
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE E ANÁLISE SEDIMENTAR DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAPÓ – INFLUÊNCIA DA VAZÃO**

Luiz Henrique Biscaia Ribeiro da Silva

MARINGÁ

2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE E ANÁLISE SEDIMENTAR DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAPÓ – INFLUÊNCIA DA VAZÃO**

Luiz Henrique Biscaia Ribeiro da Silva

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Célia Regina Granhen
Tavares

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Química, Área de Concentração Desenvolvimento de Processos.

MARINGÁ

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

S586m Silva, Luiz Henrique Biscaia Ribeiro da
Monitoramento da qualidade e análise sedimentar da bacia hidrográfica do rio Pirapó : influência da vazão / Luiz Henrique Biscaia Ribeiro da Silva. -- Maringá, 2017.
107 f. : il. color., figs., tabs., mapas

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Célia Regina Granhen Tavares.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, 2017.

1. Água - Qualidade - Rio Pirapó. 2. Água - Monitoramento - Rio Pirapó. 3. Rio Pirapó - Monitoramento - Vazão. I. Tavares, Célia Regina Granhen, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia Química. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. III. Título.

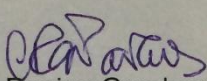
CDD 23.ed. 628.112

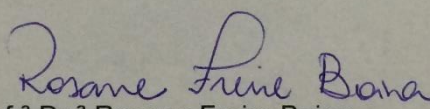
GVS-003751

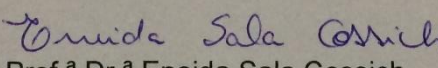
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

Esta é a versão final da Dissertação de Mestrado apresentada por Luiz Henrique Biscaia Ribeiro da Silva perante a Comissão Julgadora do Curso de Mestrado em Engenharia Química em 23 de fevereiro de 2017.

COMISSÃO JULGADORA


Prof.^a Dr.^a Célia Regina Granhen Tavares
Orientadora / Presidente


Prof.^a Dr.^a Rosane Freire Boina
Membro


Prof.^a Dr.^a Eneida Sala Cossich
Membro

Aos meus pais, Luiz Carlos e Rosangela.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Luiz Carlos e Rosangela, por me apoiarem e motivarem em todos os momentos dessa caminhada.

À minha namorada Rebecca, por estar ao meu lado em todos os momentos, me ajudando e apoiando nas tomadas de decisões, fazendo críticas construtivas quando necessário.

À minha orientadora, Prof^a Célia Regina Granhen Tavares, pela oportunidade de poder trabalhar ao seu lado, e pelas sugestões, críticas e confiança que me ajudaram a finalizar o trabalho e crescer academicamente.

Ao Vanderlei do GEMA, por estar presente me ensinando e ajudando a resolver todos os problemas com o equipamento ADCP, e com o empréstimo de diversos equipamentos utilizados em campo.

Aos alunos de iniciação científica, João e Mateus, que me ajudaram em todas as coletas, e no laboratório, pelas dificuldades e conquistas que passamos juntos durante essa caminhada.

À Cassia Bonifácio, pela ajuda no laboratório e por sanar todas as dúvidas que foram surgindo durante a pesquisa.

Ao Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa – COMCAP/UEM, pela realização das análises de glifosato.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro concedido para desenvolvimento da pesquisa.

Aos técnicos, funcionários e professores do Departamento de Engenharia Química – UEM, pelo auxílio no desenvolvimento da pesquisa.

RESUMO

O monitoramento de bacias hidrográficas é uma ferramenta importante para obter um diagnóstico atual que auxilia na formação de medidas mitigadoras, em busca do equilíbrio dos recursos hídricos, já que essa é compreendida como toda área ao redor da nascente de um rio principal e seus afluentes. O presente estudo teve por objetivo monitorar a qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó, analisando os parâmetros determinantes em seu enquadramento, vazão e fontes erosivas de produção de sedimentos, relacionando os resultados com a concentração de sólidos presentes no Rio Pirapó. Para isso foram definidos 5 pontos de monitoramento dos parâmetros físico-químicos e biológicos, que pudessem caracterizar a qualidade da água. Nesses pontos ainda foram realizadas medições de dados hidráulicos, como vazão, velocidade do fluxo, profundidade e largura do leito para cálculo da descarga sólida total, e por fim foi realizada análise estatística de correlação entre todos os parâmetros. O período de monitoramento ocorreu entre março/2016 a dezembro/2016 e todos os resultados dos parâmetros de qualidade foram comparados com a Resolução CONAMA nº 357/2005, em busca de verificar se o Rio Pirapó atende aos padrões mínimos de enquadramento, exigidos para rios classe II, ao qual ele é em quadrado. Percebeu-se por meio das análises físico-químicas e biológicas da água, que os parâmetros analisados respeitaram o valor mínimo exigido pela legislação, porém períodos chuvosos aliados às ações antrópicas, com atividades e uso do solo realizados na bacia, acabaram por alterar de forma significativa essas características, prejudicando o uso da água em quantidade e qualidade que necessárias para seus usos, assim como alteraram a quantidade de sedimentos. Os parâmetros que apresentaram valores, com maior frequência, acima dos limites estipulados pela resolução CONAMA nº 357/2005, foram nitrito, fosforo, ferro e coliformes termotolerantes, principalmente no mês de agosto, período em que a intensidade pluviométrica foi maior 48 horas antes da coleta. Na análise de correlação de Spearman, pode-se perceber que dentre todos os parâmetros que apresentaram correlação significativa, a série de sólidos apresentou relação com praticamente todos os outros parâmetros, pelo menos em um dos pontos, indicando que os sedimentos encontrados no rio, estão influenciando na qualidade da água. Medidas mitigadoras em busca de redução e controle das cargas poluidoras que estão comprometendo a Bacia Hidrográfica, devem ser tomadas, uma vez que o Rio Pirapó é de fundamental importância para sua região, e sofre influência urbana e rural das atividades praticadas na bacia.

Palavras-chaves: Rio Pirapó; Monitoramento; Qualidade.

ABSTRACT

A watershed monitoring can diagnose the actual status of watersheds, which is an important tool to mitigate potential risks to the watershed environment. The study objective was to monitoring the Pirapó river watershed. The monitoring was performed at five location along the watershed of the Pirapó River, which could help the water quality characterization. Each location was determined according to the physical-chemical and biological characteristics of the river, and the analysis of water quality, river flow, total solid discharge and erosive source of sediment production performed. Finally, the Spearman correlation statistic test was applied to all parameters studied. The monitoring occurred from March to December of 2016, the water quality results were compared to the Brazilian water quality legislation (CONAMA nº 357/2005) and the Pirapó river attended the legislation requirements to the class of river II. However, heavy rainfall events, anthropic activities and the use of soil at the watershed (urban, farming, industry, etc.) may modify the parameters studied and affect the water quantity, quality and amount of sediments. Parameters like nitrite, phosphorus, iron and coliforms presented high concentrations, often higher than the Brazilian legislation, in periods of heavy rainfall. It was observed for samples collected in August, when a precipitation occurred 48 hours before the sampling. The Spearman correlation showed that total solids, solids solvents and suspended solids had a significant relationship with most of the analyzed parameters in at least one sampling point. Thus, the solid series (total solids, solids solvents and suspended solids) has a strong influence on the water quality of the Pirapó river, which associated to the importance of the river for the region, require measures of mitigation to avoid the river pollution by urban activities and agricultural managements.

Keywords: Pirapó River, Monitoring, Quality.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

IQA	Índice de Qualidade da Água
pH	Potencial Hidrogênionico
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
ρ	Coefficiente de Correlação de Spearman
ADCP	Acoustic Doppler Current Profiler
IOS	Institute of Ocean Science
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
N.A	Nitrogênio Amoniaco
ST	Sólidos Totais
CT	Coliformes Termotolerantes
Fe	Ferro
Mn	Manganês
SS	Sólidos Suspensos
SD	Sólidos Dissolvidos

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Bacias Hidrográficas do Estado do Paraná.....	6
Figura 2 - Localização do do Rio Pirapó na Bacia Hidrográfica	9
Figura 3 - Mapa do uso da terra da bacia do Rio Pirapó	10
Figura 4 - Gráfico de proporção para usos da terra da bacia hidrográfica	11
Figura 5 - Transporte de sedimentos pelo ciclo hidrossedimentológico.	27
Figura 6 - Mudança de frequência causada pelo efeito doppler	32
Figura 7 – Localização dos pontos de coleta.	34
Figura 8 - Imagens ponto 1 de amostragem.....	35
Figura 9 - Imagens ponto 2 de amostragem.....	35
Figura 10 - Imagens ponto 3 de amostragem.....	36
Figura 11 - Imagens ponto 4 de amostragem.....	36
Figura 12 - Imagens ponto 5 de amostragem.....	37
Figura 13 - Acoustic Doppler Current Profiler utilizado para medições hidráulicas ...	38
Figura 14 – medição de dados hidráulicos com equipamento ADCP no ponto 4.....	39
Figura 15 - Série histórica mensal de precipitação em Maringá 2005-2016.....	46
Figura 16 - Precipitação mensal para o ano de 2016 em Maringá	47
Figura 17 - Rio Pirapó em período de chuva (A) e de estiagem (B)	49
Figura 18 - Valores de vazão monitorados nos pontos 2, 3 e 4	51
Figura 19 - Valores de pH para os 5 pontos de amostragem	52
Figura 20 - Valores da temperatura para os 5 pontos de amostragem	53
Figura 21 - Valores de condutividade elétrica para os 5 pontos de amostragem	54
Figura 22 - Valores de cor verdadeira para os 5 pontos de amostragem.....	55
Figura 23 - Valores de turbidez para os 5 pontos de amostragem.....	56
Figura 24 – Valores da concentração de nitrito para os 5 pontos de amostragem....	58

Figura 25 - Valores da concentração de nitrato para os 5 pontos de amostragem	59
Figura 26 - Valores da concentração de nitrogênio amoniacal para os 5 pontos de amostragem	61
Figura 27 - Valores da concentração de fósforo total para os 5 pontos de amostragem	62
Figura 28 - Valores da Demanda Bioquímica de Oxigênio para os 5 pontos de amostragem	63
Figura 29 - Valores de sólidos totais para os 5 pontos de amostragem	65
Figura 30 - Valores de sólidos filtráveis ou suspensos para os 5 pontos de amostragem	65
Figura 31 - Valores de sólidos não filtráveis ou dissolvidos para os 5 pontos de amostragem	66
Figura 32 - Valores da concentração de ferro dissolvido para os 5 pontos de amostragem	68
Figura 33 - Valores da concentração de manganês para os 5 pontos de amostragem	69
Figura 34 - Valores de coliformes termotolerantes para os 5 pontos de amostragem	70
Figura 35 - Valor de descarga sólida total para os pontos 2, 3 e 4	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó.....	11
Tabela 2 – Coordenadas geográficas e altitude dos pontos de coleta.....	34
Tabela 3 – Precipitação em mm no momento e dias antecedentes a coleta.....	48
Tabela 4 - Valores de dados hidráulicos para os pontos 2, 3 e 4.....	49
Tabela 5 - Coeficiente de correlação de Spearman para o ponto 1.	73
Tabela 6 - Coeficiente de correlação de Spearman para o ponto 2.	74
Tabela 7 - Coeficiente de correlação de Spearman para o ponto 3.	75
Tabela 8 - Coeficiente de correlação de Spearman para o ponto 4.	76
Tabela 9 - Coeficiente de correlação de Spearman para o ponto 5.	77

ÍNDICE

1	Introdução.....	1
2	Objetivos.....	3
2.1	Geral	3
2.2	Específicos.....	3
3	Fundamentação Teórica.....	4
3.1	A água na natureza	4
3.2	Monitoramento das águas de Bacias Hidrográficas	5
3.2.1	A Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó	8
3.3	Importância ambiental dos parâmetros de qualidade da água.....	12
3.3.1	Parâmetros Físico-químicos	14
3.3.2	Parâmetros biológicos	23
3.4	Produção e transporte de sedimentos.....	23
3.4.1	Problemas devido ao transporte de sedimentos.....	27
3.5	Descarga Sólida Total	28
3.6	Coeficiente de Correlação de Postos de Spearman.....	29
3.7	Acoustic Doppler Current Profiler – ADCP	30
3.7.1	Histórico dos medidores acústicos com base no efeito doppler	30
3.7.2	Princípio de funcionamento do ADCP	31
4	Materiais e métodos.....	33

4.1	Localização dos pontos de monitoramento	33
4.2	Período de amostragem da qualidade da água.....	37
4.3	Dados pluviométricos	37
4.4	Medição dos parâmetros hidráulicos.....	38
4.5	Metodologia de coleta das amostras.....	39
4.6	Cálculo da descarga sólida total.....	40
4.7	Metodologia para determinação dos parâmetros físico-químicos e biológicos	
	41	
4.7.1	pH.....	41
4.7.2	Temperatura	41
4.7.3	Condutividade Elétrica	41
4.7.4	Cor verdadeira	42
4.7.5	Turbidez.....	42
4.7.6	Nitrito	42
4.7.7	Nitrato	43
4.7.8	Nitrogênio Amoniacal Total.....	43
4.7.9	Fósforo Total.....	43
4.7.10	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	43
4.7.11	Série de Sólidos	44
4.7.12	Glifosato	44
4.7.13	Metais Dissolvidos.....	44
4.7.14	Coliformes Termotolerantes	44

4.8	Coeficiente de correlação de sperman	45
5	Resultados e Discussão	46
5.1	Precipitação pluviométrica	46
5.2	Dados Hidráulicos	49
5.3	Qualidade da água	51
5.3.1	pH.....	51
5.3.2	Temperatura	52
5.3.3	Condutividade Elétrica	53
5.3.4	Cor Verdadeira	55
5.3.5	Turbidez.....	56
5.3.6	Nitrito	57
5.3.7	Nitrato	59
5.3.8	Nitrogênio Amoniacal Total.....	60
5.3.9	Fósforo Total.....	62
5.3.10	Demanda Bioquímica de Oxigênio	63
5.3.11	Série de Sólidos	64
5.3.12	Glifosato	67
5.3.13	Metais Dissolvidos.....	67
5.3.14	Coliformes Termotolerantes	69
5.4	Descarga Sólida Total	71
5.5	Coeficiente de correlação de spearman	72

6	Conclusões e sugestões.....	79
7	Referências bibliográficas.....	81

1 INTRODUÇÃO

Dentre os diversos recursos naturais existentes, que a população e os ecossistemas necessitam para sua manutenção, existem aqueles que são classificados como recursos renováveis, ou seja, depois de serem explorados e utilizados ficam disponíveis novamente devido ao processo chamado de ciclo natural. Como exemplo pode-se citar a água, encontrada na forma de rios e lagos, recurso este que apresenta poder de autodepuração (BRAGA *et al.*, 2005).

A demanda hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó é de aproximadamente 3 mil L.s⁻¹, sendo as águas superficiais responsável por 75% do fornecimento deste recurso, e apenas 25% das águas subterrâneas, isso devido a maior facilidade de acesso e captação para suprir as necessidades dos seres vivos (ANA, 2010; TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2010).

Com a expansão demográfica e o crescimento populacional das últimas décadas, houve o desenvolvimento urbano e industrial, o aumento do uso das terras voltado para as atividades agrícolas e industriais, o que conseqüentemente aumentou a demanda pela água e também a geração de efluentes líquidos, que são lançados nas águas superficiais, comprometendo a sua qualidade (FREIRE, 2010).

A poluição por despejo de efluentes, uso de fertilizantes em áreas agrícolas associadas à precipitações pluviais e diversas outras fontes de poluições antrópicas, acabam por modificar as características físico-químicas e biológicas dos corpos hídricos receptores, limitando alguns de seus diversos usos e comprometendo a fauna e a flora local (GHISI *et al.*, 2016).

A Lei Federal nº 9433 de 1997 institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos e busca assegurar à atual e futuras gerações a necessária disponibilidade de água em qualidade para seus usos. O monitoramento, enquadramento dos corpos d'água em classes e um sistema de informação sobre recursos hídricos, são instrumentos utilizados para que esse objetivo seja alcançado.

A Universidade Estadual de Maringá, junto aos órgãos ambientais estaduais e Comitês de Bacias, vem desenvolvendo pesquisas no alto curso do Rio Pirapó e seus afluentes desde 2000, buscando soluções aos problemas que esses recursos hídricos apresentam, para se manterem autossustentáveis. Essas pesquisas permitem a obtenção de dados e informações importantes, que possibilitam caracterizar a bacia

hidrográfica, assim como encontrar as principais fontes pontuais e difusas, antrópicas e naturais de poluição, que causam o desequilíbrio ambiental.

O Rio Pirapó é responsável pelo abastecimento público de grande parte das cidades que estão inseridas na Bacia Hidrográfica, contribuindo para o desenvolvimento econômico e social das mesmas, considerado uns dos rios mais importantes da região norte do Paraná.

Assim sendo, a presente pesquisa espera reunir uma quantidade de dados, suficientes para caracterizar temporal e espacialmente o comportamento do Rio Pirapó, identificar os principais usos e atividades desenvolvidas no solo da bacia hidrográfica em busca de fontes de sedimentos, e como essas atividades podem influenciar na qualidade do rio, fornecendo informações que auxiliem nas ações de planejamento e gestão na bacia do Rio Pirapó, desenvolvidas pelo Comitê de Bacias local.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

A presente pesquisa tem como objetivo geral monitorar a qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó, analisando os parâmetros determinantes em seu enquadramento, sua vazão e fontes erosivas de produção de sedimentos, em 5 pontos distribuídos ao longo da bacia, relacionando os resultados com os sólidos presentes no Rio Pirapó.

2.2 ESPECÍFICOS

Para que o objetivo da pesquisa seja alcançado os seguintes objetivos específicos devem ser realizados:

- Caracterizar físico-químico e biologicamente a água do Rio Pirapó;
- Medir dados hidráulicos do Rio Pirapó por meio do equipamento ADCP - Acoustic Doppler Current Profiler;
- Verificar se os resultados obtidos atendem os padrões de qualidade da água da legislação vigente resolução nº. 357/2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA);
- Identificar os potenciais pontos de processos erosivos e produção de sedimentos na Bacia Hidrográfica.
- Analisar a correlação entre os parâmetros pelo coeficiente de Sperman (ρ).

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 A ÁGUA NA NATUREZA

A água pode ser encontrada com abundância na natureza abrangendo até 70% da superfície do planeta, e podendo ainda ser encontrada abaixo da superfície em grandes reservatórios de água subterrânea. Durante séculos a água foi considerada um bem público de quantidade infinita, à disposição do homem, por ser um recurso natural autossustentável pela sua capacidade de renovação pelos ciclos hidrogeoquímicos (BRAGA *et al.*, 2005; PHILIPPI JUNIOR, 2005).

Dentre todos os elementos existentes na natureza, a água pode ser considerada a mais importante para manutenção da vida, principalmente devido aos diversos usos praticados pelos seres vivos. Alguns desses usos ocorrem diretamente na própria natureza como a dessedentação de animais, geração de energia elétrica, diluição e transporte de despejos, navegação e criação de espécies. Já para outros, se faz necessário sua retirada da natureza para utilização, como o abastecimento doméstico e industrial (VON SPERLING, 2005).

Os recursos hídricos devem apresentar condições físicas e químicas adequadas para utilização pelos seres vivos, contendo substâncias essenciais à vida e isento de substâncias que possam causar efeitos insalubres. Assim, a água deve estar disponível de forma a se ter quantidade e qualidade adequadas para uma dada região, para suprir as necessidades dos seres vivos (BRAGA *et al.*, 2005).

A disponibilidade da água vai depender estreitamente da estrutura e funcionamento dos ecossistemas envolvidos, dos sedimentos existentes e transportados, das atividades antrópicas como: agricultura, pesca predatória, desflorestamento e lançamento de efluentes com tratamentos ineficazes, que comprometem os parâmetros químicos, físicos e biológicos da água (KLEPKA, 2011).

Para Kobiyama (2008) a escassez de água em vários locais ao redor do mundo vem a ser um problema, pois desacelera e limita o desenvolvimento econômico dos

países. Essa escassez de água é resultado da má distribuição das águas superficiais e subterrâneas, principais fontes de abastecimento público.

O Brasil devido à sua localização e condições climáticas, é o país que possui a maior disponibilidade hídrica no mundo, com uma produção de $182,170 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Porém, a distribuição hídrica e populacional não é proporcional. No Norte onde se concentram apenas 7% da população nacional, encontra-se 70% da disponibilidade hídrica disponível para uso, os outros 93% da população dividem os 30% restantes dos recursos hídricos disponíveis, reflexo da escassez de água em alguns locais devido à má distribuição (GALINDO, 2004).

3.2 MONITORAMENTO DAS ÁGUAS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Entende-se por bacia hidrográfica uma área geográfica ao redor de todas as nascentes de um rio principal e seus afluentes, em que o escoamento superficial em qualquer ponto dessa área converge para um único ponto de saída, conhecido como exutório. Pode ser considerada uma unidade física bem caracterizada com integração e funcionalidade de seus elementos (KOBAYAMA, 2008).

TUCCI (1997), define bacia hidrográfica como uma área delimitada pela topografia superficial em que, a chuva ali precipitada, potencialmente contribui com escoamento pela seção que a define. Os cursos d'água formam uma rede de drenagem que convergem para o exutório. A Figura 1 apresenta as principais bacias hidrográficas existentes no estado do Paraná.



Figura 1 – Bacias Hidrográficas do Estado do Paraná

Fonte: ANA e SEMA, 2010.

Para Zhao et al (2011) a qualidade das águas superficiais de uma bacia hidrográfica é controlada pela complexa atividade antrópica e por fatores naturais. Estes, influenciam no processo de contaminação das águas, dentre os quais pode-se destacar a erosão e o carreamento de sedimentos, que são intensificados com as precipitações pluviométricas. Porém, aquelas bacias que se localizam próximo de centros urbanos acabam tendo que suportar, além dos processos naturais, a contaminação antrópica pelas atividades industriais e agrícolas, como o lançamento de efluentes, lixiviação e percolação de fertilizantes e pesticidas (SINGH *et al.*, 2004).

Segundo Maybeck (2004), as fontes poluentes dos corpos d'água são classificados em duas grandes grupos: pontual e difusa. Os resíduos líquidos urbanos e industriais constituem o grupo das fontes pontuais por serem lançados em pontos específicos ao corpo hídrico receptor, de forma concentrada. Enquanto que para as cargas difusas, estas não possuem um ponto de lançamento específico, ao exemplo da infiltração de agrotóxicos no solo que são carregados para os corpos hídricos.

Segundo Braga et al (2005) o uso de fertilizantes busca atender à necessidade de nutrientes que as culturas exigem. Ainda de acordo com o autor, mesmo quando realizado de maneira mais facilmente assimilável pelo vegetal, utilizando a melhor técnica, a eficiência da utilização dos fertilizantes pelas culturas nunca é de 100%, o que faz com que esse excedente se incorpore ao solo movimentando-se junto com a fração líquida.

O processo de poluição antropogênica dos recursos hídricos deve ser evitado e controlado, para que não ocorra de forma elevada, ou seja, com altas cargas de contaminantes, uma vez que estas reduzem a capacidade de autodepuração dos mesmos, principalmente quando somado às baixas vazões (KOBAYAMA, 2008).

Pode-se encontrar na literatura diversos impactos em recursos hídricos relacionados ao processo de urbanização, Tucci (1997) destaca quatro como os principais, são eles: aumento da produção de material sólido, redução da evapotranspiração do escoamento subterrâneo e lençol freático, aumento do escoamento superficial, vazão máxima dos hidrogramas e antecipação de picos e a deterioração da qualidade das águas superficiais, principalmente no início das chuvas pela drenagem das águas.

Sabendo das possíveis contaminações as quais os rios das bacias hidrográficas estão susceptíveis, e que os abastecimentos públicos dos centros urbanos são provenientes dessas águas superficiais, Fan e colaboradores (2010) ressaltam a importância da gestão e monitoramento dos recursos hídricos, para se ter informações confiáveis sobre as características da qualidade das águas, visto que essas estão diretamente ligadas com a saúde dos seres vivos.

Uma vez que as águas superficiais constituem um dos principais recursos hídricos para uso doméstico, industrial e para fins de irrigação, é indispensável prevenir e controlar a poluição que a eles é atribuída e ter informações confiáveis sobre a qualidade da água, em busca de uma gestão eficaz. Tendo em vista as variações espaciais, temporais e hidroquímicas dos rios, programas de monitoramentos regulares são necessários para estimativas fiáveis da qualidade da água. Isso resulta em uma complexa matriz de dados, composta por um grande número de parâmetros físico-químicos (SINGH *et al.*, 2004).

O tratamento multivariado de dados é largamente utilizado para avaliar a qualidade das águas superficiais, evidenciando variações temporais e espaciais causadas por fatores naturais e antrópicos ligados à sazonalidade (SINGH *et al.*, 2004).

Obter uma avaliação precisa do tipo e extensão da poluição da água não é uma tarefa fácil. Assim, pesquisas com programas de monitoramentos periódicos e de longo prazo se tornam necessários para ter esse conhecimento. Ressalta-se que se deve evitar um grande número de dados que tornem difícil a interpretação (ZHAO *et al.*, 2011).

Dessa forma, o processo de monitoramento de bacias hidrográficas deve ser visto como uma ferramenta importante, que alimente o banco de dados do comitê de bacias hidrográficas, com informações confiáveis, para que medidas mitigadoras quanto ao uso da bacia possam ser tomadas, buscando o equilíbrio dos recursos hídricos.

3.2.1 A Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó

A Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó localiza-se no estado do Paraná, mais precisamente no terceiro planalto paranaense, nas regiões Norte Central e Noroeste do estado, entre as "latitudes 22°32'30"S e 23°36'18"S; e as longitudes 51°22'42"W e 52°12'30"W, abrangendo uma área de 5.096,86 km². Acredita-se que 60 tributários diretos contribuam para a bacia (ANA e SEMA, 2010; RIGON e PASSOS, 2014).

A Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó tem como limites a Bacia do Rio Ivaí, ao sul, do Rio Paranapanema IV, a oeste, e do Rio Tibagi, juntamente com a do Rio Paranapanema III, a leste. O maior afluente do Rio Pirapó, localizado em sua margem direita, é o Rio Bandeirantes do Norte, com uma extensão de 149 km, que nasce na cidade de arapongas e desagua no Rio Pirapó entre as cidades de Paranacity, Lobato e Colorado (MARTINEZ, 2005)

Outros afluentes de importância do Rio Pirapó podem ser citados, margem direita: Ribeirão Pau d'Alho, Ribeirão Valência, Rio Ipiratininga, Ribeirão Lajeado e Ribeirão da Ilha. E na margem esquerda: Ribeirão Jacupiranga, Ribeirão Caxangá, Ribeirão dos Dourados, Ribeirão Sarandi e Ribeirão Vagalume (MARTINEZ, 2005).

O Rio Pirapó tem sua nascente na cidade de Apucarana com 1000 m de altitude e segue seu fluxo de escoamento para o norte com uma extensão de 168 km até sua foz no Rio Paranapanema, a 300 m de altitude, no município de Jardim de Olinda (ANA e SEMA, 2010). Na Figura 2 pode-se identificar a localização do Rio Pirapó, e seu principal afluente Rio Bandeirantes do Norte na bacia hidrográfica.



Figura 2 - Localização do do Rio Pirapó na Bacia Hidrográfica

Fonte: ANA e SEMA, (2010).

A região compreende apenas duas unidades litológicas: o basalto originado pelos derrames de lava da Formação Serra Geral e o arenito das formações Caiuá e Santo Anastácio (MARTINEZ, 2005). Encontram-se solos como Latossolo Roxo de áreas de basalto, com alta fertilidade e solos com baixa fertilidade característico do

Arenito Caiuá, sujeito a erosões quando desprovidos de cobertura vegetal (ANA e SEMA, 2010).

A floresta estacional semidecidual abrange a maior parte do Terceiro Planalto, onde se encontra localizado a Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó, trata-se de uma vegetação com grandes espécies exuberantes, criadas sobre os solos férteis ao norte do estados, e sobre o Arenito Caiuá ao noroeste (MARTINEZ,2005).

A Figura 3 a seguir apresenta um mapa do uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Pirapó, produzido utilizando-se o método de classificação semiautomática, que consiste na coleta de amostras com padrões de cada classe previamente definidas: Cultura Mecanizada e Pastagem, Mata, Solo Exposto, Solo Coberto e Área Urbana.

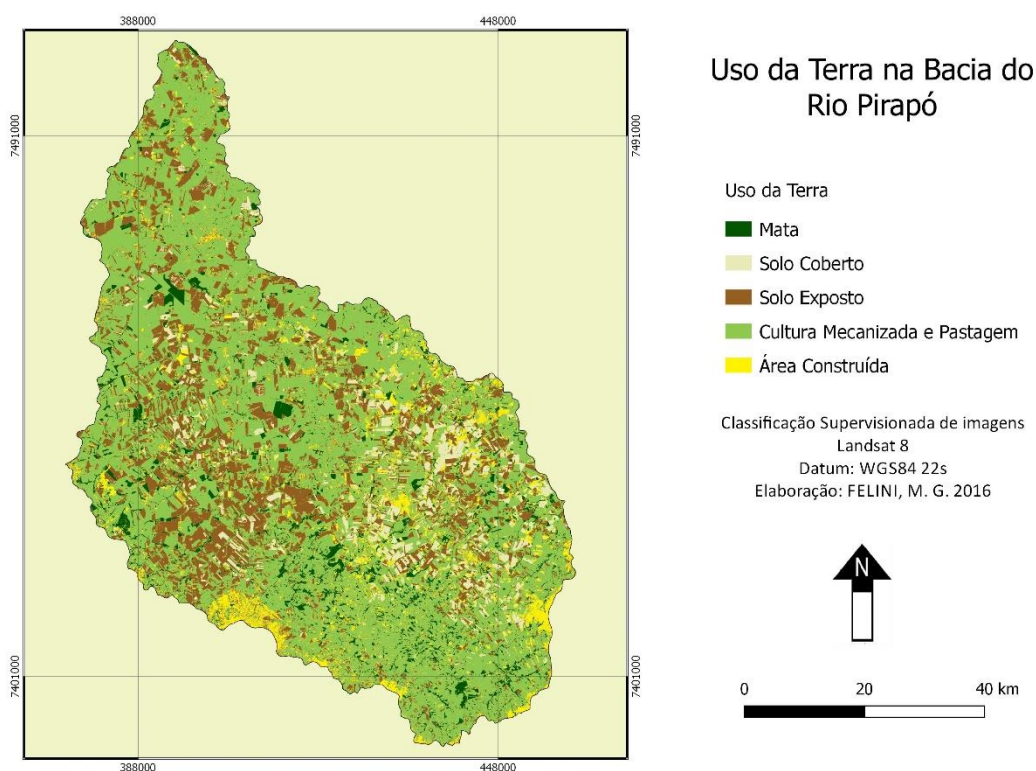


Figura 3 - Mapa do uso da terra da bacia do Rio Pirapó

Fonte: Elaborado por FELINI, M. G., 2016

É possível observar na Figura 3 que o uso da terra da bacia hidrográfica do Rio Pirapó é dominado pela cultura mecanizada e pastagem, e que as áreas construídas e solo exposto estão presentes de forma distribuída por toda bacia, favorecendo ocorrência de processos erosivos de forma significativa. A Figura 4 apresenta um gráfico com a porcentagem de cada uso da terra na bacia hidrográfica.

Uso da terra na bacia do Rio Pirapó

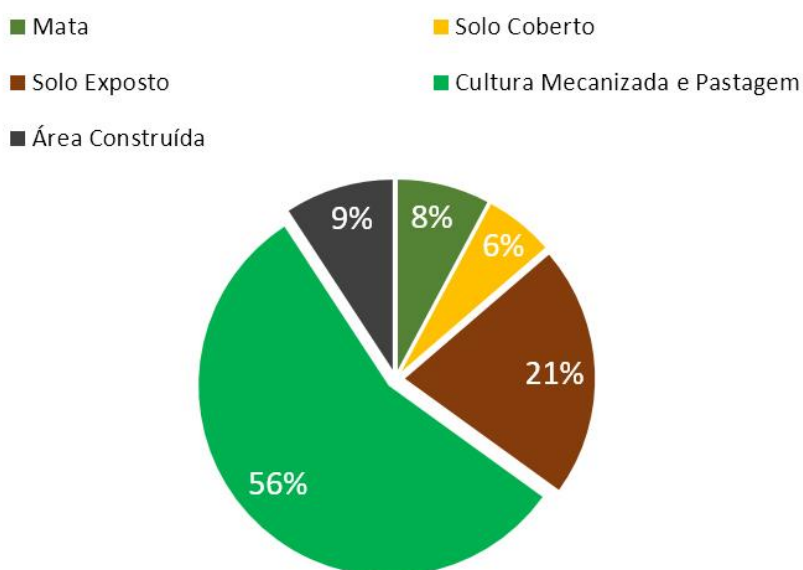


Figura 4 - Gráfico de proporção para usos da terra da bacia hidrográfica

Fonte: Elaborado por FELINI, M. G., 2016

A Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó abrange 33 municípios. Esses municípios estão listados em ordem alfabética na Tabela 1, seguido da área total dos municípios, área dos municípios na Bacia Hidrográfica e a porcentagem que o município ocupa da Bacia.

Tabela 1 – Municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó.

MUNICÍPIO	ÁREA TOTAL DO MUNICÍPIO (km ²)	ÁREA DO MUNICÍPIO NA BACIA (km ²)	% DA ÁREA DA MUNICÍPIO BACIA
Ângulo	105,9	105,9	2,1
Apucarana	555,4	170,5	3,3
Arapongas	381,6	194,5	3,8
Astorga	436,0	436,0	8,6
Atalaia	137,7	137,7	2,7
Cambira	164,1	43,3	0,9
Colorado	403,7	354,9	7,0
Cruzeiro do Sul	259,1	118,0	2,3
Flórida	83,1	83,1	1,6
Guaraci	212,3	96,3	1,9

Iguaraçu	163,2	163,2	3,2
Itaguajé	190,6	131,4	2,6
Jaguapitã	478,5	282,8	5,5
Jandaia do Sul	187,8	17,2	0,3
Jardim Olinda	128,5	34,5	0,7
Lobato	239,8	239,8	4,7
Mandaguaçu	293,4	220,1	4,3
Mandaguari	336,3	243,0	4,8
Marialva	475,1	122,1	2,4
Maringá	486,4	274,1	5,4
Munhoz de Melo	137,6	137,6	2,7
Nossa Senhora das Graças	185,5	73,6	1,4
Nova Esperança	402,3	82,2	1,6
Paranacity	348,2	210,8	4,1
Paranapoema	175,5	72,3	1,4
Pitangueiras	123,4	123,4	2,4
Presidente Castelo Branco	155,4	81,8	1,6
Rolândia	456,2	228,1	4,5
Sabáudia	191,0	191,0	3,7
Santa Fé	276,8	276,8	5,4
Santa Inês	137,8	29,0	0,6
Sarandi	103,7	44,2	0,9
Uniflor	95,1	76,7	1,5
TOTAL		5.098,1	100,0

Fonte: Adaptado ANA e SEMA, 2010.

O Rio Pirapó é responsável por abastecer a cidade de Maringá, e contribuir com a drenagem para os municípios de Astorga, Sabáudia, Arapongas, Apucarana, Cambira, Jandaia do Sul, Mandaguari, Marialva e Sarandi (KLEPKA, 2011).

3.3 IMPORTÂNCIA AMBIENTAL DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

O termo “qualidade da água” refere-se às suas características químicas, físicas e biológicas, e não necessariamente a um estado de pureza, à medida que se torna possível identificar essas características é possível estipular uma finalidade para água (MARTEN e MINELLA, 2002).

Sabe-se que o processo de monitoramento da qualidade das águas superficiais deve ser contínuo, buscando adquirir dados relativos às fontes de poluição, e outras informações essenciais que possibilitem a identificação dessas características, (SCHNEIDER, 2009).

Cada corpo de água doce possui uma característica individual quanto aos parâmetros físicos e químicos, que em grande parte são determinados pelas condições climáticas, morfológicas e bioquímicas que prevalecem na bacia de drenagem. Características tais como, sólidos dissolvidos totais, condutividade e potencial redox, fornecem uma classificação geral das massas de água de natureza semelhantes. Os minerais determinados pelo total de sólidos dissolvidos presentes, são característicos da qualidade do corpo hídrico e resultado do equilíbrio entre precipitação e dissolução dos sólidos (UNESCO *et al.*, 1996).

A caracterização dos parâmetros físicos e químicos ajudam, dando suporte à tomada de decisões pelos órgãos ambientais ou comitê de bacias hidrográficas, ao identificar a qualidade de um determinado corpo hídrico, o que torna esse conjunto de parâmetros vital para definir os usos das águas das bacias hidrográficas (SILVA e JARDIM, 2006).

Os parâmetros da qualidade das águas superficiais, no Brasil, são estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Uma das maneiras de se monitorar a qualidade da água é por meio da determinação dos parâmetros físicos (cor, turbidez, sólidos suspensos etc.), parâmetros químicos (pH, metais pesados, série de nitrogênio, fosforo etc.), e parâmetros biológicos (coliformes fecais, demanda bioquímica de oxigênio), relacionados às condições locais naturais do corpo d'água em estudo (SCHNEIDER, 2009).

A variação espacial da qualidade da água é geralmente demarcada pelas características hidrodinâmicas de um rio, sendo considerada uma das principais características dos diferentes corpos de água. Em consequência, o processo de monitoramento dos parâmetros que indicam a qualidade da água de um rio, não podem ser monitorados apenas em um ponto, devendo existir uma rede de pontos de amostragem (UNESCO *et al.*, 1996).

As mudanças da vazão nos rios podem indicar a fonte de diversas substâncias presentes nele, pois o que determina o regime de vazão do corpo hídrico é o tamanho e a formação geológica da bacia hidrográfica. Fatores climáticos, meteorológicos, hidrológicos e topográficos desempenham um papel importante na geração de vazão do rio (UNESCO *et al.*, 1996).

3.3.1 Parâmetros Físico-químicos

Ecossistemas fluviais tem uma enorme superfície de interação com os ecossistemas terrestres. Assim, as propriedades físico-químicas da água estão diretamente relacionadas com as áreas terrestres drenadas (FAN *et al.*, 2010).

Com exceção dos gases dissolvidos, todos os contaminantes da água contribuem com a carga de sólidos, o que nos remete que as características físicas e químicas da água estão associadas, em sua grande parte, com os sedimentos presentes (LINO *et al.*, 2007).

pH

O termo pH (potencial hidrogeniônico), é utilizado para indicar o grau de acidez ou basicidade de uma solução. Ele representa a concentração de íons hidrogênio H^+ , o qual é definido como o logaritmo negativo da concentração molar de íons hidrogênio: $pH = -\log [H^+]$, variando em uma faixa de 0 a 14, em que a escala 7 representa neutralidade (VON SPERLING, 2005).

Nos cursos de águas naturais a variação desse parâmetro é ocasionada pelo consumo ou produção do dióxido de carbono (CO_2), realizado pelos fenômenos de respiração e fermentação de todos organismos presentes nas águas (BRANCO, 1986).

A variável em questão, o pH, é muito influenciável pelas características da bacia hidrográfica, como por exemplo, bacias com solos ricos em alumínio, quando drenados levam grandes quantidades de ácidos para a água reduzindo o pH do corpo d'água. Há também as atividades antrópicas que os corpos d'água recebem, e também influenciam de forma significativa nesse parâmetro, deixando evidente a necessidade de se estudar as características da bacia hidrográfica antes de realizar as coletas (CAMARGO, 1996).

Segundo Esteves (1998) os corpos d'água continentais apresentam valores de pH que variam entre 6 e 8, sendo as concentrações de prótons (H^+) e grupamentos hidroxila (OH^-) fortemente influenciadas pela presença de sais, ácidos e bases presentes no meio. No Brasil, os ecossistemas aquáticos que possuem pH baixo, são encontrados em grande número nas regiões de turfeira, de terra firme na Amazônia central e no litoral, já ecossistemas com elevado valores de pH são encontrados em regiões ricas em cálcio ou em que a precipitação é menor que a evaporação.

Temperatura

A temperatura pode ser conceituada como a medição da intensidade de calor, originada de forma natural: pela transferência de energia por radiação, condução ou convecção, ou de forma antropogênica: despejos industriais e utilização de águas de torres de resfriamento (VON SPERLING, 2005).

Elevadas taxas de temperatura interferem na solubilidade dos gases, como exemplo a concentração de oxigênio dissolvido, aumenta as reações químicas e biológicas do meio, podendo duplicar ou triplicar as reações e outros processos oxidativos, gerando mau cheiro no caso de liberação de gases com odores desagradáveis (VON SPERLING, 2005; ESTEVES, 1998).

Condutividade elétrica

A condutividade elétrica representa a capacidade da água em conduzir uma corrente elétrica e está diretamente relacionada à quantidade de sais presentes nessa água, sendo essa a variável mais empregada para avaliar a concentração de sais ou salinidade da água e do solo. Deve-se notar que as oscilações nos valores de condutividade nos rios indicam possível contaminação do meio aquático, além de acelerar o processo de assoreamento ao destruir as matas ciliares (FARIAS, 2006).

Este parâmetro não determina de forma específica quais são os íons presentes na água, mas ajuda na identificação de possíveis impactos ambientais da bacia hidrográfica, como por exemplo o lançamento de efluentes industriais e domésticos pelas cidades, podendo também informar qualquer mudança na concentração de minerais do recurso hídrico (TAVARES, 2006).

Cor verdadeira

A cor é um parâmetro responsável pela coloração do corpo d'água, sendo o seu principal constituinte os sólidos dissolvidos, geralmente é originada pela decomposição da matéria orgânica. Esse parâmetro pode ser distinguido em cor aparente, em que na parcela do seu resultado está incluído a turbidez da água, e cor verdadeira, quando a turbidez é removida por centrifugação (VON SPERLING, 2005).

Bacias hidrográficas que apresentam solos com altos teores de ferro e manganês, como é o caso da bacia hidrográfica do Rio Pirapó, também possuem cores elevadas nos corpos d'água. Despejos industriais como tinturarias, produção de papel e tecelagem, são formas antrópicas que contribuem consideravelmente para a coloração das águas (SÃO PAULO, 2009).

Turbidez

Este parâmetro pode ser representado pela quantidade de interferência à passagem de luz através da água, deixando-a com uma aparência turva. Os principais responsáveis pelo aumento da concentração de turbidez são os sólidos em suspensão (VON SPERLING, 2005).

A turbidez da água está diretamente relacionada com a vazão e períodos de chuva, uma vez que há o aumento da vazão com as precipitações, entrada da água originada do escoamento superficial, arraste de detritos e diversas formas de

sedimentos para o curso d'água, aumentando a quantidade de sólidos suspensos e, conseqüentemente, a turbidez (TAVARES, 2006).

A alta turbidez limita a penetração dos raios solares impedindo o processo pleno de fotossíntese, reduzindo a concentração de oxigênio dissolvido devido à baixa reposição, podendo influenciar nas comunidades biológicas e diversos outros usos da água (FARIAS, 2006).

Formas Nitrogenadas

Segundo Esteves (1998) o nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo dos ecossistemas aquáticos, principalmente por ser um importante constituinte das proteínas, um dos componentes básicos da biomassa.

Para as algas, o nitrogênio se torna um elemento indispensável ao seu crescimento, porém quando encontrado em altas concentrações nos corpos d'água pode conduzir ao processo denominado eutrofização (proliferação exagerada desses organismos) (VON SPERLING, 2005).

Existem diversas fontes naturais de nitrogênio como a chuva, material orgânico e inorgânico e a fixação de nitrogênio molecular do próprio lago. Devido seus vários estados de oxidação, pode estar presente na natureza na forma de (TAIZ *et al.*, 2015):

- 1 - nitrogênio molecular (N_2), escapando para a atmosfera;
- 2 - nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão);
- 3 - nitrogênio amoniacal, como amônia (NH_3) e o íon amônio (NH_4^+);
- 4 - nitrito (NO_2^-)
- 5- nitrato (NO_3^-)

Nos corpos hídricos, ao se detectar, por meio de análises laboratoriais, quais formas de nitrogênio se encontram em maior concentração, torna-se possível fornecer informação sobre o estágio da poluição. Quando encontrado na forma orgânica ou de amônia, trata-se de poluição recente. Enquanto uma poluição mais remota está associada ao nitrogênio na forma de nitrato (VON SPERLING, 2005).

O nitrito é encontrado em baixas concentrações em ambientes com alto teor de oxigênio dissolvido, pois sofre oxidação e se transforma em nitrato, em ambientes

anaeróbios é possível encontrar altas concentrações deste íon. O nitrito é um elemento intermediário entre o nitrogênio amoniacal e o nitrato (ESTEVES, 1998).

A principal forma de nitrogênio encontrada nas águas, por ser a última no processo de nitrificação, é o nitrato. Este composto está associado à metahemoglobinemia (síndrome do bebê azul), uma doença encontrada comumente em crianças, responsável pela falta de oxigênio no sangue devido à redução de nitrito a nitrato na corrente sanguínea (VON SPERLING, 2005; ALVES, 2006).

Níveis elevados de nitrato em corpos d'água podem ser indicativos do despejo de efluentes industriais com tratamentos ineficientes, ou sem nenhum tipo de tratamento, e o uso de fertilizantes nitrogenados em agriculturas (SILVA e ARAUJO, 2003).

O nitrogênio amoniacal é o primeiro composto produzido na degradação da matéria orgânica, pode ser encontrado nas águas na forma de amônia livre (NH_3) e do cátion amônio (NH_4^+) (ALVES, 2006).

A presença de altas concentrações do íon amônio pode influenciar na concentração de oxigênio dissolvido do meio, comprometendo a comunidade de peixes. Por outro lado, o íon amônio é muito importante para os organismos produtores, pois não há necessidade de redução desse elemento nas células desses seres vivos, se tornando uma vantagem (ESTEVES, 1998).

Fósforo Total

Em grande parte das águas continentais o fósforo é considerado o principal elemento responsável pela produtividade, com participação importante em processos fundamentais de metabolismo dos seres vivos, como o armazenamento de energia e estruturação da membrana celular (ESTEVES, 1998).

Nas águas naturais pode ser encontrado nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Desses, os que possuem a forma mais simples são os ortofosfatos (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , H_3PO_4), disponíveis de forma direta para o metabolismo biológico (VON SPERLING, 2005).

A quantidade de fosfato provindo de fontes naturais, encontrada nos corpos d'águas de bacias hidrográficas, está diretamente ligada ao conteúdo de fosfato presente nos minerais da rocha mãe. Esses fosfatos se liberam da forma cristalina dos minerais da rocha, pelo processo de intemperização, e são carregados até os corpos hídricos pelo escoamento superficial das águas pluviais sob duas condições: de forma solúvel ou adsorvido às argilas (ESTEVES, 1998).

Quanto as fontes artificiais de fósforo podem ser pontuais e difusas, um destaque para as fontes pontuais é o lançamento de efluentes líquidos, e para as fontes difusas o uso de fertilizantes em áreas agricultáveis (ESTEVES, 1998).

Demanda Bioquímica de Oxigênio

O decréscimo dos teores de oxigênio dissolvido devido à contaminação orgânica dos corpos d'água, é um dos principais responsáveis por denegrir com a fauna e a flora do ambiente aquático. Assim, surgiu a ideia de se medir esse consumo de oxigênio de forma indireta por meio da concentração de matéria orgânica pela Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) da água, ou seja, a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar, por meio de processos bioquímicos a matéria orgânica carbonácea presente (VON SPERLING, 2005).

Segundo Von Sperling (2005) a demanda bioquímica de oxigênio retrata o teor de matéria orgânica no corpo d'água, indicando o potencial de consumo do oxigênio dissolvido, considerado um parâmetro de fundamental importância para informar o grau de poluição das águas.

Frequentemente para análise desse parâmetro é usado como referência a $DBO_{5,20}$, em que o oxigênio dissolvido da amostra é consumido por um período de tempo de 5 dias a uma temperatura de 20 °C (SÃO PAULO, 2009).

Sólidos

Segundo Von Sperling (2005) todos elementos e contaminantes presentes nas águas contribuem para carga de sólidos, com exceção apenas dos gases dissolvidos. Os sólidos são classificados por suas características físicas, de acordo com seu tamanho e estado (sólidos em suspensão, sólidos coloidais, sólidos dissolvidos), e características químicas (sólidos orgânicos, sólidos inorgânicos).

Partículas sólidas de menores dimensões capazes de passar por filtros com tamanho específico, são classificadas como sólidos dissolvidos, enquanto que as que ficarem retidas no filtro são chamadas de sólidos em suspensão. Os sólidos coloidais se encontram na forma intermediária, e grande parte no resultado das análises é determinada como sólido dissolvido (VON SPERLING, 2005).

Os sólidos que volatilizam a uma faixa de temperatura de 500-600 °C, representam a matéria orgânica presente, restando apenas a parte inorgânica ou mineral, é possível fazer uma estimativa da quantidade de matéria orgânica e inorgânica presentes nos sólidos (VON SPERLING, 2005).

Nos corpos d'água os sólidos podem causar danos para a fauna e a flora aquáticas, aqueles com maior densidade que a água, sedimentam podendo reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo do rio, o que promove a decomposição anaeróbia (SÃO PAULO, 2009).

Metais

Em geral os metais são tóxicos podendo trazer danos à saúde, sendo potencialmente carcinogênicos, mutagênicos e teratogênicos. Assim é de fundamental importância estar atentos à concentração dos metais presentes nas águas superficiais, pois alguns são solubilizados ao entrar em contato com a água (BRAGA *et al.*, 2005). O que diferencia os metais dos compostos orgânicos tóxicos é que os metais não são degradáveis podendo se acumular no ambiente (BAIRD, 2002).

Segundo Schneider (2009) as atividades antrópicas, além de modificar os parâmetros físico-químicos e biológicos, também podem aumentar as concentrações de metais no solo. A mesma autora ainda cita que há processos naturais que ocorrem com a geoquímica do solo, em que os metais presentes são transferidos às águas superficiais e subsuperficiais.

Em geral os metais são encontrados em quantidade mínimas no meio aquático por ação de fenômenos naturais, porém mesmo em pequenas concentrações podem gerar danos importantes aos organismos humanos e aquáticos (BRAGA *et al.*, 2005).

Quando encontrados em quantidades significativas no meio aquático, o que é de difícil detecção pois alguns deles se depositam no fundo dos corpos d'água, as

fontes potenciais dessa contaminação podem ser atividades industriais, agrícolas ou de mineração (BRAGA *et al.*, 2005).

Por serem componentes naturais do solo, a presença de certos metais no meio aquático pode estar diretamente ligada ao tipo de solo da região. Um exemplo a citar, são os solos argilosos originados do basalto, de coloração vermelha devido à presença de ferro e manganês (MARTINEZ, 2005).

O acúmulo de metais pesados no solo pode ser causado principalmente pelo uso excessivo de fertilizante e pesticidas em áreas agricultáveis, como mostra o estudo realizado por Ramalho *et. al.* (2000), em que se detectou contaminação da Microbacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos.

Ferro

O ferro está presente em uma grande quantidade de tipo de solos, sendo encontrado nos corpos d'água em concentrações maiores que a maioria dos outros metais, principalmente em épocas de chuva, quando há carreamento do solo e erosão das margens dos rios (VON SPERLING, 2005; PIVELI E KATO, 2006).

Este elemento pode trazer diversos problemas de cor e sabor para águas de abastecimento público, mesmo não sendo considerado tóxico. Na água, quando associado ao manganês, traz uma coloração amarela e turva, decorrente da precipitação do mesmo quando oxidado (Fe^{3+} e Mn^{4+}), aumentando a intensidade de cor e turbidez da água (RICHTER e AZEVEDO NETO, 1991).

Manganês

O manganês é um elemento essencial para os seres humanos e muitos outros organismos, a principal exposição do homem ao manganês se dá pelo consumo de água (SÃO PAULO, 2009).

É composto muito utilizado em indústrias de aço, ligas metálicas, fertilizantes, baterias, entre outros. Nas águas superficiais e subterrâneas ocorre de forma natural, quando em excesso desenvolve uma coloração negra, podendo estar em estados de oxidação Mn^{+2} (mais solúvel) e Mn^{+4} (menos solúvel) (SÃO PAULO, 2009).

Glifosato

Segundo Galli e Montezuma (2005) o glifosato é considerado um herbicida pós-emergente, pertencente ao grupo químico das glicinas substituídas. Apresenta um excelente potencial de controle de plantas daninhas devido a sua ação sistêmica e por ser não seletivo.

O fato da soja ser tolerante ao glifosato, tornou esse composto um herbicida muito utilizado pela agricultura brasileira no combate às plantas daninhas, consideradas invasoras, competindo com a soja nas lavouras (NEVES *et al.*, 2010). Trabalhos realizados por Blanco (1982), mostram que essas invasoras são capazes de reduzir o rendimento da soja em até 42% nas lavouras, porém algumas plantas daninhas são mais resistentes que acabam levando ao uso exagerado desse herbicida.

O glifosato é utilizado em mais de 130 países, comercializado em 3 linhas principais: glifosato-isopropilamônio, glifosato-sesquisódio (patenteados por Monsanto e vendido como Round-up), e glifosato-trimesium (patenteado por ICI, atual Syngenta) (AMARANTE JUNIOR *et al.*, 2002, GALLI e MONTEZUMA, 2005).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde, este herbicida possui uma toxicidade baixa em relação aos animais. O glifosato é praticamente não tóxico aos peixes e levemente tóxicos aos invertebrados aquáticos, seu potencial de bioacumulação em tecidos dos organismos aquáticos é muito baixo. Quando presente nas águas superficiais é fortemente adsorvido ao material orgânico e minerais, sua meia vida em lagos varia de 10 a 12 semanas quando são degradados por microrganismos (KAMRIN, 1997).

Contudo, Amarante Junior *et al.* (2002) acreditam que apesar do glifosato ser considerado pouco tóxico, o processo de acumulação pode causar efeitos deletérios de seu uso prolongado no ambiente, o qual ocorre devido à resistência que algumas ervas apresentam.

Os microrganismos presentes no solo e na água são os responsáveis pela degradação do glifosato em compostos naturais, quando no solo o glifosato é capaz de ser adsorvido pelas partículas presentes, e permanecer inativo até que sofra

decomposição pelos microrganismos, quando na água é altamente solúvel, sendo a volatilidade e evaporação insignificantes (GALLI e MONTEZUMA, 2005).

3.3.2 Parâmetros biológicos

Os microrganismos podem desempenhar diversas funções importantes relacionadas com a transformação da matéria dentro dos processos biogeoquímicos, porém são os maiores responsáveis pela transmissão e proliferação de doenças de veiculação hídrica (BASSO, 2006).

Um das formas de se medir a potencialidade da água transmitir doenças é feita por meio dos organismos indicadores de contaminação fecal, conhecidos como coliformes termotolerantes (VON SPERLING, 2005).

Coliformes Termotolerantes

São representados por bactérias do gênero *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*, capazes de se reproduzir a temperaturas elevadas como 44-45 °C, estando presentes nas fezes dos humanos. Os coliformes termotolerantes podem ser usados como indicadores de contaminação fecal para avaliação da qualidade da água, apesar de não serem tão bons como a *Escherichia Coli* que é de origem exclusivamente fecal (SÃO PAULO, 2009).

3.4 PRODUÇÃO E TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

A produção de sedimentos pode ser definida como todo sedimento que é transportado de uma bacia ou de uma determinada área, representando todo material que foi erodido e transferido a um canal fluvial (MINELLA e MARTEN, 2011).

Dentre os fatores interferentes, o clima está relacionado com a produção de sedimentos principalmente devido às características da precipitação, como volume,

intensidade e frequência. Características geográficas da bacia podem determinar a magnitude de transferência dos sedimentos para os rios (atributos do solo, declividade do terreno e características da rede de drenagem). O uso do solo, seja ele para agricultura ou para qualquer outra atividade antrópica, pode intensificar os fatores anteriores, principalmente quando há retirada da cobertura vegetal (MORGAN, 2005; VERSTRAETEN *et al.*, 2006).

O processo de urbanização e crescimento agrícola nas bacias hidrográficas, junto com alguns fatores existentes como clima, relevo e tipo de solo, tem causado impactos negativos como processos erosivos de desagregação do solo, que com as precipitações e escoamentos, laminar e concentrado, ocasionam a presença de sedimentos nos rios, podendo influenciar diretamente na disponibilidade da água (SILVA *et al.*, 2005; MINELLA e MARTEN, 2011).

A carga de sedimentos em suspensão transportado pelo fluxo de um rio, representa a mistura de sedimentos de diferentes pontos da bacia de contribuição, e o processo erosivo pode dominar o fornecimento de sedimentos de uma bacia hidrográfica (WALLING, 2005).

Obter informações sobre as fontes de sedimentos de uma bacia hidrográfica representa um requisito fundamental do ponto de vista de gestão, uma vez que a identificação das fontes serve como precursor para uma gestão eficaz e estratégias de controle, além da identificação de nutrientes e contaminantes tais como fósforo (P), pesticidas, metais pesados e patógenos que estão associados a esses sedimentos (WALLING, 2005).

Como principal consequência ao processo erosivo tem-se o assoreamento, devido ao carreamento de grandes quantidades de solo para os rios, o que acaba por modificar e prejudicar a qualidade da água, fauna e flora, provocando o decréscimo da vazão. Para Carvalho (2008) a erosão é o processo inicial da sedimentação, podendo causar problemas como o aumento do risco de desertificação, promove remoção da camada fértil em zonas agrícolas empobrecendo o solo e altera as condições de escoamento da água na superfície e na calha dos rios.

A erosão do solo se torna mais intensa quanto menor for sua proteção, pois a perda da cobertura vegetal favorece o aumento da quantidade e da velocidade do

escoamento superficial, além da capacidade de arraste e transporte do material erodido (CABRAL, 2006).

Segundo Silva et al (2005) a cobertura vegetal exerce dois efeitos benéficos quanto à produção de sedimentos, possui o poder de dissipar a energia cinética dos impactos das gotas pluviais, impedindo a desagregação de material do solo, e também representa um obstáculo mecânico ao escoamento superficial e transporte dos sedimentos.

Matas ciliares são consideradas como uma das medidas mais ideais para melhorar a qualidade das águas superficiais, sendo assumidas como responsáveis por grandes reduções em sedimentos, lixiviação e entrega de nutrientes das áreas cultivadas de forma intensiva para os rios (VERSTRAETEN *et al.*, 2006).

O monitoramento da carga suspensa na área de abrangência do presente trabalho é de grande importância, pois poderá mostrar, de forma indireta, os processos erosivos da bacia hidrográfica, bem como a quantidade de sedimentos produzidos pela bacia, e que servem de veículo de contaminação difusa.

O transporte de sedimentos nos cursos d'água são controlados pela capacidade de transporte do fluxo de água e pela energia necessária para deslocar as partículas sólidas disponíveis em seu curso (LIMA e SILVA, 2007).

Segundo Cabral (2006) diversos fatores contribuem para o transporte de sedimentos, dentre eles: quantidade de chuvas, tipo de solo e litologia, topografia, tipo de cobertura e uso do solo, escoamento superficial, características do material de alteração da rocha, e as condições morfológicas do canal.

Ao chegarem nos cursos d'água, os sedimentos originados da erosão da bacia, do próprio leito e das margens, podem ser transportados de diversas formas devido às diferentes granulometrias entre eles, condições locais e de escoamento (CARVALHO *et al.*, 2000).

Os sólidos em suspensão são influenciados de forma significativa pela velocidade da corrente, enquanto que os sólidos presentes no leito do rio sofrem interferência do atrito que atua no seu deslocamento (CARVALHO, 2008).

Segundo Carvalho *et al*, (2000) dependendo da velocidade do fluxo, sedimentos pertencentes ao leito do rio, podem entrar no meio líquido e permanecer se movendo em suspensão, até que voltem a se mover no leito devido à redução das forças atuantes.

As definições utilizadas para o transporte dos sedimentos (Subcommittee on Sedimentation, 1963), são:

Carga Sólida de Arrasto: as partículas sólidas permanecem em contato com o leito de forma permanente e se movimentam por ele rolando ou escorregando de forma longitudinal.

Carga Sólida Saltante: as partículas sólidas se movimentam pulando pelo leito do rio devido à correnteza ou impacto com outras partículas, que servem de impulso inicial arremessando a partícula sólida na correnteza.

Carga Sólida em Suspensão: são as partículas que se movimentam com a correnteza, são menores e de baixa densidade permanecendo em suspensão e se movendo com a velocidade do fluxo.

A Figura 4 ilustra as formas com que os sedimentos são transportados pelo ciclo hidrossedimentológico, e quais os tipos e tamanhos de sedimentos que sofrem esses transportes.

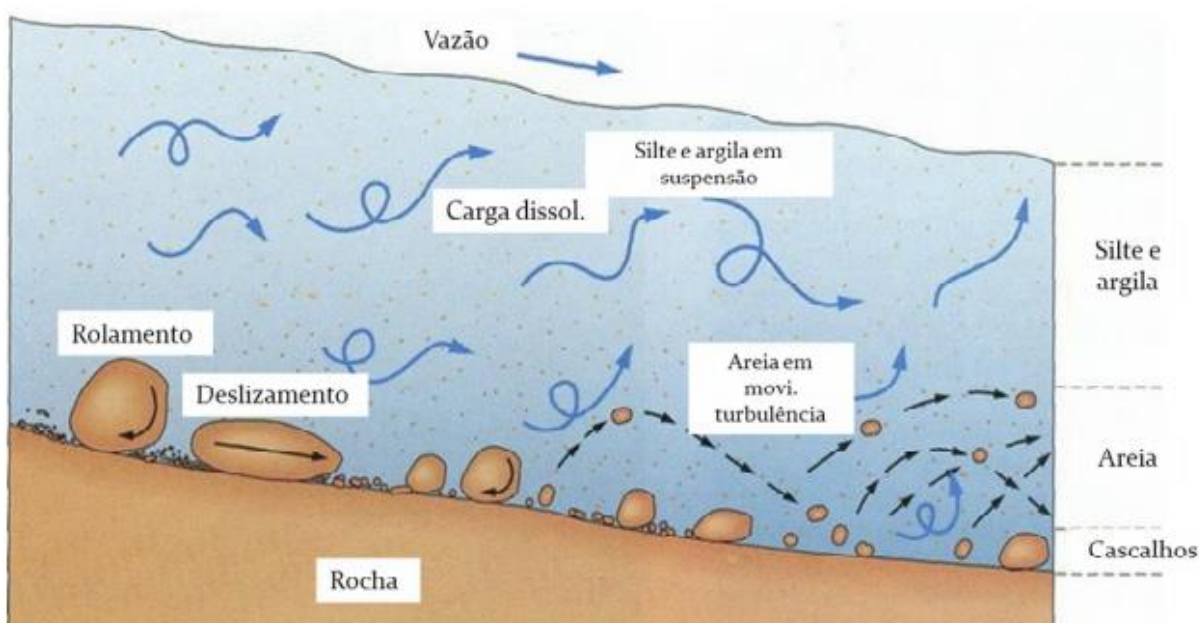


Figura 5 - Transporte de sedimentos pelo ciclo hidrossedimentológico.

Fonte: Marcondes, 2011.

A mudança provocada pelo homem, e até mesmo por ações naturais como a precipitação, podem alterar o equilíbrio do regime dos cursos d'água, causando alterações significativas na quantidade de carga sólida nos rios. O aumento de sedimentos causará a formação de depósito no leito do rio, fenômeno conhecido como "agradação". O processo contrário, quando há pequena carga de sedimentos, tende a uma maior "degradação" do leito (CARVALHO, 2008).

3.4.1 Problemas devido ao transporte de sedimentos

De forma geral o transporte de sedimentos pelos cursos d'água podem trazer alguns problemas Carvalho (2008) aponta:

- As partículas em suspensão degradam o uso consumptivo da água, aumentando o custo de tratamento;
- O sedimento degrada a água especificamente para uso industrial, recreação resfriamento, hidrelétricas e vida aquática;
- Impede a penetração de luz e calor, devido ao aumento de turbidez da água, reduzindo a qualidade estética e a atividade da fotossíntese necessária à salubridade;
- O sedimento atua como portador de outros poluentes, tais como nutrientes químicos, inseticidas, herbicidas e metais pesados;
- Atua como portador de bactérias e vírus;
- A carga sólida provoca perturbação na forma do canal;
- Quando aumenta o sedimento fino em suspensão, diminui a população de peixes nos rios, sobrevivendo somente aqueles de espécies resistentes.

3.5 DESCARGA SÓLIDA TOTAL

O termo descarga sólida representa a quantidade de sedimentos transportados, que passa por uma seção transversal de um rio, em um determinado intervalo de tempo. Existem diversos métodos para determinar a descarga sólida, podendo esses serem realizados de forma direta, *in situ*, e de forma indireta. O resultado da descarga sólida, assim como da descarga líquida, são considerados instantâneos, e estão inter-relacionados. Dessa forma, a medição da vazão deve sempre ocorrer no momento da amostragem em que será feita a determinação dos sedimentos (CARVALHO, 2008).

A descarga sólida total é obtida pela soma da descarga sólida em suspensão, com a descarga sólida de arrasto. Segundo Carvalho (2008) estima-se que 80% a 90% da descarga sólida total é representada pela descarga sólida em suspensão, porém pode haver rios em que a descarga de arrasto possui um maior valor, como no caso de águas límpidas com material grosso no leito.

Ambas as descargas são calculadas de formas diferentes, uma vez que os sedimentos do leito, ao contrário dos sedimentos em suspensão, não se movem com a mesma velocidade do fluxo e são dependentes de grandezas diferentes. A descarga sólida de arraste depende de um número maior de grandezas como: declividade do leito, profundidade do rio, força de atrito, granulometria do material e outros. Já a descarga sólida em suspensão depende de duas grandezas fundamentais que são a concentração e descarga líquida (CARVALHO, 2008).

Como citado anteriormente a descarga sólida total pode ser calculada de forma direta e indireta, porém devido à dificuldade para obtenção de dados e aos custos envolvidos, a forma indireta é mais utilizada. Para o cálculo da forma indireta são necessários coletas do material em suspensão e do leito, análise de concentrações, análise granulométricas, temperatura, parâmetros hidráulicos. Os dois métodos indiretos mais utilizados são o método modificado e Einstein e o método simplificado de Colby (CARVALHO *et al.*, 2000).

3.6 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE POSTOS DE SPEARMAN

Uma correlação diz respeito ao grau de relacionamento entre duas variáveis que estão sendo estudadas. Na estatística, o valor do coeficiente de correlação varia entre -1 e +1, e quando está próximo a estes valores, existe um grau perfeito de associação entre duas variáveis. À medida que o valor do coeficiente de correlação se aproxima de 0, a relação entre as duas variáveis se torna mais fraca (LARSON e FARBER, 2004).

O coeficiente de correlação é negativo quando, as variáveis são inversamente proporcionais, e positivo quando as duas variáveis são elevadas conjuntamente (BONAFINI, 2012).

O coeficiente de correlação de postos de Spearman determina o grau de associação para dados ordinais, ou seja, ambas as variáveis que estão sendo estudadas devem ser colocadas em postos ou ordenadas (LEVIN e FOX, 2004).

O coeficiente de correlação de postos de Spearman (ρ) é calculado pela equação 1 (LEVIN e FOX, 2004):

$$\rho = 1 - \frac{6\sum D^2}{N(N^2-1)} \quad (1)$$

e que:

ρ = Coeficiente de correlação de Spearman;

D = Diferença de postos entre as variáveis X e Y;

N = Número total de casos.

Em um estudo conduzido por Oliveira e Cunha (2014) em que foi monitorada a qualidade do Rio Jari, os parâmetros analisados foram correlacionados com os dados de precipitação por meio do coeficiente de correlação de Spearman, mostrando ser um bom modelo quando se pretende analisar dados de monitoramento de água.

3.7 ACOUSTIC DOPPLER CURRENT PROFILER – ADCP

Os perfiladores acústico doppler de correntes (ADCPs) são aparelhos utilizados para medir parâmetros hidráulicos dos cursos d'água como vazão, velocidade da água, profundidade média, largura da seção entre outros, por meio do efeito doppler (GAMARO e TULIO, 2005).

3.7.1 Histórico dos medidores acústicos com base no efeito doppler

Os primeiros trabalhos direcionados para dispositivos de medição de correntes utilizando efeito doppler foram desenvolvidos na década de 1960 em Miami, Florida, por Koczy et al. (1963), Kronengold e Vlasak (1965). Esses pesquisadores desenvolveram seus trabalhos com transmissores e receptores separados funcionando em 10 MHz, utilizando pulso curto (WOODWARD E APPEL, 1986).

No início dos anos 1970 após o Laboratório Naval Ordnance da Marinha americana, em Maryland, ter realizado diversos testes com os primeiros modelos, as técnicas doppler tornaram-se promissoras e grandes quantidades de projetos de sensores para boias com intenção de medir as correntes marítimas, foram feitos por uma companhia americana (CARVALHO, 1999).

Em 1981, um experimento controlado, utilizando a tecnologia doppler foi conduzido por D. Farmer, do Institute of Ocean Sciences (IOS), em que o equipamento fabricado pelo próprio IOS foi adaptado em um navio. Nesse mesmo ano, uma companhia americana formada por oceanógrafos, desenvolveram produtos para medir perfis verticais de corrente marinhas. Ambos os experimentos tiveram bons resultados com o efeito doppler (CARVALHO, 1999).

Em 1983 os americanos passaram a utilizar os ADCPs a bordo de navios, e junto a essa aplicação comercial, pesquisadores começaram a explorar e desenvolver métodos acústicos alternativos para perfilagem de correntes (CARVALHO, 1999).

Rapidamente a comunidade científica se interessou, em novembro de 1983 foi realizado um Simpósio sobre Perfiladores Acústicos de Correntes, em Washington, com foco para uso marítimo, e a partir de então grande parte da comunidade científica começou a usar a tecnologia doppler (CARVALHO, 1999).

3.7.2 Princípio de funcionamento do ADCP

O ADCP é um instrumento capaz de emitir ondas sonoras através da água, que são retransmitidas pelas partículas sólidas que estão sendo transportadas pela correnteza, sensores do equipamento fazem o reconhecimento do eco, conseguindo identificar as diferentes profundidades, e a velocidade das linhas de correntes por meio do efeito doppler. Um software específico que coordena as ações de todo sistema, recebe, armazena e disponibiliza os dados em forma de gráficos e tabelas (TIAGO FILHO *et al.*, 1999; BARBOSA, 2005).

O efeito doppler refere-se à mudança de frequência da onda sonora ao ser retransmitida pelo material em suspensão, devido ao movimento relativo entre o equipamento e o material. Medindo a frequência do eco que retorna do material em suspensão, e comparando com a frequência do som inicial emitido, o equipamento identifica a velocidade da partícula, que se desloca na mesma velocidade que o fluxo de água (TIAGO FILHO *et al.*, 1999).

Dependendo do modelo de ADCP que se utiliza, diferentes frequências podem ser emitidas: 75, 150, 300, 600, 1.200, 2.400 kHz. A Figura 5 ilustra como ocorre a mudança de frequência causada pelo efeito doppler.

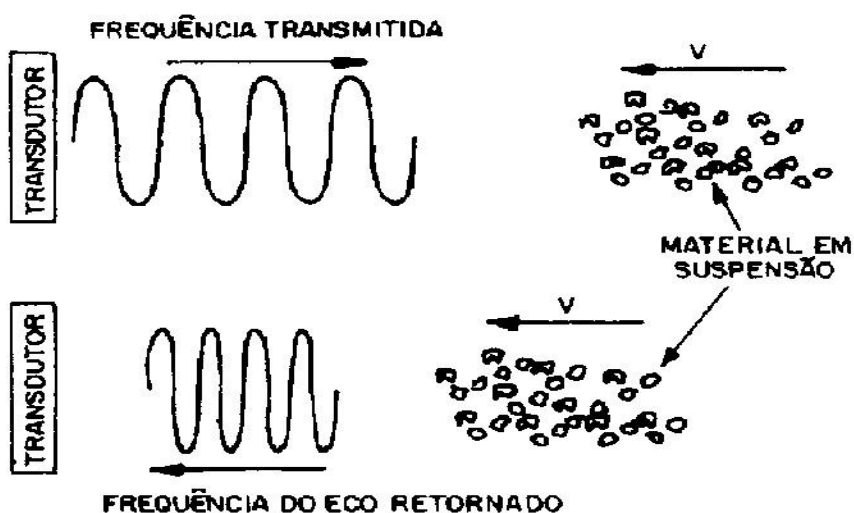


Figura 6 - Mudança de frequência causada pelo efeito doppler
 Fonte: Tiago Filho *et al.* (1999).

As principais aplicações relacionadas ao uso do ADCP são (BARBOSA, 2005):

- Monitoramento de portos: estudo de correntes em diferentes profundidades;
- Circulação oceânica em geral, correntes marinhas;
- Biologia marinha: análise de correntes verticais e horizontais que possibilitem a oxigenação da água e o deslocamento de nutrientes, essenciais à vida marinha;
- Hidráulica fluvial, medição de vazão e cálculo de descarga sólida total.

Diante dos diversos fatores e processos que influenciam no equilíbrio de uma bacia hidrográfica, o processo de monitoramento temporal e espacial, ajuda a identificar as causas de poluições mais significativas, gerando informações que auxiliam a tomada de medidas no processo de gerenciamento das bacias.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO

Os pontos de monitoramento foram selecionados com base no estudo realizado por Bortoleto *et al.* (2015). Os autores realizaram o monitoramento da bacia hidrográfica do Rio Pirapó, utilizando 9 pontos de coleta distribuídos ao longo do canal principal do rio, pré-definidos por um estudo de macrolocalização. A partir dos resultados obtidos realizou uma análise estatística de fatores com extração por componentes principais, submetendo os pontos de coleta a uma análise exploratória desses componentes principais a partir das médias obtidas, concluindo que o número de pontos de amostragem poderia ser reduzido para 5, sem afetar o processo de monitoramento.

Os cinco pontos estão distribuídos ao longo do Rio Pirapó (Figura 6), o ponto 1 se localiza próximo à nascente, e o ponto 5, próximo à sua foz no rio Paranapanema.

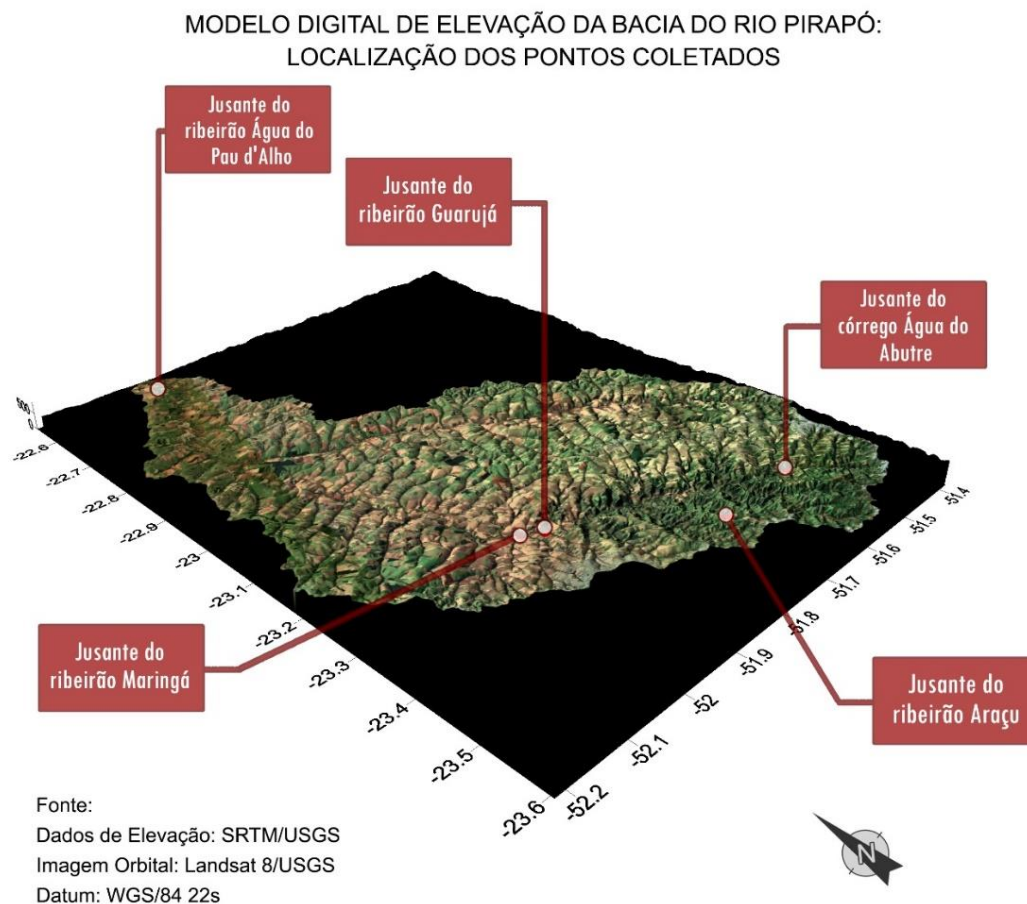


Figura 7 – Localização dos pontos de coleta
Fonte: Elaborado por FELINI, M. G., 2016.

Na Tabela 2 é possível observar as coordenadas geográficas de cada ponto.

Tabela 2 – Coordenadas geográficas e altitude dos pontos de coleta.

Pontos	Local	Latitude	Longitude	Altitude (m)
P1	A jusante do Córrego Água Abutre	23°26'586"	51°33'186"	553
P2	A Jusante do Ribeirão Araçu	23°24'018"	51°38'455"	454
P3	A jusante do Ribeirão Guarujá	23°18'257"	51°53'595"	393
P4	A Jusante do Ribeirão Maringá	23°07'844"	52°00'329"	377
P5	A jusante da Água do Pau d'Alho	22°32'900"	52°01'722"	269

O ponto 1 se encontra na divisa entre os municípios de Arapongas e Apucarana, o solo presente nessa região é o nitossolo vermelho de textura argilosa, com a

formação geológica basalto da Serra Geral. O uso principal do solo nas proximidades é para pastagem.



Figura 8 - Imagens ponto 1 de amostragem

O ponto 2 se encontra na divisa entre os municípios de Mandaguari e Sabáudia. o solo presente na região também é o Nitossolo vermelho de textura argilosa, com formação geológica do basalto da Serra Geral, é utilizado para pastagem.



Figura 9 - Imagens ponto 2 de amostragem

O ponto 3 se encontra na divisa dos municípios de Maringá com Iguaçu. O solo presente é o Argissolo vermelho de textura média, com formação geológica do arenito da Formação Caiuá, o principal uso do solo nas proximidades é a cultura temporária.



Figura 10 - Imagens ponto 3 de amostragem

O ponto 4 se encontra na divisa dos municípios de Atalaia e Flórida, o solo presente também é o Argissolo vermelho de textura média, com formação geológica do arenito da Formação Caiuá, com uso da terra para pastagens e cultura temporária.



Figura 11 - Imagens ponto 4 de amostragem

O ponto 5 se encontra na divisa dos municípios de Jardim de Olinda e Itaguajé, o tipo de solo presente na região é o nitossolo vermelho de textura argilosa, com a formação geológica basalto da Serra Geral, e o uso da terra nas proximidades é para área urbana e pastagem.



Figura 12 - Imagens ponto 5 de amostragem

4.2 PERÍODO DE AMOSTRAGEM DA QUALIDADE DA ÁGUA

As coletas das amostras para avaliação da qualidade da água do Rio Pirapó, tiveram início no mês de março de 2016 e terminaram em dezembro de 2016, a medição dos dados hidráulicos foram iniciadas a partir do mês de abril de 2016, devido a problemas com o equipamento no mês de março.

As análises dos parâmetros físico-químicos e biológicos assim como as medições hidráulicas, foram realizadas mensalmente, totalizando 10 campanhas para análise dos parâmetros físico-químicos e biológicos, e 9 campanhas para medições hidráulicas.

4.3 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Os dados de precipitação pluviométrica foram fornecidos pela estação climatológica da Universidade Estadual de Maringá, com valores referentes à 48 horas antes de cada realização de coleta, com o objetivo de se obter uma comparação da qualidade da água e descarga sólida para épocas de cheia e de estiagem.

4.4 MEDIÇÃO DOS PARÂMETROS HIDRÁULICOS

Os dados hidráulicos foram obtidos por meio do equipamento ADCP (Teledyne RD Instruments). As medições iniciaram no mês de abril de 2016 e foram finalizadas no mês de dezembro de 2016 (no mês de março o equipamento estava em manutenção). Os parâmetros foram medidos apenas nos pontos 2, 3 e 4, devido às limitações apresentadas pelo equipamento nos pontos 1 e 5.

A Figura 12 apresenta uma foto do ADCP, equipamento utilizado para medição dos parâmetros hidráulicos na presente pesquisa.



Figura 13 - Acoustic Doppler Current Profiler utilizado para medições hidráulicas

Para realizar as medições o ADCP foi conectado a uma bateria, um computador, e fixado a um suporte que adaptado a 2 cordas foi transportado de uma margem a outra, manualmente, em cada ponto monitorado do Rio Pirapó. O software utilizado no computador para realização das medições foi o WinRiver II.

A Figura 13 ilustra uma das medições dos parâmetros hidráulicos sendo realizada no ponto 4, a montante do fluxo de Florida.



Figura 14 – medição de dados hidráulicos com equipamento ADCP no ponto 4

4.5 METODOLOGIA DE COLETA DAS AMOSTRAS

As campanhas de amostragem foram realizadas mensalmente. Nos pontos 1 ao 4 as coletas eram executadas de cima das pontes, com ajuda de um balde adaptado a uma corda, lançado manualmente no centro da seção transversal do rio, já no ponto 5 em que não havia ponte devido às fortes chuvas do mês de janeiro/2016 e fevereiro/2016, as coletas eram realizadas diretamente do corpo d'água na margem do rio.

Após coletadas, as amostras coletadas eram divididas em 3 frascos, um frasco de plástico com capacidade de 2 litros, um frasco âmbar, apenas para análise de fosforo, preservado com ácido sulfúrico e um último frasco de vidro, para análise de coliformes termotolerantes, os quais eram esterilizados previamente à data das coletas, em autoclave.

Análises de pH, temperatura e condutividade elétrica eram realizadas em campo logo após a coleta, antes das alíquotas serem separadas nos 3 frascos. Assim que as amostras eram transferidas para os frascos, e preservadas, os mesmos eram mantidos sob refrigeração em caixa térmica com gelo, seguindo a metodologia proposta no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998).

4.6 CÁLCULO DA DESCARGA SÓLIDA TOTAL

Para o cálculo da descarga sólida total dos pontos 2, 3 e 4 utilizou-se o método simplificado de Colby, de acordo com recomendação de Carvalho (2008), o que necessita basicamente de 3 ábacos (anexos A B e C) e dados de descarga líquida, velocidade média, profundidade média, largura da seção e concentração média de sedimentos em suspensão.

A descarga sólida foi calculada pelas equações 2, 3 e 4:

$$Q_{st} = Q_{sm} + Q_{nm} \quad (2)$$

Sendo

$$Q_{sm} = 0,0864 \cdot Q \cdot C_s \quad (3)$$

$$Q_{nm} = q_{nm} \cdot K \cdot L \quad (4)$$

E que:

Q_{st} = descarga sólida total, em t.d⁻¹

Q_{sm} = descarga sólida medida, em t.d⁻¹

Q_{nm} = descarga sólida não medida, em t.d⁻¹

Q = descarga líquida, em m³/s

C_s = concentração medida, em mg/L

L = largura do rio, em m

K = fator de correção

q_{nm} = descarga sólida não medida aproximada, em t/d.m

4.7 METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS

Todas as análises para determinação dos parâmetros físico-químicos, e biológicos, foram realizadas na Universidade Estadual de Maringá no Laboratório de Gestão, Preservação e Controle Ambiental (LGPCA) do Departamento de Engenharia Química, e no Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa (COMCAP).

Os gráficos apresentados nos resultados com as concentrações de todos os parâmetros analisados foram feitos por meio do software OriginPro 8.5.

4.7.1 pH

A medição do parâmetro pH eram realizada em cada ponto, no momento da coleta, para todas medições foi utilizado o aparelho de campo multiparâmetro HQ40d portátil, da marca HACH

4.7.2 Temperatura

As medidas de temperatura eram realizadas em cada ponto, no momento da coleta, para todas medições foi utilizado o aparelho de campo multiparâmetro HQ40d portátil da marca HACH

4.7.3 Condutividade Elétrica

As medidas de condutividade elétrica eram realizadas em cada ponto, no momento da coleta, para todas medições foi utilizado o aparelho de campo multiparâmetro HQ40d portátil da marca HACH

4.7.4 Cor verdadeira

A determinação da unidade de PtCo de cor verdadeira era realizada no laboratório, utilizando o equipamento Portable Datalogging Spectrophotometer HACH DR/2010, segundo metodologia do Standard Methods for the examination of Water and Wastewater (ANEXO D).

4.7.5 Turbidez

A determinação da unidade de NTU de turbidez era realizada no laboratório, utilizando o equipamento 2100P Turbidimeter – HACH, segundo metodologia do Standard Methods for the examination of Water and Wastewater (ANEXO E).

4.7.6 Nitrito

A concentração de nitrito era realizada no laboratório, utilizando o equipamento Portable Datalogging Spectrophotometer HACH DR/2010, por meio do método Diazotization Method, descrita pelo próprio equipamento (ANEXO F).

4.7.7 Nitrato

A concentração de nitrato era realizada no laboratório, utilizando o equipamento Portable Datalogging Spectrophotometer HACH DR/2010, por meio da metodologia Cadmium Reduction Method, descrita pelo próprio equipamento (ANEXO G).

4.7.8 Nitrogênio Amoniacal Total

A concentração de Nitrogênio Amoniacal Total era realizada no laboratório, utilizando o equipamento Portable Datalogging Spectrophotometer HACH DR/2010, por meio da metodologia Nessler Method, descrita pelo próprio equipamento (ANEXO H).

4.7.9 Fósforo Total

A concentração de fósforo total era realizada no laboratório, utilizando o equipamento Portable Datalogging Spectrophotometer HACH DR/2010, por meio da metodologia 8190 method da HACH (ANEXO I).

4.7.10 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A determinação da demanda bioquímica de oxigênio era realizada no laboratório, utilizando o equipamento BodTrack II e metodologia proposta pelo próprio equipamento (ANEXO J).

4.7.11 Série de Sólidos

A concentração de sólidos totais, filtráveis e não filtráveis, era realizada no laboratório, segundo método gravimétrico proposto pelo Standard Methods for the examination of Water and Wastewater (1998) (anexos K, L e M respectivamente).

4.7.12 Glifosato

A concentração de glifosato era realizada no Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa (COMCAP), utilizando o cromatografo de íons 850 Professional IC, segundo metodologia proposta pelo próprio equipamento (ANEXO N).

4.7.13 Metais Dissolvidos

A determinação da concentração de metais dissolvidos (ferro e manganês), era realizada no Departamento de Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá, utilizando o espectrômetro de absorção atômica (Spectr AA 50B), conectado a um computador com o software worksheet 5.1, segundo metodologia descrita pela Analytical Methods for Flame Spectroscopy (ANEXO O).

4.7.14 Coliformes Termotolerantes

A análise bacteriológica de coliformes termotolerantes era realizada no laboratório, utilizando placas 3M™ Petrifilm™ para contagem de coliformes seguindo método validado AFNOR 3M 01/2 – 09/89C (ANEXO P).

4.8 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPERMAN

Análises estáticas foram realizadas usando a rotina PROC CORR do software SAS para determinar o coeficiente de correlação de Spearman (ρ) e o nível de significância (p-valor) entre cada uma das variáveis amostradas dentro de cada ponto de coleta durante o monitoramento. Quando o nível de significância entre as variáveis, por ponto de coleta, foi menor ou igual a 0,05 ($\alpha \leq 0,05$), as relações entre as mesmas foram discutidas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Uma série histórica da precipitação está apresentada na Figura 15, no período entre os anos de 2005 e 2016 em que foi feita a média da precipitação de todos os meses registrados na estação meteorológica da UEM, na cidade de Maringá, que se encontra dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó.

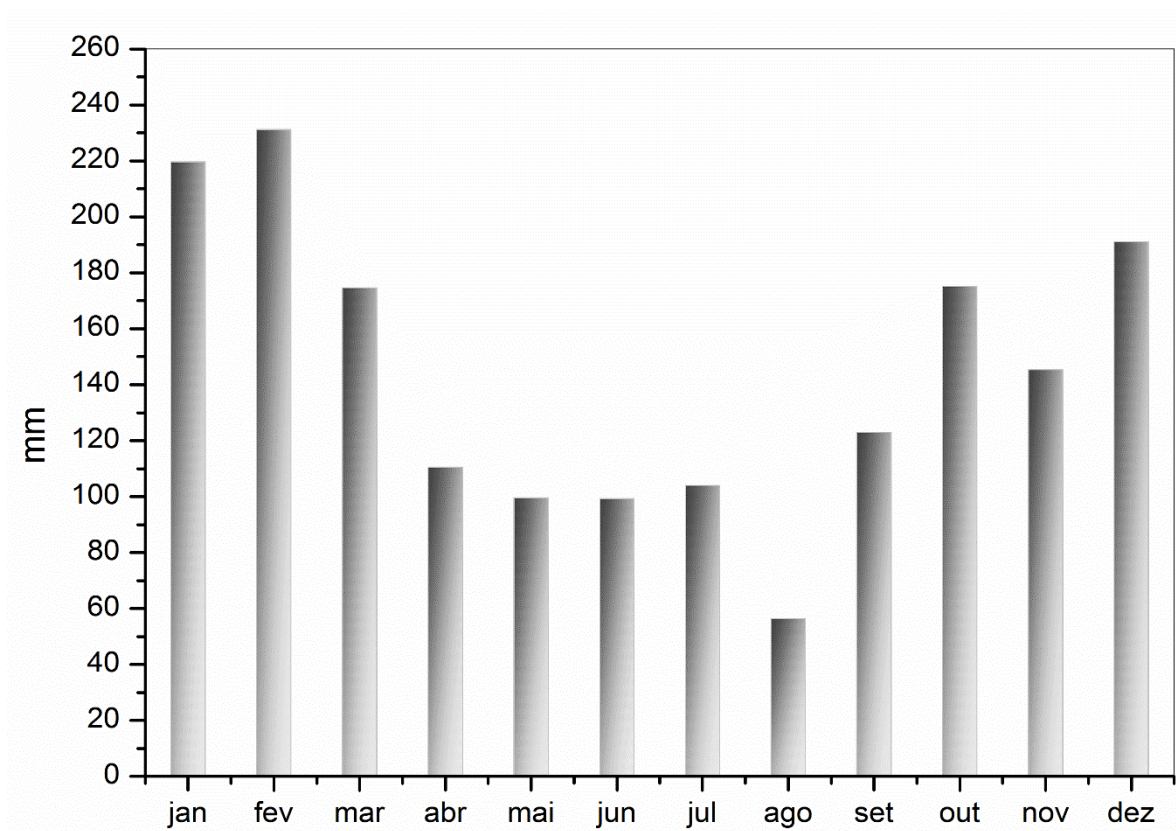


Figura 15 - Série histórica mensal de precipitação em Maringá 2005-2016

Por meio da Figura 15 percebeu-se que o período de cheia, ou seja, período com fortes precipitações, se inicia em Maringá no mês de setembro, e se estende até o mês de março, da mesma forma é possível afirmar que do mês de abril até agosto

a precipitação pluvial não ocorre com tanta frequência, podendo ser considerado um período de estiagem.

Contudo esses valores se referem a uma média de um período de 11 anos registrados, podendo haver meses em que a quantidade precipitada foi alta no período de estiagem e baixa no período chuvoso. Isto pode ser observado na Figura 16 que apresenta a precipitação pluvial para todos os meses do ano de 2016.

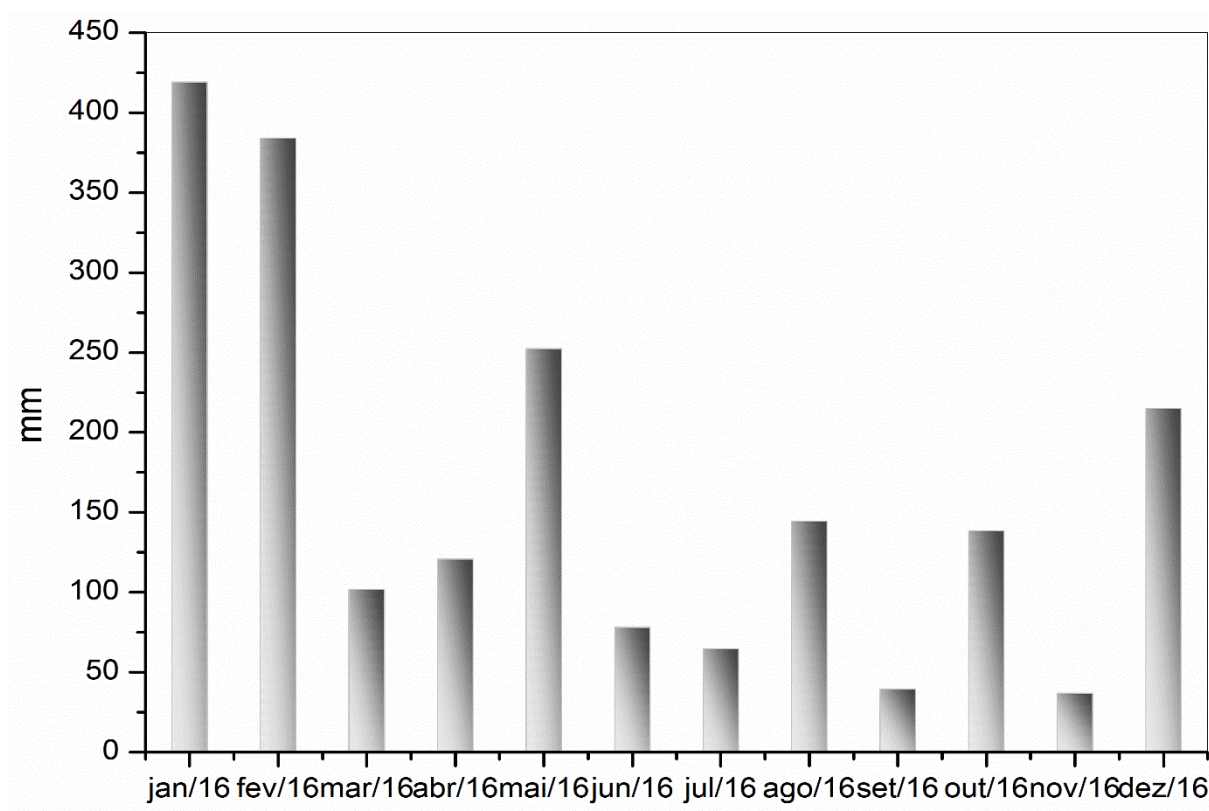


Figura 16 - Precipitação mensal para o ano de 2016 em Maringá

Ao compararmos a Figura 15 e 16, pode-se afirmar que a precipitação pluvial para o período monitorado não seguiu o padrão de média dos anos anteriores, assim os períodos chuvosos e de estiagem não podem ser considerados os mesmos.

Os meses de janeiro, fevereiro continuaram com fortes precipitações para o ano de 2016, com valores de 416 e 384,1 mm respectivamente, maiores valores registrados nos últimos 10 anos para o mês de janeiro, e para o mês de fevereiro menor apenas que o ano de 2013, com 399,4 mm.

Os meses que podem ser considerados mais atípicos, são os meses de agosto com uma precipitação 3 vezes maior que a média registrada, e o mês de setembro com uma precipitação 3 vezes menor que a média registrada.

Buscando avaliar de forma mais precisa a influência da precipitação pluvial na qualidade, vazão e descarga sólido total do Rio Pirapó, a Tabela 3 apresenta a precipitação no momento da coleta e nas 24 e 48 horas que antecederam as datas das coletas.

Tabela 3 – Precipitação em mm no momento e dias antecedentes a coleta.

Datas	Coleta	24 horas antes	48 horas antes
01/03/2016	0,0	16,2	38,6
15/04/2016	0,0	0,0	0,0
25/05/2016	0,0	0,0	9,3
27/06/2016	0,0	0,0	0,0
20/07/2016	0,0	0,0	0,0
22/08/2016	0,0	40,3	11,7
26/09/2016	0,0	0,0	0,0
24/10/2016	1,0	0,0	0,0
16/11/2016	0,0	0,0	0,0
02/12/2016	0,0	0,0	0,0

O monitoramento iniciou-se no mês de março/2016 e foi finalizado no mês de dezembro/2016, os dois meses em que houve precipitações nos dias anteriores àqueles da coleta, apesar de terem sido meses com baixa precipitação, foram os meses de março e agosto, isto está refletido nos resultados obtidos no monitoramento apresentados a seguir.

A Figura 17 compara o Rio Pirapó em um período chuvoso e um período de estiagem no Ponto 2, consegue-se perceber mudança no nível do rio e na cor da água.



Figura 17 - Rio Pirapó em período de chuva (A) e de estiagem (B)

5.2 DADOS HIDRÁULICOS

Os resultados dos parâmetros hidráulicos para os pontos 2, 3 e 4 estão representados na Tabela 4, em que aparecem valores para velocidade do fluxo, profundidade, vazão e largura da seção transversal. Os maiores valores registrados para cada ponto estão em negrito.

Tabela 4 - Valores de dados hidráulicos para os pontos 2, 3 e 4.

Pontos	Velocidade do Fluxo (m.s ⁻¹)			Vazão (m ³ .s ⁻¹)			Profundidade (m)			Largura (m)		
	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Abr/16	0,73	0,77	1,04	12,93	17,89	40,05	1,86	1,61	2,11	16,43	32,21	25,00
Mai/16	0,88	0,76	1,00	18,76	26,16	45,36	1,86	1,61	2,11	20,82	34,34	27,00
Jun/16	0,83	0,76	1,00	15,9	24,75	50,95	1,87	1,62	2,37	15,02	34,92	2,37
Jul/16	0,69	0,64	0,91	11,17	19,83	52,08	1,86	1,36	2,36	17,53	29,81	27,82
Ago/16	0,75	0,74	1,01	12,43	22,03	59,27	1,86	1,85	2,37	18,45	29,45	29,68

Set/16	0,43	-	0,83	7,12	-	30,09	1,62	-	1,62	17,1	-	30,73
Out/16	0,35	0,72	0,96	6,95	21,13	32,87	1,62	1,61	1,87	16,59	29,03	28,3
Nov/16	0,43	-	0,79	8,28	-	24,87	1,62	-	2,11	14,69	-	29,8
Dez/16	0,37	-	0,75	6,18	-	28,1	1,62	-	1,62	15,19	-	30,29

Observa-se na Tabela 4 que os valores da velocidade do fluxo, de modo geral, foram maiores no ponto 4 comparado com os outros 2 pontos monitorados, com valores variando de $0,83 \text{ m.s}^{-1}$ a $1,04 \text{ m.s}^{-1}$. Já os menores valores de velocidade de fluxo se encontram no Ponto 2 a partir do mês de setembro, o menor valor foi de $0,35 \text{ m.s}^{-1}$. Nos meses chuvosos ou aqueles com fortes precipitações horas antes a coleta, houve um aumento nos valores medidos referente a velocidade, profundidade e largura, enquanto que nos meses de estiagem o oposto foi observado.

A Figura 18 mostra a vazão nos 3 pontos (2, 3 e 4) em que foram monitorados os dados hidráulicos no rio Pirapó.

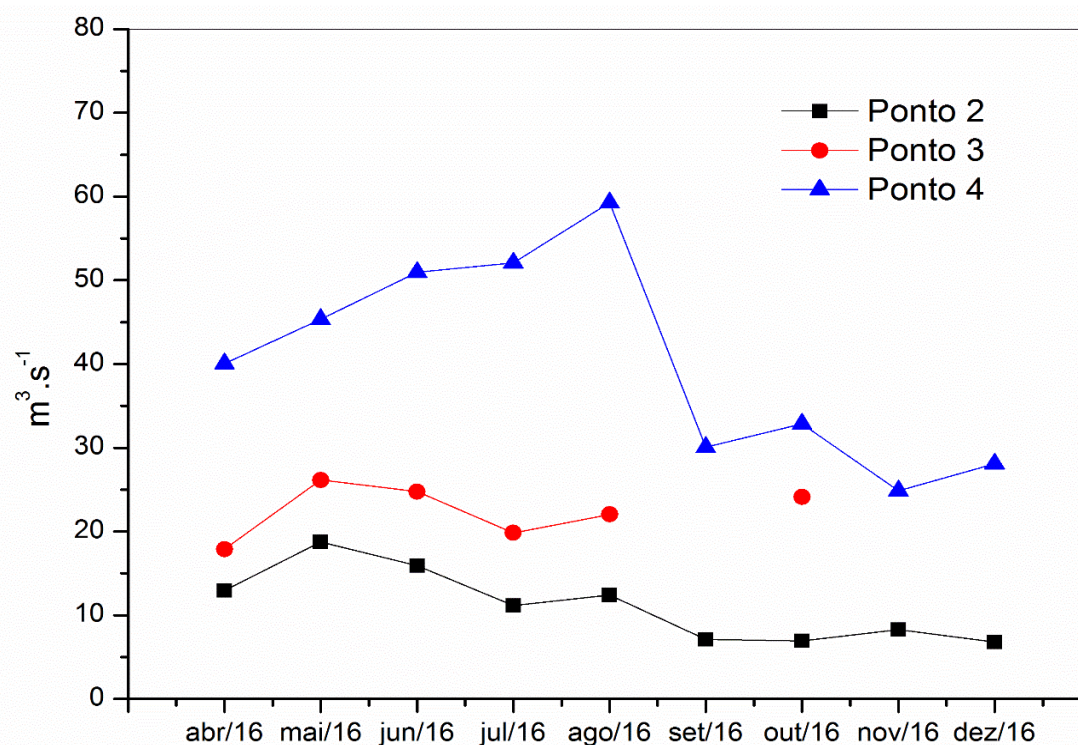


Figura 18 - Valores de vazão monitorados nos pontos 2, 3 e 4

Pode-se perceber que nos pontos 2 e 3, o mês de maio foi o que apresentou maior resultado para vazão, com valores de 18,76 e 26,16 m³.s⁻¹, esse resultado está em acordo com o observado em relação à precipitação pluvial mensal no ano de 2016 (Figura 16), maio foi o mês com maior precipitação dentre o período de monitoramento, sendo o escoamento superficial e sub-superficial uma possível explicação para esse acréscimo da vazão nesses pontos.

Segundo Schneider (2009) conforme o rio corre de montante para jusante, teoricamente a vazão e o fluxo de água aumentam, devido as águas provindas de outros canais e da recarga do solo. Isso pode ser observado nos pontos monitorados, uma vez que o ponto 2 se localiza a montante e o 4 a jusante.

A vazão do ponto 4 apresentou-se maior que aquelas dos demais pontos monitorados, assim como os valores de profundidade e velocidade do fluxo (Tabela 4), demonstrando que esses parâmetros também influenciam na vazão.

5.3 QUALIDADE DA ÁGUA

Os resultados das análises dos parâmetros físico-químicos e biológicos do Rio Pirapó, referentes ao período de março a dezembro de 2016, estão apresentados na forma de gráficos, nos quais pode-se encontrar os valores de todos os parâmetros para cada ponto, em todos os meses de monitoramento.

Os resultados aqui apresentados serão discutidos e comparados com os valores da Resolução CONAMA nº 357 do ano de 2005 para rios classe 2, enquadramento do Rio Pirapó conforme portaria SUREHMA nº 004 de 21 de março de 1991.

5.3.1 pH

Os valores de pH não sofreram alterações em relação aos padrões estabelecidos pela legislação, que estipula valores entre 6,0 e 9,0, com exceção para o ponto 2 no mês de março, para o qual se observou pH no valor de 5,58, abaixo do mínimo estabelecido para rios classe 2. A Figura 19 apresenta esses valores.

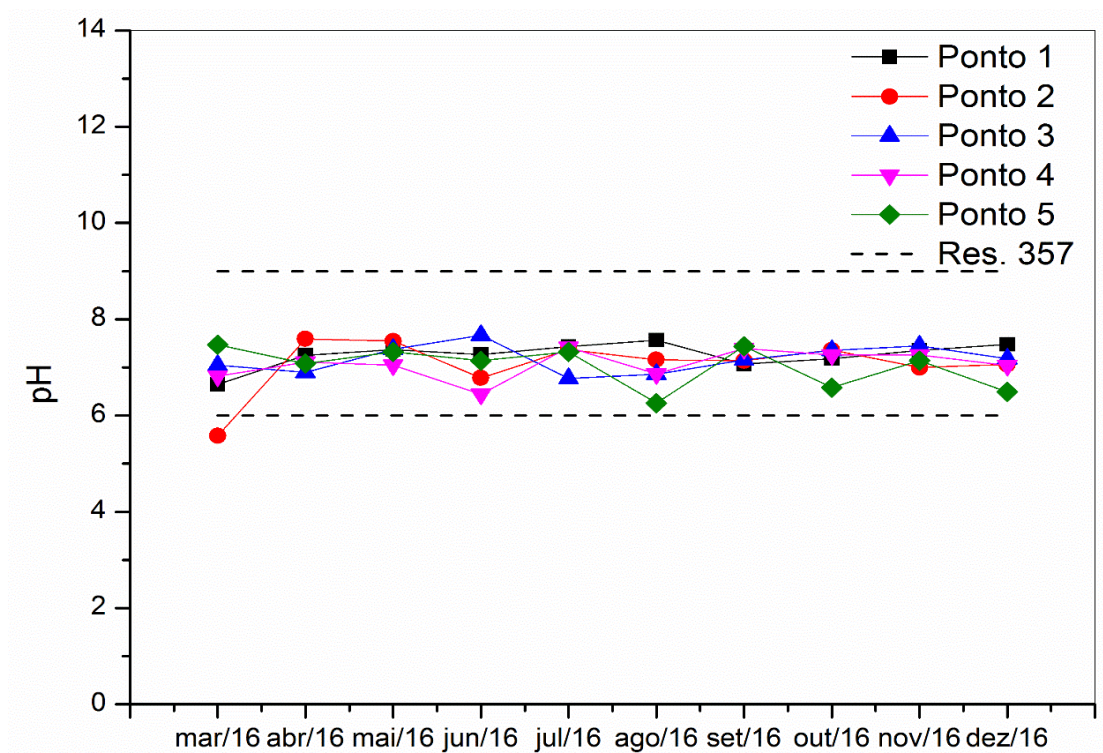


Figura 19 - Valores de pH para os 5 pontos de amostragem

Observa-se na Figura 19 que o valor máximo obtido foi de 7,67 e o valor mínimo foi de 5,58, único fora do padrão estabelecido na legislação, todos os outros valores se mostraram perto da neutralidade. Esse valor fora do padrão, muito provavelmente, deveu-se a algum episódio isolado.

5.3.2 Temperatura

Com relação ao parâmetro temperatura da água, observou-se que nenhum dos resultados ultrapassou o valor máximo permitido, 40° C, estipulado pela legislação,

demonstrando que nos pontos monitorados esse parâmetro não indicou a influência antrópica, uma vez que o lançamento de efluentes domésticos e industriais são atividades comuns, porém, aparentemente, essa poluição pontual diluiu-se pela extensão do rio. A Figura 20 apresenta esses valores.

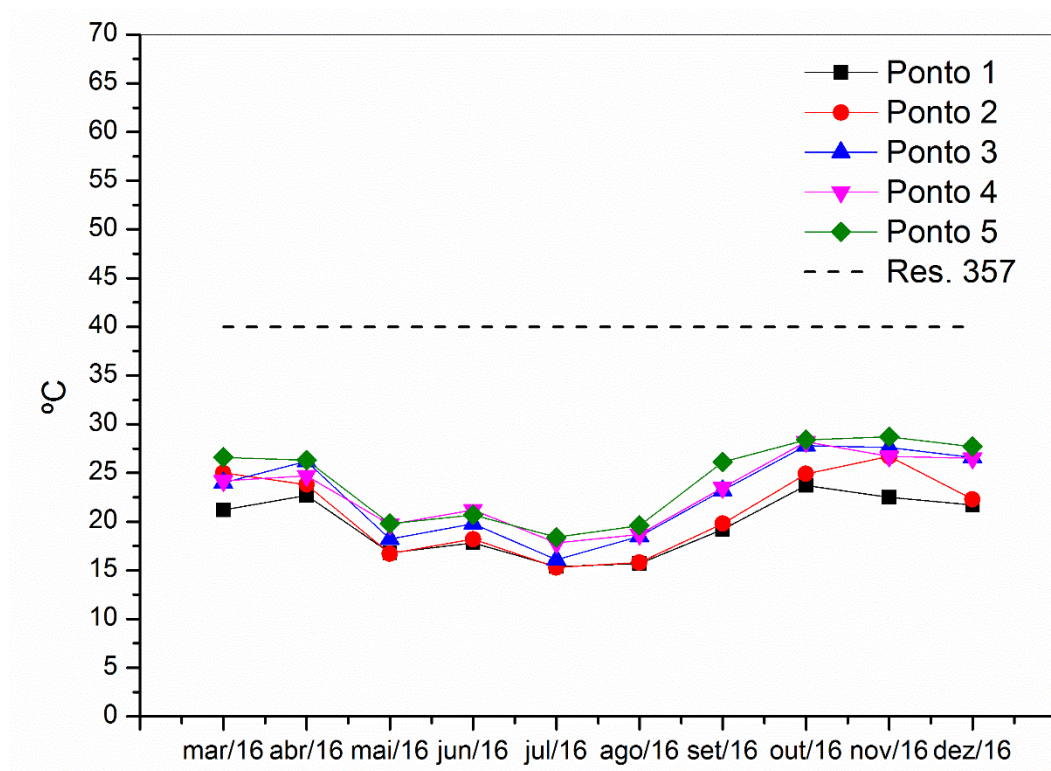


Figura 20 - Valores da temperatura para os 5 pontos de amostragem

De acordo com a Figura 20 pode-se perceber que o valor máximo de temperatura da água obtido foi de 28,7° C e o mínimo de 15,3° C dentre todos os pontos de coleta. Essa variação refere-se a períodos sazonais, como pode ser observado pelo perfil do gráfico.

5.3.3 Condutividade Elétrica

Quanto à condutividade elétrica, nota-se que todos os valores se mantiveram bem próximos para todos os pontos, em todas as amostragens, variando de 75,8 a 132,3 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Esses valores se mostraram relativamente baixos quando comparados

com resultados obtidos por Freire (2010), ao monitorar 8 pontos o Ribeirão Maringá, o qual desagua no Rio Pirapó, a autora observou valores de condutividade variando de 93,1 a 309 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Esta mesma autora, além desses 8 pontos, monitorou em 2 pontos o Rio Pirapó, para quais os valores de condutividade variaram de 124,7 a 190 $\mu\text{s}/\text{cm}$, todos acima do valor máximo obtido nessa pesquisa, com exceção ao ponto 3 no mês de outubro. A Figura 21 apresenta esses valores.

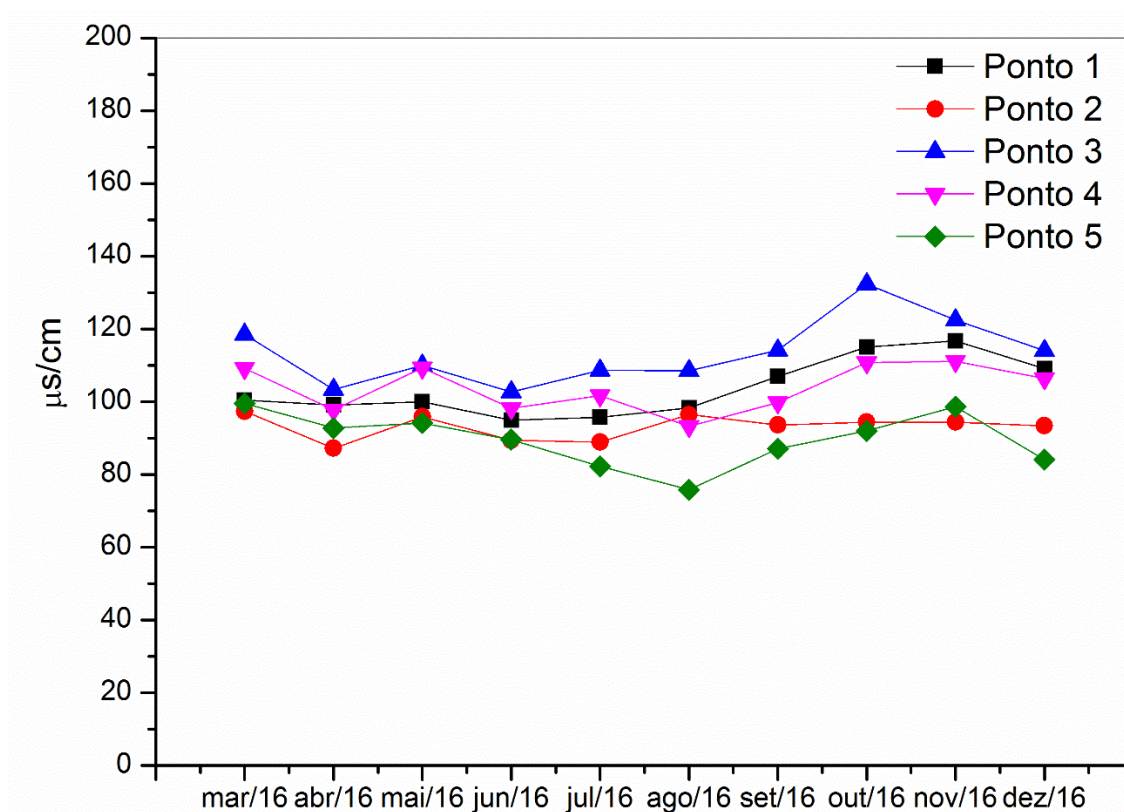


Figura 21 - Valores de condutividade elétrica para os 5 pontos de amostragem

Não há na legislação brasileira um limite máximo estabelecido para concentração de condutividade elétrica em rios, porém a comparação feita anteriormente mostra uma redução na quantidade de sais presentes no Rio Pirapó nos últimos anos, o que representa de forma indireta uma redução na concentração de poluentes (RIBEIRO *et al.*, 2005; SÃO PAULO, 2009).

Apesar dos resultados se apresentarem relativamente baixos, níveis de condutividade elétrica superiores a 100 $\mu\text{s}/\text{cm}$, de uma forma geral, indicam ambientes impactados, o que chama atenção para o ponto 3 pois os resultados de todos os

meses foram superiores a 100 $\mu\text{s}/\text{cm}$. O ponto 5 não ultrapassou esse valor em nenhum mês (SÃO PAULO, 2009).

5.3.4 Cor Verdadeira

Quanto aos valores referentes às análises de cor verdadeira, é notável que o ponto 5 apresenta valores mais elevados que os demais pontos em todos os meses de amostragem, e que os meses de março, abril, agosto e outubro foram os que apresentaram unidades de cor verdadeira acima do limite estipulado pela CONAMA nº 357/2005 para enquadramento de rios classe II (75 mg.Pt.L^{-1}). A Figura 22 apresenta esses valores.

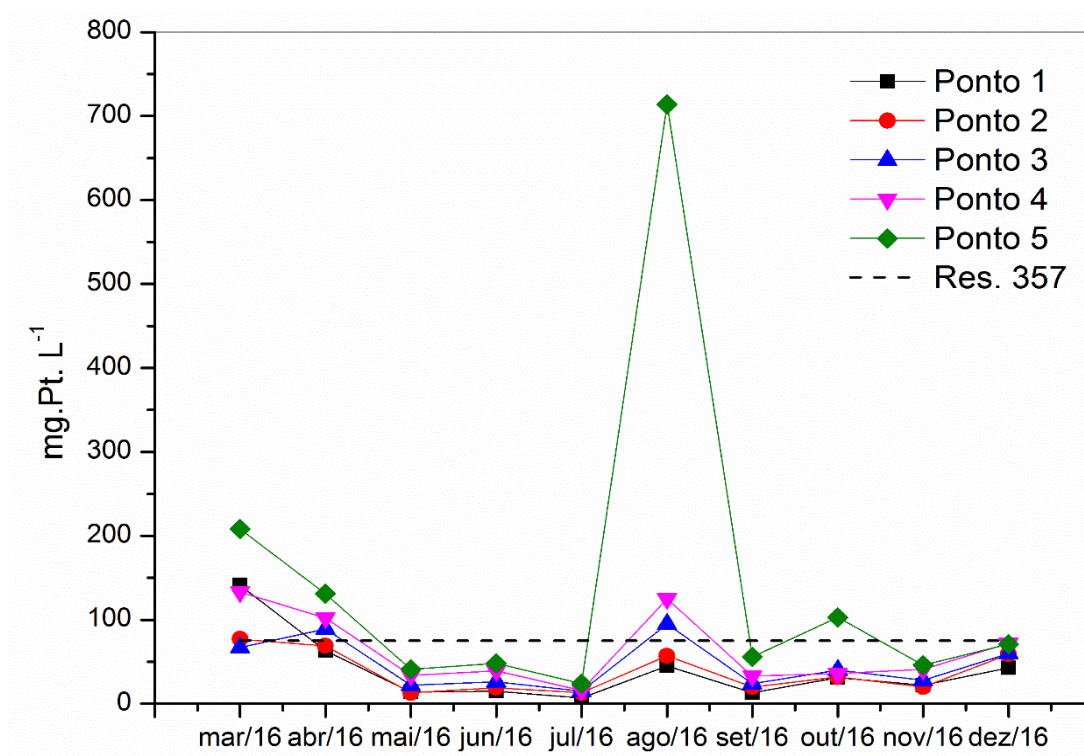


Figura 22 - Valores de cor verdadeira para os 5 pontos de amostragem

Observa-se na Figura 22 um valor mínimo de 7 mg.Pt.L^{-1} e um valor máximo de 714 mg.Pt.L^{-1} , o qual se apresenta muito acima do valor estabelecido na legislação, esse valor máximo é referente ao ponto 5, ponto no qual as coletas eram realizadas

na margem do rio, e do mês de agosto, coleta feita horas após fortes chuvas, provável razão para aumento da quantidade de sólidos carregados para o rio, principalmente nas áreas urbanas com impermeabilização do solo.

A cor da água é proveniente da matéria orgânica dissolvida como substâncias húmicas e taninos, e metais como ferro e manganês, abundantes em diversos tipos de solo, inclusive no solo da bacia hidrográfica do Rio Pirapó, o qual é originado de rochas sedimentares, como observado em Funasa (2013) e Bonifácio *et al.*, (2015).

5.3.5 Turbidez

Os valores de concentração de turbidez estão representados na Figura 23, na qual pode-se observar valor máximo de 908 NTU, no ponto 5, para o mês de agosto e valor mínimo de 21 NTU para o ponto 1, no mês de setembro.

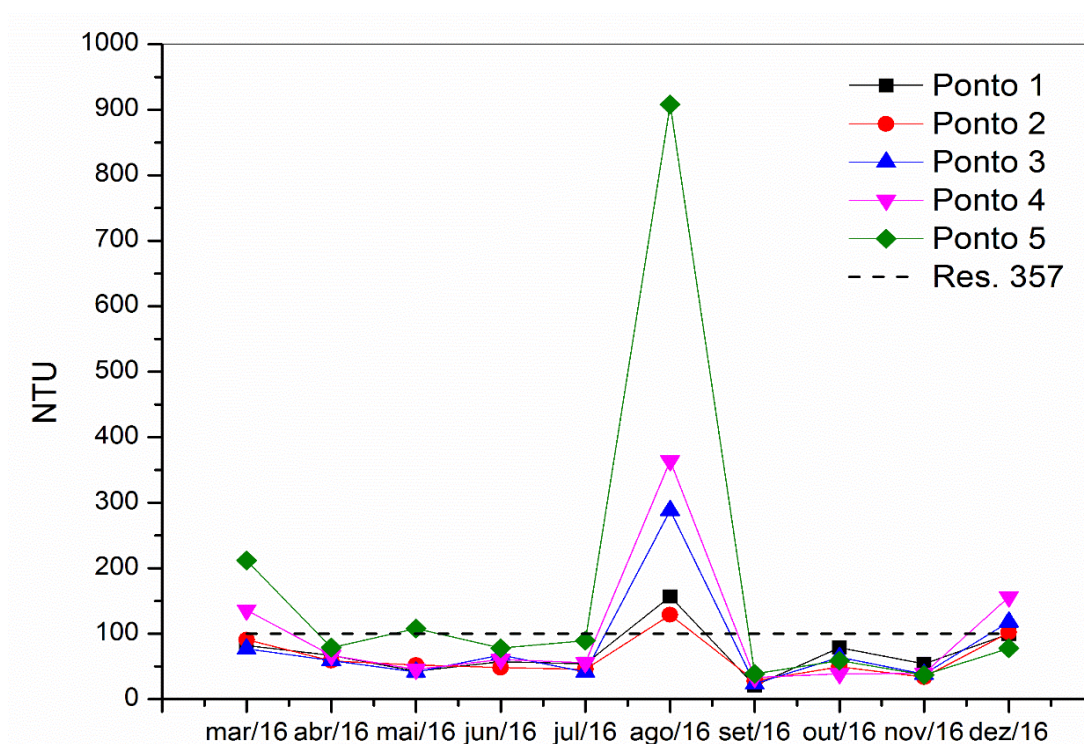


Figura 23 - Valores de turbidez para os 5 pontos de amostragem

Os meses de março, maio, agosto e dezembro/2016 foram aqueles que estiveram com valores acima do estabelecido pela Resolução nº. 357/2005 da CONAMA (100 NTU), com destaque para o mês de agosto, em que se observou valores acima do permitido em todos os pontos. Esses altos valores para o mês de março e agosto, provavelmente, são provenientes das fortes chuvas que aconteceram nas 48 horas antes da coleta, como se pode observar na Tabela 3.

Esses valores mostram que as medidas de contenção de erosão que estão sendo praticadas nos solos da bacia devem ser melhoradas, já que em períodos chuvosos a quantidade de materiais sólidos no rio está aumentando de forma significativa.

5.3.6 Nitrito

No caso das concentrações de nitrito, como demonstra a Figura 24, na grande maioria dos pontos, os valores foram superiores ao limite estabelecido pela Resolução nº. 357/2005 do CONAMA (1 mg.L^{-1}), com um valor mínimo de 1 mg.L^{-1} e um valor máximo de 38 mg.L^{-1} no ponto 5, para o mês de agosto.

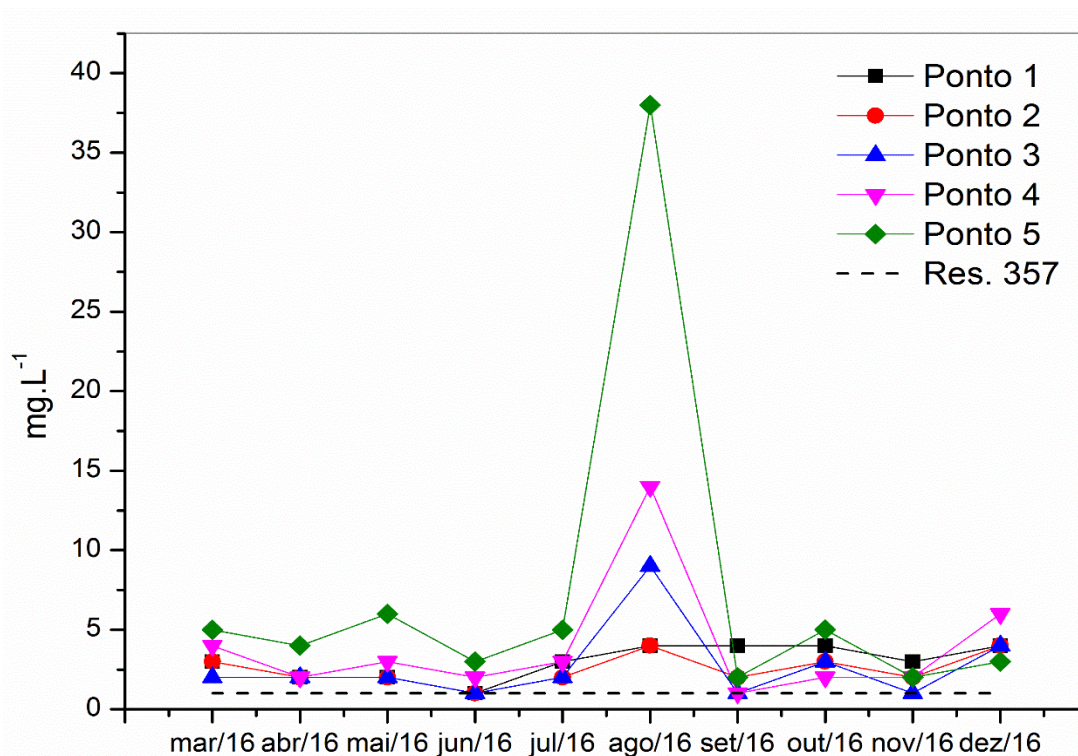


Figura 24 – Valores da concentração de nitrito para os 5 pontos de amostragem

Como se pode ver, houve uma tendência para altas concentrações de nitrito nos pontos 4 e 5, Segundo Baird (2002) concentrações altas de nitrito nos cursos d'água podem ser indicação da presença de efluentes domésticos e industriais. Além disso, esses 2 pontos se apresentam em áreas do Arenito Caiuá, que possuem solos mais arenosos com extrema susceptibilidade a processos erosivos, principalmente quando há a retirada da cobertura vegetal, como afirmam Bonifácio, 2013 e Freire *et al.*, 2013.

Nos demais pontos, as concentrações superiores ao estipulado pela legislação, estão relacionadas com o uso de agroquímicos e fertilizantes provindos das áreas agricultáveis, que são carregados para o rio, principalmente nas épocas de chuva, como exemplo do mês de agosto, em que altas concentrações de nitrito foram detectadas. Silva *et al.*, 2001, fazem afirmações semelhantes.

5.3.7 Nitrato

O nitrato é a última forma do nitrogênio no processo de nitrificação, sendo a forma mais oxidada no meio, assim a presença de altas concentrações desse parâmetro indica contaminação remota pelo despejo de efluentes, uma vez que o nitrogênio amoniacal é o primeiro composto produzido na degradação da matéria orgânica, e precisa ser oxidado para nitrito, antes de chegar a nitrato.

Outra fonte importante de nitrato provém do uso de fertilizantes de forma inadequada, que principalmente na época de precipitações, atingem os cursos d'água como forma de poluição difusa. A Figura 25 apresenta os valores da concentração de nitrato.

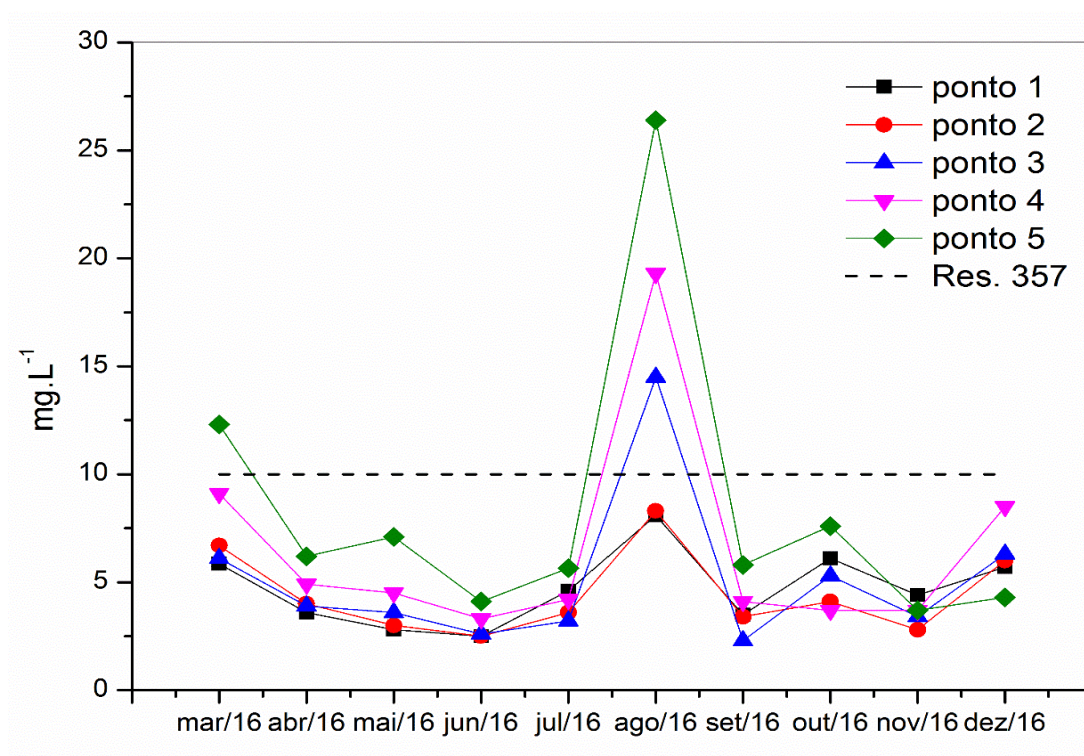


Figura 25 - Valores da concentração de nitrato para os 5 pontos de amostragem

Ao analisar a Figura 25 pode-se observar que a concentração de nitrato variou entre 2,3 mg.L⁻¹ e 26,4 mg.L⁻¹. Apenas os meses de março para o ponto 5 e agosto

para os pontos 3, 4 e 5 estiveram com valores superiores àquele da Resolução nº. 357/2005 da CONAMA (10 mg.L^{-1}).

Pode-se observar ainda, que no mês de agosto, os pontos 1 e 2 apresentaram altas concentrações, ainda que dentro do estipulado para rios classe II, comparado com os outros meses. Isto deveu-se, às fortes precipitações dentro das 48 horas anteriores à coleta, supostamente devido ao uso de fertilizantes a base de nitrogênio em áreas agricultáveis próximas ao rio nesses 2 pontos, que devem ter sido carregados para o rio. Segundo Alves (2008) essa é uma das principais fontes de poluição por nitrato.

Segundo Tarelho Jr (2014) pode-se atribuir estes valores de concentração de nitrato ao processo completo de autodepuração do corpo receptor, uma vez que a comparação de medidas realizadas para o parâmetro Nitrito é superior à da forma mais oxidada em todos os pontos analisados.

5.3.8 Nitrogênio Amoniacal Total

Com relação as concentrações de nitrogênio amoniacal, a legislação estabelece limites máximos que variam de acordo com pH encontrado na água, $3,7 \text{ mg.L}^{-1}$ para $\text{pH} \leq 7,5$; $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$ para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$; $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$; $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$, para $\text{pH} > 8,5$.

Segundo Reis e Mendonça (2009) em soluções aquosas a amônia se apresenta na forma ionizável (NH_4^+) e não ionizável (NH_3), sendo a soma dessas concentrações o valor de nitrogênio amoniacal total. Segundo esses mesmos autores, a forma não ionizada é considerada a mais tóxica da amônia, e quanto maior for o pH da água maior será a sua concentração. A Figura 26 apresenta os valores da concentração desse parâmetro.

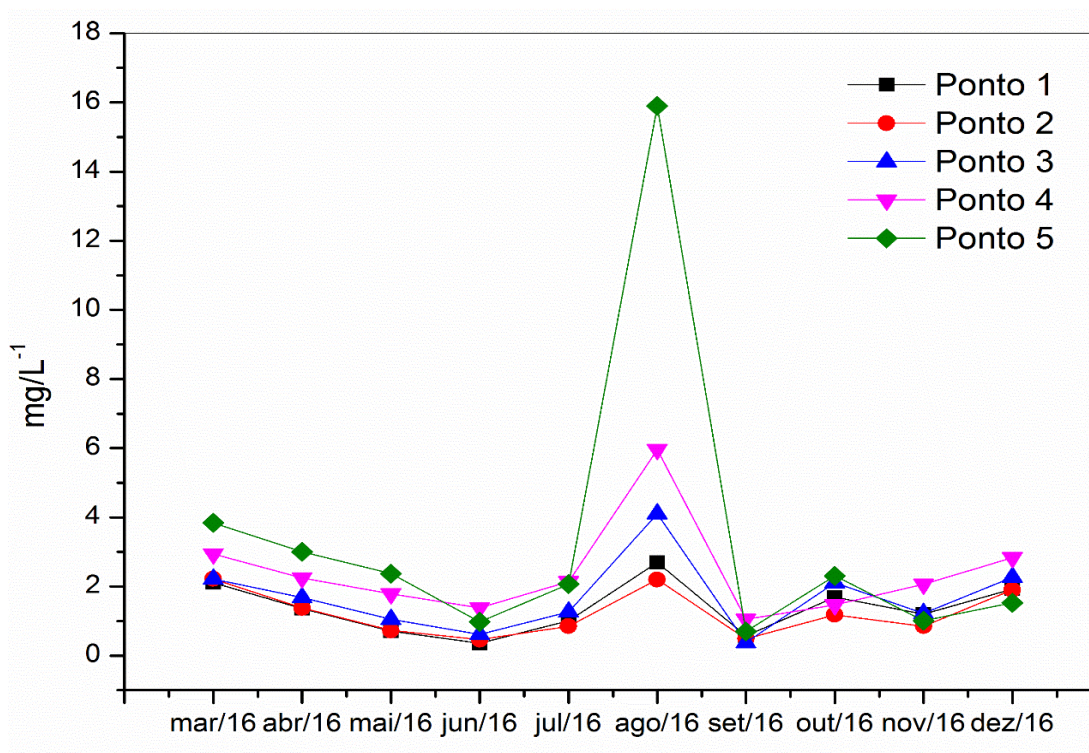


Figura 26 - Valores da concentração de nitrogênio amoniacal para os 5 pontos de amostragem

Os valores de nitrogênio amoniacal, de acordo com a Figura 26, variaram de $0,36 \text{ mg.L}^{-1}$ a $15,9 \text{ mg.L}^{-1}$. Percebe-se ainda, que os únicos valores que estiveram acima da concentração permitida para rios classe II foram aqueles referentes ao mês de março no ponto 5, com uma concentração de $3,84 \text{ mg.L}^{-1}$ ($\text{pH} = 7,47$), e no mês de agosto em todos os pontos, com exceção do ponto 2. Foram medidas concentrações de nitrogênio amoniacal de $2,69 \text{ mg.L}^{-1}$, no ponto 1, cujo pH era $7,57$, de $4,1 \text{ mg.L}^{-1}$, no ponto 3, $\text{pH} = 6,86$, $5,96 \text{ mg.L}^{-1}$, no ponto 4, que apresentava $\text{pH} = 6,87$, de $15,9 \text{ mg.L}^{-1}$ para o ponto 5, cujo pH era $6,26$.

Deve-se destacar no monitoramento desse parâmetro o fato de se ter encontrado concentrações mais elevadas de nitrogênio amoniacal, na grande maioria dos meses no ponto 5, localizado a jusante de todos os outros pontos monitorados, perto da foz do rio Pirapó, uma vez que o nitrogênio amoniacal é a forma menos oxidada, e poder ser convertida para nitrito e nitrato a medida que avança de montante a jusante. Deve-se inferir a partir desses resultados que há no trecho representado pelo ponto 5, poluição pontual recente, que contribui com essa concentração mais elevada.

5.3.9 Fósforo Total

As concentrações de fósforo total estiveram acima de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$, valor máximo permitido pela legislação para rios de classe 2, em quase em todos os meses de coleta. Porém em muitos pontos esse valor se apresentou dentro do limite estabelecido durante o período de monitoramento. Os valores estão apresentados na Figura 27.

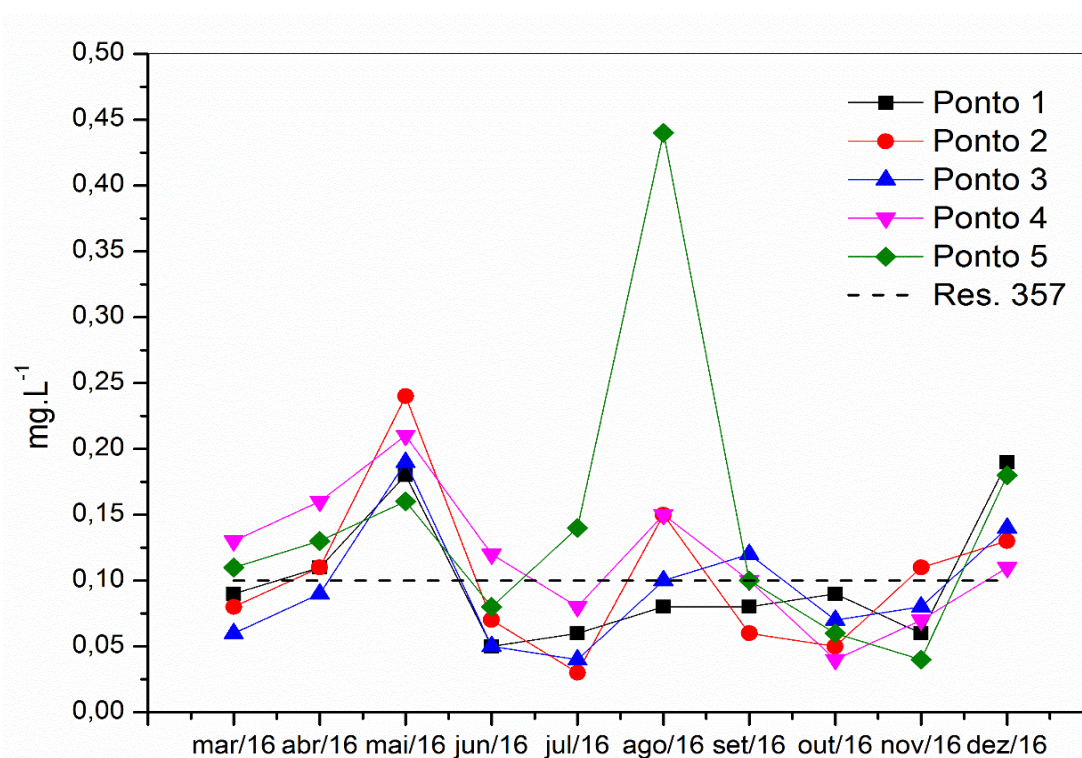


Figura 27 - Valores da concentração de fósforo total para os 5 pontos de amostragem

Analisando a Figura 27 verifica-se valor mínimo de $0,04 \text{ mg.L}^{-1}$, e valor máximo de $0,44 \text{ mg.L}^{-1}$, que se mostram bem próximos aos valores obtidos no monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó realizado por Alves *et al.*, (2008), com valores que variaram de $0,033$ a $0,494 \text{ mg.L}^{-1}$ em todos os pontos monitorados.

O valor máximo da presente pesquisa foi medido no ponto 5, localizado na foz da bacia, ponto que apresentou valores mais elevados na maior parte dos meses monitorados, com exceção do mês de maio/2016.

No mês de maio todos os pontos de monitoramento apresentaram curvas de concentrações elevadas, com resultados acima do estipulado por lei, com maiores valores para os pontos 2, 3 e 4, pode-se inferir uma possível descarga de esgoto sanitário ou o emprego de fertilizantes nos solos das áreas agrícolas próximas a esses pontos, uma vez que essa é a principal atividade realizada na bacia.

5.3.10 Demanda Bioquímica de Oxigênio

Os valores de concentração da demanda bioquímica de oxigênio estão apresentados na Figura 28, com exceção dos meses de julho e setembro em que houve problema com a incubadora utilizada para realização das análises e as amostras foram perdidas.

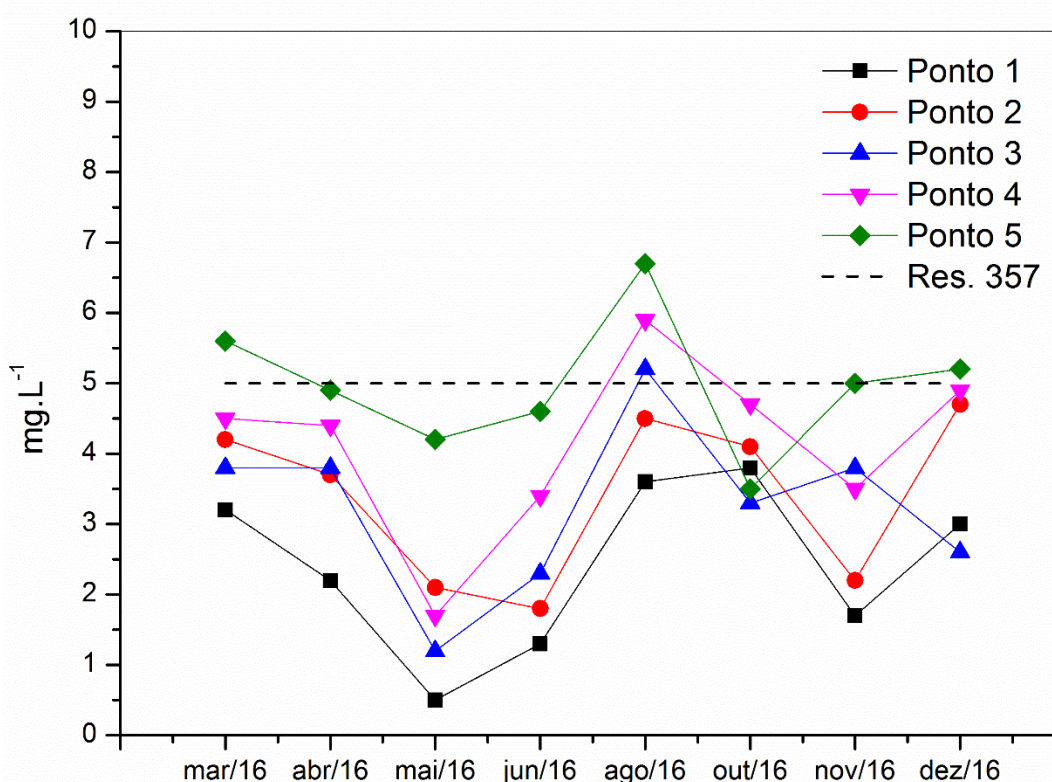


Figura 28 - Valores da Demanda Bioquímica de Oxigênio para os 5 pontos de amostragem

A Demanda Bioquímica de Oxigênio variou, durante todo o período de monitoramento, entre $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$ a $6,7 \text{ mg.L}^{-1}$. Os meses em que as concentrações de DBO ultrapassaram o valor de 5 mg.L^{-1} estipulado pela legislação foram março e dezembro, no ponto 5 e agosto nos pontos 3, 4 e 5. Geograficamente esses são os 3 pontos que se encontram mais próximos às áreas urbanas e conseqüentemente sujeitos à despejos de efluentes domésticos e industriais, muitas vezes despejos clandestinos ou sem o devido tratamento.

5.3.11 Série de Sólidos

As Figuras 29, 30 e 31 apresentam as concentrações de sólidos totais, sólidos filtráveis ou suspensos e sólidos não filtráveis ou dissolvidos respectivamente. Como pode-se observar em nenhuma amostragem as concentrações de sólidos dissolvidos ultrapassaram o valor máximo estabelecido na legislação que é de 500 mg.L^{-1} , variando entre os valores de 8 mg.L^{-1} para o ponto 2 no mês de maio e 202 mg.L^{-1} para o ponto 1 no mês de dezembro.

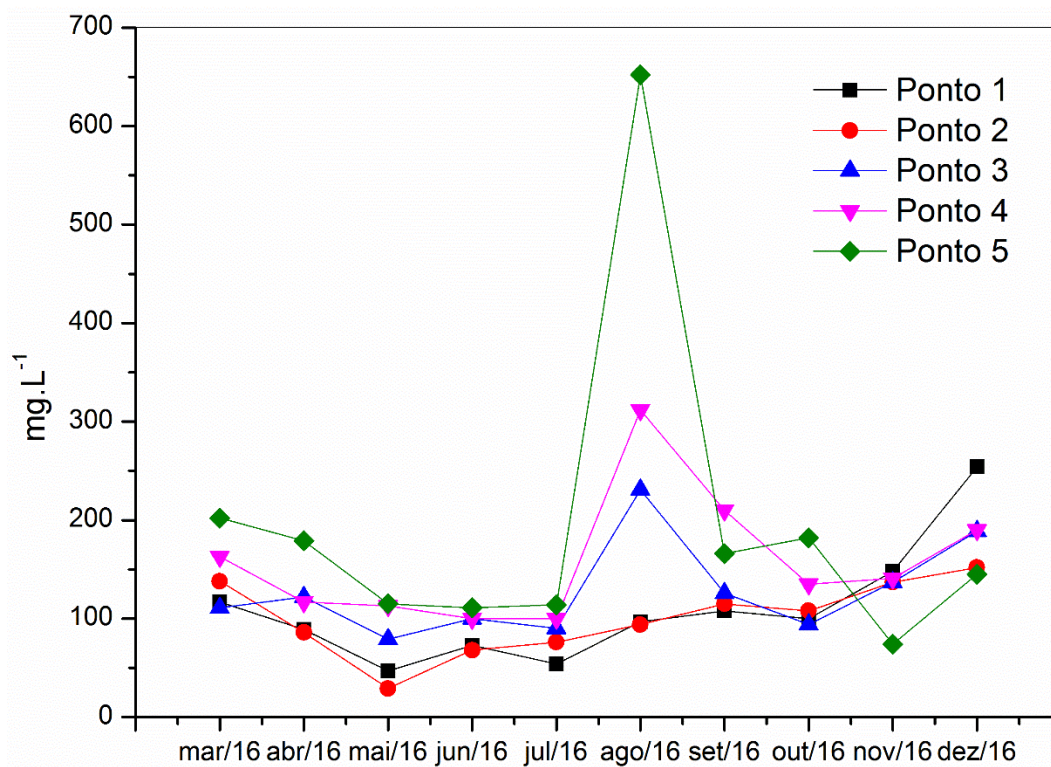


Figura 29 - Valores de sólidos totais para os 5 pontos de amostragem

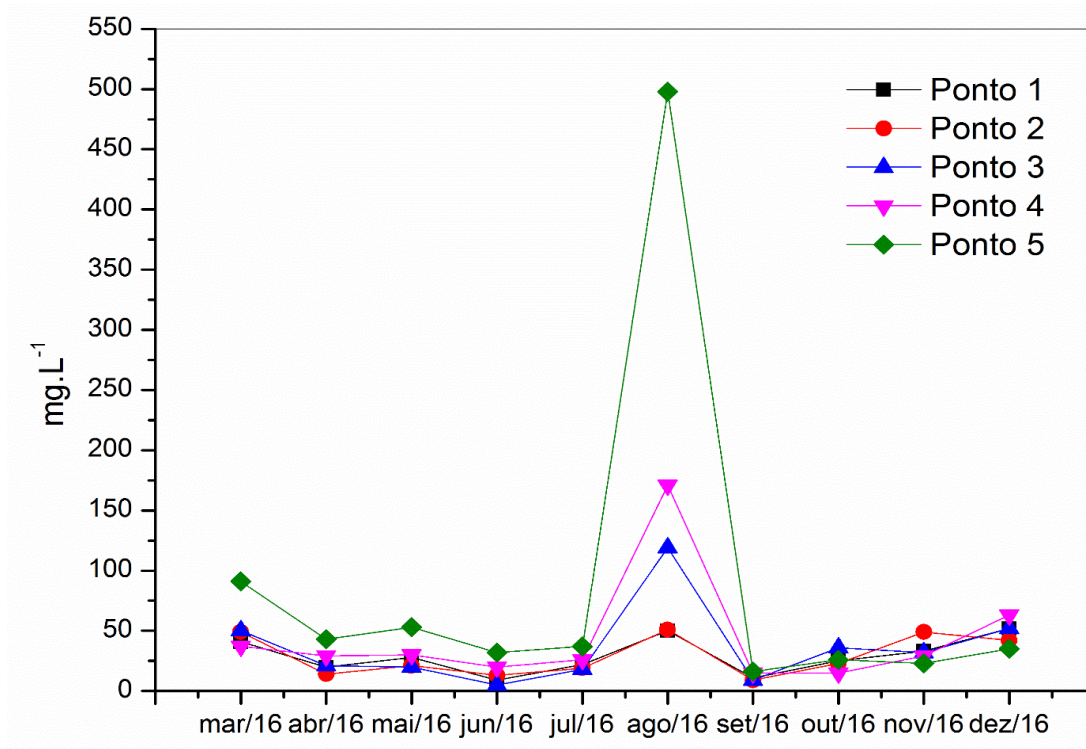


Figura 30 - Valores de sólidos filtráveis ou suspensos para os 5 pontos de amostragem

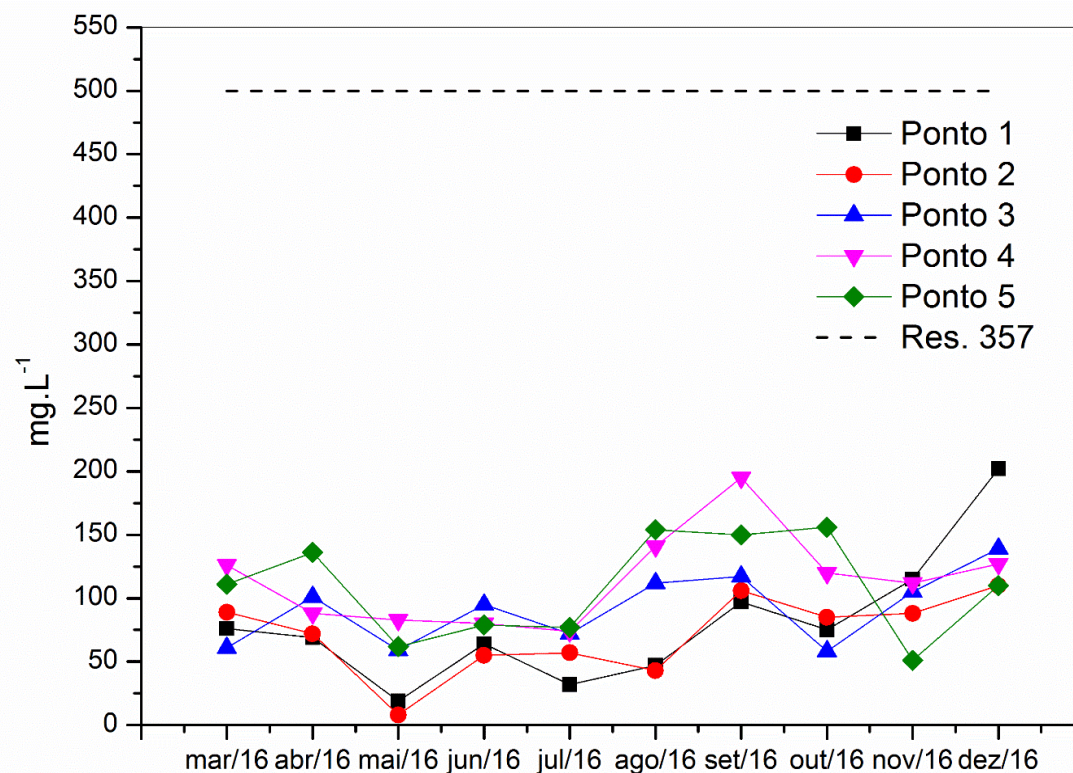


Figura 31 - Valores de sólidos não filtráveis ou dissolvidos para os 5 pontos de amostragem

Um fato que chama atenção é que a concentração de sólidos suspensos, no ponto 5, esteve acima daquelas medidas nos demais pontos, com destaque para o mês de agosto com uma concentração bem elevada, 498 mg.L⁻¹, período de forte precipitação durante as 48 horas antecedentes à coleta (Figura 30). Esses valores indicam que os processos erosivos com o desprendimento do solo nas áreas próximas a esse ponto são maiores que os demais, assim como a erosão marginal, uma vez que as coletas do ponto 5 foram realizadas na margem do rio.

Ao se comparar os resultados apresentados nas Figuras 30 e 31, referentes aos sólidos suspensos e aos sólidos dissolvidos, percebe-se que os sólidos dissolvidos se encontram em maior concentração que os sólidos suspensos no Rio Pirapó. No entanto para os meses em que 48 horas antes da coleta houve precipitações pluviais, principalmente no mês de agosto, os valores de concentração de sólidos suspensos foram maiores que os de sólidos dissolvidos. Processos erosivos e de assoreamento são os principais responsáveis por essa alteração, principalmente em áreas onde não se tem mata ciliar.

5.3.12 Glifosato

Em nenhum dos 5 pontos do Rio Pirapó foi detectada presença desse herbicida para os meses monitorados.

5.3.13 Metais Dissolvidos

Dentre os metais dissolvidos foram monitorados ferro e manganês. A escolha desses metais se deu em função da formação geológica e solos da bacia. Por apresentar um solo argiloso, originado do basalto, há uma forte presença de ferro e manganês.

Ferro Dissolvido

A variação da concentração de ferro dissolvido está apresentada na Figura 32. Nota-se que no período de monitoramento muitos dos resultados estiveram acima de $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$, limite para rios classe II, principalmente nos meses de março, abril e agosto. Os valores máximo e mínimo determinados foram, $1,96 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,03 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente.

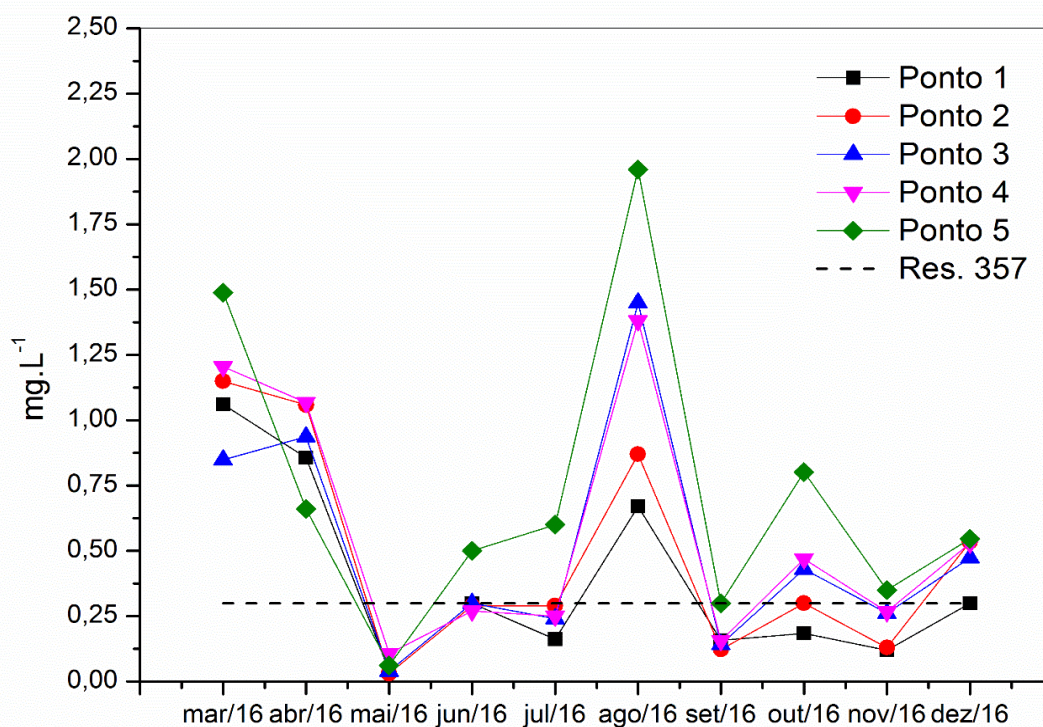


Figura 32 - Valores da concentração de ferro dissolvido para os 5 pontos de amostragem

Os únicos meses em que todos os pontos monitorados respeitaram a legislação, foram os meses de maio e setembro. Os meses de março, abril e agosto tiveram todos os pontos acima do limite. Uma possível explicação para esse parâmetro ter apresentado altas concentrações é o problema de gestão e ocupação do solo, que no caso da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó, contribui para processos erosivos devido ao solo exposto de atividades agrícolas e de pastagem.

Os meses que apresentaram maiores concentrações foram os meses de março e agosto, meses que houveram chuvas 48 horas antes da coleta, contribuindo com processos erosivos e carreamento do solo rico em ferro para dentro do rio.

Manganês Dissolvido

As concentrações de manganês dissolvido variaram de 0,003 a 0,04 mg.L⁻¹, em todos os pontos as concentrações determinadas estavam de acordo com a legislação nos meses monitorados, com alguns meses em que esse metal não foi detectado. A Figura 33 apresenta os valores das concentrações de manganês dissolvido.

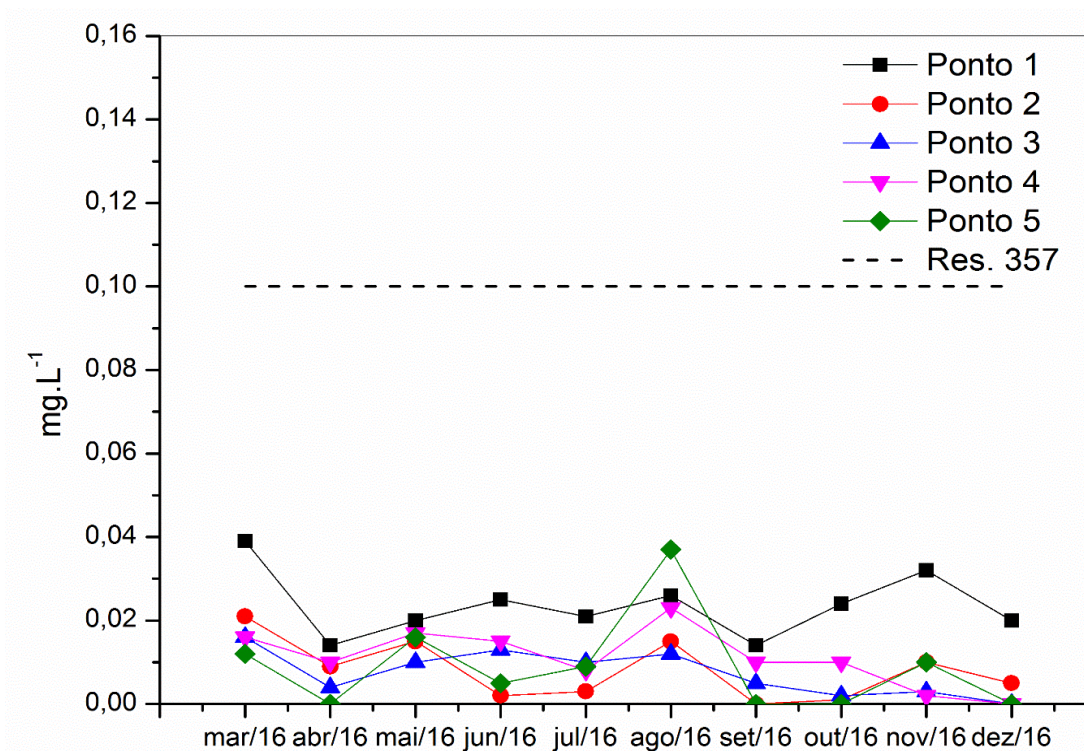


Figura 33 - Valores da concentração de manganês para os 5 pontos de amostragem

Além desses valores respeitarem a legislação, percebe-se que eles sofreram pouca variação, numa análise simples, pode-se dizer que o uso e ocupação do solo não estão interferindo na concentração de manganês presente nas águas do Rio Pirapó.

5.3.14 Coliformes Termotolerantes

A Figura 34 apresenta os resultados obtidos na determinação de coliformes termotolerantes, em unidades formadoras de colônia (UFC), para os 5 pontos de monitoramento. Pode-se observar que em muitos pontos os valores ultrapassaram o limite estabelecido pela legislação, chegando a valores de até 8300 UFC por 100 ml de água, ou seja, mais de 8 vezes o valor permitido.

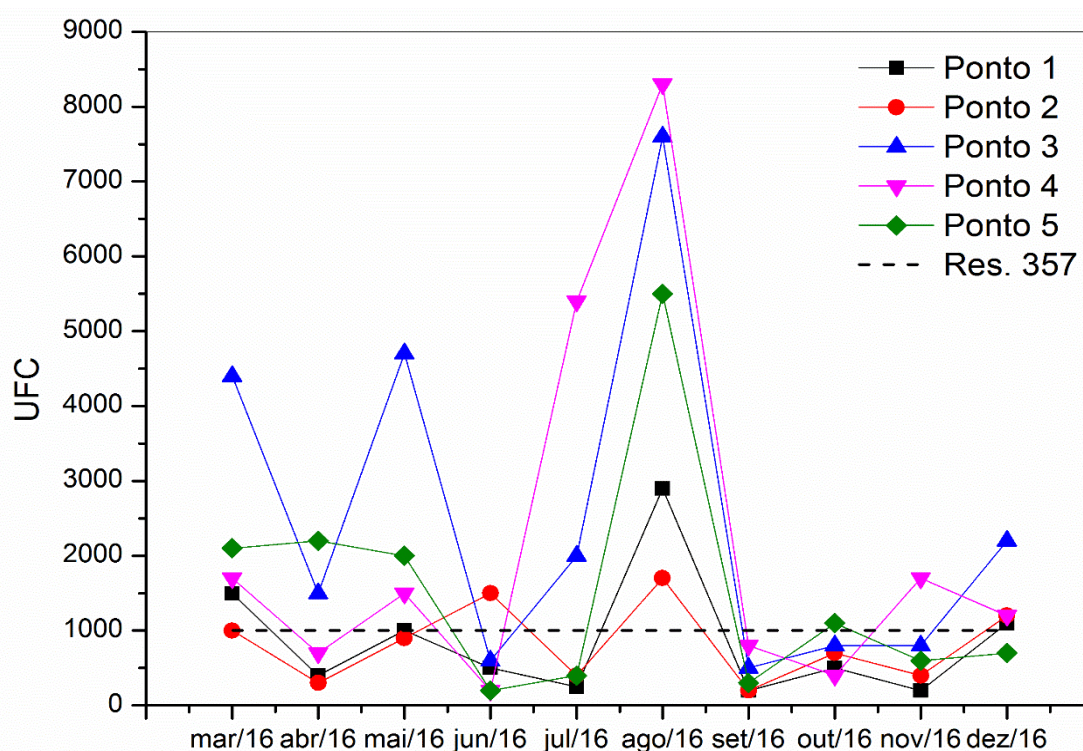


Figura 34 - Valores de coliformes termotolerantes para os 5 pontos de amostragem

Dentre os 5 pontos monitorados, os pontos 3, 4 e 5 foram os que apresentaram maiores valores de unidades formadoras de colônias, e com maior frequência, mostrando que nesses trechos a água do rio Pirapó apresenta forte potencial como fonte de doenças de veiculação hídrica.

O mês de setembro, foi o único mês, em todo período monitorado, em que os 5 pontos apresentaram resultados abaixo de 1000 UFC, valor máximo permitido para rio classe II segundo legislação, também foi o mês com menor índice pluviométrico, ou seja, de menor carregamento de dejetos animais para o leito do rio, mostrando que a atividade pastoril na bacia do Rio Pirapó tem forte influência na concentração de coliformes em épocas chuvosas.

As determinações encontradas no mês de agosto, foram as únicas que não respeitaram a legislação em todos pontos de monitoramento, inferindo novamente que a atividade pastoril desenvolvida na bacia tem forte influência na concentração de coliformes, uma vez que tiveram fortes chuvas 48 horas antes da coleta.

5.4 DESCARGA SÓLIDA TOTAL

Os valores de descarga sólida total, calculada de forma indireta pelo método simplificado de Colby, estão representados na Figura 35, para os 3 pontos em que houve medições dos dados hidráulicos.

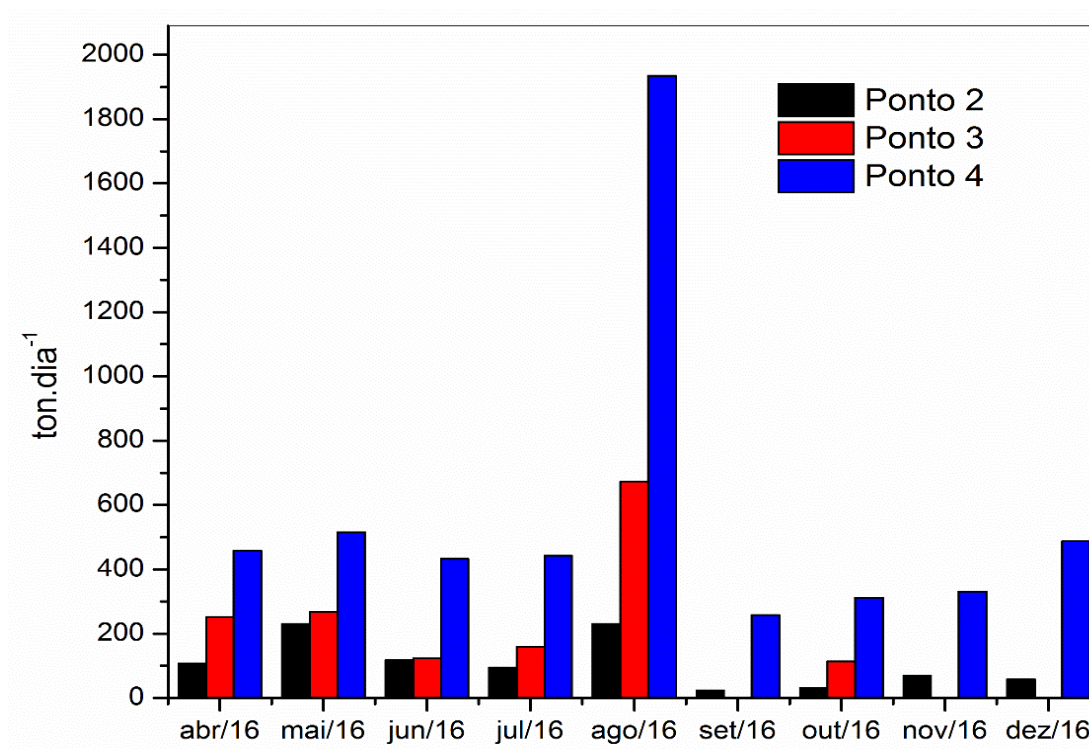


Figura 35 - Valor de descarga sólida total para os pontos 2, 3 e 4

Para o ponto 2 localizado mais a montante, obteve-se um valor mínimo de 24 ton.dia⁻¹ calculado no mês de setembro, e um valor máximo de 230 ton.dia⁻¹ para os meses de maio e agosto.

No ponto 3 o valor mínimo foi de 114 ton.dia⁻¹ no mês de outubro, e o máximo de 672,08 ton.dia⁻¹ para o mês de agosto. Já para o ponto 4, ponto em que foram registradas maiores quantidades de sólidos sendo transportados, obteve-se um valor mínimo de 258,1 ton.dia⁻¹ para o mês de setembro, e um máximo de 1935,25 ton.dia⁻¹ para o mês de agosto.

Verificou-se que há uma relação entre os resultados de descarga sólida total, pluviosidade e vazão. Os valores máximos para os 3 pontos ocorreram no mês de agosto, mês em que houve chuvas intensas 24 e 48 horas antes da coleta, e os valores mínimos foram obtidos para os pontos 2 e 4, em setembro, mês com menor pluviosidade entre aqueles monitorados. Já para o ponto 3 o valor mínimo foi obtido no mês de outubro.

Os resultados obtidos no mês de agosto, período em que houve máximas descargas para os 3 pontos monitorados, deixa evidente que em épocas de chuvas, o processo erosivo e de escoamento superficial, associado às atividades antrópicas, aumentaram de forma significativa a quantidade de sólidos no Rio Pirapó,

O maior valor da descarga sólida total no ponto 4, muito provavelmente, foi devida à sua seção transversal ser mais larga, e a velocidade do fluxo ser maior que nos outros pontos, o que facilita o carreamento dos sólidos em suspensão ao longo do leito.

5.5 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN

Em busca de encontrar uma relação entre os parâmetros determinados, realizou-se uma análise estatística de correlação entre esses parâmetros, para cada ponto de amostragem monitorado. Os dados utilizados para realização dessa análise foram aqueles referentes aos meses de monitoramento da presente pesquisa, março a dezembro de 2016.

As Tabelas 5 a 9 apresentam os valores do coeficiente de Spearman determinados para os pontos de amostragem, em que as correlações que foram significativas, com p-valor $< 0,05$ estão destacadas por um asterisco (*).

Tabela 5 - Coeficiente de correlação de Spearman para o ponto 1.

	pH	Temp.	Condut. Elétr.	Cor	Nitrito	Nitrato	N.A	Fosforo	DBO	ST	Turbidez	CT	Fe	Mn	Pluvios.	SS	SD
pH	1																
Temp	-0,49	1															
Condut. Elétr.	-0,26	0,70	1														
Cor	-0,15	0,48	0,15	1													
Nitrito	0,11	0,13	0,51	0,09	1												
Nitrato	0,18	0,14	0,27	0,53	0,69*	1											
N.A	0,19	0,22	0,25	0,79*	0,51	0,90*	1										
Fosforo	0,03	0,35	0,34	0,42	0,20	0,18	0,42	1									
DBO	-0,19	0,29	0,24	0,64	0,81*	0,92*	0,83*	0,02	1								
ST	-0,18	0,55	0,74*	0,43	0,58	0,42	0,47	0,17	0,48	1							
Turbidez	0,25	0,22	0,03	0,81*	0,34	0,74*	0,86*	0,28	0,80*	0,41	1						
CT	0,29	-0,20	-0,21	0,60	0,13	0,49	0,65*	0,43	0,41	0,02	0,75*	1					
Fe	-0,16	0,17	-0,30	0,81*	0,00	0,43	0,61	0,15	0,44	0,19	0,75*	0,55	1				
Mn	-0,01	-0,07	0,05	0,33	-0,02	0,43	0,39	-0,43	0,24	0,25	0,42	0,35	0,24	1			
Pluvios.	0,23	-0,08	-0,22	0,35	-0,04	0,22	0,40	0,69*	0,14	-0,48	0,42	0,80*	0,20	-0,10	1		
SS	0,45	0,03	0,39	0,50	0,47	0,68*	0,80*	0,46	0,38	0,52	0,64*	0,63*	0,18	0,40	0,35	1	
SD	-0,35	0,68*	0,80*	0,26	0,35	0,03	0,13	0,28	0,14	0,89*	0,10	-0,18	-0,02	-0,02	-0,52	0,26	1

Tabela 6 - Coeficiente de correlação de Spearman para o ponto 2.

	pH	Temp.	Cond. Eletr.	Cor	Nitrito	Nitrato	N.A	Fosforo	DBO	ST	Turbidez	CT	Fe	Mn	Vazão	Pluvios.	SS	SD
pH	1																	
Temp.	-0,41	1																
Cond. Eletr.	-0,35	0,20	1															
Cor	-0,23	0,56	0,20	1														
Nitrito	0,01	-0,11	0,32	0,43	1													
Nitrato	0,03	0,03	0,38	0,73*	0,88*	1												
N.A	-0,01	0,19	0,38	0,78*	0,81*	0,92*	1											
Fosforo	0,10	-0,08	0,35	0,17	0,13	0,15	0,33	1										
DBO	-0,05	0,00	0,31	0,71*	0,96*	0,90*	0,90*	0,18	1									
ST	-0,55	0,65*	0,27	0,66*	0,48	0,47	0,50	-0,02	0,74*	1								
Turbidez	0,04	-0,07	0,33	0,63	0,64*	0,77*	0,81*	0,60	0,80*	0,16	1							
CT	-0,40	-0,24	0,41	0,13	0,38	0,33	0,35	0,42	0,29	-0,02	0,67*	1						
Fe	-0,14	0,27	0,07	0,87*	0,52	0,77*	0,83*	0,04	0,64	0,38	0,72*	0,32	1					
Mn	-0,09	0,11	0,59	0,33	0,25	0,35	0,57	0,70*	0,16	0,07	0,60	0,39	0,36	1				
Vazão	0,30	-0,45	0,00	-0,39	-0,55	-0,45	-0,34	0,39	-0,78*	-0,88*	0,13	0,21	-0,16	0,48	1			
Pluvios	0,47	-0,32	0,38	0,16	0,34	0,47	0,40	0,46	0,29	-0,43	0,78*	0,52	0,23	0,39	0,48	1		
SS	-0,27	0,27	0,69*	0,41	0,66*	0,58	0,76*	0,45	0,66	0,46	0,58	0,51	0,41	0,70*	-0,25	0,32	1	
SD	-0,33	0,59	0,15	0,32	0,13	0,09	0,04	-0,04	0,38	0,77*	-0,13	-0,32	-0,07	-0,12	-0,7*	-0,40	0,04	1

Tabela 7 - Coeficiente de correlação de Spearman para o ponto 3.

	pH	Temp.	Cond. Eletr.	Cor	Nitrito	Nitrato	N.A	Fosforo	DBO	ST	Turbidez	CT	Fe	Mn	Vazão	Pluvios.	SS	SD
pH	1																	
Temp.	0,36	1																
Cond. Eletr.	0,21	0,61	1															
Cor	-0,27	0,43	-0,05	1														
Nitrito	-0,46	0,04	0,00	0,54	1													
Nitrato	-0,31	0,26	0,12	0,78*	0,88*	1												
N.A	-0,48	0,24	0,09	0,75*	0,88*	0,95*	1											
Fosforo	0,12	0,05	0,07	0,13	0,26	0,26	0,04	1										
DBO	-0,68	0,17	0,12	0,82*	0,28	0,49	0,61	-0,12	1									
ST	-0,15	0,35	0,02	0,64*	0,22	0,41	0,43	0,33	0,68	1								
Turbidez	-0,14	0,05	-0,25	0,69*	0,71*	0,80*	0,78*	0,02	0,27	0,33	1							
CT	-0,42	-0,36	-0,15	0,35	0,70*	0,74*	0,66*	0,29	0,27	0,06	0,57	1						
Fe	-0,39	0,31	-0,20	0,95*	0,58	0,75*	0,80*	-0,10	0,73*	0,55	0,76*	0,36	1					
Mn	-0,17	-0,66*	-0,43	-0,02	-0,19	-0,10	-0,10	-0,38	0,15	-0,23	0,22	0,27	0,07	1				
Vazão	0,66	-0,26	0,09	-0,20	-0,15	-0,20	-0,43	0,43	-0,70	-0,31	0,26	0,14	-0,43	0,55	1			
Pluvios.	-0,15	-0,18	-0,17	0,33	0,77*	0,66*	0,47	0,38	-0,15	-0,30	0,60	0,67*	0,30	0,15	0,54	1		
SS	-0,30	0,37	0,33	0,76*	0,77*	0,94*	0,92*	0,22	0,65	0,53	0,66*	0,65*	0,70*	-0,15	-0,20	0,42	1	
SD	-0,10	0,15	-0,14	0,35	0,00	0,10	0,13	0,43	0,39	0,89*	0,13	-0,09	0,26	-0,23	-0,20	-0,43	0,19	1

Tabela 8 - Coeficiente de correlação de Spearman para o ponto 4.

	pH	Temp.	Cond. Eletr.	Cor	Nitrito	Nitrato	N.A	Fosforo	DBO	ST	Turbidez	CT	Fe	Mn	Vazão	Pluvios.	SS	SD
pH	1																	
Temp.	0,07	1																
Cond. Eletr.	0,27	0,54	1															
Cor	-0,68*	0,26	-0,21	1														
Nitrito	-0,47	-0,33	-0,13	0,49	1													
Nitrato	-0,32	-0,26	-0,34	0,61	0,79*	1												
N.A	-0,36	-0,12	-0,22	0,75*	0,84*	0,87*	1											
Fosforo	-0,61	-0,29	-0,40	0,49	0,32	0,54	0,34	1										
DBO	-0,04	0,12	-0,36	0,57	0,60	0,66	0,67	-0,29	1									
ST	-0,09	0,21	-0,13	0,46	0,27	0,52	0,37	0,06	0,86*	1								
Turbidez	-0,68*	-0,25	-0,50	0,75*	0,82*	0,75*	0,85*	0,50	0,57	0,23	1							
CT	0,11	-0,46	0,01	0,18	0,64*	0,58	0,65*	0,04	0,31	0,32	0,35	1						
Fe	-0,55	0,19	-0,38	0,89*	0,51	0,60	0,76*	0,26	0,79*	0,43	0,77*	0,15	1					
Mn	-0,53	-0,50	-0,34	0,26	0,25	0,32	0,13	0,66*	-0,07	0,07	0,24	0,13	0,21	1				
Vazão	-0,28	-0,83*	-0,63	-0,02	0,45	0,24	0,22	0,28	0,00	-0,33	0,45	0,25	0,15	0,70*	1			
Pluvios.	-0,44	-0,17	-0,20	0,23	0,52	0,50	0,32	0,60	0,18	0,01	0,38	-0,02	0,28	0,76*	0,52	1		
SS	-0,53	-0,18	-0,15	0,69*	0,88*	0,84*	0,87*	0,57	0,49	0,40	0,83*	0,61	0,54	0,25	0,18	0,44	1	
SD	-0,06	0,26	-0,21	0,37	0,10	0,35	0,21	-0,13	0,95*	0,94*	0,15	0,10	0,44	-0,03	-0,33	-0,17	0,16	1

Tabela 9 - Coeficiente de correlação de Spearman para o ponto 5.

0,	pH	Temp.	Cond. Elétr.	Cor	Nitrito	Nitrato	N.A	Fosforo	DBO	ST	Turbidez	CT	Fe	Mn	Pluvios.	SS	SD
pH	1																
Temp	-0,14	1															
Condut. Elétr.	0,47	0,55	1														
Cor	-0,38	0,21	-0,02	1													
Nitrito	-0,20	-0,40	-0,04	0,39	1												
Nitrato	-0,05	-0,24	-0,01	0,66*	0,85*	1											
N.A	-0,22	-0,20	0,10	0,60	0,87*	0,81*	1										
Fosforo	-0,30	-0,43	-0,36	0,41	0,53	0,49	0,58	1									
DBO	-0,22	-0,17	-0,14	0,60	0,08	0,29	0,48	0,48	1								
ST	-0,21	-0,03	-0,12	0,87*	0,63	0,90*	0,70*	0,50	0,43	1							
Turbidez	0,02	-0,64*	-0,13	0,33	0,82*	0,67*	0,80*	0,68*	0,48	0,49	1						
CT	-0,34	-0,01	0,15	0,68*	0,75*	0,76*	0,93*	0,62	0,40	0,73*	0,62	1					
Fe	-0,38	-0,01	-0,19	0,76*	0,55	0,62	0,70*	0,25	0,52	0,74*	0,50	0,61	1				
Mn	0,14	-0,42	0,12	-0,01	0,56	0,36	0,51	0,29	0,41	0,07	0,66*	0,38	0,13	1			
Pluviosidade	-0,39	-0,28	-0,03	0,35	0,91*	0,76*	0,71*	0,67*	-0,21	0,60	0,66*	0,66*	0,32	0,36	1		
SS	-0,10	-0,48	-0,03	0,42	0,82*	0,66*	0,89*	0,74*	0,55	0,52	0,96*	0,76*	0,54	0,64*	0,70*	1	
SD	-0,37	0,14	-0,31	0,78*	0,22	0,58	0,26	0,11	0,14	0,80*	0,01	0,33	0,63*	-0,36	0,22	-0,01	1

Observa-se pelos resultados de coeficiente de correlação entre os parâmetros analisados que diversos resultados tiveram um p-valor $< 0,05$, indicando assim uma relação significativa entre as variáveis.

Para todos os pontos pode-se observar uma relação positiva entre as variáveis cor e ferro dissolvido, e para os pontos 1, 2, 3 e 4 entre as variáveis turbidez e ferro dissolvido. Isso demonstra que o parâmetro ferro está sendo determinante nas concentrações de cor e turbidez da água, podendo influenciar de forma significativa no grau de redução de intensidade de luz que penetra no rio, uma vez que os principais compostos inorgânicos capazes de alterar a cor da água são os óxidos de ferro e manganês. Essa correlação também foi encontrada no monitoramento realizado por Alves *et al.*, (2008) no Rio Pirapó.

Já para as variáveis sólidos suspensos e turbidez, a correlação encontrada, com exceção do ponto 2, pode ser explicada pela relação existente entre ambos, em que um aumento da quantidade de sólidos suspensos acarreta em uma aparência turva na água.

Como já mencionado o uso do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó está associado em sua grande parte à agricultura mecanizada e pastagens, o que possivelmente, explica as correlações encontradas entre as variáveis nitrato e sólidos suspensos, para todos os pontos, com exceção do ponto 2, assim como entre coliformes termotolerantes e as variáveis sólidos suspensos e pluviosidade nos pontos 1, 3 e 5.

Quanto à série de sólidos, houve uma correlação positiva alta entre os sólidos totais e sólidos dissolvidos, demonstrando que a concentração de sólidos dissolvidos no Rio Pirapó, é predominante e mais influente nos sólidos totais quando comparada com os sólidos suspensos.

O valor do coeficiente de correlação entre as variáveis DBO e sólidos dissolvidos no ponto 4 foi de 0,95, o que é relativamente alto sendo um dos maiores encontrados, indicando uma possível poluição com matéria orgânica próxima a esse ponto.

De uma forma geral, dentre todos os valores que demonstraram ser significativos para os 5 pontos monitorados, a série de sólidos apresentou relação com praticamente todos os outros parâmetros, em pelo menos um dos pontos, evidenciando que o uso do solo na bacia está influenciando na qualidade da água.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

A partir dessa pesquisa pode-se perceber que o uso do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó, está voltado em grande parte para agricultura mecanizada, pastagens e áreas urbanas, essas atividades estão influenciando na qualidade da água do Rio Pirapó, podendo prejudicar todo equilíbrio natural da fauna e da flora existente na bacia.

Tais atividades contribuem também de forma expressiva nos processos erosivos que ocorrem na bacia, principalmente em épocas com intenso volume de precipitação, comprometendo a qualidade do rio, como pode ser observado nos resultados dos parâmetros monitorados.

Com o monitoramento da qualidade do curso d'água do Rio Pirapó, pode-se perceber por meio dos dados hidráulicos obtidos, que o rio não é muito profundo, e as características fluviais como velocidade do fluxo, largura do leito e vazão, vão aumentando conforme o rio passa de montante para jusante.

Quanto aos parâmetros físico-químicos e biológicos monitorados, foi possível verificar que mesmo em épocas de estiagem alguns parâmetros não estavam dentro do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº. 357/2005 para rios classe II, indicando presença de fontes de poluição pontuais e difusas na bacia.

Em períodos chuvosos ficou evidente a alteração da qualidade dos parâmetros analisados, e que as atividades antrópicas desenvolvidas no solo da bacia associadas à pluviosidade, estão comprometendo o uso desse recurso natural, que é de fundamental importância para o crescimento social e econômico da região.

Com a análise estatística de correlação, pode-se concluir que os sólidos presentes no curso d'água são influenciados pela vazão, a quantidade de sólidos transportado aumenta com o aumento da vazão e pluviosidade. A série de sólidos ainda teve relação com diversos parâmetros de qualidade, sendo muito influente na qualidade do Rio Pirapó.

Com o fato do solo da bacia ser rico em ferro, ao realizar a análise estatística de correlação, ficou evidente que as concentrações de ferro dissolvido encontradas

nas águas do Rio Pirapó foram altas, e que houve uma correlação significativa com o parâmetro cor verdadeira.

Por fim medidas mitigadoras para a redução de carga poluente lançada ao rio, e controle de processos erosivos, principalmente em áreas agricultáveis, onde há uma maior exposição do solo, devem ser desenvolvidas e colocadas em práticas, de forma que essas fontes de poluição não se sobreponham ao poder de autodepuração do Rio Pirapó e para que o mesmo se mantenha em quantidade e qualidade para as próximas gerações.

Como sugestões para trabalhos futuros, citam-se:

- Trabalhos que continuem com frequência o monitoramento da qualidade da água do Rio Pirapó, assim como suas características hidráulicas, buscando sempre entender a relação entre os parâmetros;

- Estudos que busquem uma melhoria da tecnologia utilizada nas estações de tratamento de efluentes, com uma maior eficiência na remoção de poluentes;

- Pesquisas voltadas a pontos estratégicos para implantação de estações fluviométricas, e ativação das já existentes, proporcionando um banco de dados mais atualizado em tempo real;

- Trabalhos que quantifiquem concentrações de outros metais pesados dissolvidos e defensivos agrícolas na água do Rio Pirapó assim como no solo da bacia.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E. C. **Monitoramento da Qualidade da Água da Bacia do Rio Pirapó**. 2006. 105 f. Dissertações (Mestrado) – Departamento de Engenharia Química. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.
- ALVES, E. C.; SILVA, C. F.; COSSICH E. S.; TAVARES, C. R. G.; FILHO, E. D. S.; CARNIEL, A. Avaliação da Qualidade da Água da Bacia do Rio Pirapó – Maringá, Estado do Paraná, por meio de Parâmetros Físicos, Químicos e Microbiológicos. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008.
- AMARANTE JÚNIOR, O. P.; SANTOS, T. C. R.; BRITO, N. M.; RIBEIRO, M. L. Glifosato: Propriedades, Toxicidade, Usos e Legislação. **Química Nova**, v. 25, n. 4, p. 589-593, 2002.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS; SEMA – SECRETARIA DE ESTADO E MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Bacias Hidrográficas do Paraná: Série Histórica**, Curitiba, 2010.
- ANDRADE, E. M.; ARAÚJO, L. DE F. P.; ROSA, M. F.; GOMES, R. B.; LOBATO, F. A. O. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p. 683-690, 2007.
- BAIRD, C. Química Ambiental. 2 ed. Porto Alegre: Bookman. 2002. 622 p.
- BARBOSA, J. F. **Obtenção de perfis de concentração de sedimentos em suspensão nos rios da bacia amazônica a partir do sinal de retorno acústico (backscattering) de um perfilador doppler acústico de corrente (ADCP)**. 2005. 186 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências em Engenharia Oceânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- BASSO, E. R. **Monitoramento e Avaliação da Qualidade da água de Duas Represas e Uma Lagoa no Município de Ilha Solteira (SP)**. 2006. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006.
- BONAFINI, F. C. **Estatística**. 1ª ed. São Paulo: Pearson. 2012. 170 p.
- BONIFÁCIO, C. M. **Avaliação da fragilidade ambiental em bacias hidrográficas do alto vale do rio Pirapó, Norte do Paraná: Proposta metodológica**. 2013. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.
- BONIFÁCIO, C. M.; UEMA, D. Y.; TAVARES, C. R. G. Monitoramento do aporte de sólidos suspensos nas águas da bacia hidrográfica do Rio Pirapó – PR. **IX Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 11, n. 6, p. 258-269, 2015.

BORTOLETTO, E. C.; SILVA, H. A.; TAVARES, C. R. G. Water quality monitoring of the Pirapo River watershed, Paraná. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, p. 148-157, 2015.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2ª ed. São Paulo: Person Prentice Hall, 2005. 313 p.

BRANCO, S. M. **Hidrologia aplicada à engenharia sanitária**. 3ª ed. São Paulo: CETESB/ACATESB. 1986. 640 p.

BRASIL. **Lei nº. 9433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2005.

CABRAL, J. B. P. **Análise da sedimentação e aplicação de método de previsão para tomada de medidas mitigadoras quanto ao processo de assoreamento do reservatório de Cachoeira Dourada – GO/MG**. 2006. 211 f. Tese (Doutorado) – Geologia. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

CAMARGO, A. F. M.; FERREIRA, R. A. R.; SCHIAVETTI, A.; BINI, L. M. The influence of the physiography and human activities on the limnological characteristics of the lotic ecosystems of the south coast of São Paulo, Brazil. **Acta Limnologia**, v. 8, p. 231-243, 1996.

CARVALHO, M. S. **Investigações sobre um perfilador acústico (ADCP) de faixa larga**. 1999. 118 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências em Engenharia Oceânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

CARVALHO, N. O.; FILIZOLA JÚNIOR, N. P.; SANTOS, P. M. C.; LIMA, J. E. F. W. **Guia de práticas sedimentométricas**. Brasília: ANEEL. 2000. 154 p.

CARVALHO, N. O., **Hidrossedimentologia Prática**. 2ª ed. São Paulo: Interciência, 2008. 600 p.

ESTEVES, F. A., **Fundamentos da Liminologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 226 p.

FAN, X.; CUI, B.; ZHAO, H.; ZHANG, Z.; ZHANG, H. Assessment of river water quality in Pearl River Delta using multivariate statistical techniques. **Procedia Environmental Sciences**, v. 2, n. 9, p. 1220-1234, 2010.

FARIAS, M. S. S. **Monitoramento da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Cabelo**. 2006. 152 f. Tese (Doutorado) – Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

FREIRE, R. **Monitoramento Da Qualidade Da Água Da Bacia Hidrográfica Do Ribeirão Maringá**. 2010. 175 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Química do Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

FREIRE, R.; BONIFÁCIO, C. M.; FREITAS, F. H.; SCHNEIDER, R. M.; TAVARES, C. R. G. Nitrogen forms and total phosphorus in water courses: a study at Maringá stream, Paraná State. **Acta Scientiarum Technology**, v. 35, n. 4, p. 711-716, 2013.

FUNASA - Fundação Nacional Da Saúde. **Manual Prático de Análise de Água**. 4ª. ed. Brasília: Funasa, 2013. 150 p.

GALINDO, E. F. **A intersectorialidade como requisito para construção de uma Cidade Saudável**: política de Saneamento e de Saúde no Recife (gestão 2001-2004) - Estudo de Caso. 2004. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Desenvolvimento Urbano. Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2004.

GAMARO P.E.M.; TULIO S. Avaliação do uso de um medidor de vazão Doppler em batimetrias em reservatórios profundos. In: **I Congresso Paraguayo de Recursos Hídricos**, 2005.

GALLI, A. J. B.; MONTEZUMA, M. C. **Alguns aspectos da utilização do herbicida glifosato na agricultura**. São Paulo: Acadcom Gráfica e Editora LTDA, 2005. 67 p.
GAMARO P. E. M.; TULIO S. Avaliação do uso de um medidor de vazão Doppler em batimetrias em reservatórios profundos. In: **I Congresso Paraguayo de Recursos Hídricos**, 2005.

GHISI, N. C.; OLIVEIRA E. C.; MOTA, T. F. M.; VANZETTO, G. V.; ROQUE, A. A.; GODINHO, J. P.; BETTIM, F. L.; ASSIS, H. C. S.; PRIOLI, A. J. Integrated biomarker response in catfish *Hypostomus ancistroides* by multivariate analysis in the Pirapó River, southern Brazil. **Chemosphere**, v. 161, p. 69-79, 2016.

KAMRIN, M. A. **Pesticides profiles – Toxicity and environmental impact and fate**. New York: Lewis publishers, 1997. 693 p.

KLEPKA, V. Qualidade da água na bacia do Rio Pirapó: uma análise das condições bióticas e abióticas. **Diálogos & Saberes**, v. 7, n. 1, p. 9-17, 2011.

KOBIYAMA, M.; MOTA, A. A.; CORSEUIL, C. W., **Recursos Hídricos e Saneamento**. 1ª ed. Curitiba: Organic Trading. 2008. 160 p.

KOCZY, F.F, KRONENGOLD, M., LOWENTEIN, J.M, 1963, "A Doppler current meter", Marine Lab., Univ. of Miami, F1. Rep. 421.

KRONENGOLD, M., VLAS AK, W., 1965, " A Doppler current meter" *ISA Marine Sci*.

Instrumentatiobn, vol. 3.M. Sc. Thesis.

LARSON, R.; FARBER, B. **Estatística Aplicada**. 2ª ed. São Paulo: Person Prentice Hall, 2004. 476 p.

LEVIN, J.; FOX, A. J. **Estatísticas para Ciências Humanas**. 9ª ed. São Paulo: Person Prentice Hall, 2004. 497 p.

LINO, J. F. L.; KOBAYAMA, M.; MULUTTA, S. Relação de sólidos em suspensão com vazão e precipitação na Bacia Hidrográfica do alto Rio Negro, região sul do Brasil. In: **24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2007.

MARCONDES, C. R. **Estudo de descarga sólida em suspensão nos cursos d'água da Bacia Hidrográfica Do Rio Sapucaí**. 2011. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências em Engenharia da Energia, Universidade Federal De Itajubá, Itajubá, 2011.

MARTINEZ, M. **Aplicação de Parâmetros Morfométricos de Drenagem na Bacia do Rio Pirapó: o perfil longitudinal**. 2005. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Análise Regional e Ambiental do Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.

MERTEN, G. H; MINELLA, J. P. G. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentavel**, v. 2, n. 4, p.33-38, 2002.

MINELLA, J. P. G; MERTEN, G. H. Monitoramento de bacias hidrográficas para identificar fontes de sedimentos em suspensão. **Ciência Rural**, v. 41, n. 3, p. 424-432, 2011.

MORGAN, R.P.C. **Soil erosion and conservation**. 3ª ed. Malden: Blackwell, 2005. 304 p.

NEVES, R.; RIBEIRO, P.; ROCHA, J. Q.; PASQUALLI, R. M.; RUBIN, R. S.; TOFOLI, G. R.; FIORINI, M. V. Associação de herbicidas pós-emergentes ao glifosato no manejo de plantas daninhas na soja transgênica. In: **Congresso Brasileiro Da Ciência das Plantas Daninhas**, p. 2437 – 2440, 2010.

OLIVEIRA, B. S. S.; CUNHA, A. C. Correlação entre qualidade da água e variabilidade da precipitação no sul do Estado do Amapá. **Revista Ambiente e Água**, v. 9, n. 2, p. 261-275, 2014.

OLIVEIRA, M. R; **Investigação da Contaminação por Metais Pesados da Água e do Sedimento de Corrente nas margens do Rio São Francisco e tributários, a jusante da Represa da Cemig, no município de Três Marias, Minas Gerais**. 2007. 172 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

PHILIPPI JUNIOR, A. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Manole, 2005. 842 p. (Coleção Ambiental: 2).

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das Águas e Poluição**: aspectos físico-químicos. São Paulo: ABES, 2006. 265 p.

RAMALHO, J. F. G. P.; SOBRINHO, N. M. B. A.; VELLOSO, A. C. X. Contaminação da microbacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. **Pesquisa Agropecuárias Brasileiras**, v. 35, n. 7, p. 1289-1303, 2000.

REIS, J. A. T.; MENDONÇA, A. S. F. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 3, p. 253-362, 2009.

RIBEIRO, G. M.; MAIA, C. E.; MEDEIROS, J. F. Uso da regressão linear para estimativa da relação entre a condutividade elétrica e a composição iônica da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 01, p. 15-22, 2005.

RICHTER, B. D.; BAUMGARTNER, J. V.; POWELL, J.; BRAUN, D. P. A Method for Assessing Hydrologic alteration within Ecosystems. **Conservation Biology**, v. 10, n. 4, p. 1163-1174, 1996.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETO, J. M. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blucher, 1991.

ROY, D. P. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. **Remote Sensing of Environment**, v. 145, p. 154-172, 2014.

SÃO PAULO. Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e Amostragem, In: **Qualidade Das Águas Interiores no Estado de São Paulo**. Série Relatórios, Apêndice A, 2009.

SCHNEIDER, R. M. **Qualidade da água e deposição de sedimentos em trechos da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó representados pelo Ribeirão Maringá**. 2009. 154 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Centro Tecnológico, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; AMORIM, R. S. S.; PAIVA, K. W. N. Efeito da cobertura nas perdas de solo em um Argissolo Vermelho-Amarelo utilizando simulador de chuva. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 409-419, 2005.

SILVA, G. S.; JARDIM, W. F. Um novo índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática aplicado ao Rio Atibaia, região de Campinas/Paulínia – SP. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 689-694, 2006.

SILVA, M. A. L.; CALASANS, C. F.; OVALLE, A. R. C.; REZENDE, C. E. Dissolved nitrogen and phosphorus dynamics in the portion of the Paraíba do Sul River, Campos

dos Goytacazes, RJ, Brasil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v. 44, n. 4, p. 365-371, 2001.

SILVA, R. C. A.; ARAUJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 8, n. 4, p. 1019-1028, 2003.

SINGH, K. P.; MALIK, A.; MOHAN, D.; SINHA, S. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India) – a case study. **Water Research**, v. 38, n. 18, p. 3980-3992, 2004.

SUBCOMMITTEE ON SEDIMENTATION. **Determination of fluvial sediment discharge. Inter-Agency Committee on Water Resources**. Report n 14. Washington, D.C. 1963.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Plant physiology and Development**. 6ª ed. Sinauer Associates, 2015. 761 p.

TARELHO JUNIOR, O. **Monitoramento da Qualidade da Água das Bacias do Paranapanema**. 2014. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014.

TAVARES, A. R. **Monitoramento da Qualidade e Diagnóstico de Conservação das Águas do Rio Paraíba do Sul**. 2006. 202 f. Dissertações (Mestrado) - Departamento de Infra-Estrutura Aeronáutica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos. 2006.

TIAGO FILHO, G. L.; VIANA, A. N. C.; CAETANO, G. T.; SANTOS, R. M. R. D. O uso do ADCP em pequenos e médios cursos d'água. Grupo de Trabalho Sobre Hidromecânica 5ª Reunión, 1999.

TUNDISI, J. G., MATSUMURA-TUNDISI, T. **Recursos Hídricos no século XXI**. 2ª ed. São Carlos: Oficina de Textos, 2010, p. 283.

UNESCO - UNITED NATION EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION; WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION; UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and water in Environmental Monitoring**. 2ª ed. Cambridge: Chapman & Hall, 1996. 609 p.

VERSTRAETEN, G.; POESEN, J.; GILLIGNS, K.; GOVERS, G. The use of riparian vegetated filter strips to reduce river sediment loads: an overestimated control measure? **Hydrological processes**, v.20, p.4259- 4267, 2006.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**, 3ª ed. Belo Horizonte: Editora SEGRAC. 2005.

WALLING, D.E.. Tracing suspended sediment sources in catchments and river systems. **Science of the Total Environment**, v. 344, p. 159-184, 2005.

WHO. World Health Organization. Aluminium in Drinking-Water: Background document for development of. WHO Guidelines for Drinking-Water Quality In: **Guidelines for Drinking-water Quality**, 2^a ed. v. 2. Geneva, 1998 (Health criteria and other supporting information)

WOODWARD, W.E.; APPELL, G.F. **Current Velocity Measurement Using Acoustic Doppler Backscatter: A Review**. IEEE Journal of Oceanic Engineering, v. 11, n. 1, p. 3-6, 1986.

ZHAO, J.; FU, G.; LEI, K.; LI, Y. Multivariate analysis of surface water quality in the Three Gorges area of China and implications for water management. **Journal Of Environmental Sciences**, v. 23, n. 9, p. 1460-1471, 2011.

ANEXOS

ANEXO A

Utiliza-se o ábaco 1 e a partir da velocidade média, obtém-se q'_{nm} (descarga sólida não medida aproximada) por metro de largura.

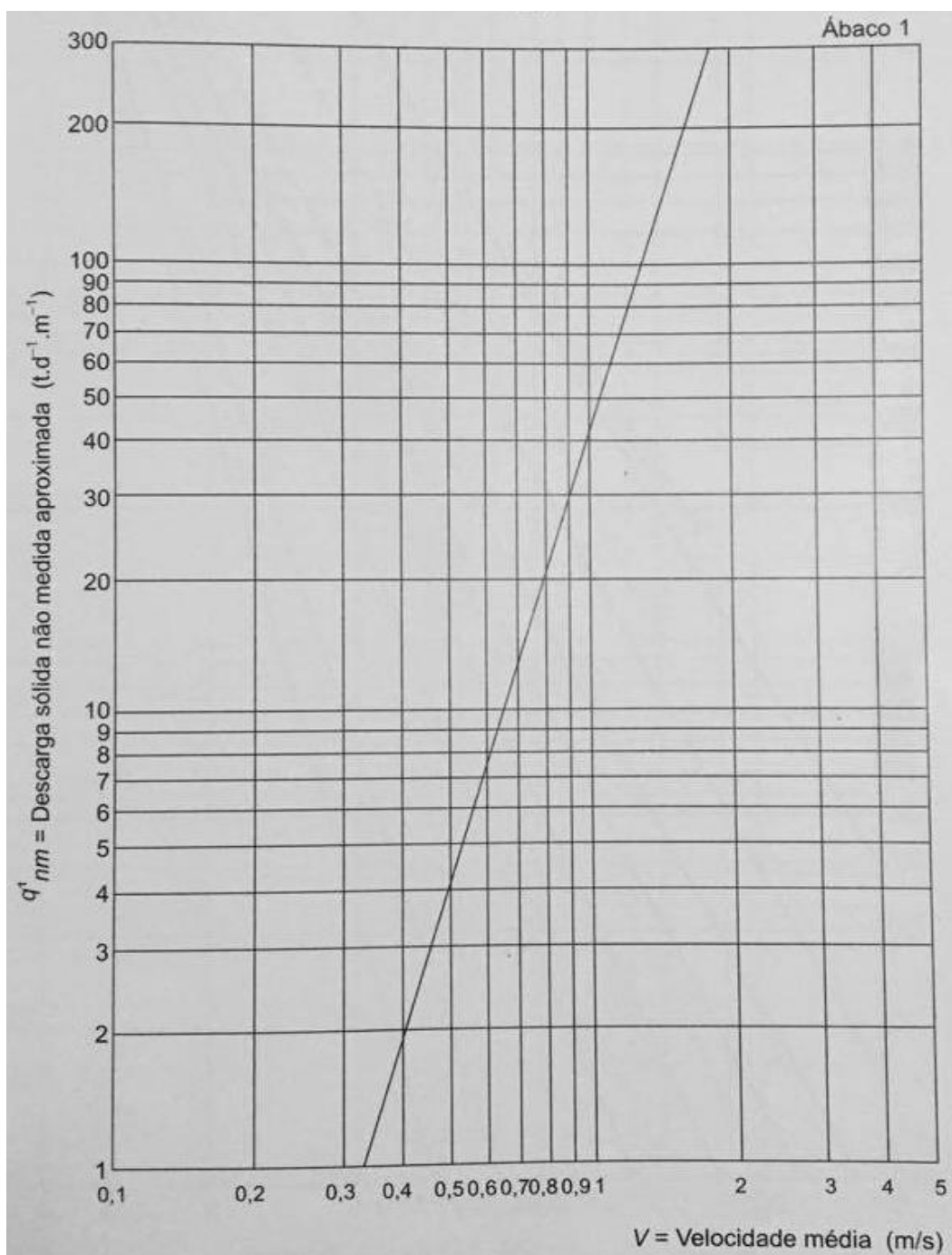


Figure 1 – Ábaco 1 para cálculo de descarga sólida total pelo método de Colby Simplificado.

ANEXO B

Utiliza-se o ábaco 2 para obtenção de C_r (concentração relativa) a partir de V (velocidade média) e da profundidade média do curso d'água.

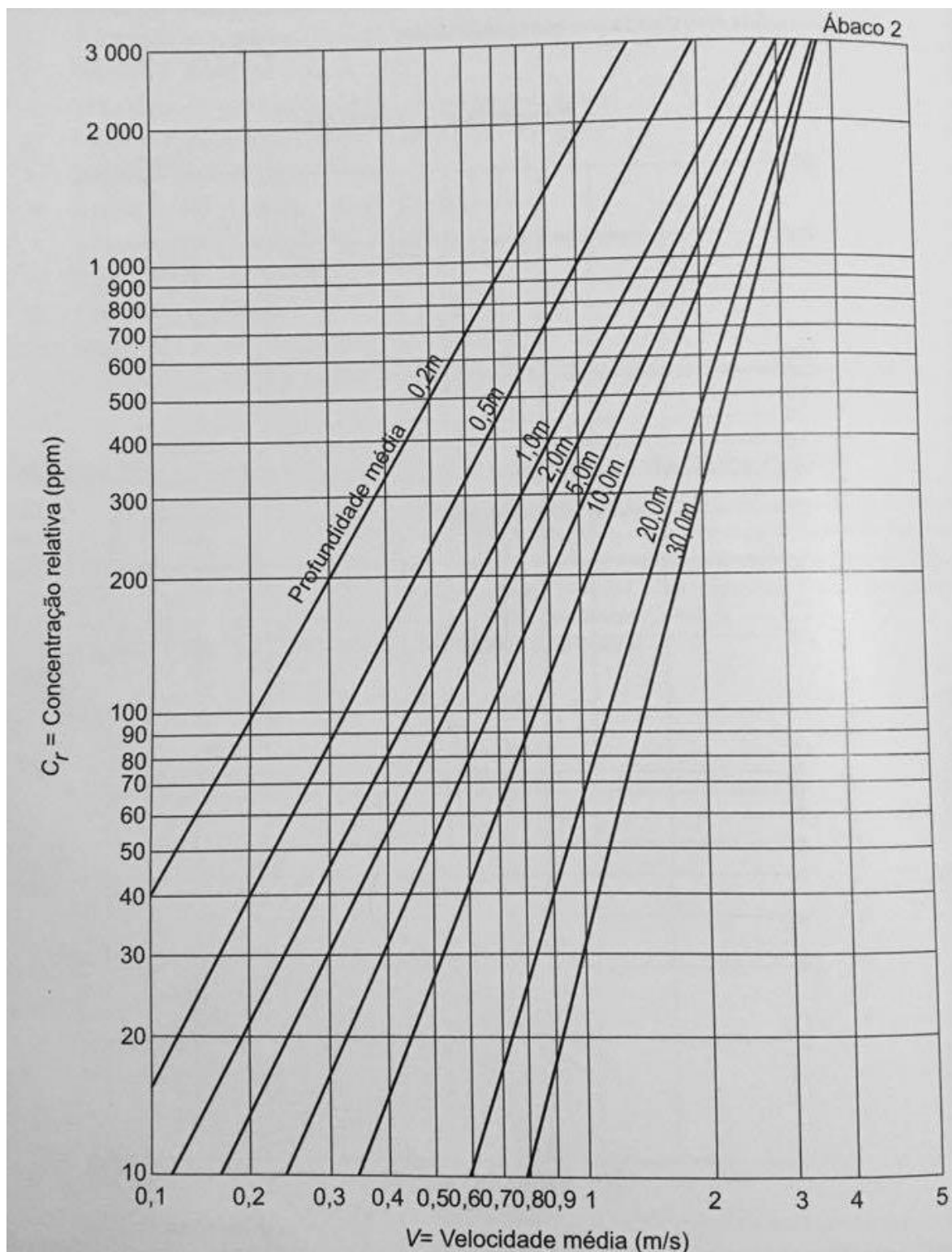


Figure 2 - Ábaco 2 para cálculo de descarga sólida total pelo método de Colby Simplificado.

ANEXO C

Utiliza-se o ábaco 3 para obtenção do K (fator de correção) a partir de C^1_s/C_r (razão de eficiência).

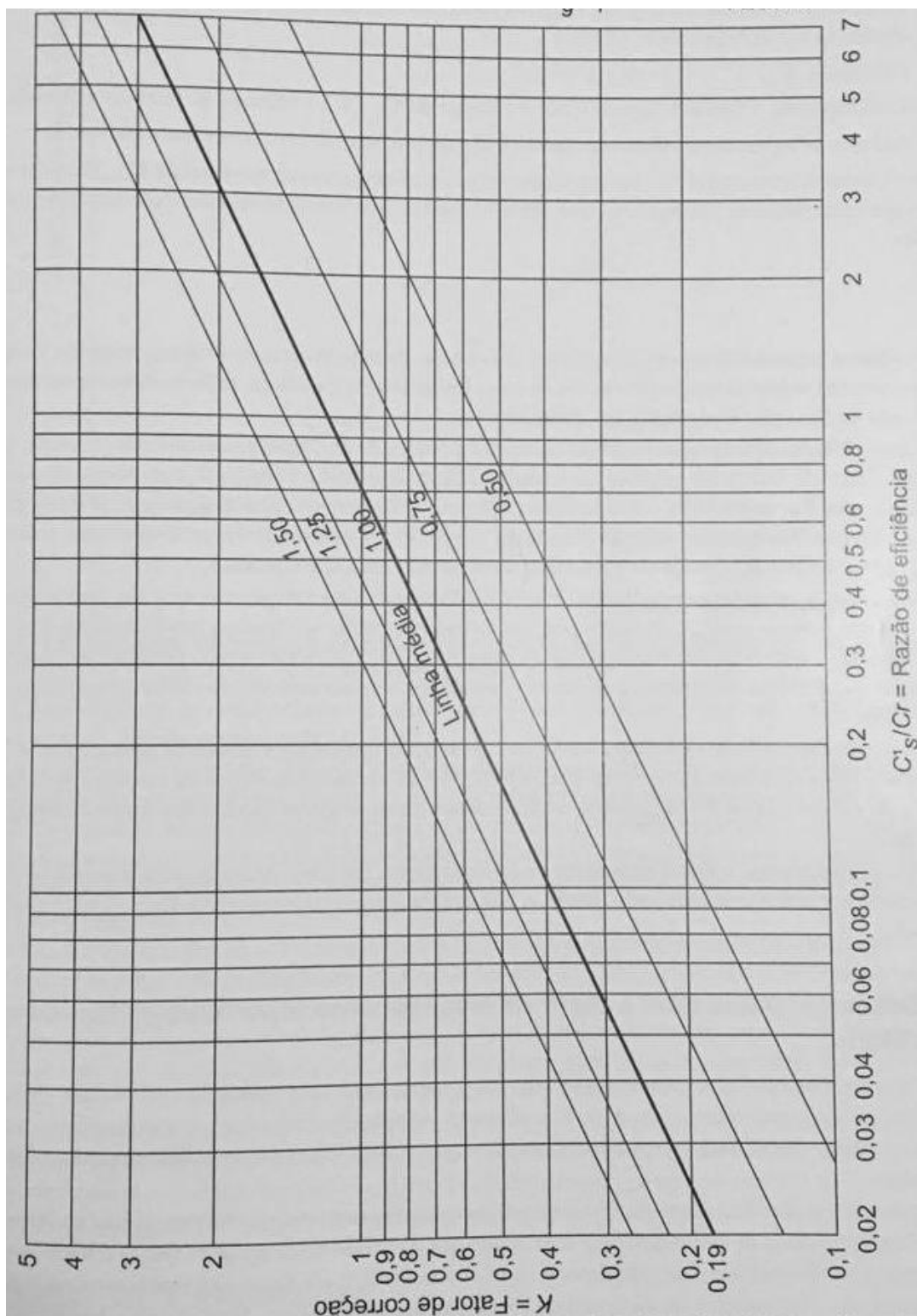


Figure 3 - Ábaco 3 para cálculo da descarga sólida total pelo método de Colby Simplificado.

ANEXO D

COR VERDADEIRA

(Metodologia descrita pelo equipamento Portable Datalogging Spectrophotometer HACH DR/2010 adaptada de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater)

(APHA – 1998)

Materiais:

- Membrana de 0,45 µm de poro e 47 mm de diâmetro;
- Água deionizada;
- Proveta graduada;
- Equipamento para filtração de vácuo (bomba a vácuo, frasco de filtragem, suporte graduado para filtro com 47 mm de diâmetro, rolha);
- Equipamento Potable Datalogging Spectrophotometer HACH DR/2010;
- Cubeta 25 ml.

Procedimento:

Filtrar 25 ml de água deionizada com auxílio de uma bomba a vácuo, utilizando-se a membrana de 0,45 µm. Transferir o filtrado para uma cubeta de 25ml, proceder da mesma maneira utilizando 25 ml da amostra. Em seguida ajustar o equipamento espectrofotômetro no programa 120 e comprimento de onda 455 nm. Zerar o equipamento com água deionizada posteriormente filtrada e em seguida ler a cor verdadeira da amostra em unidades PtCo.

ANEXO E**TURBIDEZ**

(Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater)
(APHA – 1998)

Materiais:

- Cubetas;
- Água deionizada;
- Turbidímetro – modelo AP 1000II, Polilab.

Procedimento:

Fazer a calibração do aparelho com os padrões 10 e 100 ou 1000, dependendo da turbidez da amostra. Lavar a cubeta vazia com a própria amostra antes de fazer a leitura da mesma. Esta medida de turbidez é aquela que emprega o processo de nefelometria, ou seja, através de uma fotocélula mede-se a quantidade de luz que emerge perpendicularmente de um feixe luminoso que passa pela amostra. Este processo é expresso em Unidade Nefelométrica de Turbidez (NTU). Fazer a leitura rapidamente.

ANEXO F**DETERMINAÇÃO DE NITRITO**

(Diazotization Method – Metodologia descrita pelo equipamento Portable Datalogging Spectrophotometer HACH DR/2010)

Materiais e Reagentes:

- Duas cubetas de 10 ml;
- Água deionizada;
- Reagente em pó de Nitri Ver 2;
- Equipamento Portable Datalogging Spectrophotometer HACH.

Procedimento:

Acrescentar, em uma cubeta, 10 ml de amostra e, em outra, 10 ml de água deionizada (o branco). Adicionar o reagente em pó de nitrito Nitri Ver 2 em cada cela. Esperar dez minutos para a reação ocorrer. Ajustar o equipamento no programa 373 à absorvância de 585 nm, zerar o equipamento com o branco e iniciar a leitura da concentração de nitrito (NO^2).

ANEXO G**DETERMINAÇÃO DE NITRATO**

(Cadmium Reduction Method – Metodologia descrita pelo equipamento Portable Datalogging Spectrophotometer HACH DR/2010)

Materiais e Reagentes:

- Duas cubetas de 25 ml;
- Água deionizada;
- Reagente em pó de Nitra Ver 5;
- Equipamento Portable Datalogging Spectrophotometer HACH.

Procedimento:

Acrescentar, em uma cubeta, 25 ml de amostra e, em outra, 25 ml de água deionizada (o branco). Adicionar o reagente em pó de nitrato Nitra Ver 5 em cada cela. Esperar cinco minutos para a reação ocorrer. Ajustar o equipamento no programa 355 à absorvância de 500 nm, zerar o equipamento com o branco e iniciar a leitura da concentração de nitrato (NO_3) e nitrato de nitrogênio ($\text{NO}_3\text{-N}$).

ANEXO H

NITROGÊNIO AMONIAICAL TOTAL

(Nessler Method – Metodologia descrita pelo equipamento Portable Datalogging Spectrophotometer HACH DR/2010 – Adaptado de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - APHA - 1998)

Materiais e Reagentes:

- Cubetas de 25 ml;
- Água deionizada;
- Reagente Nessler;
- Estabilizador mineral;
- Agente dispersante álcool polivinil;
- Equipamento Portable Datalogging Spectrophotometer HACH.

Procedimento:

Acrescentar, em uma cubeta, 25 ml de amostra e, em outra, 25 ml de água deionizada (o branco). Adicionar 3 gotas do estabilizador mineral, 3 gotas de agente dispersante álcool polivinil e 1 ml do reagente Nessler em cada cela.

Esperar um minuto para a reação ocorrer. Ajustar o equipamento à absorvância de 425 nm, zerar o equipamento com o branco e iniciar a leitura da concentração de $\text{NH}_3\text{-N}$, seguida de NH_4^+ e NH_3 .

A soma das concentrações obtidas indica a concentração de nitrogênio amoniacal total.

ANEXO I**FÓSFORO TOTAL**

(Method 8190 - PhosVer® 3 Method and Acid Persulfate Digestion Test' N Tube™
Procedure)

Materiais e Reagentes:

- Bloco Digestor;
- Pipeta analítica;
- Funil e suporte para tubos de ensaio
- PhosVer 3 Phosphate Reagent Powder Pillows
- Potassium Persulfate Powder Pillows
- Solução de hidróxido de sódio 1,54 N
- Equipamento Portable Datalogging Spectrophotometer HACH.

Procedimento:

Ligar o bloco digestor e esperar aquecer a uma temperatura de 150 °C. Adicionar 5 ml da amostra no tubo de teste contendo reagente ácido hidrolisável e em seguida com auxílio de um funil adicionar o reagente persulfato de potássio, agitar para dissolver e colocar no bloco digestor por 30 minutos.

Após 30 minutos, retirar os tubos do bloco digestor e aguardar até temperatura ambiente. Adicionar 2 ml de hidróxido de sódio 1,54 N, e o reagente PhosVer 3 Phosphate, agitar por 15 segundos, as amostras devem ser lidas entre 2 e 8 minutos após a adição do PhosVer 3 Phosphate Reagent.

Ajustar o equipamento no programa 535 à absorvância de 890 nm, fazer leitura para P, PO_4^{-3} e P_2O_5 .

ANEXO J

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

(BODTrak II – Simplified procedure - 2010)

Materiais e Reagentes:

- Frasco âmbar, barra de agitação, proveta graduada;
- Termômetro, espátula;
- Incubadora, aparelho BODTrakII;
- 1 nutrient buffer pillow;
- 2 potassium hydroxide pellets.

Procedimento:

Agitar bem a amostra caso ela contenha grandes quantidades de sólidos suspensos e sedimentáveis, com ajuda de uma proveta adicionar 420 ml de amostra ao frasco âmbar, esquentar ou aquecer a uma temperatura entre 19 e 21° C. Adicionar o conteúdo de 1 nutrient buffer pillow, 2 potassium hydroxide pellets, coloque a barra de agitação dentro do frasco, tampe o frasco com o copo de vedação e leve-o para o equipamento BODTrak II, programe os canais do equipamento para 35 mg/L coloque-o dentro de uma incubadora a 20 ± 1 ° C. O resultado estará no visor do equipamento após um período de 5 dias.

ANEXO K**SÓLIDOS TOTAIS**

(American Public Health Association – Standard Methods for the Examination of
Water and Wastewater)
(APHA – 1995)

Materiais:

- Dessecador;
- Cápsula de porcelana;
- Estufa;
- Balança analítica;
- Mufla.

Procedimento:

Tarar uma cápsula de porcelana limpa e seca, colocando-a na mufla por 30 minutos, esfriar em dessecador e pesar (P1). Adicionar 100 ml da amostra na cápsula e levar à estufa à 100 °C até a secagem completa (cerca de 12 horas). Esfriar no dessecador e pesar (P2).

3. Cálculo

A determinação dos sólidos totais é dada por:

$$ST = \frac{(P2 - P1) \cdot 10^6}{\text{Volume da amostra}} \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

ANEXO L**SÓLIDOS FILTRÁVEIS**

(American Public Health Association – Standard Methods for the Examination of
Water and Wastewater)

(APHA – 1995)

Materiais:

- Dessecador;
- Papel de fibra de vidro;
- Estufa;
- Bomba de vácuo;
- Balança analítica;
- Mufla.

Procedimento:*Preparo do filtro*

Colocar um disco de papel de fibra de vidro no aparelho de sucção. Com a bomba de vácuo ligada, lavar o filtro com três sucessivos volumes de 20 ml de água destilada. Remover toda a água com a aplicação de vácuo. Remover o papel de filtro de fibra de vidro do aparelho de filtração e levar à mufla a 550 °C por 30 minutos. Colocar no dessecador até resfriamento total.

Análise:

Pesar o papel de fibra de vidro preparado acima, obtendo-se P1. Agitar vigorosamente a amostra, tomar 100 ml em uma proveta graduada e filtrar. Remover cuidadosamente o papel de fibra de vidro com o resíduo retido. Levar à estufa a 105° C -110° C durante 12 h, ou até peso constante. Esfriar no dessecador e pesar, obtendo P2.

4. Cálculo

Sólidos filtráveis totais (SFT):

$$SFT = \frac{(P2 - P1) \cdot 10^6}{\text{Volume da amostra}} \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

ANEXO M**SÓLIDOS NÃO-FILTRÁVEIS TOTAIS**

(American Public Health Association – Standard Methods for the Examination of
Water and Wastewater)

(APHA – 1995)

Os sólidos não-filtráveis podem ser determinados pela diferença entre os sólidos totais e sólidos filtráveis:

$$SNFT = ST - SFT \text{ mg.L}^{-1}$$

ANEXO N**GLIFOSATO****Application Work AW IC BR-007- 032012****Determinação de Ânions, Oxihalatos, Glifosato e AMPA com gradiente de alta pressão****Materiais e Reagentes:**

- 850 Professional IC;
- 858 Professional Sample Processor;
- Metrosep A Supp7 – 250/4.0;
- Metrosep A Supp 1 Guard/4.6.

Eluente A:

- Na₂CO₃ 1 mmol/L (carbonato de sódio)
 - NaOH 15,0 mmol/L (hidróxido de sódio)
- Pesar 0,212 g de Na₂CO₃ e 1,20 g de NaOH. Diluir em 2 litros de Água Milli-Q.

Eluente B:

- Na₂CO₃ 15 mmol/L (carbonato de sódio)
- Pesar 3,18 g Na₂CO₃ e diluir em 2 litros de Água Milli-Q.

Solução Regenerante:

- Ácido Sulfúrico H₂SO₄ 500 mM (d: 1,84) (PM: 98,08)
- Pipetar 26,5 ml de H₂SO₄ PA. Diluir em 1 litro de Água Milli-Q.

Solução de limpeza: 1 L Água Milli-Q.

Condições Cromatográficas

- Fluxo: 0,7 mL/min;
- Polaridade: +;
- Coef. Temp: 2,3% /°C;
- Forno de Coluna: 45 °C;
- Volume de injeção: 200 µL.

ANEXO O

METAIS DISSOLVIDOS (ALUMÍNIO, FERRO, COBRE, CHUMBO, ZINCO, MANGANÊS, CROMO, COBALTO, NIQUEL, BÁRIO E CÁDMIO, SÓDIO E CÁLCIO) POR ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA

(Analytical Methods for Flame Spectroscopy)

Materiais:

- Solução de ácido nítrico;
- Membrana HA em éster de celulose, 0,45 µm de poro, 47 mm de diâmetro;
- Espectrômetro de absorção atômica SpectrAA B50.

Procedimento:

Para determinação de metais dissolvidos

Filtra-se a amostra em membrana de 0,45 µm de poro. A leitura é direta.

As soluções padrão para a calibração do espectrômetro de absorção atômica podem ser preparadas por diluições de 1000 ppm de cada elemento a ser dosado. Após o ajustar o aparelho de espectrometria de absorção atômica nas condições exigidas para a determinação dos metais (Cu, Fe, Mn, Zn, Co, Cr e Ni), acertar o zero com a prova em branco. Fazer a leitura dos padrões, realizando uma curva de calibração. Realizar a leitura da amostra, para a determinação da concentração.

ANEXO P**COLIFORMES TERMOTOLERANTES**

(Sistema Petrifilm™ 3M Company, St. Paul, MN, EUA - Método validado AFNOR 3M 01/2 – 09/89C)

Materiais:

- Álcool 70%;
- Algodão;
- Placas petrifilm;
- Difusor;
- Pipeta analítica de 5 ml;
- Estufa para cultura bacteriológica;
- Câmara

Procedimento:

Passar álcool 70% em toda a câmara, com FRIA e VENT ligados, colocar as placas de coliformes, difusor e pipeta, ligar UV e aguardar por 20 minutos com a câmara fechada.

Ainda dentro da da câmara levante o filme superior da placa petrifilm, com a pipeta posicionada perpendicularmente à Placa Petrifilm, coloque 1 ml da amostra no centro do filme inferior, cuidadosamente desça o filme superior de forma a evitar a formação de bolhas de ar. Não deixe o filme superior cair, com o lado liso para baixo, coloque o difusor no filme superior sobre o inóculo, delicadamente pressione o difusor para distribuir o inóculo na área circular antes do gel se formar. Não gire nem arraste o difusor. Espere um minuto, no mínimo, para o gel solidificar.

Incube as placas com a face transparente para cima, em pilhas de até 20 placas. Pode ser necessário umidificar a estufa para minimizar a perda de umidade. Faça a contagem das colônias formadas.

