

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

JOSIMARA CECCHIN

**MONITORAMENTO ESPACIAL E TEMPORAL DE PARÂMETROS
FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA NO RIO ALEGRIA, MEDIANEIRA-PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2017

JOSIMARA CECCHIN

**MONITORAMENTO ESPACIAL E TEMPORAL DE PARÂMETROS
FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA NO RIO ALEGRIA, MEDIANEIRA-PR**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Tecnólogo em
Gestão Ambiental, da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Ismael Laurindo
Costa Junior

Co-orientador: Prof^a. Dr^a. Carla Cristina
Bem

MEDIANEIRA

2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Medianeira



TERMO DE APROVAÇÃO

MONITORAMENTO ESPACIAL E TEMPORAL DE PARÂMETROS FÍSICO-
QUÍMICOS DA ÁGUA NO RIO ALEGRIA, MEDIANEIRA-PR

por

JOSIMARA CECCHIN

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 27 de novembro de 2017 às 14:30 h como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em: Gestão Ambiental. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho Aprovado.

Prof. Dr. Ismael Laurindo Costa Junior
Orientador

Prof^a. Dr^a. Carla Cristina Bem
Co-orientadora

Prof. Me. Henry C. A. D. N. T. de M. Brandão
Membro titular

Prof^a. Poliana Paula Quitaiski
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedico este trabalho à minha mãe,
Elenice Cecchin, que está sempre ao meu
lado e a mim, pela superação dos
“*perrengues emocionais*”!!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu orientador, Prof. Dr. Ismael Laurindo Costa Junior (sigilosamente e com afeto, chamado de Isma), por ter aceitado me orientar durante este trabalho, pela sua sabedoria e imensa paciência comigo, por ter compreendido meu momento de perrengue e pelo incentivo a concluir, “*Fé no PAI que vai!!*”.

Estendo o agradecimento a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus de Medianeira e aos demais professores do curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, que contribuíram para que tivesse a melhor formação.

Agradeço a Amanda Reginato de Pierri e ao Maíke Krug Correa, Alunos de Iniciação Científica do Laboratório GEPMAT, pelo auxílio nas coletas e análises.

Meus colegas do curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, aos guris Michael R. dos Santos, Rafael A. Roman, Daniel O. Alves, Jonikey Roos entre trocas de farpas, cafés e bolos todos sobreviveram. E de modo especial as “*Gatas da Gestão*”, Silvia Leticia Maria Assunção de Paula, Luana Leite Vieira e Michele Guedes de Oliveira, agradeço toda ajuda que me deram durante a graduação, tanto nos trabalhos em grupo, na cobrança dos meus trabalhos individuais, na troca de resumos para as provas e claro, durante os desabafos, conselhos e comilanças. Obrigada amores!! Lembro das *gatas* Flavia Vermelho e Pâmela Rangel que nos trocaram durante o curso por outros caminhos, estejam felizes!

Le, melhor *Le linda*, como te chamo, não há palavras para expressar a minha felicidade em ter sua amizade!! Nos conhecemos no dia da matrícula dos alunos remanescentes e vamos juntas até o final! Era uma menina no começo da faculdade, ainda lembro-me do seu pai me pedido pra cuidar de você (na verdade, você que mais cuidou de mim), estudante dedicada, determinada, esforçada, não aceitava nota mais ou menos, FELIZ! Acompanhei desabrochar e ajudei a cultivar essa mulher especial, parceira, conselheira (se olhar o histórico de prints do WhatsApp, é enorme!!). Você é luz de brilho forte, te amo e *tamo junto, Le linda!!*

Agradeço os companheiros de ônibus, foram incontáveis dias de estrada que levamos com bom humor e companheirismo, principalmente as sextas-feiras, “Para no Jóia!!”

No começo foram flores, depois tivemos alguns espinhos e hoje é uma grande amiga, Fabiana Marczinski de Castro Carlos, obrigada pelo apoio, pelos conselhos, pela parceria (para caminhada de 45 km e para ficar desempregada, também!! hahah), pelos momentos de sinceridade e pelas cobranças de que deveria estudar, deu certo!!

À minha mãe Elenice, imenso agradecimento pelo incentivo a nunca parar de estudar e por estar comigo ao longo de mais uma graduação. Obrigada pela confiança, pelo apoio incondicional e pelos sacrifícios que você fez em razão da minha educação. Obrigada por ver que eu não estava bem e me levar a buscar ajuda, e por me ajudar a melhor a cada dia. Eterno agradecimento mãe, TE AMO!!!

Agradeço ao meu pai, Leocides, e ao maninho, Jozias, pela família que somos!

Agradeço também a Deus pela sabedoria, por iluminar e abençoar minha trajetória.

*“Você é,
o que você faz na maior parte do tempo!”
(Izabelle Coe)*

RESUMO

CECCHIN, Josimara. **Monitoramento espacial e temporal de parâmetros físico-químicos da água no rio Alegria, Medianeira-PR.** 2017. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2017.

A determinação da qualidade da água de um corpo hídrico é muito importante tendo em vista sua destinação ao abastecimento populacional e manutenção dos ecossistemas. Comumente a avaliação se dá pelo monitoramento de parâmetros físico-químicos. O objetivo deste estudo foi estabelecer relação entre estas variáveis de modo espacial e temporal com a situação do Rio Alegria na cidade de Medianeira-PR. Sua escolha levou em consideração o fato de ser um manancial que percorre uma área urbana, sujeito a diversos impactos ambientais ao longo de seu curso. Foram realizadas duas campanhas durante as estações do inverno e primavera de 2017 para coletas de água em quatro pontos distribuídos da nascente a foz do rio, a fim de detectar possíveis mudanças espaciais nas suas características. Os parâmetros investigados foram pH, alcalinidade, dureza e cloreto; oxigênio dissolvido; fluoretos; Demanda química de oxigênio, nitrito, nitrato nitrogênio amoniacal e fósforo total. Os resultados indicaram o terceiro ponto amostral como mais crítico e permitiram inferir que existe a influência de fontes antrópicas na qualidade da água. Isto se dá através do lançamento de esgotos domésticos e efluentes agroindustriais, mas, que ainda não é representativa para causar impactos ambientais significativamente danosos ao corpo hídrico e aos seres humanos uma vez que os únicos parâmetros em desacordo com Resolução CONAMA 357/05 foram o nitrogênio amoniacal e o fósforo nas duas estações. O Rio Alegria demonstrou que possui capacidade de realizar o processo de autodepuração satisfatoriamente, baixando seus índices de poluição até chegar a sua foz.

Palavras-chaves: Qualidade da Água; Poluição Ambiental; Monitoramento.

ABSTRACT

CECCHIN, Josimara. **Spatial and temporal monitoring of physico-chemical parameters of water in the Alegria river, Medianeira-PR.** 2017. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2017.

The determination of the water quality of a hydric body is very important, considering its role to the population's supply and ecosystem maintenance. Usually, the assessment happens through physical and chemical parameters. This study aims to establish a relationship between these space and time variables and the situation of Alegria River in the city of Medianeira, state of Paraná. This choice considered the fact that the river is a water source, which crosses an urban area and it is subject to several environmental impacts throughout its course. Two campaigns were carried out during 2017's winter and spring in four points located between the river's springhead and mouth, to detect possible space changes in its characteristics. The investigated parameters were pH, alkalinity, hardness and chloride; oxygen dissolved, fluoride, chemical demand of oxygen, nitrite, nitrate ammonia nitrogen and total phosphor. The results indicated the third point sample as the most critical one, which allowed this study to infer that there is an influence of anthropic sources on the water quality. This happens because of launching of domestic sewage and agro industrial effluents into the river. However, the launching is not representative yet to cause meaningful hazardous environmental impacts to the hydric body and to human beings, since the only parameters in disagreement with the CONAMA Resolution 357/05 were the ammonia nitrogen and the phosphor in two stations. Alegria River has shown it is able to carry out a self-purification process satisfactorily, which lowers its pollution indexes until it reaches its mouth.

Keywords: Water quality; Environmental Pollution; Monitoring.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Percurso do rio Alegria na cidade de Medianeira.....	21
Figura 2. Pontos de coleta no rio Alegria.	23
Figura 3. Pontos amostrais no rio Alegria no município de Medianeira-PR.	27
Gráfico 1. Valores de DQO nas águas do rio Alegria.	29
Gráfico 2. Valores de OD nas águas do rio Alegria.	31
Gráfico 3. Valores de pH nas águas do rio Alegria.....	32
Gráfico 4. Valores de Dureza Total nas águas do rio Alegria.....	34
Gráfico 5. Valores de Alcalinidade Total nas águas do rio Alegria.	36
Gráfico 6. Valores de Cloretos nas águas do rio Alegria.....	37
Gráfico 7. Valores de Fluoretos nas águas do rio Alegria.	38
Gráfico 8. Valores de Nitrato NO_3^- nas águas do rio Alegria.	40
Gráfico 9. Valores de Nitrito NO_2^- nas águas do rio Alegria.	41
Gráfico 10. Valores de Amônia NH_4^+ nas águas do rio Alegria.	42
Gráfico 11. Valores de Fósforo nas águas do rio Alegria.	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Distribuição relativa das formas de nitrogênio segundo distintas condições	20
Tabela 2. Padrões de Qualidade para Rios Classe 2.....	22
Tabela 3. Pontos de coleta e localização	22
Tabela 4. Valores de DQO nas águas do rio Alegria.....	29
Tabela 5. Valores de OD nas águas do rio Alegria.	30
Tabela 6. Valores de pH nas águas do rio Alegria.	32
Tabela 7. Valores de Dureza Total nas águas do rio Alegria.	33
Tabela 8. Valores de Alcalinidade Total nas águas do rio Alegria.....	35
Tabela 9. Valores de Cloretos nas águas do rio Alegria.	36
Tabela 10. Valores de Fluoretos nas águas do rio Alegria.....	38
Tabela 11. Valores de Nitrato NO_3^- nas águas do rio Alegria.....	39
Tabela 12. Valores de Nitrito NO_2^- nas águas do rio Alegria.	40
Tabela 13. Valores de Amônia NH_4^+ nas águas do rio Alegria.	41
Tabela 14. Valores de Fósforo nas águas do rio Alegria.	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 ÁGUA E POLUIÇÃO	14
3.2 PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS	16
3.2.1 Parâmetros Físicos	17
3.2.2 Parâmetros Químicos	18
4 MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1 ÁREA DE ESTUDO	21
4.2 COLETA E AMOSTRAGEM	23
4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	23
4.3.1 Alcalinidade Total	23
4.3.2 Dureza Total	24
4.3.3 Cloretos	24
4.3.4 Oxigênio Dissolvido, Temperatura e Potencial Hidrogeniônico	24
4.3.5 Fluoretos	24
4.3.6 Demanda Química de Oxigênio (DQO)	25
4.3.7 Nitrogênio Amoniacal, Nitrito e Nitrato	25
4.3.8 Fósforo Total	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA	27
5.2 AVALIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	28
5.2.1 Demanda Química de Oxigênio (DQO)	29
5.2.2 Oxigênio Dissolvido (OD)	30
5.2.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)	31
5.2.4 Dureza Total	33
5.2.5 Alcalinidade Total	34
5.2.6 Cloretos	36
5.2.7 Fluoretos	38
5.2.8 Nitrogênio Amoniacal, Nitrito e Nitrato	39
5.2.9 Fósforo	42
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

O surgimento de aglomerados populacionais em sua maioria padronizou-se em áreas litorâneas ou na proximidade de corpos d'água, resultante da dependência direta para sobrevivência através do desenvolvimento da agricultura, da indústria, da dessedentação, de valores culturais e religiosos entrelaçados a água, bem como, a oportunidade de deslocamento imediato que este recurso oferece à população.

A água é considerada um recurso essencial, na forma de componente bioquímico de seres vivos, ou na forma de habitat de diversas espécies animais e vegetais, e ainda, como elemento de valor para várias culturas, ou ainda, como elemento de produção de inúmeros bens de consumo de fase final ou intermediária.

Os recursos hídricos possuem grande importância no desenvolvimento da economia, como exemplo, na agricultura, se houver um período de estiagem durante a época de desenvolvimento da planta, tal fato pode representar a perda da produção, acarretando em desequilíbrio econômico de uma região inteira. Nas indústrias, por vezes o consumo de água é superior ao volume de sua produção.

O Brasil é detentor de uma das mais extensas redes hidrográficas do mundo, isso é proporcionado pelas condições climáticas, geológicas, dimensões territoriais e localização geográfica (REBOUÇAS, 2006, apud GORSKI, 2008, p. 27), esta última responsável pela disposição de inúmeras cidades cortadas por rios e córregos.

O crescimento de forma desordenada das cidades é um dos maiores responsáveis pelo aumento das atividades geradoras de impactos ambientais. A rápida urbanização levou a população com menor poder aquisitivo a regiões carentes de serviços básicos de saneamento, tal fato foi responsável por gerar um conflito entre as cidades ribeirinhas e as águas que as transpõe.

Os corpos hídricos são responsáveis por agregar beleza à paisagem, servirem como fonte hídrica, e trazer retorno econômico e lazer, porém em diferentes oportunidades são utilizados para descarte de resíduos inadequadamente, tornando-se águas poluídas por ações antrópicas. Isso estimula a rejeição, a repugnância, o dissabor pelos rios urbanos, efeitos causados pelas inundações, odores, pela falta de mananciais adequados para o abastecimento e ainda promovem a desqualificação da paisagem.

Os rios que percorrem as cidades passam por grandes transformações devido a intensa urbanização, a qualidade das águas é alterada, seu poder de autodepuração fica desequilibrado. Para que se mantenha a qualidade d'água são realizados acompanhamentos através do monitoramento da qualidade da água.

Visando esta perspectiva, realizou-se o monitoramento da qualidade da água do Rio Alegria, da cidade de Medianeira - PR, através da avaliação temporal e espacial para inferir a influência de fontes antrópicas através do lançamento de esgotos domésticos e efluentes agroindustriais sobre a qualidade da mesma.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar temporalmente e espacialmente a influência de fontes antrópicas como áreas urbanizadas, lançamento de esgotos domésticos e efluentes agroindustriais sobre a qualidade da água do Rio Alegria, Medianeira-PR.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar parâmetros físicos e químicos: Demanda Química de Oxigênio (DQO), oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), dureza total, alcalinidade total, cloretos, fluoretos, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato e fósforo;
- Relacionar as possíveis alterações observadas espacial e temporalmente com as fontes de poluição da microbacia;
- Avaliar a qualidade da água em cada ponto de amostragem, em relação aos padrões de qualidade ambiental estabelecidos para águas pela Resolução nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ÁGUA E POLUIÇÃO

Água,

1. Líquido natural (H₂O), transparente, incolor, geralmente insípido e inodoro, indispensável para a sobrevivência da maior parte dos seres vivos.
2. Esse líquido como recurso natural que cobre cerca de 70% da superfície terrestre.
3. Lugar por onde esse líquido corre ou se aglomera. [...] (ÁGUA, 2017).

É o recurso natural de utilização mais acentuada, sendo explorado nas mais diversas atividades, Gonçalves et. al. (2006) citado por Lazzereis (2013, p. 11), apresenta algumas práticas como, “[...] abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação, dessedentação de animais, recreação e lazer, geração de energia elétrica, diluição de despejos, preservação da flora e fauna, paisagismo, etc.”, além de ser o principal constituinte de todos os seres vivos.

Mesmo conscientes de sua relevância, a humanidade está deteriorando este recurso com ações que prejudicam a qualidade e quantidade do mesmo, e que resultam diretamente em danos para a sociedade.

De mesma grandeza, o consumo e a poluição da água são questões importantes para discussão. Decorrente do crescente aumento populacional nas áreas urbanas a utilização deste recurso natural intensificou-se em proporção quase que similar a contaminação dos mananciais e demais fontes de água.

O abastecimento industrial gera efluentes poluidores, com carga orgânica, biológica, substâncias tóxicas, com temperatura e pH alterados em relação ao corpo receptor; o lançamento de esgoto produz poluição orgânica, física, química e biológica; as áreas agrícolas também corroboram para o detrimento dos corpos hídricos, devido principalmente a ocorrência de erosão, assoreamento, contaminação do solo com pesticidas e subsequente carreamento para lençóis freáticos e mesmo para os rios e lagos.

A Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981), que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, em seu Art. 3º traz a definição de degradação e poluição como sendo:

- [...] II - degradação da qualidade ambiental, a alteração adversa das características do meio ambiente;
- III - poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:
 - a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
 - b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
 - c) afetem desfavoravelmente a biota;
 - d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
 - e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos; [...].

Da forma como a lei defende o meio ambiente em relação a atividades poluidoras, pressupõe-se que o impacto ambiental e as possíveis alterações hídricas, podem prejudicar o habitat e os seres que nele vivem e ainda, inviabilizar sua utilização.

A qualidade da água não se refere necessariamente, a fórmula H_2O que seria seu estado de pureza, pois ela possui propriedades de solvente e transporta partículas.

Pode-se considerar como qualidade da água o resultado de “[...] fenômenos naturais e da atuação do homem. De maneira geral, pode-se dizer que a qualidade de uma determinada água é função das condições naturais e do uso da ocupação do solo na bacia hidrográfica. [...]” (VON SPERLING, 2005, p. 15). Com isso, a qualidade da água inclui considerar as suas características químicas, físicas e biológicas que distinguem as diferentes finalidades de uso que são dispostas.

Para o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) através da Resolução nº 357/2005 (BRASIL, 2006), a condição de qualidade das águas é a “[...] qualidade apresentada por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada, frente às Classes de Qualidade.” onde cada classe de qualidade é o “[...] conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros.”.

De acordo com a resolução citada, a atual classificação para as águas doces do território nacional segue:

Art. 4º As águas doces são classificadas em:

I - Classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) à 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) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à 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) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à 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) à aquíicultura e à atividade de pesca.

IV - Classe 3: águas que podem ser destinadas:

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

V - Classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística. (BRASIL, 2006, p 03-04).

3.2 PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

O monitoramento da qualidade das águas é um instrumento de suma importância para a gestão ambiental, pois por meio dele é realizada a “[...] medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo de água.” (BRASIL, 2006, p. 03).

Em 1970 o Índice de Qualidade das Águas (IQA) foi criado nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation*. A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), iniciou a utilização deste mesmo mecanismo no ano de 1975. Entretanto, nos anos seguintes os demais estados brasileiros adotaram o IQA, e hoje ele é utilizado em todo o país (ANA, s.n.).

Através das análises realizadas com os mecanismos disponibilizados para o acompanhamento dos recursos hídricos, é fundamental que elas apresentem condições físico-químicas adequadas para o desenvolvimento de seres vivos, contendo substâncias essenciais para a sobrevivência e isenta de agentes nocivos (CRUZ *et. al.* 2007 apud DUTRA *et. al.* 2010).

A qualidade da água pode ser medida através de diferentes parâmetros, que irão representar as características físicas e químicas daquele corpo hídrico.

3.2.1 Parâmetros Físicos

a) Sólidos

Os sólidos em suspensão são diversos materiais que são levados aos corpos hídricos, podendo ter como origem a erosão, desgaste de rochas ou os esgotos (domésticos e industriais). Sua presença auxilia na diminuição da transparência da água, com isso, reduzindo a disponibilidade de luminosidade para a realização da fotossíntese pelas plantas (NAIME; FAGUNDES, 2005, p. 30).

b) Turbidez

Consiste no grau de interferência da passagem da luz através da água, os responsáveis pela interferência são os sólidos suspensos. As algas e outros micro-organismos, e mesmo partículas de rocha e areia são fragmentos que interferem de modo natural a travessia da luz, os despejos de efluentes domésticos e industriais e a erosão, correspondem à ação antrópica neste ciclo (VON SPERLING, 2005, p. 28).

Fatores como velocidade de escoamento e o represamento das águas, interferem nos índices de turbidez do corpo hídrico, visto isso por Brust (1991), citado por Naime e Fagundes (2005, p. 30).

O parâmetro turbidez pode trazer um aspecto desagradável para a água potável, perturbando sua qualidade estética, por meio do transporte de micro-organismos patogênicos, que em grande concentração, pode prejudicar o processo de fotossíntese dos seres aquáticos (VON SPERLING, 2005, p. 28).

3.2.2 Parâmetros Químicos

a) Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A DQO analisa a quantidade de matéria orgânica biodegradável e não biodegradável, indicando a quantidade de oxigênio dissolvido consumido durante o processo de decomposição (NAIME e FAGUNDES, 2005, p. 32). As fontes de matéria orgânica naturais são os restos de vegetais e animais, de fontes antropogênicas, são os esgotos, tanto domésticos como industriais (VON SPERLING, 2005, p. 40).

Como consequência, quanto mais oxigênio for utilizado pelos micro-organismos para realizar a decomposição da matéria orgânica, uma quantidade menor de oxigênio dissolvido restará para os animais aquáticos, gerando a mortalidade das espécies mais sensíveis (VON SPERLING, 2005, p. 40).

b) Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido é vital para a sobrevivência dos seres aquáticos aeróbios. Quando em baixas concentrações, ocorre a mortalidade das espécies mais exigentes.

Valores muito baixos de oxigênio dissolvido se referem a alta carga de matéria orgânica devido a ocorrência de grande consumo de oxigênio pelas bactérias para sua respiração, enquanto realizam a estabilização da matéria orgânica (VON SPERLING, 2005, p. 38-39).

c) Potencial Hidrogeniônico (pH)

Indica a condição de acidez ($\text{pH} < 7$), neutralidade ($\text{pH} = 7$) e alcalinidade ($\text{pH} > 7$) da água, através da concentração de íons de hidrogênio H^+ . Valores extremos, como baixos e elevados, são indicativos de despejos de efluentes industriais (VON SPERLING, 2005, p. 30-31). Essas alterações de pH, influenciam “[...] nos processos biológicos que ocorrem no meio aquático, bem como na toxicidade de alguns compostos nele presentes.” (NAIME e FAGUNDES, 2005, p. 29).

d) Dureza Total

Para Vasconcelos e Souza (2011) a dureza da água é uma propriedade resultante da presença de metais alcalino-terrosos, especialmente cálcio e magnésio, que são encontrados em águas naturais. Não há comprovação de que a dureza cause problemas sanitários, porém, em grandes concentrações pode conter sabor desagradável (VON SPERLING, 2005, p. 33-34).

A dureza das águas pode ser classificada como classe 1 – Branda (0-55 mg L⁻¹), classe 2 – Levemente dura (56-100 mg L⁻¹), classe 3 – Moderadamente dura (101-200 mg L⁻¹) e classe 4 – Muito dura (201-500 mg L⁻¹) (PEREIRA, 2006).

e) Alcalinidade Total

É a medida da capacidade da água de neutralizar os ácidos, através dos íons que reagirão com os íons de hidrogênio. Sua origem natural ocorre pela dissolução das rochas ou da reação do CO₂ da atmosfera ou da decomposição da matéria orgânica, com a água, os efluentes industriais também possuem potencial de corroborar com esta característica. Em águas utilizadas para abastecimento, a alcalinidade não influencia sanitariamente, apenas se encontradas em elevadas concentrações irá inferir gosto amargo a água (VON SPERLING, 2005, p. 31-32).

f) Cloretos

São oriundos da dissolução de minerais, ou da intrusão de águas do mar. As ações antrópicas também influenciam na inserção de cloretos as águas através de esgotos domésticos (excreção pela urina) e industriais, e ainda, pelas águas utilizadas em irrigação (OLIVEIRA; CAMPOS; MEDEIROS, 2010 p. 1063). Em altas concentrações pode conferir um sabor salgado a água (VON SPERLING, 2005, p. 35-36).

g) Fluoretos

De acordo com a CETESB (2009) mencionada por Ribeiro, et. al. (2016, p. 92), “O fluoreto é adicionado às águas de abastecimento público para conferir-lhes

proteção à cárie dentária, pode ser excretado pela urina e sua eliminação é influenciada por diversos fatores, tais como o estado de saúde da pessoa e seu grau de exposição a esta substância.”.

h) Nitrogênio

É um elemento essencial para o crescimento das algas, em grandes concentrações pode inferir em um crescimento elevado das algas o que pode vir a gerar a eutrofização deste corpo hídrico. Suas transformações bioquímicas consomem oxigênio dissolvido, e este consumo em grande escala pode afetar a vida aquática. Ainda, seu estado bioquímico em um corpo d’água, pode indicar o estágio da poluição: poluição recente com nitrogênio na forma de amônia ou orgânica; e poluição remota com nitrogênio na forma nitrato (VON SPERLING, 2005, p. 35-36).

Tabela 1. Distribuição relativa das formas de nitrogênio segundo distintas condições

Condição	Forma predominante de nitrogênio
Esgoto Bruto	Nitrogênio orgânico, amônia
Poluição recente em curso d’água	Nitrogênio orgânico, amônia
Poluição média em curso d’água	Orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato
Poluição remota em curso d’água	Nitrato
Efluente de tratamento sem nitrificação	Amoniacal
Efluente de tratamento com nitrificação	Nitrato
Efluente nitrificado e desnitrificado	Concentração mais reduzida de todas as formas de nitrogênio

Fonte: Von Sperling, 1996.

i) Fósforo

Elemento essencial para o desenvolvimento das algas, que em elevadas concentrações predispõe ao aumento do crescimento das algas, podendo gerar a eutrofização. Tal elemento, também é indispensável para os microorganismos que realizam a estabilização da matéria orgânica. (VON SPERLING, 2005, p. 37-38).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

Localizada no oeste do estado do Paraná, Medianeira (25°17'40" S e 54°05'30" W) possui 41.817 mil habitantes, e de acordo com o último censo, apresenta 23,6% dos domicílios com adequado sistema de esgoto sanitário (IBGE, 2010).

Caracterizado como principal manancial de abastecimento do município, o rio Alegria (Figura 1) possui suas nascentes na área rural. Com 22 quilômetros de extensão e recebe água dos afluentes Sanga Magnólia, Sanga Maduri e Sanga Maguari, atravessando a área urbana desembocando no rio Ocoy (PMD, 2006), com vazão média de aproximadamente 350 L s⁻¹ (LAZZEREIS, 2013, p. 19).

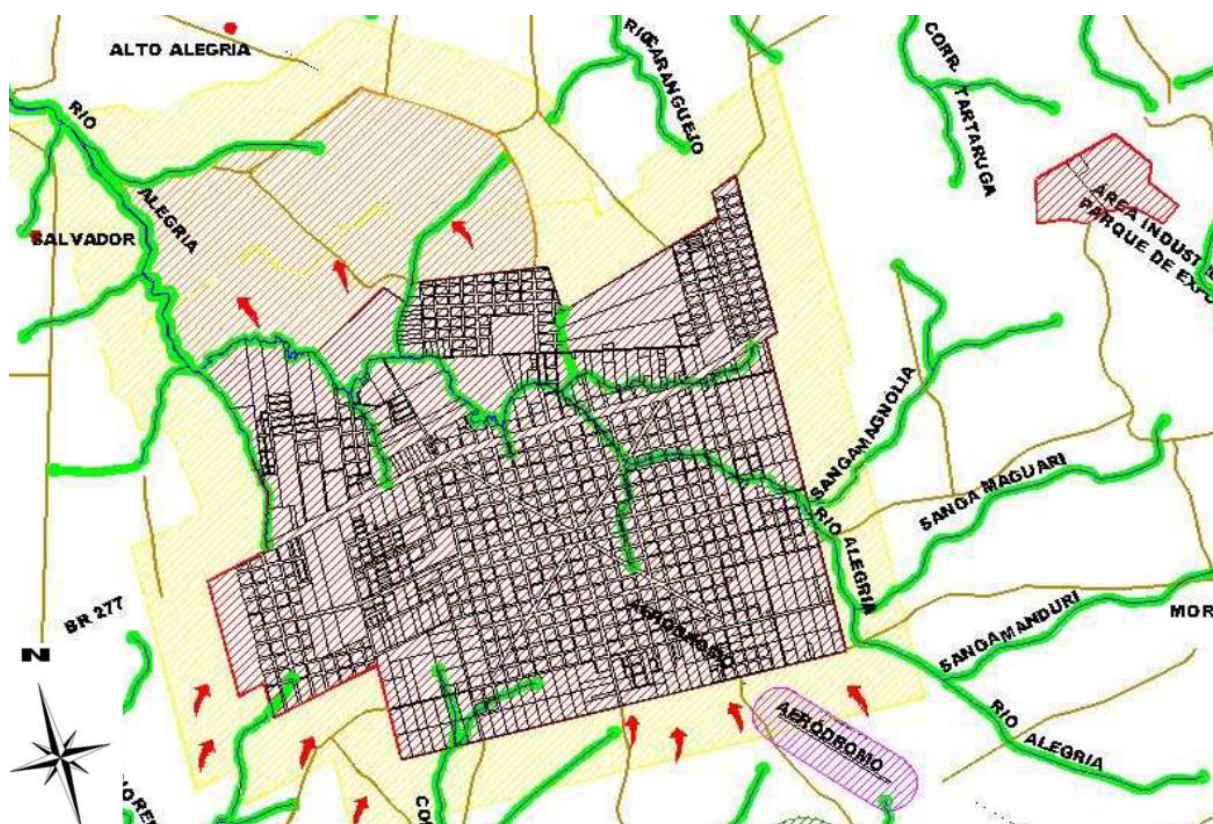


Figura 1. Percurso do rio Alegria na cidade de Medianeira.
Fonte: PDM (2006).

De acordo com a classificação do CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2006), o rio Alegria é enquadrado como rio de classe 2, seguindo esta classificação, deve apresentar os padrões apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Padrões de Qualidade para Rios Classe 2

Parâmetros	Padrões
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	-
Oxigênio dissolvido (OD)	> 5 mg L ⁻¹ O ₂
Potencial hidrogeniônico (pH)	6,0 a 9,0
Turbidez	até 100 UNT
Sólidos	500 mg L ⁻¹ (valor máximo)
Dureza total	-
Alcalinidade total	-
Acidez total	-
Cloreto total	250 mg L ⁻¹ Cl
Fluoretos	1,4 mg L ⁻¹ F
Nitrogênio Amoniacal	3,7 mg L ⁻¹ NH ₄ ⁺ (pH<7,5)
Nitrato	10 mg L ⁻¹ NO ₃ ⁻
Nitrito	1,0 mg L ⁻¹ NO ₂ ⁻
Fósforo total	até 0,050 mg L ⁻¹ P, (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)

Fonte: BRASIL, 2006.

Ao percorrer o perímetro urbano da cidade, o rio passa por áreas domiciliares e industriais, recebendo o “[...] lançamento indevido de esgoto doméstico, esgoto sanitário municipal, além de efluentes industriais.” (VALLE e LISBOA, 2013, p. 39), afetando desta forma a qualidade da água.

Foram selecionados 4 (quatro) pontos (Tabela 3) para a realização das coletas das amostras.

Tabela 3. Pontos de coleta e localização

Ponto	Descrição	Localização
1	Nascente	25°27'92.7" S e 54°05'81.2' W
2	Barragem de captação de água	25°29'09" S e 54°07'96.2' W
3	Vila Alegria	25°28'40.3" S e 54°11'30.9' W
4	Foz	25°21'66.1" S e 54°16'67.9' W

Autor: Autoria própria.

A figura 2 representa espacialmente a localização dos pontos amostrados.

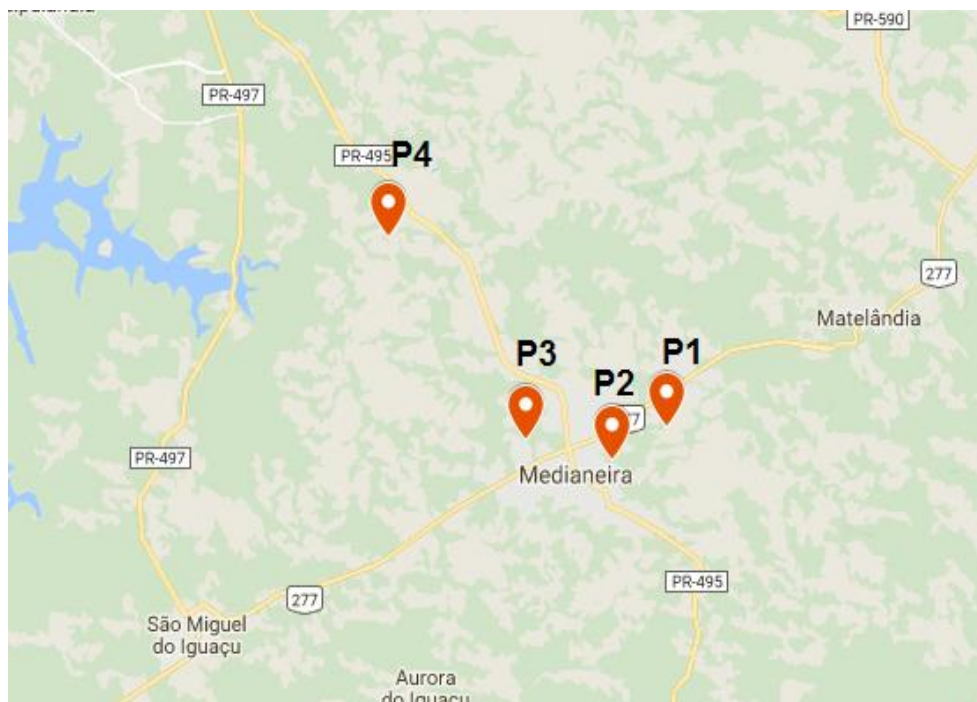


Figura 2. Pontos de coleta no rio Alegria.
Fonte: Adaptado de Google Maps 2017.

4.2 COLETA E AMOSTRAGEM

Foram realizadas duas campanhas, no inverno e primavera de 2017. As técnicas de coleta e amostragem seguiram a NBR 9898 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1987). As amostras foram coletadas aproximadamente a 10 cm da superfície, em frascos de polietileno de 1,5 L, previamente ambientados com a água do local por três vezes. Em seguida, preservadas sob refrigeração até a chegada ao laboratório.

4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

4.3.1 Alcalinidade Total

A alcalinidade presente na amostra é resultante da dissociação ou hidrólise de solutos determinados por titulação potenciométrica, onde reagem com a adição de uma solução padrão de ácido sulfúrico $0,01 \text{ mol L}^{-1}$.

4.3.2 Dureza Total

O método empregado foi uma titulação complexométrica, com o quelante Etilenodiaminotetracético sal dissódico (EDTA) e concentração de $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, para formar um complexo em contato com metais bivalentes como o cálcio e o magnésio.

4.3.3 Cloretos

A concentração de cloretos foi determinada empregando se uma titulação por precipitação onde uma solução neutra ou levemente alcalina de cromato de potássio (K_2CrO_4) foi usada como indicador do ponto final de uma titulação com solução de nitrato de prata (AgNO_3) $0,0141 \text{ mol L}^{-1}$.

4.3.4 Oxigênio Dissolvido, Temperatura e Potencial Hidrogeniônico

Para determinação de Oxigênio Dissolvido (OD) e Temperatura foi usado um Oxímetro eletrônico portátil de marca LUTRON modelo DO-5519, as medidas foram realizadas em campo. Para o pH um potenciômetro de bancada HI 1110B – Modelo pH 21.

4.3.5 Fluoretos

Os fluoretos foram determinados com o uso do Fluorímetro modelo FA-400, que realiza as análises através do método SPADNS por espectrofotometria na região visível. O ânion fluoreto reage com uma laca de corante-zircônio, provocando sua dissociação e formação de um complexo incolor do ânion hexafluorozirconato (IV) (ZrF_6^{-2}). Assim, o fluoreto será medido pela descoloração da solução com o corante.

4.3.6 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A matéria orgânica / inorgânica presente na amostra foi oxidada por meio do agente oxidante ($K_2Cr_2O_7$). O método padrão (Método 5220 D) sugerido por APHA (2012) emprega como reagentes: solução padrão de hidrogenoftalato de potássio, solução catalítica ácida (Ag_2SO_4 em H_2SO_4 concentrado) e solução digestora (composta de $K_2Cr_2O_7$, $HgSO_4$ e H_2SO_4 diluídos em água). Este procedimento foi conduzido em um digestor a $150^\circ C$, por 2h e as leituras obtidas em espectrofotômetro de luz visível.

4.3.7 Nitrogênio Amoniacal, Nitrito e Nitrato

A determinação de nitrito em água ocorreu pelo método da sulfanilamida e N-(1-Naftil) etilenodiamina (Método 4500 B) proposto por APHA (2012). O íon nitrito (NO_2^-), em meio ácido (pH entre 2,0 e 2,5), causa a diazotação da sulfanilamida que formar um complexo de cor vermelho-púrpura com o N-(1-naftil) etilenodiamina.

A concentração de nitrato é determinada, quantitativamente, através da redução para nitrito, em presença de grânulos de cádmio (Cd) e posteriormente, o quantificado segundo o método da sulfanilamida / N-1-naftil (Método 4500 E APHA, 2012).

O nitrogênio amoniacal foi determinado pelo método modificado do fenato / azul de indofenol (Método 4500 F) sugerido por APHA (2012). A presença de um composto de intensa coloração azul-esverdeado característica, azul de indofenol, é formada através da reação entre a concentração de nitrogênio amoniacal presente na amostra, hipoclorito de sódio e fenol em meio básico, tendo o nitroprussiato de sódio como catalisador da reação.

4.3.8 Fósforo Total

O fósforo total foi determinado pelo método 4500-P E (APHA, 2012). O método baseia-se na liberação do fósforo como ortofosfato da matéria orgânica e da

matéria em suspensão presentes na água e posterior análise colorimétrica. Os ortofosfatos liberados reagem com o molibdato de amônio em presença de tartarato de antimônio e potássio formando um complexo antimônio-fosfomolibdico. Este complexo é reduzido pelo ácido ascórbico a um outro complexo intensamente azulado. A cor desenvolvida é proporcional à concentração de fósforo e é lida em espectrofotômetro a 880 nm.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA

A figura 3 ilustra os quatro pontos de coleta amostrados ao longo do Rio Alegria.



Figura 3. Pontos amostrais no rio Alegria no município de Medianeira-PR.
a) Nascente, b) Barragem de Captação, c) Vila Alegria e d) Foz.

Fonte: Autoria própria.

A primeira estação amostral P1 localiza-se em uma das nascentes da área rural, na microbacia do rio Alegria, no município de Medianeira (Figura 3, a). A atividade predominante em seu entorno é a agrícola e agropecuária, em especial a

atividade avícola e bovinocultura leiteira a montante, aproximadamente a 500 metros do ponto de coleta. Há presença de mata ciliar as suas margens, evidência de erosão mínima ou ausente, leito formado por cascalhos e pedras, com pequena lâmina de água.

O ponto de coleta P2 está localizado a jusante do ponto 1 na barragem de captação de água da cidade. Este local apresenta um volume maior de água devido aos afluentes incorporados durante o curso e pelo represamento da água, tal ponto é mais lântico que o primeiro. O uso do solo em seu entorno é composto predominantemente pela transição entre a agricultura e o perímetro urbano, as suas margens apresentam mata ciliar precária, com evidências de erosão e carreamento de detritos, que são possíveis causas do aumento da turbidez e coloração das águas como pode ser observado na figura 3, b.

O ponto de coleta P3 está localizado na região onde o rio Alegria deixa a área urbana. O local amostrado foi uma porção do manancial que atravessa a área de moradias precárias conhecida como Vila Alegria. O local é caracterizado pela ausência de coleta e tratamento de esgoto, com diversas ligações visíveis com despejo diretamente no rio, onde também há o acúmulo de resíduos sólidos abandonados pela população (Figura 3, c). Outro aspecto relevante, refere-se ao fato deste ponto de amostragem estar a jusante do despejo das estações de tratamento de uma agroindústria e da concessionária de água e esgoto responsável pelo município.

O ponto de coleta P4 foi delimitado próximo a foz do rio Alegria junto ao rio Ocoí, na comunidade São Bernardo na área rural (Figura 3, d). O local apresenta mata ciliar estreita sucedida de pastagens. A área é basicamente agrícola com extensões de monocultura e pecuária leiteira. O processo de autodepuração espacial e temporal contribui para a melhoria do aspecto visual das águas que, apesar de pouco turvas, aparentam ausência de detritos.

5.2 AVALIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

5.2.1 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Na tabela 4 são apresentados os valores médios para DQO observados nas duas campanhas.

Tabela 4. Valores de DQO nas águas do rio Alegria.

DQO (mg O ₂ L ⁻¹)	Pontos de Coleta			
	P1	P2	P3	P4
Inverno 2017	21,40±5,10	20,30±3,30	92,50±11,20	59,20±6,90
Primavera 2017	20,80±2,70	37,40±4,10	100,90±2,50	61,40±5,10

Fonte: Autoria própria.

O comportamento do parâmetro DQO nos pontos de coleta na estação do inverno, apresentou variação considerável, uma vez que o ponto de menor valor foi o ponto 1, localizado na nascente do rio, com valores de 21,40(±5,10) mg L⁻¹, enquanto o ponto de valor mais alto, foi o ponto 3, coletado dentro da área de moradia da Vila Alegria, com 92,50(±11,20) mg L⁻¹. A amplitude destes valores ficou em 71,10 mg L⁻¹ (Gráfico 1).

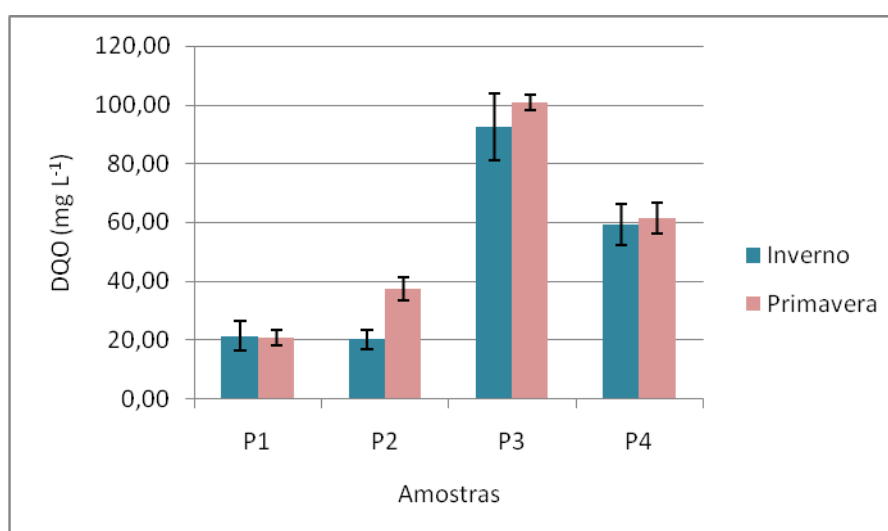


Gráfico 1. Valores de DQO nas águas do rio Alegria.

Fonte: Autoria própria.

Na coleta da primavera, os pontos de menor e maior valores, mantiveram-se

os mesmos, com valores de $20,80(\pm 2,70)$ mg L⁻¹ para o ponto 1 e $100,90(\pm 2,50)$ mg L⁻¹ para o ponto 3, porém, pode-se notar um aumento na amplitude dos valores, que passou a ser de $80,10$ mg L⁻¹.

O resultado de maior índice de DQO para o ponto 3 pode ser explicado pelo fato de nesta área o rio atravessar uma área de moradia, onde observa-se despejos de esgoto sem tratamento em locais com ligações diretas ao rio, atrelado ao fato do ponto selecionado estar a jusante do despejo de uma agroindústria e da concessionária de água e esgoto responsável pelo município.

Em comparação com estudos realizados anteriormente por Menegol, Mucelin e Juchen (2002) e Lazzareis (2013), pode-se averiguar que, os pontos que ficam a montante, foram e continuam sendo regiões com menores valores de DQO, enquanto que os pontos que percorrem as áreas urbanas permanecem apresentando valores mais elevados neste parâmetro.

5.2.2 Oxigênio Dissolvido (OD)

As concentrações médias de OD obtidas em campo são apresentadas na tabela 5.

Tabela 5. Valores de OD nas águas do rio Alegria.

OD (mg O ₂ L ⁻¹)	Pontos de Coleta			
	P1	P2	P3	P4
Inverno 2017	7,60±0,00	9,70±0,00	9,50±0,00	10,20±0,00
Primavera 2017	8,40±0,14	7,30±0,15	9,15±0,21	7,50±0,14

Fonte: Autoria própria.

O oxigênio dissolvido é um parâmetro importante da qualidade das águas, pois é, essencial para o processo metabólico dos seres aeróbicos. A resolução do CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2006), exige como padrão de OD para rios de Classe 2 uma concentração não inferior a 5 mg/L. Desta forma, em nenhuma das coletas realizadas nos quatro pontos amostrais o índice de OD foi inferior ao padrão exigido. No gráfico 2 observa-se a variação espacial e temporal para o parâmetro oxigênio dissolvido.

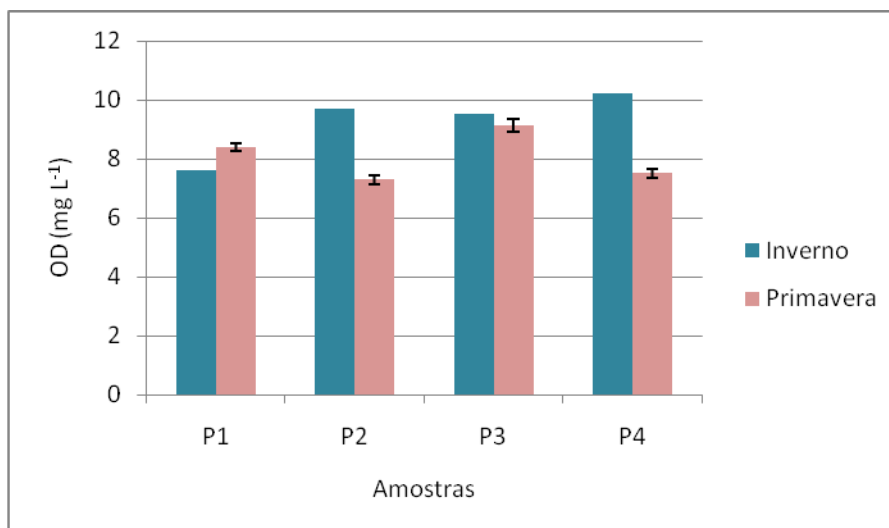


Gráfico 2. Valores de OD nas águas do rio Alegria.
Fonte: Autoria própria.

Na primeira coleta, o menor valor verificado foi de 7,60(±0,00) mg L⁻¹ no ponto 1 e o maior foi 10,20(±0,00) mg L⁻¹ no ponto 4. Na segunda coleta, o ponto 2 quem apresentou baixos valores 7,30(±0,15) mg L⁻¹ e o ponto 3 o mais alto, com 9,15(±0,21) mg L⁻¹.

Isso indica que a presença de matéria orgânica e inorgânica constada pela DQO, está presente, porém sem promover alterações nos índices de OD. Outro fator que contribui para a discrepância no valor de OD em relação ao OD e DQO no ponto 3 pode ser justificado pelo relevo, onde são identificadas quedas de água e corredeiras. Estes elementos contribuem para a reoxigenação do corpo hídrico e possivelmente no incremento do oxigênio dissolvido.

Confrontando os valores deste estudo, com os dados das pesquisas realizadas por Lazzareis (2013) e Anzolin (2013), observa-se que o índice de OD mantém-se dentro dos padrões exigidos pela resolução CONAMA nº 357/05 nas três pesquisas referidas.

5.2.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Quando um corpo d'água apresenta índices de pH acima ou abaixo dos padrões recomendados, pode ocorrer significativo impacto ambiental, como a mortalidade de espécies sensíveis do meio aquático. Os valores de pH observados

nas campanhas realizadas são apresentados na tabela 6.

Tabela 6. Valores de pH nas águas do rio Alegria.

pH	Pontos de Coleta			
	P1	P2	P3	P4
Inverno 2017	6,6±0	6,3±0	6,1±0	6,8±0
Primavera 2017	6,7±0	6,5±0	6,2±0	7,1±0

Fonte: Autoria própria.

No gráfico 3 é representada a variação do pH com base nos pontos amostrados e estações investigadas.

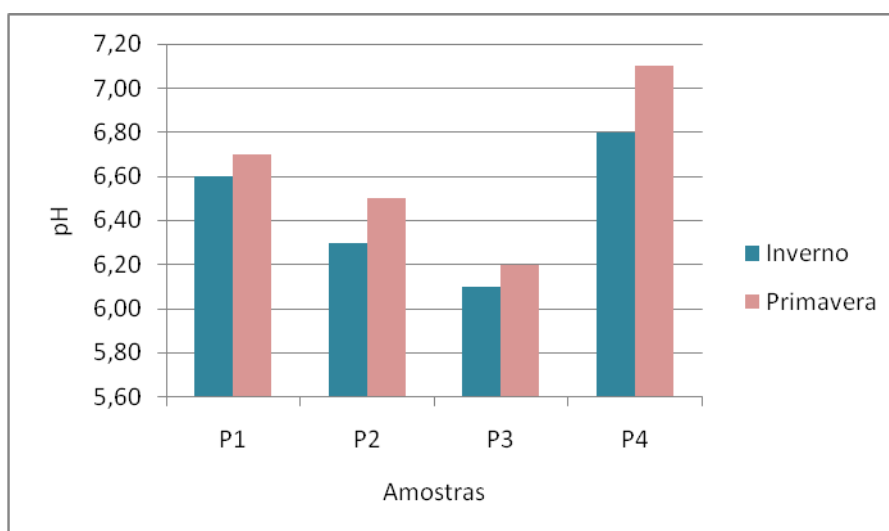


Gráfico 3. Valores de pH nas águas do rio Alegria.

Fonte: Autoria própria.

Os valores apresentaram variação entre 6,1 e 7,1 dentre as coletas, o que atendeu ao que é exigido pelo CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2006), para rios de Classe 2 em que o padrão para pH é entre 6,0 e 9,0.

Nos estudos de Menegol, Mucelin e Juchen (2002) e Anzolin (2013) também foram encontrados pHs de acordo com a resolução vigente durante sua realização. Lazzareis (2013) constatou pH inferior ao padrão, 5,90 ($\pm 0,75$), em seu ponto de coleta 3, referido como jusante do ponto de despejo dos efluentes de uma indústria frigorífica, ponto semelhante ao ponto 3 de coleta desta pesquisa, onde pode-se

verificar os menores índices de pH, nas duas coletas realizadas 6,1 no inverno e 6,2 na primavera.

Neste contexto, pode-se sugerir que os efluentes domésticos direcionados sem tratamento ao rio Alegria quando o mesmo passa pela Vila Alegria e o efluente industrial da agroindústria juntamente com o da concessionária de água e esgoto do município, levam os índices de pH a valores quase abaixo do padrão exigido pela legislação.

5.2.4 Dureza Total

As análises de dureza total demonstraram resultados que se enquadram na categoria 1 da classificação de Pereira (2006), considerada branda, onde os índices devem variar dentro da amplitude de 0 - 55 mg L⁻¹. Observa-se na tabela 7 as medidas realizadas e respectivos desvios padrões.

Tabela 7. Valores de Dureza Total nas águas do rio Alegria.

Dureza Total (mg L ⁻¹)	Pontos de Coleta			
	P1	P2	P3	P4
Inverno 2017	22,72±1,40	21,74±2,79	49,40±2,79	41,50±1,41
Primavera 2017	27,66±2,80	24,70±1,40	48,41±1,50	41,50±0,60

Fonte: Aatoria própria.

O Gráfico 4 representa a variação das medidas de dureza ao longo dos pontos e estações amostradas.

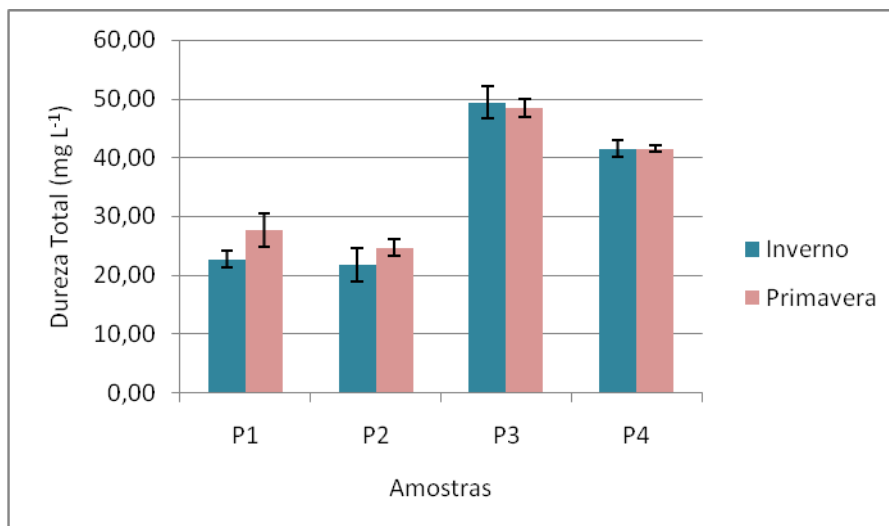


Gráfico 4. Valores de Dureza Total nas águas do rio Alegria.
Fonte: Autoria própria.

O ponto 2 na coleta de inverno, apresentou concentrações de 21,74(±2,79) mg L⁻¹, menor valor de todas as amostras. No ponto 3, também da primeira coleta, foi observada maior dureza, de 49,40(±2,79) mg L⁻¹.

Águas que apresentem índices de dureza elevados podem ser prejudiciais para o solo, de acordo com Melo et. al. (2012, p. 3) “[...] O uso destas águas na irrigação de áreas agrícolas acarretará na salinização de solos superficiais [...]”. Pela resolução do CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2006), rios de classe 2 podem ser utilizados para “[...] d) à 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; [...]”. Portanto, se os índices das amostras coletadas no rio Alegria expusessem valores mais elevados, eles estariam em não conformidade com a resolução, uma vez que a água estaria tornando o solo que é irrigado por ela infértil a longo prazo.

5.2.5 Alcalinidade Total

Mesmo não sendo um dos parâmetros determinados pela Resolução CONAMA nº. 357/05, a alcalinidade total é um importante indicador da capacidade corrosiva da água. O conhecimento dos níveis de alcalinidade total é de extrema importância, principalmente em sistemas de águas quentes, pois estes causam a

precipitação de carbonatos, provocando a formação de incrustações (FUNASA, 2006). Na tabela 8 são apresentadas as medidas de alcalinidade obtidas no estudo.

Tabela 8. Valores de Alcalinidade Total nas águas do rio Alegria.

Alcalinidade Total (mg L ⁻¹)	Pontos de Coleta			
	P1	P2	P3	P4
Inverno 2017	17,40±0,70	16,90±1,41	115,30±2,81	22,86±1,41
Primavera 2017	30,81±1,40	18,89±1,20	93,44±0,50	29,82±1,80

Fonte: Autoria própria.

Padua (2010), afirma que a alcalinidade indica a presença de sais minerais do tipo carbonatos e bicarbonatos dissolvidos na água e um estado de equilíbrio com relação direta entre estas espécies químicas e as responsáveis pela acidez. São os bicarbonatos que representam a maior parte da alcalinidade na água, pois os mesmos são formados em quantidade consideráveis pela ação do dióxido de carbono (CO₂) com materiais básicos presentes no solo. Em outras palavras, esta variável, alcalinidade, caracteriza a capacidade de neutralização de ácidos na água.

O ponto mais representativo de concentração de alcalinidade é o ponto 3, isso ocorreu nas duas campanhas, tendo valores de 115,30(±2,81) mg L⁻¹ no inverno e 93,44(±0,5) mg L⁻¹ primavera; o ponto de menores índices no inverno e na primavera foi o ponto 2, com 16,90(±1,41) mg L⁻¹ e 18,89(±1,20) mg L⁻¹. Como há o despejo de esgoto industrial à montante do ponto de coleta 3, explica a amplitude (98,40 mg L⁻¹) de valores deste ponto em relação com o ponto de menor concentração.

No gráfico 5 estão dispostos os valores de alcalinidade, considerando o percurso do rio Alegria e as estações amostradas.

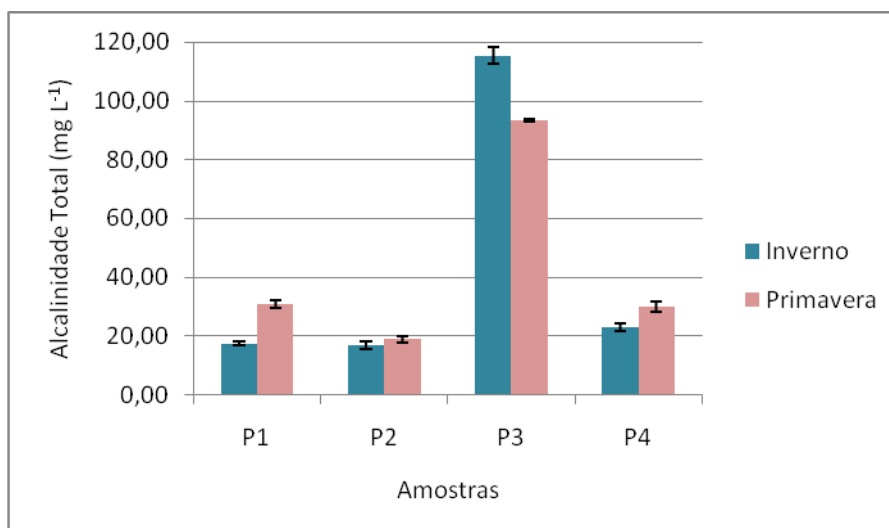


Gráfico 5. Valores de Alcalinidade Total nas águas do rio Alegria.
Fonte: Autoria própria.

5.2.6 Cloretos

As análises de cloreto forneceram valores com amplitudes espaciais bem expressivas, o ponto de menor concentração durante a primeira coleta foi na nascente, ponto 1 com $5,18(\pm 0,49)$ mg L⁻¹, já o ponto mais elevado, foi o ponto 3 com $80,88(\pm 0,49)$ mg L⁻¹, uma amplitude de $75,7$ mg L⁻¹. Na segunda coleta os valores de maior e menor índice se mantiveram nos referidos pontos, com valores de $1,06(\pm 0,20)$ mg L⁻¹ para o primeiro ponto e $71,20(\pm 2,90)$ mg L⁻¹ para o terceiro ponto. Ainda assim, manteve-se dentro do padrão exigido pelo CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2006), que estabelece como sendo de 250 mg L⁻¹ (Tabela 9).

Tabela 9. Valores de Cloretos nas águas do rio Alegria.

Cloretos (mg L ⁻¹)	Pontos de Coleta			
	P1	P2	P3	P4
Inverno 2017	$5,18\pm 0,49$	$5,88\pm 0,49$	$80,88\pm 0,98$	$14,52\pm 0,98$
Primavera 2017	$1,06\pm 0,20$	$6,22\pm 0,97$	$71,20\pm 2,90$	$30,41\pm 1,95$

Fonte: Autoria própria.

O crescente aumento de cloreto evidenciado no corpo hídrico é coerente com a passagem do mesmo pelo perímetro urbano da cidade, caso este que fica evidente no ponto 2, que está localizada na barragem de captação de água, ponto

de transição da área rural para a área urbana, pode-se observar a elevação no teor de cloreto nas amostras analisadas. O ponto 4, apresenta características do processo de autodepuração do rio, pois após receber excessiva carga de dejetos contendo cloreto, ao chegar na sua foz, já se verifica a redução destes valores para $14,52(\pm 0,98)$ mg L⁻¹ no inverno e $30,41(\pm 1,95)$ mg L⁻¹ na primavera (Gráfico 6).

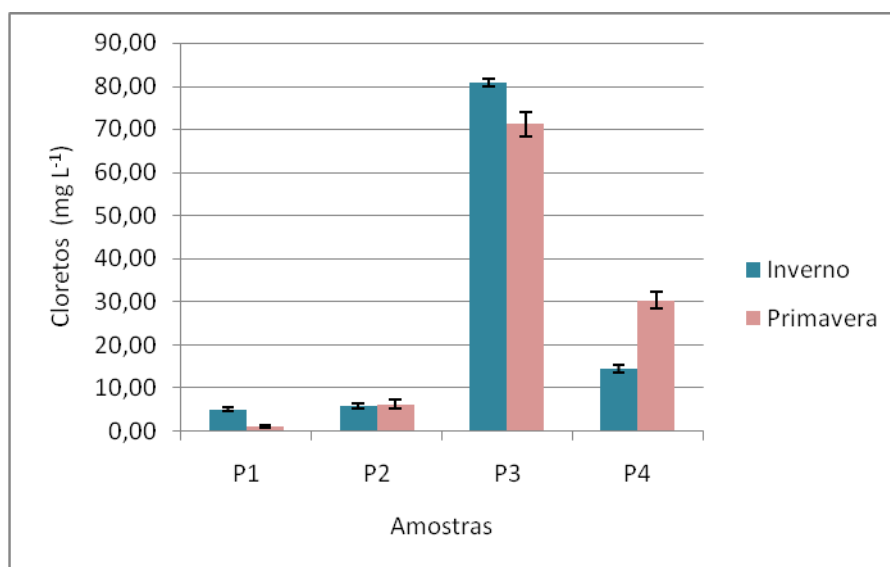


Gráfico 6. Valores de Cloretos nas águas do rio Alegria.
Fonte: Autoria própria.

Os valores encontrados por Menegol et. al. (2002), divergem em relação aos determinados nesta pesquisa. Para os autores, as medidas reportadas ficaram entre $21,32$ mg L⁻¹ no ponto 1, perímetro antes da área urbana, $24,08$ mg L⁻¹ no ponto 2, primeiro ponto dentro da área urbana, $27,87$ mg L⁻¹ no ponto 3, segundo ponto dentro da área urbana e no ponto 4, após o rio deixar a cidade foi de $26,06$ mg L⁻¹, mantendo uma média de $24,83$ mg L⁻¹.

Considerando que o ponto 1 relatado por Menegol et. al. (2002), também abrange uma área fora da cidade, e apresenta valores muito próximos daqueles encontrados dentro da área urbana e após ela, pode-se avaliar que houve um aumento impactante nos últimos 15 anos de despejos ao longo do rio Alegria, uma vez que os valores médios atuais encontrados por este trabalho foram de $80,88(\pm 0,49)$ mg L⁻¹.

5.2.7 Fluoretos

A origem desta substância nos corpos hídricos é através de despejos domésticos, uma vez que o fluoreto é excretado na urina (CETESB, 2009 apud RIBEIRO, et. al. 2016, p. 92). A tabela 10 apresenta as concentrações médias de fluoretos nas campanhas realizadas.

Tabela 10. Valores de Fluoretos nas águas do rio Alegria.

Fluoretos (mg L ⁻¹)	Pontos de Coleta			
	P1	P2	P3	P4
Inverno 2017	0,03±0,01	0,10±0,05	0,31±0,07	0,10±0,04
Primavera 2017	0,01±0,00	0,05±0,01	0,53±0,02	0,11±0,01

Fonte: Autoria própria.

Foi observada a elevação na quantidade de fluoreto no corpo hídrico quando esse passa pelos pontos amostrados nas proximidades do perímetro urbano, sendo obtidas concentrações de 0,10(±0,05) mg L⁻¹, no ponto 2 e 0,31(±0,07) mg L⁻¹, no ponto 3, enquanto que no ponto 1 (nascente), o valor é de 0,03(±0,01) mg L⁻¹, ambos na primeira coleta (Gráfico 7).

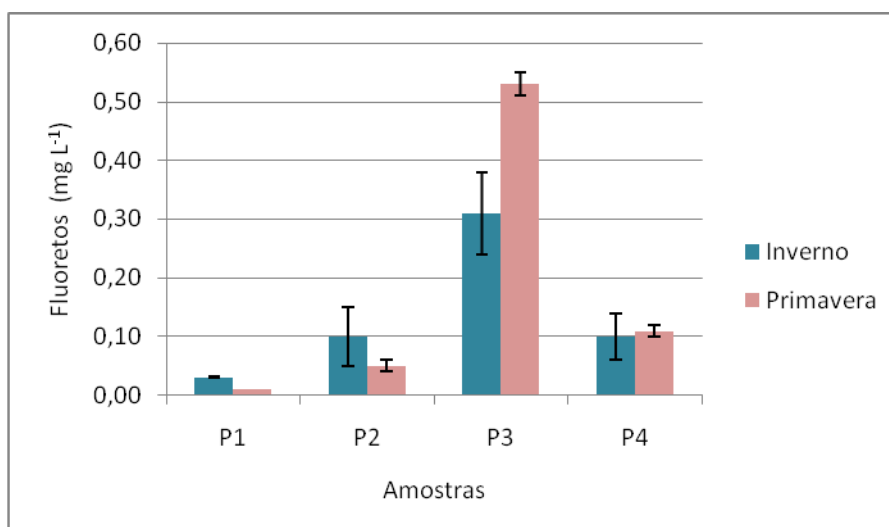


Gráfico 7. Valores de Fluoretos nas águas do rio Alegria.

Fonte: Autoria própria.

O comportamento dos valores mantém-se semelhante durante a segunda coleta, como menor valor no ponto 1 de $0,01(\pm 0,00)$ mg L⁻¹, aumentando para $0,05(\pm 0,01)$ mg L⁻¹, no ponto 2 e valores de $0,53(\pm 0,02)$ mg L⁻¹ no ponto 3. O ponto 4 (foz do rio), nas duas coletas apresentou valores de $0,10(\pm 0,01)$ mg L⁻¹ e $0,11(\pm 0,04)$ mg L⁻¹ para inverno e primavera, e uma vez que esta situado em área agrícola, não recebe constantes despejos de esgoto. E ainda, deve-se levar em consideração a ocorrência do processo de autodepuração, que atua diminuindo os valores deste parâmetro.

O padrão estabelecido pela resolução nº357/05 do CONAMA (BRASIL, 2006), é de $1,4$ mg L⁻¹, padrão este que não foi superado em nenhum ponto das coletas em nenhuma das campanhas realizadas.

5.2.8 Nitrogênio Amoniacal, Nitrito e Nitrato

O acompanhamento da presença do nitrogênio nos corpos receptores é muito importante, visto que em grande quantidade pode causar a eutrofização e aumentar o consumo de OD do meio, além de indicar pontos de poluição recente, média e remota, por meio do estado seu bioquímico.

O nitrato (NO₃⁻) apresentou na coleta do inverno, concentrações $<0,05$ mg L⁻¹, para os pontos 1 e 2, valor de $0,26(\pm 0,03)$ mg L⁻¹ para o ponto 3 e de $0,31(\pm 0,01)$ mg L⁻¹ para o ponto 4. E de forma semelhante durante a coleta da primavera os valores foram de $<0,05$ mg L⁻¹, para os pontos 1 e 2, de $0,23(\pm 0,01)$ mg L⁻¹ para o ponto 3 e de $0,31(\pm 0,02)$ mg L⁻¹ para o ponto 4 (Tabela 11).

Tabela 11. Valores de Nitrato NO₃⁻ nas águas do rio Alegria.

Nitrato NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	Pontos de Coleta			
	P1	P2	P3	P4
Inverno 2017	$<0,05\pm 0,00$	$<0,05\pm 0,00$	$0,26\pm 0,03$	$0,31\pm 0,01$
Primavera 2017	$<0,05\pm 0,00$	$<0,05\pm 0,00$	$0,23\pm 0,01$	$0,31\pm 0,02$

Fonte: Autoria própria.

Nos pontos 1 e 2 pode-se constatar baixa poluição, dado que os valores observados para este parâmetro foram inferiores ao limite de quantificação do

método ($< 0,05 \text{ mg L}^{-1}$). Seguindo os padrões exigidos pelo CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2006), o valor de nitrato não foi superior a $10,0 \text{ mg L}^{-1}$, estando em conformidade em todos os pontos (Gráfico 8.)

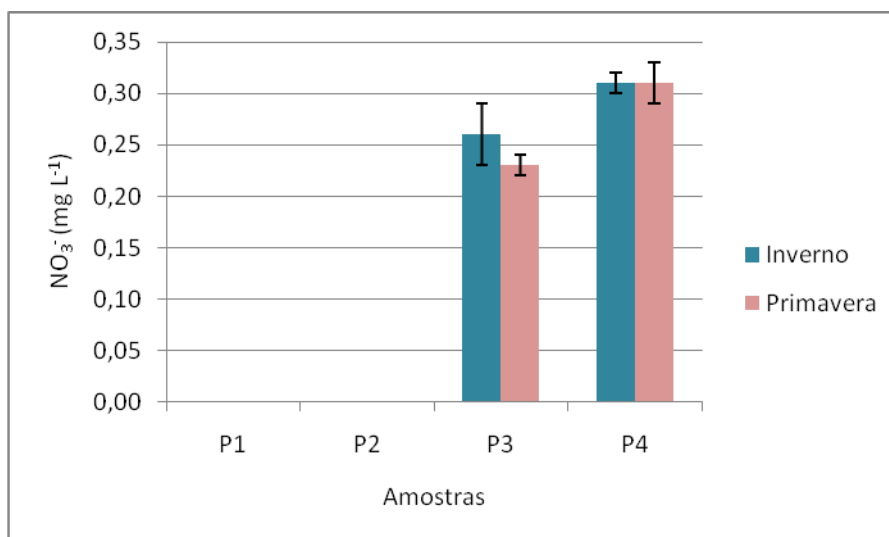


Gráfico 8. Valores de Nitrato NO₃⁻ nas águas do rio Alegria.
Fonte: Autoria própria.

Concentrações mais elevadas de nitrito (NO₂⁻) foram encontrados nos pontos 3 e 4 (Tabela 12) nas duas coletas realizadas, sendo $0,20(\pm 0,03) \text{ mg L}^{-1}$ e $0,25(\pm 0,06) \text{ mg L}^{-1}$ durante a primeira e $0,20(\pm 0,01) \text{ mg L}^{-1}$ e $0,24(\pm 0,02) \text{ mg L}^{-1}$ na segunda.

Tabela 12. Valores de Nitrito NO₂⁻ nas águas do rio Alegria.

Nitrito NO ₂ ⁻ (mg L ⁻¹)	Pontos de Coleta			
	P1	P2	P3	P4
Inverno 2017	<0,05±0,00	<0,05±0,00	0,20±0,03	0,25±0,06
Primavera 2017	<0,05±0,00	<0,05±0,00	0,20±0,01	0,24±0,02

Fonte: Autoria própria.

O gráfico 9 representa a variação espacial e sazonal das concentrações de nitrito no Rio Alegria. Assim como observado para o nitrato, nos pontos 1 e 2 também foram reportadas concentrações de nitrito abaixo do limite de quantificação da metodologia utilizada.

Para o CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2006) o padrão permite índices de até $1,0 \text{ mg L}^{-1}$, apresentando conformidade em todos os pontos.

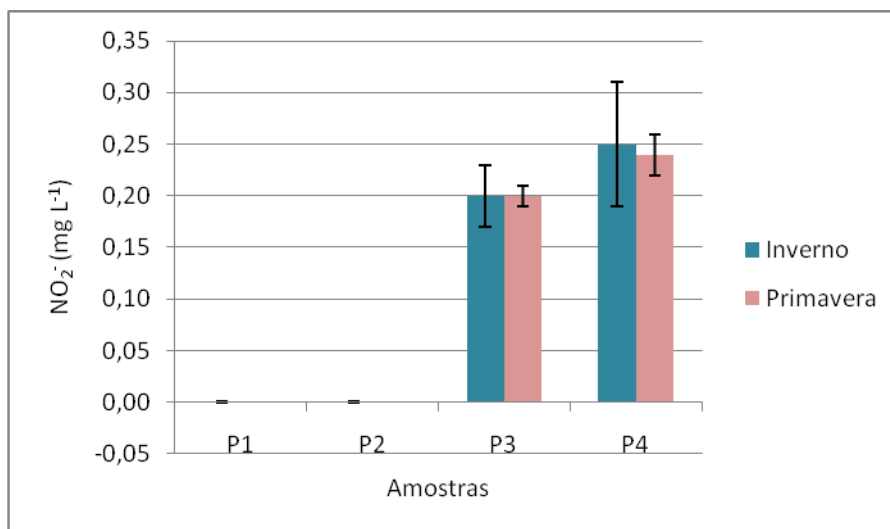


Gráfico 9. Valores de Nitrito NO_2^- nas águas do rio Alegria.
Fonte: Autoria própria.

As determinações de nitrogênio amoniacal foram mais elevadas em todas as estações amostrais, quando comparadas aos valores de nitrato e nitrito obtidos.

Na tabela 13 são apresentados os valores médios e os respectivos desvios padrões para o nitrogênio amoniacal.

Tabela 13. Valores de Amônia NH_4^+ nas águas do rio Alegria.

Amônia NH_4^+ (mg L ⁻¹)	Pontos de Coleta			
	P1	P2	P3	P4
Inverno 2017	0,12±0,02	0,12±0,01	4,70±0,07	0,52±0,01
Primavera 2017	0,10±0,01	0,12±0,04	4,67±0,05	0,51±0,04

Fonte: Autoria própria.

O perfil observado para o parâmetro nitrogênio amoniacal pode ser verificado no gráfico 10, com destaque para o ponto 3. A poluição mais recente (esgoto em estado bruto) contém maiores concentrações de nitrogênio amoniacal (NH_4^+), o que ficou evidenciado nas amostras analisadas do ponto 3, com valores de 4,70(±0,07) mg L⁻¹ e 4,67(±0,05) mg/L⁻¹ para primeira e segunda coleta.

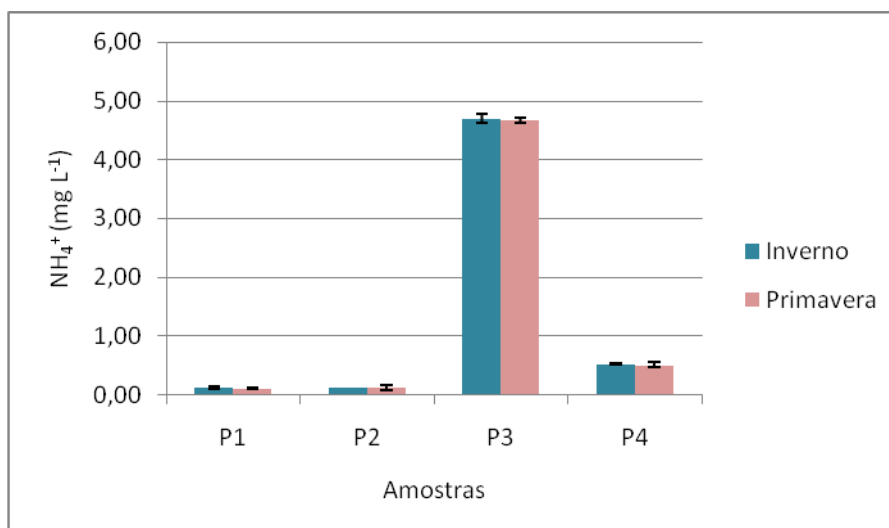


Gráfico 10. Valores de Amônia NH₄⁺ nas águas do rio Alegria.
Fonte: Autoria própria.

Este ponto está em não conformidade com a resolução nº 357/05 do CONAMA (BRASIL, 2006), onde o valor máximo permitido é de 3,7 mg L⁻¹ para pH ≤ 7,5. A mesma situação foi observada por Lazzareis (2013), para pontos semelhantes ao citado.

5.2.9 Fósforo

Na tabela 14 estão apresentados os resultados médios e o desvio padrão nas concentrações de fósforo, obtidos nas análises efetuadas nas amostras coletadas ao longo do período de monitoramento.

Tabela 14. Valores de Fósforo nas águas do rio Alegria.

Fósforo (mg L ⁻¹)	Pontos de Coleta			
	P1	P2	P3	P4
Inverno 2017	<0,01±0,00	<0,01±0,00	1,06±0,03	0,90±0,02
Primavera 2017	<0,01±0,00	0,02±0,01	1,35±0,01	1,10±0,08

Fonte: Autoria própria.

Em alguns pontos de monitoramento as concentrações de fósforo total estavam elevadas em relação à resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2006), para

que um curso de água esteja na condição classe 2 é necessário que os índices de concentrações de fósforo total estejam inferiores à $0,050 \text{ mg L}^{-1}$, (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico). Os pontos amostrais 3 e 4 apresentaram valores de $1,06(\pm 0,03) \text{ mg L}^{-1}$ e $0,90(\pm 0,02) \text{ mg L}^{-1}$ para a primeira coleta e $1,35(\pm 0,01) \text{ mg L}^{-1}$ e $1,10(\pm 0,08) \text{ mg L}^{-1}$ na seguinte (Gráfico 11).

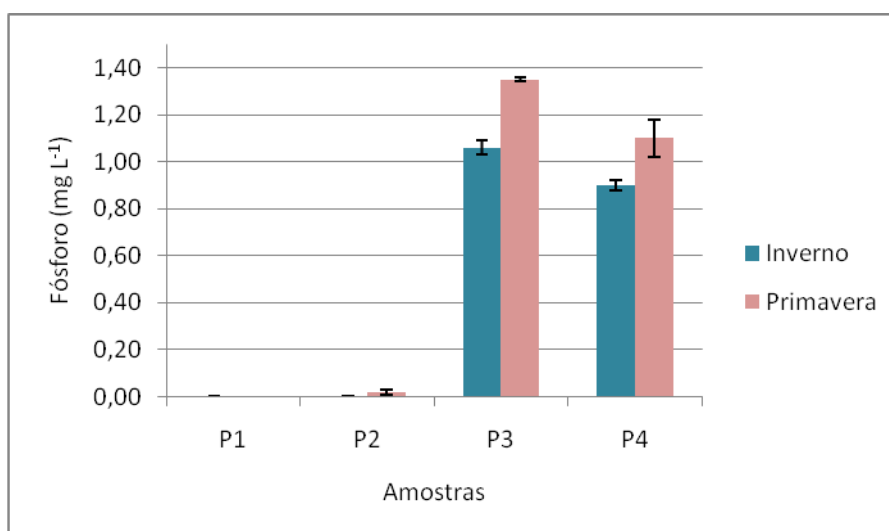


Gráfico 11. Valores de Fósforo nas águas do rio Alegria.
Fonte: Autoria própria.

O fósforo é elemento principal para o desenvolvimento de algas e macrófitas aquáticas, o acúmulo desse nutriente na água acaba “[...] contribuindo para a intensificação da produção primária e com isso levando ao processo de eutrofização e ao aumento da concentração de clorofila na água devido o crescimento do fitoplâncton no corpo hídrico [...]” (BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013, p. 197).

As fontes naturais do fósforo em ambiente aquático são através da decomposição das rochas e de escoamento superficial, o ponto 1 localizado na nascente apresentou índices inferiores ao limite de quantificação do método ($< 0,01 \text{ mg L}^{-1}$), nas duas campanhas, não apresentando risco potencial de impacto ambiental ao corpo hídrico. Fontes antrópicas oriundas de esgotos domésticos e industriais e fertilizantes agrícolas, que são componentes dos ambientes dos pontos 3 e 4, obtiveram índices acima do permitido nas duas coletas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos parâmetros analisados pode-se realizar o monitoramento da qualidade do Rio Alegria, levando em consideração a importância deste corpo hídrico para o município a que pertence.

Os parâmetros físico-químicos discutidos apresentaram 75% de conformidade com a resolução do CONAMA nº 357/05, dos que haviam padrões por ela estabelecidos.

O pH, enquadrou-se no padrão, porém deve receber atenção, pois seus índices no ponto 3 ficaram bem próximos ao limite inferior do padrão.

O Nitrogênio Amoniacoal, que apresentou valores superiores ao padrão no ponto de coleta 3, evidencia o despejo de esgotos sem tratamento ou tratamento precário direcionados ao rio Alegria.

As concentrações de Fósforo encontradas dos pontos 3 e 4 foram superiores ao limite estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2006), indicando que estas áreas possuem uma predisposição maior de desenvolver a eutrofização.

Considera-se que estas não conformidades, não apresentam alterações significativas que possam causar impacto ambiental ao rio Alegria, bem como, demonstrou que seu processo de autodepuração ocorre adequadamente ao longo do seu curso, conseguindo diluir os despejos que recebe.

REFERÊNCIAS

"ÁGUA", in **Dicionário Priberam da Língua Portuguesa**, 2008-2017. Disponível em <<https://www.priberam.pt/dlpo/agua>> Acessado em 25 de agosto de 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). Portal da Qualidade das Águas. **Indicadores de qualidade**: Índice de Qualidade das Águas. [s.d.]. Disponível em <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acessado em 14 de agosto de 2017.

ANZOLIN, T. **Diagnóstico ambiental de fragmentos do rio Alegria (Medianeira-PR) através de um protocolo de avaliação rápida e de parâmetros físico-químicos**. 2013. 47 f. Monografia (Conclusão de curso em Tecnologia em Gestão Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2013. Disponível em <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/963/1/MD_COGEA_2012_2_07.pdf>. Acessado em 22 de agosto de 2017.

APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater, 21sted. Washington, DC, New York: American Public Health Association; 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Norma NBR 9898/1987** – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Procedimento. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, BR, 1987. 22 p.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Política Nacional do Meio Ambiente**, Brasília, DF, ago 1981. Disponível em <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-6938-31-agosto-1981-366135-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acessado em 04 de novembro de 2017.

_____. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente n. 357, de 17 de março de 2005. **Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes**, Brasília, DF, mar 2006. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acessado em 14 de agosto de 2017.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. da. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**: v. 8, n.1, p. 186-205, 2013. Disponível

em <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v8n1/14.pdf>>. Acessado em 13 de novembro de 2017.

DUTRA, F. M. *et. al.* Avaliação da qualidade físico-química da água no rio Itapemirim no período chuvoso e seco. In: Seminário Nacional de Meio Ambiente e Extensão Universitária. 1., 2010, Marechal Cândido Rondon – PR. **Anais Seminário Nacional de Meio Ambiente e Extensão Universitária**. Marechal Cândido Rondon – PR, 2010. Disponível em <[http://cac-
php.unioeste.br/eventos/senama/anais/PDF/RESUMOS/147_1269889148_RESUM
O.pdf](http://cac-
php.unioeste.br/eventos/senama/anais/PDF/RESUMOS/147_1269889148_RESUM
O.pdf)> acessado em 13 de novembro de 2017.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. **Manual prático de análise de água**. 2006. Disponível em <http://www.funasa.gov.br/internet/arquivos/biblioteca/eng/eng_analAgua.pdf>. Acesso em 15 novembro 2017.

GORSKI, M. C. B. **Rios e cidades: ruptura e reconciliação**. 2008. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Medianeira**. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/pr/medianeira/panorama>>. Acessado em 25 de agosto de 2017.

LAZZEREIS, S. A. F. **Avaliação e monitoramento da qualidade do rio Alegria**. 2013. 35 f. Monografia (Pós-Graduação em Gestão Ambiental em Municípios) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2013. Disponível em <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4596>>. Acessado em 22 de agosto de 2017.

MELO, A. C. *et. al.* Caracterização físico-química e tratamento das águas do Vale do Açu via precipitação química e sedimentação. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7., 2012, Palmas. **Anais eletrônicos Palmas: 2012**. Disponível em <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/4447/2367>>. Acessado em 15 de novembro de 2017.

MENEGOL, S. *el. al.* Avaliação de características físico-químicas do leite do **SANARE** - Revista Técnica da Sanepar. Curitiba, v.18, n.18, jul./dez. 2002. Disponível em <<http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/SanareN18.pdf>>. Acessado em 14 de agosto de 2017.

NAIME, R.; FAGUNDES, R. S. Controle da qualidade da água do Arroio Portão

Portão, RS. **Pesquisas em Geociências**, Instituto de Geociências, UFRGS - Porto Alegre, v. 32, n. 1, p. 27-35, 2005. Disponível em <<http://colossus.ufrgs.br/igeo/pesquisas/3201/03-3201.pdf>>. Acessado em 13 de novembro de 2017.

OLIVEIRA, C. N. de; CAMPOS, V. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no semiárido baiano. Estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Salitre. **Quim. Nova**, UFBA – Salvador, v. 33, n. 5, p. 1059-1066, 2010. Disponível em <<https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/3785/1/10.pdf>>. Acessado em 13 de novembro de 2017.

PÁDUA, H. B. Água - Parte II - KH (Dureza de carbonatos); Alcalinidade; DH (dureza total); CO₂ (gás carbônico). 2010. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2010_2/Agua2/index.htm Acesso em: 16/11/2017

PEREIRA, E. R. **Qualidade da Água Residuária em Sistemas de Produção e de Tratamento de Efluente de Suínos e Seu Reuso no Ambiente Agrícola**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006

PLANO DIRETOR MUNICIPAL (PDM). **Plano Diretor Municipal Medianeira - Paraná: 2006-2007**. 2006. Disponível em <http://www.medianeira.pr.gov.br/planodiretor/Leis/0_Plano_Direto_de_Medianeira_completo.pdf>. Acessado em 22 de agosto de 2017.

RIBEIRO, T. G. et. al. Estudo da qualidade das águas por meio da correlação de parâmetros físico-químicos, bacia hidrográfica do Ribeirão Anicuns. **Geochimica Brasiliensis**. v. 30, n. 1, p. 84 - 94, 2016. Disponível em <<http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/geobras/article/view/10327/9625>>. Acessado em 13 de novembro de 2017.

VALLE, A. D.; LISBOA, J. P. **Mapeamento multitemporal do uso do solo da Bacia Hidrográfica do rio Alegria no município de Medianeira –Paraná**. 2014. 67 f. Trabalho de conclusão de curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014.

VASCONCELOS, V. M. M.; SOUZA, C. F. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 6, n. 2, p. 305-324, 2011.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. 1. v. 3. ed. – Belo

Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 2005. 452 p.