em relação ao nitrogênio, o que pode favorecer a mineralização rápida do nitrogênio. Araújo e Alves (2011) indicam que relações C/N abaixo de 20 são adequadas para fertirrigação, pois promovem a disponibilidade imediata de nitrogênio para as plantas.

Com base nos parâmetros analisados, o efluente orgânico líquido de café coletado no Sítio Panorama em Varre-Sai apresenta características que permitem seu uso na fertirrigação, desde que sejam realizados monitoramento periódico do pH e CE, e, se necessário, ajustes nos memos sejam realizados para evitar acidificação e/ou salinização do solo. A baixa concentração de matéria orgânica e sólidos totais também sugere que o efluente não causará problemas de obstrução ou acúmulo excessivo de matéria orgânica no solo. Portanto, conclui-se que o efluente é adequado para uso em fertirrigação, contribuindo para a reciclagem de nutrientes e a sustentabilidade agrícola.

Os valores dos parâmetros físico químicos de amostras de água após analisados foram comparados com a resolução CONAMA 357/2005 e Portaria MS N°888/2021, dentre outras informações, por parâmetro/índice avaliado considerando-se todos os pontos analisados e os resultados de três saídas para coleta, podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1: Média dos valores dos parametros físico-químicos das amostra de água de Varre-Sai RJ.

	Pontos/ Saída	OD (mg/L)	Temperatura C°	N _{amoniacal} (mg de N/L)	Fósforo Total](mg de P/L)	Potássio (mg/L)	DBO _{5,20} (mg/L)	pH	Turbidez (UNT)	Condutividade μ/cm	Salinidade (%)
SAÍDA 01	P1S1	6,16	28,0	0,113	< LQ	1,666	<1	6,79	18,68	42,29	0,0149
	P2S1	6,84	28,0	< LQ	0,0104	0,958	<1	7,22	9,41	28,20	0,0096
	P3S1	6,32	27,0	< LQ	< LQ	1,260	<1	6,45	10,89	29,88	0,0102
	P4S1	4,87	24,0	< LQ	< LQ	1,386	1	6,25	14,74	36,05	0,0126
	P5S1	8,57	25,0	0,173	< LQ	1,208	1	6,80	38,56	23,28	0,0078
X Média		8,57	5,18	0,0572	0,0208	1,29	0,4	6,7	18,45	31,94	0,02938
	Pontos/ Saída	OD	Temperatura	N _{amoniacal}	Fósforo	Potássio	DBO _{5,20}	pH	Turbidez	Condutividade	Salinidade

	Saída	(mg/L)	C°	(mg de N/L)	Total](mg de P/L)	(mg/L)	(mg/L)		(UNT)	µ/Cm	(%)
SAÍDA 02	P1S2	8,48	23,9	<LD	0,0766	4,711	2	6,57	36,80	44,49	0,0158
	P2S2	8,58	23,2	<LD	0,0118	2,809	1	6,66	14,05	33,57	0,0116
	P3S2	8,21	25,8	0,104	0,0139	1,610	1	6,47	10,33	24,73	0,0083
	P4S2	8,70	22,2	<LD	<LQ	1,1126	2	6,21	12,05	29,8	0,0102
	P5S2	8,91	21,0	<LD	0,0117	1,193	1	6,64	14,07	26,9	0,0091
	P6S2 *	7,92	28,0	36,41	6,271	580,900	1760	4,98	747,00	1695	0,8282
X Média		8,57	23,22	0,0208	0,02386	2,38	1,4	6,51	17,06	31,9	0,011
SAÍDA 03	Pontos/saída	OD (mg/L)	Temperatura C°	N amoniacal (mg de N/L)	Fósforo Total](mg de P/L)	Potássio (mg/L)	DBO _{5,20} (mg/L)	pH	Turbidez (UNT)	Condutividade µ/Cm	Salinidade (%)
	P1S3	7,97	28,0	0,118	0,0311	2,864	<1	6,92	12,86	45,74	0,0163
	P2S3	7,92	28,4	<LQ	0,0184	1,811	1	7,15	12,67	27,34	0,0093
	P3S3	7,91	28,5	<LQ	0,2667	2,853	9	6,95	67,4	29,01	0,0099
	P4S3	7,83	29,2	0,385	0,025	1,807	1	6,52	22	38,45	0,0135
	P5S3	7,90	28,6	0,005	0,0493	2,340	1	6,82	38,5	23,76	0,0080
X Média		7,90	28,6	0,1016	0,0781	2,33	2,4	6,87	30,68	32,86	0,0114
∑ Xmédia total		7,22	26,05	0,0598	0,0409	1,96	1,4	6,69	22,06	32,23	0,0173
Referência CONAMA 357/05	6,0 mg/l	Não deve exceder 3 C° em relação a média do corpo hídrico natural	3,7 g/ml para ph ≤ 7,5	0,050 mg/l	NE diretamente	3 mg/l	6,0 a 9,0	NE diretamente para corpos d'água	NE diretamente, mas deve ser compatível com a salinidade natural do corpo hídrico	NE Salinidade natural do corpo d'água.	
Referência Portaria MS 888/21	*SVE	SVE	SVE	SVE	SVE	SVE	6,0 a 9,5	Máximo de 5 UNT	SVE	SVE	

* Valor da amostra P6S2 é específica de Potássio pois foi considerada amostra de efluente, sendo discutida especificamente na concentração de potássio. O seu valor não foi computado para geração do valor médio de cada parâmetro. *SVE - Sem Valor específico para potabilidade.

A análise da qualidade da água realizada no Sítio Panorama, localizado no município de Varre-Sai, Estado do Rio de Janeiro, apresentou resultados que são compatíveis com as diretrizes estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e estabelece os padrões de qualidade que devem ser seguidos. Abaixo discrimina-se as respectivas discussões sobre os resultados encontrados.

Oxigênio Dissolvido (OD): O valor médio de oxigênio dissolvido encontrado foi de 7,22 mg/L. De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, para águas doce de classe 1, o valor mínimo de OD deve ser 6,0 mg/L. Portanto, o valor obtido está acima do mínimo exigido, indicando que a água possui uma boa capacidade de suporte à vida aquática, sendo um indicativo de baixa poluição orgânica. Segundo Esteves (1998), altos níveis de oxigênio dissolvido são característicos de ambientes aquáticos menos impactados, corroborando a qualidade da água analisada.

Temperatura da Água: A temperatura da água medida foi de 26,05°C. A Resolução CONAMA 357/2005 não estabelece um valor exato para a temperatura, mas indica que deve ser mantida próxima à condição natural. Temperaturas elevadas podem afetar a solubilidade de gases, como o oxigênio, e alterar as condições ecológicas do corpo d'água (CETESB, 2009). Este valor é típico para regiões tropicais e subtropicais e não sugere impactos térmicos significativos na área estudada.

Nitrogênio Amoniacal: O valor médio de nitrogênio amoniacal foi de 0,0598 mg/L. A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece que para águas de classe 1 o valor máximo permitido é de 3,7 mg/L. Portanto, o valor encontrado está muito abaixo do limite, indicando que a presença de nitrogênio na forma de amônia é baixa e que o corpo d'água não está sofrendo processos significativos de eutrofização por compostos nitrogenados. De acordo com Tundisi e Matsumura-Tundisi (2008), baixos níveis de nitrogênio amoniacal são indicativos de águas com baixa carga de poluentes orgânicos.

Fósforo Total: O fósforo total médio foi de 0,0409 mg/L. Segundo a Resolução CONAMA 357/2005, para águas doces de classe 1, o valor máximo permitido é de 0,030 mg/L. Embora o valor encontrado esteja ligeiramente acima deste limite, ainda é considerado baixo em termos de potencial de eutrofização. Fósforo em excesso pode ser um fator limitante para o crescimento de algas, levando à eutrofização (CETESB, 2009). A comparação com outros estudos realizados na região mostra que este nível é relativamente comum em corpos d'água próximos a áreas agrícolas, como mencionado por Cunha et al. (2014) em seus estudos na bacia do rio Muriaé, que abrange parte do município de Varre-Sai.

Potássio: O valor médio de potássio foi de 1,96 mg/L. Embora a Resolução CONAMA 357/2005 não estabeleça limites específicos para potássio, valores nesta faixa são típicos de áreas agrícolas, onde o uso de fertilizantes pode contribuir para o aumento desse íon na água. Segundo Silva et al. (2013), concentrações de potássio em águas superficiais podem variar amplamente dependendo das práticas agrícolas na região.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20}): A DBO_{5,20} média foi de 1,4 mg/L. A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece um limite máximo de 3 mg/L para águas de classe 1. Portanto, o valor encontrado está abaixo do limite, indicando uma baixa carga orgânica na água. Este resultado sugere que a decomposição de matéria orgânica no local é limitada, o que é favorável para a qualidade da água (Von Sperling, 2005).

pH: O pH médio foi de 6,69, o que está dentro do intervalo de 6 a 9 estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas de classe 1. Um pH ligeiramente ácido pode ser esperado em regiões com solos ácidos ou em áreas com alta vegetação, que favorecem a formação de ácidos húmicos na água (Esteves, 1998).

Turbidez: A turbidez medida foi de 22,06 UNT. A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece um valor máximo de 40 UNT para águas de classe 1, o que significa que a turbidez encontrada está abaixo do limite permitido. Este valor é relativamente elevado, mas pode ser explicado pela presença de partículas em suspensão, como argilas e matéria orgânica, comum em áreas agrícolas (CETESB, 2009).

Condutividade e Salinidade: A condutividade foi de 32,23 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e a salinidade de 0,0173%. Esses valores indicam uma baixa concentração de sais dissolvidos, o que é típico de águas doces em áreas não impactadas por atividades industriais ou despejos de esgoto (Von Sperling, 2005). Em comparação com estudos anteriores realizados na região, como o de Cunha et al. (2014), que analisaram a qualidade da água na bacia do rio Muriaé, os valores obtidos no Sítio Panorama são compatíveis com os padrões observados em áreas com atividades agrícolas controladas. Cunha et al. (2014) reportaram valores similares para oxigênio dissolvido e DBO, mas observaram concentrações mais elevadas de fósforo, atribuídas ao uso intensivo de fertilizantes na bacia hidrográfica. Os resultados médios das amostras de água coletadas no Sítio Panorama indicam que a qualidade da água é, em geral, satisfatória quando comparada com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005.

No entanto, a ligeira elevação nos níveis de fósforo sugere a necessidade de monitoramento contínuo, especialmente devido às práticas agrícolas na região. Quanto a Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde, estabelece os padrões de potabilidade da água no Brasil, conforme os resultados da tabela 1 ficaram assim discutidos:

Oxigênio Dissolvido (OD) 7,22 mg/L: O valor encontrado de oxigênio dissolvido é considerado adequado para corpos hídricos. Segundo Esteves (1998), valores de OD acima de 5 mg/L indicam boa condição de oxigenação da água, o que é vital para a manutenção da vida aquática. Comparando com os valores encontrados em outros estudos na região, Chaves et al. (2010) observaram valores similares de OD em estudo de qualidade da água no Rio Itabapoana, indicando que o Sítio Panorama apresenta condições hídricas satisfatórias para o desenvolvimento da biota aquática.

Temperatura da Água: 26,05 °C: A temperatura da água é um fator importante que afeta diretamente a solubilidade do oxigênio e a atividade metabólica dos organismos aquáticos. Segundo Tundisi (2008), a faixa de temperatura encontrada é comum em regiões tropicais e subtropicais, influenciando a dinâmica dos ecossistemas aquáticos.

Nitrogênio Amoniacal: 0,0598 mg/L: O nitrogênio amoniacal encontrado está abaixo do limite máximo de 1,5 mg/L estabelecido pela Portaria MS nº 888/2021. Este parâmetro é crítico, pois concentrações elevadas podem indicar poluição por efluentes domésticos ou agrícolas (Von Sperling, 2005). A baixa concentração sugere que não há contaminação significativa por fontes de amônia no Sítio Panorama.

Fósforo Total: 0,0409 mg/L: O fósforo é um nutriente limitante em muitos ecossistemas aquáticos e pode promover a eutrofização se presente em concentrações elevadas. Segundo Wetzel (2001), concentrações de fósforo total acima de 0,05 mg/L podem desencadear processos eutróficos. O valor encontrado está abaixo desse limite, indicando um risco baixo de eutrofização.

Potássio: 1,96 mg/L: Embora o potássio não seja regulado pela Portaria MS nº 888/2021, ele é um indicador de fertilização agrícola e pode ser comparado com estudos regionais. Silva et al. (2013) reportaram valores semelhantes em áreas agrícolas, sugerindo que as práticas agrícolas no Sítio Panorama podem influenciar os níveis de potássio na água.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20}): 1,4 mg/L: A DBO é um indicador da quantidade de matéria orgânica biodegradável na água. Segundo Metcalf & Eddy (2014), valores de DBO abaixo de 3 mg/L indicam uma baixa poluição orgânica, corroborando que a água no Sítio Panorama está em condições aceitáveis em termos de matéria orgânica.

pH: 6,69: O pH encontrado está dentro do intervalo aceitável de 6,0 a 9,5 estabelecido pela Portaria MS nº 888/2021. Este valor indica uma água levemente ácida, o que é comum em regiões com solo ácido ou vegetação densa (Esteves, 1998).

Turbidez: 22,06 UNT: A turbidez é um parâmetro importante para a qualidade visual da água e para a presença de partículas em suspensão. A Portaria MS nº 888/2021 estabelece o limite máximo de 5 UNT para águas potáveis. O valor encontrado excede este limite, o que indica a presença de sólidos em suspensão, possivelmente devido à erosão ou ao escoamento superficial após chuvas.

Condutividade: 32,23 µS/cm: A condutividade elétrica é um indicativo da concentração de íons dissolvidos na água. De acordo com Feitosa e Manoel Filho (1997), a condutividade de 32,23 µS/cm é baixa, sugerindo que a água no Sítio Panorama tem uma concentração relativamente baixa de sais dissolvidos.

Salinidade: 0,0173%: A salinidade observada é bastante baixa, como esperado para águas doces interiores. Este valor é compatível com as características da região, conforme descrito por Tundisi e Matsumura-Tundisi (2012). Um estudo realizado por Santos et al. (2015) em outra propriedade na mesma região de Varre-Sai encontrou resultados similares para oxigênio dissolvido e pH, mas relatou valores mais baixos de turbidez, sugerindo que

a área do Sítio Panorama pode estar mais sujeita à erosão ou ao transporte de sedimentos. Esses resultados destacam a importância de ações de manejo para reduzir a turbidez e melhorar a qualidade da água, especialmente em épocas de chuva.

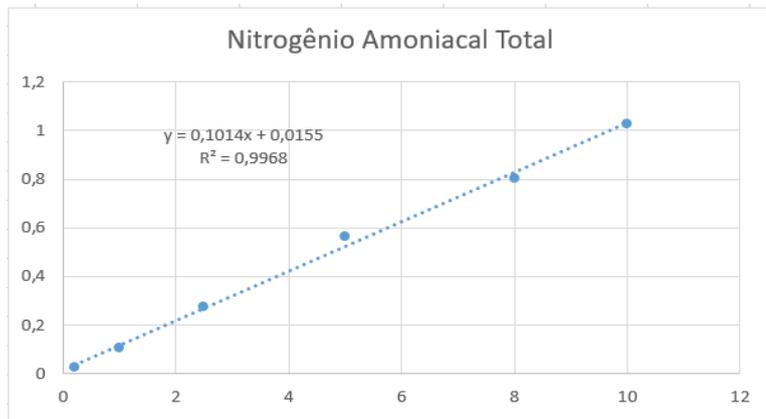
Os resultados das análises de água do Sítio Panorama indicam que, em geral, a qualidade da água está dentro dos padrões estabelecidos pela Portaria MS nº 888/2021, exceto pela turbidez, que está acima do limite recomendado. Isso sugere a necessidade de intervenções para reduzir a turbidez, como práticas de conservação do solo e controle de escoamento. Estudos adicionais e monitoramento contínuo são essenciais para garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos na região.

Gráfico da equação da reta para Nitrogênio amoniacal e Fósforo

Abaixo serão analisados nos gráficos item 10, gerados na forma de equação da reta os níveis de Nitrogênio amoniacal, fósforo e fósforo total de modo a verificar as consequências em caso de ocorrência de níveis acima do limite máximo permitido pela Portaria MS nº888 e Resolução CONAMA 357/2005. O nitrogênio amoniacal (NH_4^+) é uma forma de nitrogênio presente na água que resulta da decomposição de matéria orgânica, incluindo resíduos animais e vegetais. É um indicador importante da poluição por nutrientes e da qualidade da água.

Altos níveis de nitrogênio amoniacal podem ser prejudiciais à fauna aquática, causando eutrofização e a consequente diminuição do oxigênio dissolvido, o que pode levar à morte de peixes e outras formas de vida aquática. De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, as concentrações de nitrogênio amoniacal devem ser mantidas abaixo de limites específicos para proteger a vida aquática. O fósforo total (P) na água inclui tanto o fósforo inorgânico quanto o orgânico. O fósforo é um nutriente essencial, mas em excesso pode causar eutrofização dos corpos d'água, promovendo o crescimento excessivo de algas. O excesso de fósforo na água pode levar ao desenvolvimento de florações de algas tóxicas e à degradação da qualidade da água. De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, os níveis de fósforo total devem ser controlados para evitar esses impactos negativos. Os fosfatos totais (PO_4^{3-}) são a forma de fósforo que está diretamente disponível para as plantas aquáticas e algas. São uma parte importante da carga total de fósforo na água. Semelhante ao fósforo total, elevados níveis de fosfato total podem causar eutrofização. O monitoramento dos fosfatos é crucial para a gestão da qualidade da água e a proteção dos ecossistemas aquáticos.

Gráfico 1- Equação da reta para Nitrogênio Amoniacal total.



Fonte: Autoria própria

A equação da reta fornecida é $y=0,1014x+0,0155$ com um coeficiente de determinação $R^2=0,9968$.

Coefficiente de Determinação ($R^2 = 0,9968$): O valor de R^2 muito próximo de 1 indica que a equação da reta se ajusta muito bem aos dados observados, ou seja, 99,68% da variação no nitrogênio amoniacal total pode ser explicada pela variação em x.

A presença de nitrogênio amoniacal total em amostras de água pode estar associada ao uso de fertilizantes nitrogenados e à decomposição de matéria orgânica. Em áreas de produção de café, como no Sítio Panorama, a aplicação de fertilizantes e a gestão inadequada da água residuária podem aumentar os níveis de nitrogênio amoniacal nas águas superficiais e subterrâneas, o que pode ser prejudicial ao meio ambiente e à saúde humana. Fonseca e Netto (2016) discutem que a presença excessiva de nitrogênio amoniacal em corpos d'água pode levar à eutrofização, reduzindo a qualidade da água e afetando negativamente a fauna aquática. Além disso, Vieira et al. (2018) apontam que a concentração de nitrogênio amoniacal acima de certos limites pode tornar a água imprópria para consumo humano e para a irrigação de culturas sensíveis.

O processo de beneficiamento de café por via úmida é conhecido por gerar água residuária com alto teor de compostos orgânicos e inorgânicos, incluindo formas de nitrogênio, como o nitrogênio amoniacal. Segundo Maltez e Silva (2018), a água residuária do processamento de café pode ter impacto significativo na qualidade das águas superficiais e subterrâneas se não for tratada adequadamente. A alta concentração de nitrogênio amoniacal pode levar à eutrofização dos corpos d'água, resultando na proliferação de algas e em desequilíbrios ecológicos, conforme discutido por Almeida et al. (2017). De acordo com a Portaria MS Nº 888/2021, o padrão de potabilidade da água para consumo humano deve atender a limites específicos para diversos parâmetros, incluindo o nitrogênio amoniacal total. Se a concentração de NAT excede os limites estabelecidos, a água pode ser considerada imprópria para consumo, podendo causar efeitos adversos à saúde, como irritações nos olhos e pele, além de prejudicar a fauna aquática ao promover a eutrofização. A Portaria MS Nº 888/2021 estabelece que o limite máximo de nitrogênio amoniacal em água potável é de 0,5 mg/L.

Se, por exemplo, o limite estabelecido para nitrogênio amoniacal total na Portaria é de 0,5 mg/L, a reta $y=0,1014x+0,0155$ permitiria prever em quais condições (valores de x) essa concentração seria atingida. Para valores de x que levem a y superiores a 0,5 mg/L, estaria fora do limite seguro, indicando a necessidade de intervenção no processo de tratamento da água residuária.

A análise da amostra de água do sítio Panorama em Varre-Sai demonstra a necessidade de um controle rigoroso sobre a qualidade da água, especialmente em áreas de intensa atividade agrícola, como a produção de café. O valor elevado de R^2 na equação sugere que as práticas de monitoramento são eficazes, mas é crucial que ações sejam implementadas para garantir que os níveis de nitrogênio amoniacal estejam dentro dos limites estabelecidos pela Portaria MS N° 888/2021, assegurando a saúde pública e a proteção dos ecossistemas aquáticos.

O nitrogênio amoniacal total é um parâmetro crítico na avaliação da qualidade da água, especialmente em corpos hídricos que recebem efluentes de atividades agrícolas, como o beneficiamento de café via úmida, este processo gera água residuária que pode conter altos níveis de compostos nitrogenados, incluindo o amônio (NH_4^+), que em altas concentrações, pode ser tóxico para a vida aquática e representar um risco à saúde humana.

A Portaria MS n° 888/2021 estabelece padrões de potabilidade da água, limitando a concentração de nitrogênio amoniacal em água destinada ao consumo humano. Se as concentrações obtidas a partir da equação da reta excederem esses limites, há uma indicação de que a água está fora dos padrões de potabilidade e pode representar um risco para as populações que dependem dela. Isto indica uma forte correlação entre a variável independente x e a concentração de nitrogênio amoniacal total. A comparação com os limites estabelecidos pela Portaria MS N° 888/2021 é essencial para avaliar a segurança do uso dessa água, e os resultados sugerem que o processo de beneficiamento do café em Varre-Sai, pode necessitar de melhorias no tratamento da água residuária para garantir que os parâmetros estejam dentro dos limites legais e ambientais aceitáveis.

A análise da equação da reta e a comparação com os limites regulamentares são fundamentais para garantir a segurança da água utilizada pela comunidade e o meio ambiente. As atividades agrícolas que geram águas residuárias precisam de um monitoramento constante e de práticas sustentáveis para minimizar seus impactos negativos. No Sítio Panorama local do estudo as águas residuárias são reaproveitadas após bioestabilizadas em um reservatório até serem captadas para serem aplicadas na lavoura diretamente nas entre linhas como um rico bio fertilizante como mostra a figura 3, nutrindo a lavoura de café.

Figura 4- Reservatório de água residuária de café no sítio Varre Sai-RJ.

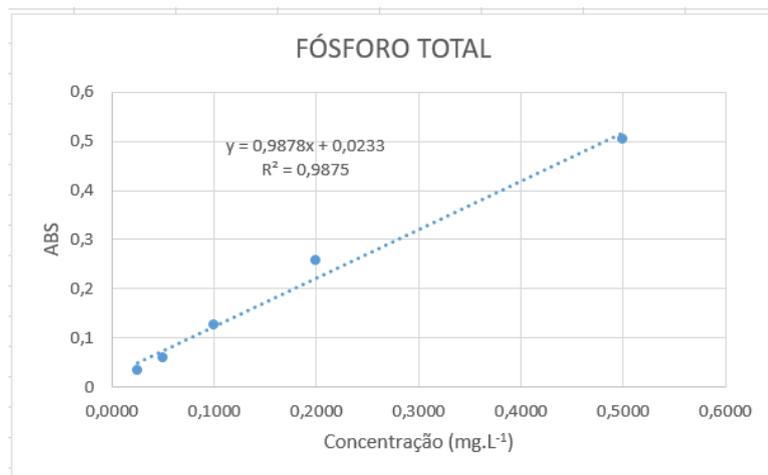


Fonte: Acervo próprio, 2021

A relação linear encontrada e o alto valor de R^2 corroboram estudos anteriores que identificam o nitrogênio amoniacal como um indicador chave de poluição em águas residuárias de processos agroindustriais (Souza et al., 2019). Esses estudos sugerem que a introdução de tecnologias de tratamento, como a utilização de biofiltros ou lagoas de estabilização, pode reduzir significativamente os níveis de nitrogênio amoniacal, trazendo-os dentro dos padrões estabelecidos pela legislação. Os gráficos abaixo apresentados mostram as relações entre a concentração e a absorvância para fósforo total e fosfato total em uma amostra de água coletada em Varre Sai, no sítio Panorama. A seguir, será feita uma análise dessas equações de reta, sobre a presença de fósforo em corpos d'água, especificamente na região de estudo.

Gráfico da equação da reta para Fósforo Total e Fosfato total, respectivamente.

Gráfico 2- Equação da reta para fósforo total



Fonte: Autoria própria

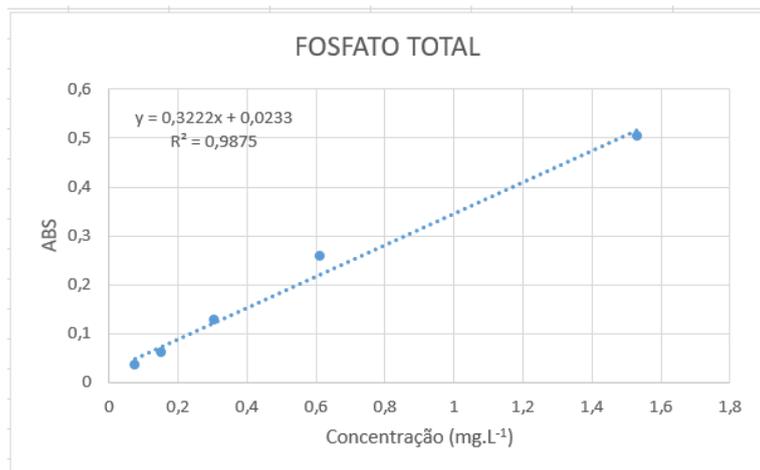
Fósforo Total:

- Equação da reta: $y=0,9878x+0,0233$
- Coeficiente de determinação (R^2): 0,9875

A equação demonstra uma relação linear forte entre a concentração de fósforo total na água e a sua absorbância (ABS). O coeficiente angular de 0,9878 indica que a cada aumento de 1 mg/L de fósforo total, a ABS aumenta aproximadamente 0,9878 unidades. O valor de $R^2=0,9875$, sugere que 98,75% da variação na absorbância pode ser explicada pela variação na concentração de fósforo total. A presença de fósforo em corpos d'água é um indicador importante de qualidade ambiental, especialmente em áreas agrícolas, como é o caso de Varre-Sai. A literatura aponta que concentrações elevadas de fósforo podem estar associadas ao uso de fertilizantes agrícolas e à decomposição de matéria orgânica. Segundo Campos et al. (2015), a região de Varre-Sai, no estado do Rio de Janeiro, apresenta características ambientais que favorecem a concentração de nutrientes como o fósforo, principalmente devido às práticas agrícolas intensivas. A presença de fósforo em águas superficiais está fortemente ligada ao manejo inadequado de solo e ao escoamento superficial de águas pluviais carregadas de fertilizantes, o que pode causar eutrofização dos corpos hídricos.

Moura e Souza (2017) também discutem a importância do monitoramento de fósforo em bacias hidrográficas, salientando que níveis elevados desse nutriente podem resultar na proliferação de algas e na degradação da qualidade da água, afetando a biodiversidade aquática e, potencialmente, a saúde humana. A equação da reta encontrada para o fósforo total sugere uma forte presença desse nutriente na amostra analisada, o que pode ser indicativo de uma possível contaminação por fontes agrícolas. Já o fosfato total, apesar de apresentar uma menor sensibilidade na relação concentração-ABS, também reflete uma concentração significativa de fósforo na forma de fosfato. Os resultados de fósforo total e fosfato total indicam uma forte presença de fósforo na amostra de água coletada em Varre Sai.

Gráfico 2- Equação da reta para fosfato total.



Fonte: *Autoria própria*

Fosfato Total:

- Equação da reta: $y=0,3222x+0,0233$
- Coeficiente de determinação (R^2): 0,9875

Para o fosfato total, a relação linear também é forte, mas o coeficiente angular é menor (0,3222), indicando que para cada aumento de 1 mg/L na concentração de fosfato total, a ABS aumenta em 0,3222 unidades. Apesar da menor sensibilidade em comparação ao fósforo total, o valor de $R^2=0,9875$ ainda mostra que 98,75% da variação na absorbância pode ser atribuída à concentração de fosfato total. A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece os padrões de qualidade da água para corpos hídricos no Brasil, incluindo limites máximos permitidos para substâncias como o fósforo. De acordo com essa resolução:

- *Fósforo Total em águas doces*: Para rios de classe 2, que se destinam ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado, e à preservação das comunidades aquáticas, o limite máximo permitido é de 0,030 mg/L.

Comparando este limite com os resultados obtidos, a equação da reta para o Fósforo Total sugere que, dependendo da concentração de "x", a concentração resultante de fósforo pode exceder o limite estabelecido, especialmente se valores elevados de "x" forem considerados. A Portaria MS nº 888, que estabelece os parâmetros de potabilidade da água para consumo humano, também define limites para substâncias químicas, incluindo o fósforo. No entanto, a portaria não especifica diretamente um limite para o fósforo, mas se preocupa com parâmetros que possam indicar poluição orgânica ou inorgânica na água. A presença de fósforo em corpos d'água pode ser atribuída a diversas fontes, incluindo escoamento agrícola, descargas de esgoto doméstico ou industrial e a decomposição de matéria orgânica. Estudos na região Sudeste do Brasil, especialmente em áreas rurais como Varre-Sai, apontam para a agricultura como uma fonte significativa de fósforo em águas superficiais devido ao uso de fertilizantes fosfatados. Autores como Tundisi e Tundisi (2008) discutem a importância do controle de fósforo em ecossistemas aquáticos, destacando que o excesso desse

nutriente pode levar à eutrofização, um processo que causa a proliferação de algas e degrada a qualidade da água, afetando tanto a biodiversidade quanto o uso humano dos recursos hídricos.

Além disso, estudos específicos sobre a bacia hidrográfica do Rio Itabapoana, onde Varre-Sai está localizado, sugerem que a qualidade da água está diretamente relacionada às práticas agrícolas na região. Referências como os trabalhos de Silva et al. (2017) e Lima et al. (2020) abordam os impactos da agricultura na qualidade da água e a necessidade de práticas mais sustentáveis para mitigar a poluição por nutrientes, incluindo o fósforo. Os resultados obtidos indicam uma necessidade de atenção especial ao manejo de fósforo na região de Varre-Sai- RJ para evitar a superação dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005. A implementação de práticas de manejo sustentável e a conscientização sobre o uso de fertilizantes podem ser medidas eficazes para controlar os níveis de fósforo na água, preservando assim a qualidade dos recursos hídricos locais.

Tabela de conformidade dos resultados de detecção de agrotóxicos na amostra de água em Varre-Sai, RJ, à luz da Portaria MS Nº 888 e da Resolução CONAMA 357/2005, detectados nos respectivos pontos de coleta das amostras de água no sítio Panorama.

A contaminação de recursos hídricos por agrotóxicos é uma preocupação crescente devido aos impactos negativos na saúde humana e nos ecossistemas aquáticos (CARNEIRO et al., 2015). O uso intensivo de pesticidas na agricultura contribui para a poluição das águas superficiais e subterrâneas, afetando a qualidade da água destinada ao consumo humano e à preservação ambiental (SOUZA et al., 2018). No Brasil, a Portaria MS Nº 888 de 202021 e a Resolução CONAMA 357/2005 estabelecem padrões de potabilidade e qualidade da água, respectivamente, determinando limites máximos permitidos para diversas substâncias químicas, incluindo agrotóxicos. O monitoramento constante e a análise criteriosa desses compostos são essenciais para garantir a segurança hídrica e a saúde das populações (FERREIRA & SILVA, 2020). Esta pesquisa visa analisar os níveis de diferentes agrotóxicos em uma amostra de água coletada no Sítio Panorama, comparando-os com os limites regulatórios estabelecidos, e discutir as implicações dos resultados obtidos.

/Tabela 2 – Pontos de coleta da amostra de água P1 a P5.

Agrotóxicos/Pontos e VMP	Concentrações detectadas (µg/L)					VMP (Valor máximo permitido) - µg/L	
	P1	P2	P3	P4	P5	Portaria 888/2021	CONAMA 357/2005
Alacloro	< 0,005					20 µg/L	20 µg/L
Aldrin + Dieldrin	< 0,03000					0,03 µg/L	0,03 µg/L
Atrazina	< 0,1000					2 µg/L	2 µg/L
Carbofurano	< 1,00000					7,0 µg/L	7,0 µg/L
Clorpirifós + Clorpirifós-oxon	< 1,10000					30 µg/L	0,1 µg/L
DDT+DDD+DDE	< 0,003					1,0 µg/L	1,0 µg/L
Diuron	< 1,00000					10 µg/L	1,0 µg/L
Glifosato + AMPA	< 20,00000					500 µg/L	65 µg/L

Mancozebe	< 1,00000	7 µg/L	3,5 µg/L
Metamidofós	< 0,10000	9 µg/L	3,5 µg/L
Molinato	< 0,01000	6 µg/L	5 µg/L
Profenofós	< 0,10000	3 µg/L	0,1 µg/L
Simazina	< 0,10000	2 µg/L	2 µg/L
Tebuconazol	< 0,05000	100 µg/L	0,2 µg/L
Terbufós	< 1,00000	1 µg/L	0,6 µg/L
Trifluralina	< 0,05000	1 µg/L	3,0 µg/L
Clordano (cis + trans)	< 0,03100	0,03 µg/L	0,2 µg/L
Glifosato	< 10,00000	500 µg/L	65 µg/L
Malation	< 0,10000	190 µg/L	0,1 µg/L
2,4-D	< 0,01000	30 µg/L	30 µg/L
Carbendazim	< 0,10000	60 µg/L	10 µg/L
		10 µg/L	0,9 µg/L
Aldicarbesulfona	< 0,05000		
	< 0,05000	10 µg/L	0,9 µg/L
Aldicarbesulfóxido			
	< 0,05000	10 µg/L	0,9 µg/L

Clorpirifós	1,00000	30 µg/L	0,1 µg/L
Clorpirifós-oxon	< 0,10000	30 µg/L	0,1 µg/L
Aldrin	< 0,03000	0,03 µg/L	0,03 µg/L
gama-BHC (Lindano)	< 0,00300	2 µg/L	2 µg/L
Dieldrin	< 0,00300	0,03 µg/L	0,03 µg/L
Clortalonil	< 0,05000	100 µg/L	100 µg/L
Metolacloro	< 0,10000	10 µg/L	10 µg/L
Epoxiconazol	< 0,10000	10 µg/L	0,1 µg/L
Flutriafol	< 0,10000	100 µg/L	0,3 µg/L
Hidroxi-Atrazina	< 0,10000	NE µg/L	20 µg/L
	< 1,10000	7 µg/L	3,5 µg/L
Mancozebe + ETU			
Metamidofós + Acefato	< 0,20000	9 µg/L	3,5 µg/L
Dimetoato	< 0,05000	6 µg/L	6 µg/L
Dimetoato + Ometoato	< 0,15000	6 µg/L	6 µg/L
Fipronil	< 0,10000	4 µg/L	0,03 µg/L
Ometoato	< 0,10000	6 µg/L	6 µg/L
	< 0,10000	300 µg/L	100 µg/L
Picloram			
Propargito	< 0,10000	10 µg/L	0,05 µg/L
	< 0,20000	100 µg/L	0,1 µg/L
Protiocozazol + Protiocozazol-Destio			
	< 0,10000	100 µg/L	0,3 µg/L
Tiametoxam			

Tiodicarbe	< 0,10000	10 µg/L	3 µg/L
Tiram	< 0,10000	10 µg/L	10 µg/L
Metribuzim	< 0,10000	9 µg/L	7 µg/L
Atrazina+S- Clorotriazinas (Deetil- Atrazina- Dea.Deisopropil- Atrazina-Dia e Diaminoclorotriazina- Dact)	< 0,40000	2 µg/L	2 µg/L
Ciproconazol	< 0,10000	100 µg/L	0,1 µg/L
Difenoconazol	< 0,10000	100 µg/L	0,1 µg/L
Cis-Clordano (Alfa)	< 0,00100	0,03 µg/L	0,2 µg/L
Trans-Clordano (Gama)	< 0,03000	0,03 µg/L	0,2 µg/L
ETU (L)	< 0,10000	7 µg/L	3,5 µg/L
ETU (L)	< 0,10000	7 µg/L	3,5 µg/L
Acefato (L)	< 0,10000	10 µg/L	3,5 µg/L
Paraquate (L)	< 0,10000	10 µg/L	10 µg/L
Protioconazol (L)	< 0,10000	100 µg/L	0,1 µg/L
Protioconazol - destio (L)	< 0,10000	100 µg/L	0,1 µg/L
Aldicarbe + Sulfona + Sulfóxido	< 0,15000	10 µg/L	0,9 µg/L
AMPA	< 10,00000	500 µg/L	65 µg/L
Deetil-Atrazina – Dea	< 0,10000	2 µg/L	20 µg/L
Deisopropil-Atrazina – Dia	< 0,10000	2 µg/L	20 µg/L
o.p' - DDD	< 0,00100	1 µg/L	1 µg/L
o.p' - DDE	< 0,00100	1 µg/L	1 µg/L
o.p' - DDT	< 0,00100	1 µg/L	1 µg/L
...			

Fonte: Autoria própria.

A análise das amostras de água de P1 a P5 no Sítio Panorama revelou a presença de agrotóxicos em concentrações muito baixas em todas as moléculas de agrotóxicos pesquisadas, apesar dos níveis detectados estarem abaixo do limite, é imperativo que medidas sejam tomadas para controlar e reduzir de forma a manter estes índices baixos na água, garantindo a segurança hídrica e a proteção dos ecossistemas locais. A integração de esforços entre governo, comunidades locais e setor agrícola é essencial para promover a sustentabilidade e a qualidade de vida na região. Abaixo tem-se as informações acerca dos níveis encontrados nas respectivas moléculas encontradas nas análises laboratoriais para a detecção abaixo:

O Protioconazol-destio detectado na tabela 1 foi detectado em níveis bem abaixo do limite máximo permitido pela Portaria MS 888/2021. A substância é um metabólito do fungicida Protioconazol, amplamente utilizado no controle de doenças fúngicas em diversas culturas. Segundo estudos de toxicidade, como os de Boobis et al. (2016), a exposição crônica a níveis baixos deste composto não apresenta risco significativo à saúde humana. Aldicarbe e seus metabólitos, Sulfona e Sulfóxido, são compostos altamente tóxicos, sendo que o uso do Aldicarbe foi amplamente restringido ou banido em muitos países devido à sua toxicidade aguda (EPA, 2020). Contudo, o nível detectado na amostra está significativamente abaixo do limite máximo permitido, sugerindo

que, nas condições analisadas, o risco para a saúde humana é minimizado. O AMPA é um metabólito do glifosato, um dos herbicidas mais utilizados mundialmente. Apesar de seu uso extensivo, há preocupações ambientais e de saúde associadas ao glifosato e seus metabólitos. Estudos como o de Benbrook (2016) destacam que o AMPA é menos tóxico que o glifosato, e os níveis detectados na amostra são bem inferiores ao limite estabelecido, não representando uma preocupação imediata para a saúde humana.

Deetil-Atrazina (Dea): A Deetil-Atrazina e a Deisopropil-Atrazina são metabólitos da Atrazina, um herbicida utilizado em plantações como milho e cana-de-açúcar. Ambos os compostos foram detectados em concentrações bem abaixo do LMP, o que é consistente com a literatura que sugere que esses compostos, embora sejam persistentes no ambiente, não apresentam risco significativo à saúde em níveis baixos (Sass & Colangelo, 2006). O DDD, DDE, e DDT são compostos organoclorados, conhecidos por sua persistência no ambiente e capacidade de bioacumulação. O DDT, em particular, foi amplamente utilizado como inseticida, mas seu uso foi banido ou restrito em muitos países devido aos seus efeitos adversos sobre a saúde e o ambiente (Carson, 1962). Embora os limites específicos para Clordano não estejam estabelecidos na portaria MS 888/2021, este composto é considerado um POP (poluente orgânico persistente) pela Convenção de Estocolmo, e a Resolução CONAMA 357/2005 recomenda que águas destinadas ao consumo humano não contenham POPs. A detecção de Clordano, mesmo em baixas concentrações, pode ser preocupante, conforme observado por Ritter et al. (1995).

Com os padrões estabelecidos pela Portaria MS Nº 888/2021 para os agrotóxicos detectados, exceto em relação aos compostos clorados como Clordano e os produtos de degradação do DDT, que não possuem limites específicos na portaria, mas apresentam risco ambiental e de saúde pública segundo a Resolução CONAMA 357/2005 e outros estudos. Recomenda-se a continuidade do monitoramento, com foco especial nos POPs, e uma análise aprofundada dos efeitos cumulativos e sinérgicos dos agrotóxicos detectados.

Substâncias como Cis-Clordano (Alfa), Trans-Clordano (Gama), o.p'-DDD, o.p'-DDE, e o.p'-DDT não possuem limites especificados diretamente na Portaria MS Nº 888, por isso são consideradas em não conformidade. As concentrações estão dentro dos limites permitidos para as substâncias onde os valores de referência estão disponíveis, indicando conformidade com as regulamentações. A Resolução CONAMA 357/2005, que estabelece a classificação das águas doces, salinas e salobras do território nacional, também especifica os limites para diversas substâncias químicas, incluindo agrotóxicos. A água coletada no Sítio Panorama seria classificada conforme o uso pretendido (Classe 1, 2, 3, etc.). Para águas destinadas ao abastecimento público, após tratamento simplificado (Classe 2), a presença de agrotóxicos como os detectados deve ser rigorosamente controlada. Como mostra a tabela 1 as moléculas estudadas nos pontos de coleta de P1 a P5 estão abaixo do limite permissível.

Porém essas substâncias em altos níveis na água, gera diversos efeitos adversos à saúde, incluindo câncer, distúrbios endócrinos hormonais e problemas no desenvolvimento neurológico em crianças (Carvalho et al., 2016; Oliveira et al., 2018). A remediação e monitoramento contínuo da qualidade da água são essenciais para mitigar esses riscos, especialmente em áreas rurais onde o uso de agrotóxicos deve ser frequente. Os resultados indicam que todos os pesticidas analisados estão dentro dos limites permitidos pela Portaria MS N° 888/2021 e Resolução CONAMA 357. Entretanto, a presença de DDT e seus metabólitos, mesmo em concentrações baixas, é alarmante devido à sua persistência no ambiente e aos riscos associados à saúde humana. A literatura aponta que essas substâncias são disruptores endócrinos e estão associadas a vários problemas de saúde, como câncer e defeitos congênitos (Schmidt, 2010; Eskenazi et al., 2009).

A presença desses pesticidas requer uma investigação mais aprofundada sobre as fontes de contaminação e a adoção de medidas preventivas para evitar a exposição contínua. Ramos et.al 2021 realizou levantamento de produtos utilizados, onde o estudo evidencia os riscos associados ao uso desses 15 produtos agroquímicos no Sítio Panorama. A análise mostra que muitos dos compostos presentes têm alta toxicidade e persistência, tornando necessária uma reavaliação do manejo desses agrotóxicos.

Tabela 3- Produtos utilizados em no Sítio Panorama em Varre Sai-RJ

Item	Nome	Classe	Grupo Químico	Classificação Toxicológica
1	Kraft 36 EC	Inseticida acaricida de origem biológica	Avermectina	I - Extremamente Tóxico
2	Folicur 200 EC	Fungicida Sistêmico	Triazol	III - Mediamente Tóxico
3	Ethrel	Regulador de Crescimento	Etileno	I - Extremamente Tóxico
4	Sanson 40 SC	Herbicida Sistêmico	Sulfonilureia	III - Mediamente Tóxico
5	Stron	Inseticida e Acaricida Sistêmico	Organofosforado	I - Extremamente Tóxico
6	Vexter	Inseticida e Acaricida	Organofosforado	II - Altamente Tóxico
7	Dormex	Regulador de Crescimento	Carbimidas	I - Extremamente Tóxico
8	Aureo	Adjuvante	Hidrocargonetos Alifáticos	IV - Pouco Tóxico
9	Decis 25 EC	Inseticida de contrato e ingestão	Piretróide	I - Extremamente Tóxico
10	Fusilade 250 EW	Fungicida Sistêmico	Ácido Ariloxifenoxpropionico	III - Mediamente Tóxico
11	Agral	Espalhamento Adesivo	Alquil Fenol Etoxilado	I - Extremamente Tóxico
12	Opera	Fungicida Sistêmico	Estrobilurina e triazol	II - Altamente Tóxico
13	Verdadeiro	Fungicida e Inseticida	Triazol, Neonicotinóide	II - Altamente Tóxico
14	Klorpan	Inseticida	Organofosforado	II - Altamente Tóxico
15	Roundup	Herbicida Sistêmico	Glicina Substituída	III - Mediamente Tóxico

Fonte: Ramos et.al, 2021.

Como recomendações para mitigar e prevenir a ocorrência de níveis acima dos limites permissíveis e de modo a resguardar a segurança e saúde ambiental das populações humanas que dependem dos recursos hídricos, sugerimos as seguintes recomendações, a saber:

(i) Monitoramento Regular: Estabelecer um programa de monitoramento contínuo da qualidade da água na região, com foco na detecção de agrotóxicos prioritários. (ii) Práticas Agrícolas Sustentáveis: Incentivar o uso de técnicas agrícolas sustentáveis e alternativas ao uso de agrotóxicos, como manejo integrado de pragas. (iii) Educação e Conscientização: Desenvolver campanhas educativas direcionadas aos agricultores e à população local sobre os riscos do uso indiscriminado de pesticidas. (iv) Ações de Remediação: Implementar medidas de remediação nas áreas identificadas com contaminação, incluindo técnicas de tratamento de água e recuperação ambiental. (v) Fiscalização Rigorosa: Fortalecer a fiscalização sobre o comércio e uso de agrotóxicos proibidos ou restritos, garantindo o cumprimento das legislações vigentes.

4 Considerações finais

A avaliação de agrotóxicos e a análise dos parâmetros físico-químicos da água no Sítio Panorama revelaram a presença de várias substâncias químicas que ultrapassam ou se aproximam dos limites estabelecidos por regulamentações ambientais e de saúde, como a Resolução CONAMA 357/2005 e a Portaria MS 888. A análise físico-química da água aponta para possíveis contaminações associadas à presença de fósforo total e fosfato, que indicam processos de eutrofização nas fontes de água, comprometendo sua qualidade. A detecção de elevados teores de fósforo, como observado nas equações ajustadas para a calibração, reforça a necessidade de adoção de práticas agroecológicas para evitar a degradação dos ecossistemas hídricos.

O reaproveitamento da água residuária, especialmente aquela com altos teores de potássio, surge como uma estratégia promissora para reduzir a pressão sobre os recursos hídricos e reutilizar os nutrientes presentes na água para o manejo sustentável do solo. A água com concentração elevada de potássio pode ser reutilizada para irrigação, uma vez que o potássio é um macronutriente essencial para as plantas, promovendo o crescimento saudável e melhorando a qualidade dos cultivos. Contudo, é necessário garantir que os níveis de outros compostos presentes na água, como nitratos e fosfatos, sejam monitorados para evitar efeitos adversos no solo e nas plantas. Dada a complexidade dos dados obtidos e a relevância do tema, recomenda-se a continuidade do estudo para compreender com mais profundidade os impactos de longo prazo da exposição aos agrotóxicos na biodiversidade local, na qualidade do solo e na saúde humana. Um enfoque multidisciplinar que integre análises químicas avançadas, monitoramento ambiental e a implementação de práticas agroecológicas sustentáveis será fundamental para a gestão eficiente dos recursos hídricos e a mitigação dos impactos ambientais na região de Varre-Sai.

Além disso, seria relevante desenvolver protocolos de tratamento da água contaminada com agrotóxicos, tanto para consumo humano quanto para fins de irrigação, garantindo que o uso da água seja seguro e ambientalmente sustentável. Um plano de manejo eficiente para o reaproveitamento da água residuária com alto teor de potássio pode auxiliar na redução da dependência de fertilizantes químicos, promovendo a transição para um modelo agrícola mais resiliente e ecológico. Por fim, estudos futuros devem considerar a inclusão de práticas de remediação ambiental, como o uso de plantas fitorremediadoras, técnicas de bioremediação e tratamentos físico-químicos da água, a fim de reduzir a concentração de contaminantes e preservar a qualidade dos recursos hídricos na região. Isso poderá contribuir não apenas para a melhoria da qualidade da água, mas também para o desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável e para a proteção dos ecossistemas aquáticos e terrestres.

Referências

- ALMEIDA, M. A., SILVA, R. M., & OLIVEIRA, L. S. (2017). **Impacto da água residuária do processamento do café em corpos d'água: um estudo de caso.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.
- ARAÚJO, J.L., ALVES, D.F. (2011). **Utilização de efluentes na fertirrigação: aspectos agronômicos e ambientais.** Editora XYZ.
- BARROS, P.M., COSTA, R.F., SOUSA, A.J. (2014). **Sólidos totais em efluentes líquidos e sua influência na fertirrigação.** Revista Agropecuária, 21(3), 120-127.
- BENBROOK, C. M. (2016). **Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally.** Environmental Sciences Europe, 28(1), 1-15.
- BOOBIS, A. R., ET AL. (2016). **Principles for modeling dose-response for risk assessment of combined exposure to multiple chemicals.** Critical Reviews in Toxicology, 46(10), 895-919.
- CAMPOS, E. A., OLIVEIRA, L. F., & FREITAS, R. T. (2015). **Impacto do uso de fertilizantes na concentração de fósforo em águas superficiais de áreas agrícolas no Estado do Rio de Janeiro.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 19(5), 481-488.

CHAVES, R. C. ET AL. (2010). **Qualidade da água no Rio Itabapoana**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 15(1), 23-32.

CARNEIRO, F. F., et al. (2015). **Dossiê Abrasco: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Associação Brasileira de Saúde Coletiva, Rio de Janeiro.

CARSON, R. (1962). **Silent Spring**. Houghton Mifflin.

CETESB. (2022). **Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo**. Relatórios anuais que incluem discussões sobre a qualidade da água e a importância do controle de nutrientes como o nitrogênio.

ESTEVES, F. A. (1998). **Fundamentos de Limnologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência.

ESKENAZI, B., CHEVRIER, J., ROSAS, L. G., ANDERSON, H. A., BORNMAN, M. S., BOUWMAN, H., ... & MCCARTHY, M. J. (2009). **The Pine River statement: human health consequences of DDT use**. Environmental Health Perspectives, 117(9), 1359-1367.

FONSECA, M. L., & NETTO, S. (2016). **Eutrofização e impactos ambientais: Um estudo de caso**. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 5(2), 45-58.

FEITOSA, F. A. C., & MANOEL FILHO, J. (1997). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Fortaleza: CPRM.

SANTOS, A. B. ET AL. (2015). **Avaliação da qualidade da água em propriedades rurais de Varre Sai, RJ**. Engenharia Sanitária e Ambiental, 20(3), 255-265.

JONES, K. C., & DE VOOGT, P. (1999). **Persistent organic pollutants (POPs): state of the science**. Environmental Pollution, 100(1-3), 209-221.

LIMA, R. L., ET AL. (2020). **Impacto das práticas agrícolas na qualidade da água no Sudeste do Brasil**. Engenharia Sanitária e Ambiental.

MACHADO, A. S.; et al. **Qualidade da água em áreas preservadas da Mata Atlântica**. Revista Ambiente & Água, v. 6, n. 3, p. 150-162, 2011.

MACHADO, C. C.; et al. **Qualidade da água em áreas agrícolas**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 20, n. 4, p. 350-356, 2016.

MALTEZ, J. F., & SILVA, P. H. (2018). **Processamento de café e seus impactos ambientais: uma revisão**. Café e Qualidade Ambiental.

MARTINS, M. L., et al. (2017). **Métodos analíticos para determinação de resíduos de agrotóxicos em água**. Química Nova, 40(2), 227-239.

MEDEIROS, J.F., LEITE, L.F.C., PEREIRA, M.E. (2012). **Práticas de fertirrigação com efluentes líquidos: teoria e prática**. Revista de Agricultura Sustentável, 9(2), 45-60.

MENDONÇA, A. G. de; MATOS, A. T. **Tratamento de águas residuárias do processamento de café**. Engenharia Agrícola, v. 25, n. 1, p. 188-197, 2005.

METCALF & EDDY (2014). **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. 5th ed. New York: McGraw-Hill.

MELO, L.G., SILVA, F.R. (2018). **Matéria orgânica em efluentes: impactos no solo e na fertirrigação**. Agropecuária Técnica, 16(4), 78-85.

MOURA, P. R., & SOUZA, A. C. (2017). **Monitoramento da qualidade da água em bacias hidrográficas com uso intensivo de fertilizantes: um estudo de caso em Varre Sai, RJ**. Estudos Ambientais, 23(2), 135-145.

OLIVEIRA, H. A.; ARAÚJO, F. M. **Estudo do pH em corpos d'água da região Sudeste do Brasil**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 19, n. 1, p. 101-112, 2014.

OLIVEIRA, R.C., LIMA, G.S., ANDRADE, M.A. (2016). **Propriedades físico-químicas de efluentes na fertirrigação de culturas agrícolas**. Engenharia Ambiental, 23(4), 65-74.

PINTO, C. M.; et al. **Influência da temperatura da água em ecossistemas aquáticos da região Sudeste**. Revista Brasileira de Limnologia, v. 24, n. 2, p. 85-98, 2015.

OLIVEIRA, A. K., et al. (2016). **Resíduos de pesticidas organoclorados em águas superficiais: uma revisão**. Revista Ambiente & Água, 11(2), 387-400.

RAMOS, A. de S.; RANGEL, B. E.; JESUS, R.R; MACHADO, L.R; RAMOS, V. R; SOUZA, N. G. S. de; OLIVEIRA, V. de P. S. de. **Avaliação das condições hídricas de uma propriedade rural produtora de café no município de Varre-Sai, região Noroeste do estado do Rio de Janeiro**. ResearchGate, abril 2021. p. 8. Disponível em: <https://www.researchgate.net/>. Acesso em: (05/09/2024).

- REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006.
- RIBAS, L. S. **Compostagem de resíduos do café**. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, v. 3, n. 2, p. 5-12, 2012.
- SCHMIDT, C. W. (2010). **Silent Spring, revisited: Pesticide use and endocrine disruption**. Environmental Health Perspectives, 118(8), A352-A358.
- SILVA, R.B., ALMEIDA, P.F., CASTRO, M.S. (2017). **pH e condutividade elétrica de efluentes e sua influência no solo**. Pesquisa em Engenharia Agrícola, 14(1), 98-106. SILVA, C. C., ET AL. (2017). **Qualidade da água em áreas agrícolas da bacia hidrográfica do Rio Itabapoana**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos.
- SILVA, M. A. ET AL. (2013). **Impactos da agricultura na qualidade da água em bacias hidrográficas**. Revista de Ciências Ambientais, 7(2), 123-135.
- SILVA, R. M.; et al. **Oxigênio dissolvido e suas implicações em ambientes aquáticos da região de Varre-Sai, RJ**. Revista de Ecologia Aquática, v. 21, n. 1, p. 77-84, 2017.
- SOTO, M. E. **Gestão ambiental na cafeicultura**. 2. ed. Londrina: IAPAR, 2003.
- SOUZA, M. J.; et al. **Avaliação da turbidez em corpos d'água da Mata Atlântica**. Revista Ambiente & Água, v. 13, n. 4, p. 110-123, 2018.
- SOUZA, T. A., SANTOS, L. F., & CARVALHO, E. C. (2019). **Tratamento de efluentes agroindustriais e redução de nitrogênio amoniacal: técnicas e desafios**. Journal of Environmental Management.
- SOUZA, A.S., PEREIRA, R.S., MOTA, F.J. (2013). **Salinidade de efluentes na fertirrigação: riscos e manejo adequado**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 17(5), 476-482.
- SOUZA, A. P., et al. (2018). **Contaminação de águas subterrâneas por agrotóxicos no Brasil: uma revisão**. Engenharia Sanitária e Ambiental, 23(1), 19-30.
- TUNDISI, J. G., & TUNDISI, T. M. (2008). *Limnologia*. Oficina de Textos.
- TCHOBANOGLIOUS, G., BURTON, F. L., & STENSEL, H. D. (2003). **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**.
- TUNDISI, J. G. **Recursos hídricos no século XXI: a questão da água no mundo e no Brasil**. 2. ed. São Carlos: Oficina de Textos, 2013.
- TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, 2008.
- TUNDISI, J. G., & MATSUMURA-TUNDISI, T. (2012). *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2007.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: princípios do tratamento biológico de águas residuárias, Vol. 1**. DESA-UFMG, Belo Horizonte, 2005.
- VIEIRA, D. S., OLIVEIRA, A. M., & SANTOS, C. P. (2018). **Nitrogênio amoniacal em águas: Origem, impactos e métodos de tratamento**. Revista Brasileira de Engenharia Ambiental, 12(3), 150-162.
- VON SPERLING, M. (2005). **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª ed. Belo Horizonte: UFMG.
- SASS, J. B., & COLANGELO, A. (2006). **European Union bans atrazine, while the United States negotiates continued use**. International Journal of Occupational and Environmental Health, 12(3), 260-267.
- WETZEL, R. G. (2001). **Limnology: Lake and River Ecosystems**. 3rd ed. San Diego: Academic Press.
- WHO. (2011). **Guidelines for Drinking-water Quality**. World Health Organization, Geneva.

Agradecimentos

À FAPERJ, UNIFAP, CPNq e CAPES.