

## **164 – ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL DO RIBEIRÃO RODEADOR/DF POR MEIO DA INTENSIFICAÇÃO DO MONITORAMENTO EM PERÍODOS SECO E CHUVOSO**

### **Bárbara Moreto Fim<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental (UFES) e mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos (UnB). Atuou como pesquisadora nas áreas de qualidade da água, gestão dos recursos hídricos e segurança hídrica (UFES). Atualmente é agente ambiental no Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA-ES).

### **Ricardo Tezini Minoti<sup>(2)</sup>**

Biólogo (UFSCar), Mestre e Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental (Escola de Engenharia de São Carlos/USP). Estágio Pós-Doutoral na Universidade de Adelaide (Austrália). Professor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, da Universidade de Brasília e do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos (PTARH-UnB). Suas principais áreas de atuação são Controle da Poluição da Água, Limnologia e Métodos e modelos para análise ambiental e de recursos hídricos.

### **Paulino Bambi<sup>(3)</sup>**

Biólogo (UFMT), mestre em Física Ambiental (UFMT), doutor em Ecologia de Ecossistemas (UnB). Realizou estágio pós-doutoral no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos (UnB). Tem experiência na área de Ecologia, com foco nos ecossistemas e geração de dados espaciais e temporais nas florestas ripárias e recursos hídricos.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** IEMA - Rodovia BR 262, km 0, Pátio Velho - Jardim América - Cariacica - Espírito Santo - 29140-130 - Brasil - Tel: +55 (27) 99816-9182 - e-mail: [barbara.fim@iema.es.gov.br](mailto:barbara.fim@iema.es.gov.br).

## **RESUMO**

O monitoramento da qualidade da água é uma das ferramentas de planejamento do uso da água e controle da poluição. Devido a diversos fatores financeiros e de infraestrutura, o monitoramento da qualidade da água usualmente planejado pelas entidades reguladoras nem sempre consegue abranger a frequência necessária para o entendimento dos impactos das atividades antrópicas sobre os recursos hídricos. Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade da água superficial do Ribeirão Rodeador/DF utilizando um plano de monitoramento intensivo nos períodos seco e chuvoso. Além disso, propõe-se atualizar a base de dados monitorados e aprimorar a disponibilidade de informações relacionadas à Bacia Hidrográfica do Ribeirão Rodeador. Para tal fim, foi determinado um plano de monitoramento da qualidade da água com coletas semanais de julho de 2017 a fevereiro de 2018, além de eventos de amostragem contínua no período noturno, nas estações seca e chuvosa. Os parâmetros observados foram temperatura, pH, turbidez, condutividade, oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, fósforo total e fósforo reativo. Os resultados do monitoramento mostram que o Ribeirão Rodeador apresenta boa qualidade. As cargas de matéria orgânica e de compostos de nitrogênio e fósforo são baixas. Ainda assim, na maior parte das vezes, são subestimadas pelo monitoramento padrão realizado pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal - CAESB. A amostragem contínua no período noturno demonstrou algumas cargas de compostos nitrogenados e fósforo em horários pouco comuns, como de madrugada. Conclui-se que o presente trabalho traz evidências da necessidade de monitoramento mais frequente da qualidade da água do ribeirão Rodeador/DF, e maior atenção a essa bacia, principalmente se considerado que o ribeirão aflui para o reservatório Descoberto, principal manancial de abastecimento do Distrito Federal.

**PALAVRAS-CHAVE:** Qualidade da água, Monitoramento, Carga de nutrientes.

## INTRODUÇÃO

A água é um recurso vital para a manutenção da vida e para o desenvolvimento sustentável das comunidades. O uso sustentável dos recursos hídricos é um desafio, pois requer a efetividade de instrumentos de gestão que associem o crescimento econômico e populacional à preservação ambiental. Nesse sentido, é necessário promover a manutenção dos recursos hídricos de modo a propiciar os usos múltiplos, evitar a depleção da quantidade e a deterioração da qualidade, pois todos esses aspectos são necessários à garantia do acesso à água.

O Distrito Federal foi construído em meio ao Planalto Central, onde ocorrem nascentes de afluentes de três grandes regiões hidrográficas brasileiras, com abundância de águas superficiais e subterrâneas, mas explorada até quase seu limite para o desenvolvimento do seu território. Nos últimos anos, eventos de seca extrema têm sido recorrentes, e o DF enfrenta crises no abastecimento de água. O Reservatório Descoberto compõe o maior sistema de distribuição de água do DF, responsável por aproximadamente 60% do abastecimento de sua água tratada (CAESB, 2018).

Nesse contexto, o ribeirão Rodeador se destaca como um importante afluente do reservatório Descoberto. O monitoramento da qualidade da água superficial desse ribeirão é essencial para garantir a saúde pública, a preservação dos ecossistemas locais e a segurança hídrica da população. A crescente ocupação humana e as atividades agrícolas nas proximidades do ribeirão Rodeador têm gerado preocupações quanto à contaminação e degradação da qualidade da água. Diante desse cenário, torna-se imprescindível a implementação de um programa de monitoramento adaptado à realidade local, que avalie os parâmetros físico-químicos e biológicos da água, permitindo a identificação de fontes de poluição e a adoção de medidas corretivas (FERRIGO, 2014).

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Rodeador conta com monitoramento mensal histórico de qualidade da água realizado pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB). Segundo esses dados, observa-se variação nos valores de parâmetros de qualidade da água. O aporte de nutrientes de fontes difusas nas bacias afluentes ao reservatório, provenientes de áreas ocupadas pela agropecuária, pode ser uma das causas do aumento da disponibilidade de nutrientes, podendo contribuir com o processo de eutrofização do Reservatório Descoberto.

Diversos estudos demonstram a importância de estudar a bacia do Ribeirão Rodeador/DF. Silva (2016) aplicou ao Ribeirão Rodeador/DF o método TMDL (Total Maximum Daily Loads), que calcula a quantidade máxima de um poluente que pode entrar em um corpo hídrico para que este continue a satisfazer o padrão de qualidade, e realizou campanhas para análise de qualidade da água superficial. Aguiar (2016) traçou curvas de permanência de vazão e de qualidade da água do Ribeirão Rodeador/DF, e também realizou campanhas de campo para análise da qualidade da água do ribeirão. Ambas as autoras indicam ser necessária maior atenção à concentração de nutrientes no ribeirão.

Pires Filho (2017) buscou detectar as mudanças no uso e ocupação da terra e na disponibilidade hídrica superficial da bacia do Ribeirão Rodeador. O autor conclui que a bacia teve cerca de 80% de sua área de Cerrado alterada para agricultura entre 1994 e 2001, e cerca de 15% dessa área foi recuperada de 2001 a 2015. Com relação à disponibilidade hídrica, as vazões mínima, média e máxima mostram forte tendência de redução de vazão considerando os dados de 1978 a 2017. Isso demonstra que a bacia está sob forte pressão da expansão agrícola, dependente da irrigação, que depleciona a disponibilidade hídrica. Além disso, a conversão de áreas de vegetação nativa em áreas para agricultura aumentam a possibilidade de carreamento de sedimentos e nutrientes.

Considerando esses estudos, ressalta-se que existem impactos sobre a qualidade da água superficial do Ribeirão Rodeador que ainda não foram estudados, além de lacunas associadas aos dados disponíveis de monitoramento da qualidade da água, e da representatividade desses dados para a efetiva análise das condições da bacia. Sendo assim, se faz necessária a condução de pesquisas sobre esse assunto da região.

## OBJETIVOS

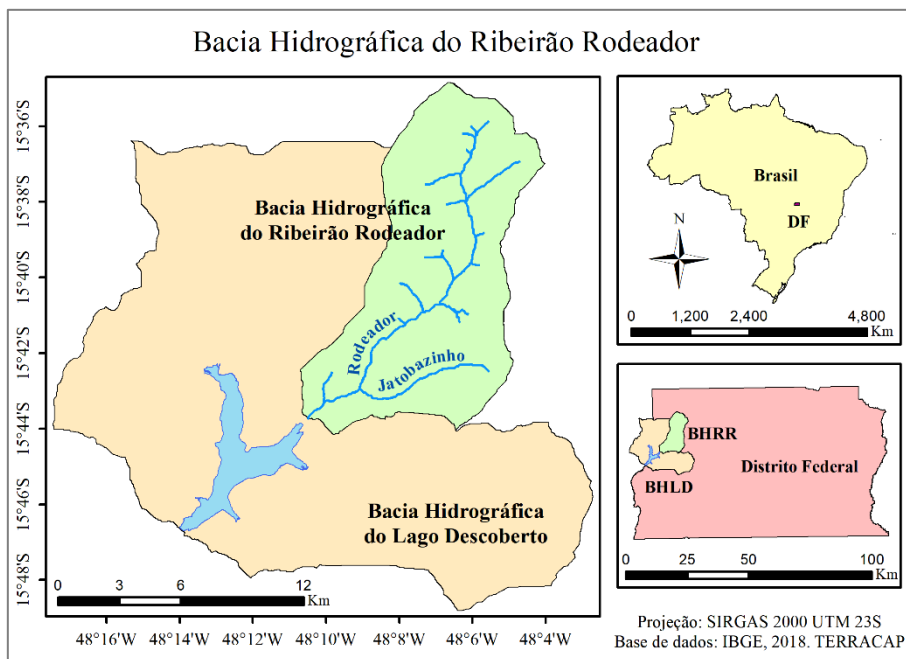
O objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade da água superficial do Ribeirão Rodeador/DF utilizando um plano de monitoramento intensivo nos períodos seco e chuvoso. Além disso, propõe-se atualizar a base de dados monitorados, com a indicação da melhor frequência de amostragem, e aprimorar a disponibilidade de informações relacionadas à Bacia Hidrográfica do Ribeirão Rodeador.

## METODOLOGIA

### Caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Reservatório Descoberto (BHRD) está inserida na grande região hidrográfica do Paraná, na região do Planalto Central Brasileiro. Seu território de 452 km<sup>2</sup> é dividido entre o estado de Goiás, com aproximadamente 30% da área, e o Distrito Federal, com os 70% restantes (Lima et al., 2014).

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Rodeador (BHRR), apresentada na Figura 1, é uma sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Reservatório Descoberto (BHRD), localizada na margem nordeste do lago, com uma área de 113,46 km<sup>2</sup>, cerca de 25% do total da área da BHRD.



**Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Rodeador (BHRR).**

**Fonte: elaboração própria.**

O Reservatório Descoberto abastece aproximadamente 60% da população do Distrito Federal, tendo o Ribeirão Rodeador como seu principal afluente. Devido a períodos de seca mais severa, em outubro de 2016 o nível do reservatório atingiu valores inferiores a 20% da sua capacidade de armazenamento. Houve a adoção de rodízio de abastecimento de água nas regiões do sistema Descoberto de janeiro de 2017 a junho de 2018 (CAESB, 2018).

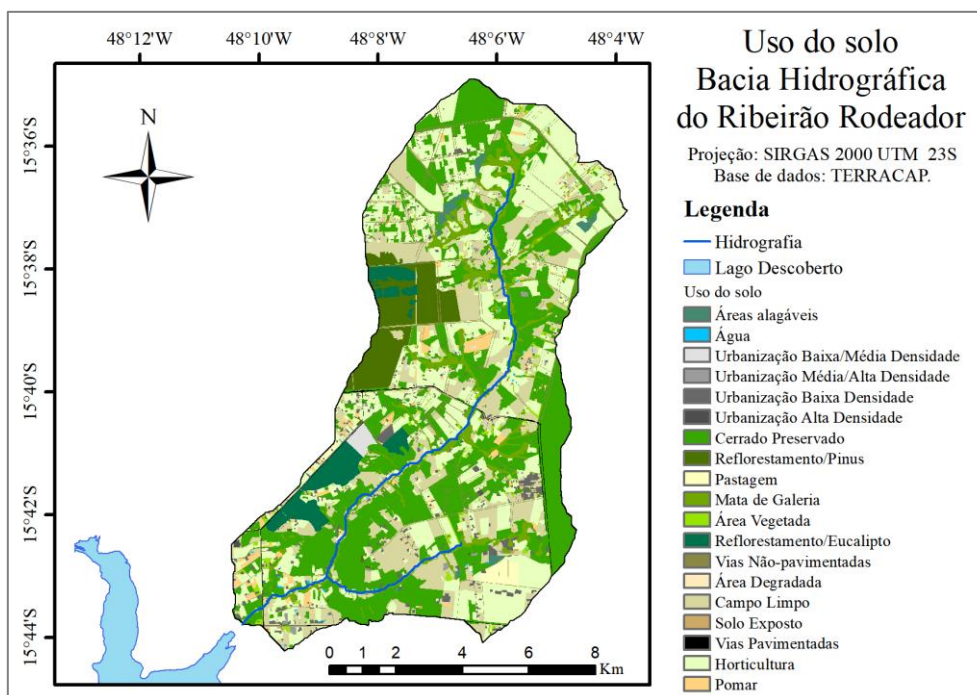
A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Rodeador (BHRR) foi escolhida para a realização do presente trabalho pois a Polícia Ambiental recebeu denúncia de odor no rio próximo ao ponto de monitoramento, que gerou suspeita de lançamentos de efluentes não tratados provenientes das atividades agropecuárias na bacia. Associa-se a isso a necessidade de realização de estudos relacionados à intensificação do monitoramento mensal realizado pela CAESB. Em função desse monitoramento histórico, a escolha mais apropriada foi a de um ponto de amostragem que coincidissem com a estação de monitoramento da CAESB.

O clima da região é classificado como tropical típico de savana, caracterizada por inverno seco. A umidade relativa média do ar é 67%, mas pode ocorrer grande variação, podendo chegar a 15% no período de seca. As temperaturas médias anuais ficam entre 19°C e 23°C (LIMA et al., 2014). A precipitação média anual é aproximadamente 1400 mm. A estação seca, de maio a setembro, é bastante rigorosa, chegando a registrar de 5 a 6 meses sem chuva em anos mais secos. A estação chuvosa vai de outubro a abril, sendo que 80% do total anual de chuvas ocorre no verão, de dezembro a março (FERRIGO, 2014).

O relevo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Rodeador é predominantemente plano e suavemente ondulado, sendo que 76% da bacia apresenta declividades inferiores a 8%. Menos de 4% da região apresenta declividades

superiores a 20%. Os tipos de solo presentes na região da bacia, em ordem de predominância, são Latossolo Vermelho (LV), Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), Cambissolo Háplico (CX), Plintossolo Háplico (FX), Neossolo Quartzênico (RQ) e Gleissolo Háplico (GX) (REATTO *et al.*, 2003).

A BHRR caracteriza-se principalmente por atividades de agricultura e pecuária em pequenas propriedades rurais que formam pontos de urbanização de baixa densidade, como pode ser visto na Figura 2. Assim, predominam áreas de cerrado preservado, horticultura e campo limpo, que perfazem cerca de 75% da área da bacia. Outros usos expressivos são mata de galeria, reflorestamento de pinus e eucalipto, pomares, áreas vegetadas e áreas urbanas de baixa densidade, que somados correspondem a quase 20% da área da bacia (SILVA, 2016).



**Figura 2: Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Rodeador/DF.**  
**Fonte: elaboração própria com base nos dados de FERRIGO (2014).**

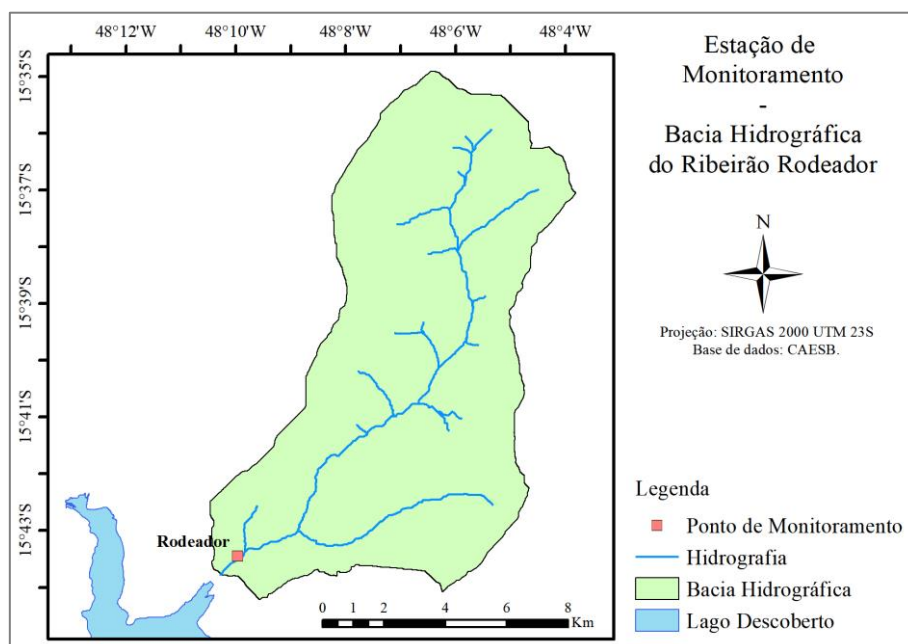
Segundo os dados compilados por Silva (2016), existem doze pontos de captação de água superficial outorgados pela ADASA na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Rodeador (BHRR), no entanto, são realizadas retiradas significativas em apenas dois. O cadastro de poços disponibilizados pela ADASA, levantados por Araújo (2018) lista um total de 238 locais de captação subterrânea na BHRR, 134 poços classificados como manuais e 104 como tubulares. Como as finalidades são declaratórias, na bacia são observados os usos irrigação, abastecimento humano e criação de animais, sendo que na maioria dos casos, dois dos três usos se acumulam. As vazões outorgadas para esses poços são bastante variáveis. Nos poços tubulares a vazão mínima é 0,22 m³/dia, associada ao abastecimento humano, e a vazão máxima é 187,50 m³/dia, associada à criação de animais.

### Monitoramento da Qualidade da Água

O monitoramento da qualidade da água do Ribeirão Rodeador foi realizado próximo ao exutório da bacia, no mesmo ponto de monitoramento da CAESB, para fins comparativos. Foi realizado contato institucional com a CAESB para obter autorização para o uso das instalações da estação de monitoramento da companhia, além de solicitação de dados históricos do monitoramento realizado pela Companhia. No ponto de monitoramento mostrado na Figura 3, a CAESB dispõe de um linígrafo acoplado a um data logger. Na estação já existia uma manilha e tubos de PVC instalados pela CAESB. Os tubos fazem a conexão entre a manilha e o corpo hídrico.

A amostragem discreta foi realizada semanalmente, do dia 18 de julho de 2017 ao dia 12 de fevereiro de 2018, totalizando 31 semanas de amostragem em campo. A amostragem discreta do presente trabalho foi mais frequente do que a amostragem do monitoramento padrão realizado pela CAESB. Na impossibilidade de ir a campo diariamente, devido a restrições de tempo e recursos, foi escolhida a frequência semanal.





**Figura 3: Localização do ponto de monitoramento na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Rodeador/DF.**

Fonte: elaboração própria.

Nos dias de campo era coletada uma amostra de água superficial do ribeirão Rodeador em uma garrafa de um litro, a qual era armazenada em caixa de isopor contendo barras rígidas de gelo reutilizáveis (Gelox) para a manutenção da temperatura. Além disso, em cada visita de campo foi realizada análise *in situ* com uma sonda multiparamétrica da marca YSI modelo 6920 V2 para medição de temperatura, pH, turbidez, condutividade e oxigênio dissolvido.

A amostragem contínua foi realizada com um amostrador automático do modelo Teledyne ISCO 3700 *Portable Sampler*. Esse equipamento consiste de um sistema de bombeamento de água e um carrossel com 24 frascos de amostras e pode ser programado para coletar amostras com volumes variáveis de 1 mililitro a 1 litro, a intervalos de 1 minuto a 99 horas e 59 minutos, com incremento de 1 minuto, sendo que esses intervalos não precisam ser necessariamente uniformes (Teledyne Isco, 2017).

A amostragem contínua foi realizada durante a noite por dois motivos. Primeiramente, houve uma suspeita da polícia ambiental em relação a cargas de poluentes ocorrendo durante a noite e no início da manhã, identificadas principalmente pelo odor. Além disso, é comum que amostragens discretas sejam realizadas pela manhã, e não havia nenhum dado contínuo da evolução da qualidade da água do ribeirão Rodeador durante a noite, período no qual alguma carga de poluente poderia passar despercebida mais facilmente.

No período de estiagem, o amostrador automático foi programado para coletar amostras de 500 mL a intervalos de 30 minutos, das 20:00 horas de um dia até às 07:00 horas do dia seguinte. Essas coletas foram realizadas nos dias 16, 17, 21, 22, 28 e 29 de setembro de 2017 totalizando 24 amostras em cada coleta. Nos dias 17 e 29 de setembro somente 15 amostras foram analisadas devido à falta de reagentes no laboratório, motivada pelo atraso, por parte da empresa fornecedora de reagentes, na entrega dos itens adquiridos meses antes do início do monitoramento.

No período chuvoso, a programação do amostrador também foi para coletar 500 mL a cada 30 minutos, das 22:00 horas de um dia até às 09:30 horas do dia seguinte. Essas coletas foram realizadas nos dias 24-25 e 30-31 de janeiro e 5-6 de fevereiro de 2018, totalizando 24 amostras cada uma. Amostragem análoga foi realizada nos dias 11 e 12 de fevereiro, porém com coletas das 05:00 às 09:00 horas, com o intuito de investigar melhor as cargas matutinas. No dia 11 foram analisadas 5 amostras e no dia 12 foram analisadas 9 amostras.

O amostrador automático permite a utilização de gelox em seu interior para auxiliar na conservação das amostras ao longo das horas de coleta. Nos dias de retirada do equipamento com as amostras, os frascos eram tampados

para evitar contaminação durante o trajeto até o laboratório onde elas seriam analisadas.

Sabe-se que a CAESB realiza monitoramento diário do nível do Ribeirão Rodeador, mas a frequência dos dados de qualidade é mensal e, para alguns parâmetros, trimestral e até mesmo semestral. Dessa maneira, a seleção dos parâmetros analisados levou em conta o monitoramento realizado pela CAESB, os custos associados às análises de qualidade da água e os recursos disponíveis no Laboratório de Saneamento Ambiental, na Universidade de Brasília.

As análises laboratoriais abrangeram os seguintes compostos: nitrogênio na forma de nitrato ( $\text{N-NO}_3$ ) e nitrito ( $\text{N-NO}_2$ ), nitrogênio amoniacal ( $\text{N-NH}_3$ ), fósforo total (P) e fósforo reativo, na forma de ortofosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), além de demanda química de oxigênio (DQO). Os métodos de cada parâmetro, baseados no *Standard Methods* (APHA, 2012) são expostos na Tabela 1.

**Tabela 1: Parâmetros e métodos utilizados na análise em laboratório.**

Parâmetro	Método	Unidade	Identificação
Nitrato	Redução com Cádmio	mg/L	8171
Nitrito	Diazotização	mg/L	8507
Nitrogênio Amoniacal	Nessler	mg/L	8038
Fósforo Reativo	Ácido Ascórbico	mg/L	8048
Fósforo Total	Digestão com Ácido Persulfato	mg/L	8190
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Colorimétrico	mg/L	8000

Fonte: elaboração própria.

Devido a problemas técnicos, não foi possível realizar a análise de nitrogênio total. Apesar disso, é usual utilizar as análises de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal para calcular o total de nitrogênio inorgânico (CETESB/ANA, 2011). A análise de *E. coli* e coliformes totais só foi possível em uma amostra que, dessa forma, não foi computada.

Os dados semanais, quinzenais e mensais gerados pelo monitoramento do presente trabalho foram analisados entre si, para a geração de curvas de tendência para cada tipo de dado e comparação da representatividade dos dados em diferentes escalas temporais. Além disso, foram analisados os dados horários gerados pela amostragem contínua nos períodos seco e chuvoso.

O monitoramento semanal do presente trabalho foi analisado em comparação com o monitoramento mensal realizado pela CAESB. Foi possível comparar os parâmetros fósforo total, oxigênio dissolvido, temperatura, pH, nitrato, nitrogênio amoniacal, turbidez e condutividade. O nitrogênio total analisado pela CAESB foi comparado ao valor de nitrogênio inorgânico total, pois o presente trabalho não gerou dados de nitrogênio total.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O principal resultado gerado pelo monitoramento intensivo foram os valores semanais dos parâmetros analisados. A Tabela 2 mostra os valores de média, máxima, mínima e desvio padrão para cada um dos parâmetros analisados.

O nitrogênio inorgânico total, o nitrato e o fósforo total apresentam uma variação considerável em ordem de grandeza, indo de  $10^{-2}$  a  $10^{-1}$ , sendo que nitrogênio e nitrato chegam a valores próximos de  $10^0$ . Os parâmetros com valores mais baixos são o fósforo reativo, com ordem de grandeza de  $10^{-2}$ , e o nitrito, com ordem de grandeza de  $10^{-3}$ .

Turbidez e demanda química de oxigênio são os parâmetros que apresentaram as maiores diferenças entre máximas e mínimas, característica que reflete em desvios padrão mais altos. No caso da turbidez essa variação ocorre porque no período seco o ribeirão fica com a água mais transparente, enquanto no período chuvoso ocorre carreamento de sólidos para o ribeirão, deixando a água bastante turva.

A presença de compostos nitrogenados em corpos hídricos se dá principalmente pela dissolução destes na água

que escoam pelos solos em direção a rios e lagos. O nitrogênio está presente no solo devido a ação de bactérias nitrificantes que fixam o nitrogênio da atmosfera e devido a adição de fertilizantes nitrogenados.

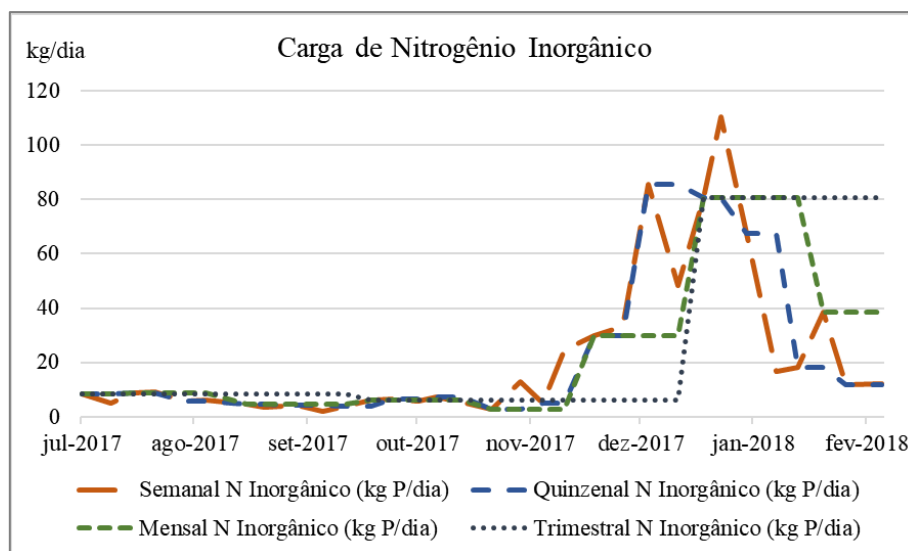
**Tabela 2: Parâmetros analisados no monitoramento da bacia hidrográfica do ribeirão Rodeador.**

Parâmetro	Mínima	Máxima	Média	Desvio Padrão
Nitrogênio Inorgânico Total (mg/L)	0,042	0,7297	0,3595	0,1601
Nitrato (mg/L)	0,010	0,70	0,257	0,1761
Nitrito (mg/L)	0,0	0,0080	0,0028	0,0015
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,0	0,248	0,100	0,0744
Fósforo Reativo (mg/L)	0,0	0,046	0,0091	0,0090
Fósforo Total (mg/L)	0,018	0,2140	0,0597	0,0407
Demanda Química de Oxigênio (mg/L)	0,0	16,80	5,8554	4,8487
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6,020	7,810	6,9735	0,4286
Condutividade (µS/cm)	9,0	14,0	11,0	1,4409
Turbidez (UNT)	0,10	30,20	6,2788	7,5062
pH	6,10	7,68	6,5945	0,3368
Temperatura (°C)	15,81	22,31	20,0883	1,8115

Fonte: elaboração própria.

### Análise da Variação Temporal

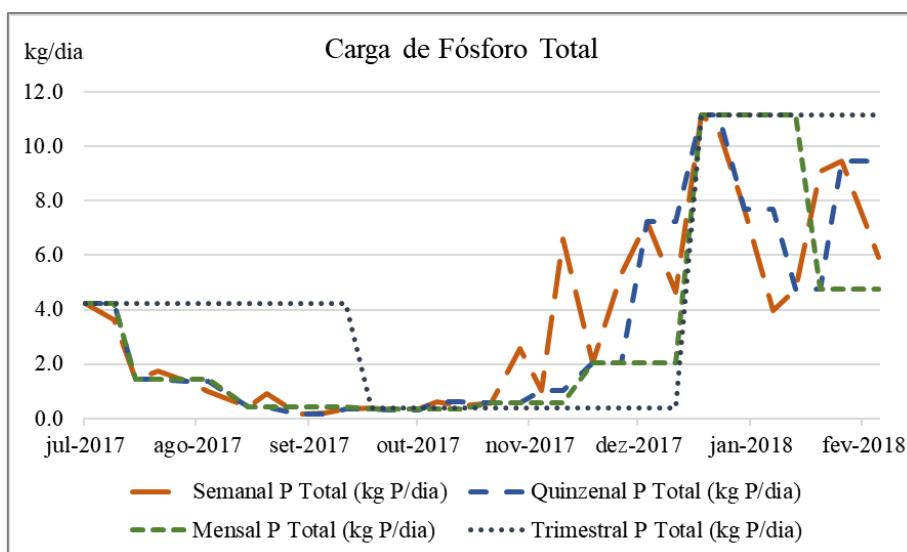
As cargas de nitrogênio inorgânico total, fósforo total e demanda química de oxigênio foram calculadas a partir dos valores gerados pela análise das amostras semanais combinados com dados diários de vazão. Percebe-se, na Figura 4, que a frequência semanal de amostragem é raramente acompanhada por amostragens menos frequentes. Apesar da frequência quinzenal poder ser mantida até novembro, a partir desse mês qualquer frequência de amostragem que não a semanal iria subestimar a quantidade de nitrogênio no corpo d'água. Quando a carga de nitrogênio volta a diminuir, as frequências mensal e trimestral passam a superestimá-la.



**Figura 4: Variação temporal da carga de nitrogênio inorgânico na bacia hidrográfica do ribeirão Rodeador/DF de julho de 2017 a fevereiro de 2018.**

Fonte: elaboração própria.

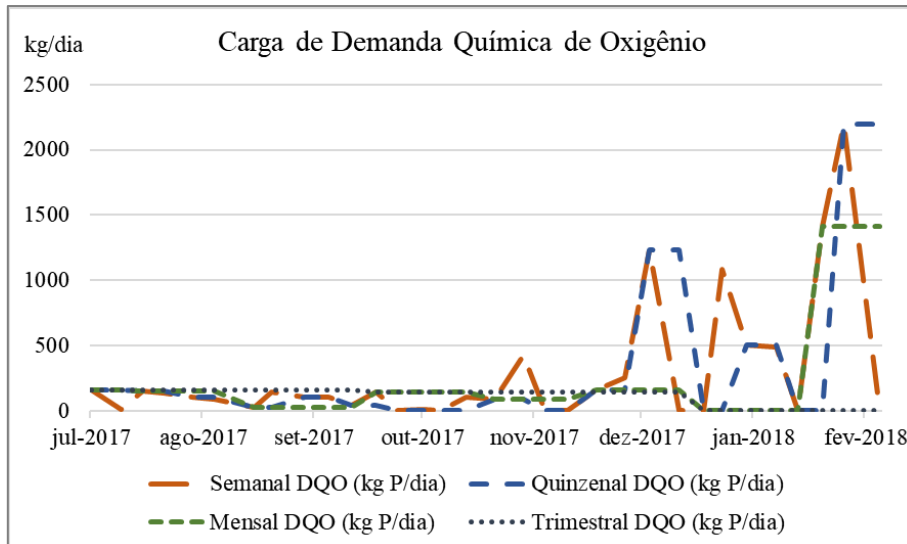
Com relação à carga de Fósforo Total (Figura 5) a frequência mensal aparenta ser suficiente para averiguar a presença de fósforo no ribeirão Rodeador. Porém, essa frequência não observaria o aumento da carga no início das chuvas, em novembro. Os valores de pico na segunda quinzena de dezembro são melhor observados.



**Figura 5: Variação temporal da carga de fósforo total na bacia hidrográfica do ribeirão Rodeador/DF de julho de 2017 a fevereiro de 2018.**

Fonte: elaboração própria.

No caso da demanda química de oxigênio, na Figura 6, as séries formadas por valores mensais e trimestrais sempre subestimam o valor da amostragem semanal, enquanto que a série quinzenal se adequa melhor àquela. Lima (2004) ressalta que não é significativa a influência da frequência de amostragem no período de estiagem quando as frequências quinzenal e mensal são comparadas. Já em períodos de chuva percebe-se a necessidade de uma coleta mais frequente, pelo menos para a identificação de cargas de nutrientes e matéria orgânica.



**Figura 6: Variação temporal da carga de demanda química de oxigênio na bacia hidrográfica do ribeirão Rodeador/DF de julho de 2017 a fevereiro de 2018.**

Fonte: elaboração própria.

Considerando que o reservatório Descoberto é um ambiente lântico e a eutrofização é uma das ameaças à qualidade da sua água superficial, pelo princípio da precaução deve-se evitar o carreamento de nutrientes e matéria orgânica para o reservatório. Nesse caso, seria aconselhável incrementar as análises mensais com coletas mais frequentes nos meses chuvosos, para investigar cargas além da capacidade de depuração do ribeirão Rodeador e do reservatório Descoberto.

## Análise da Amostragem Contínua

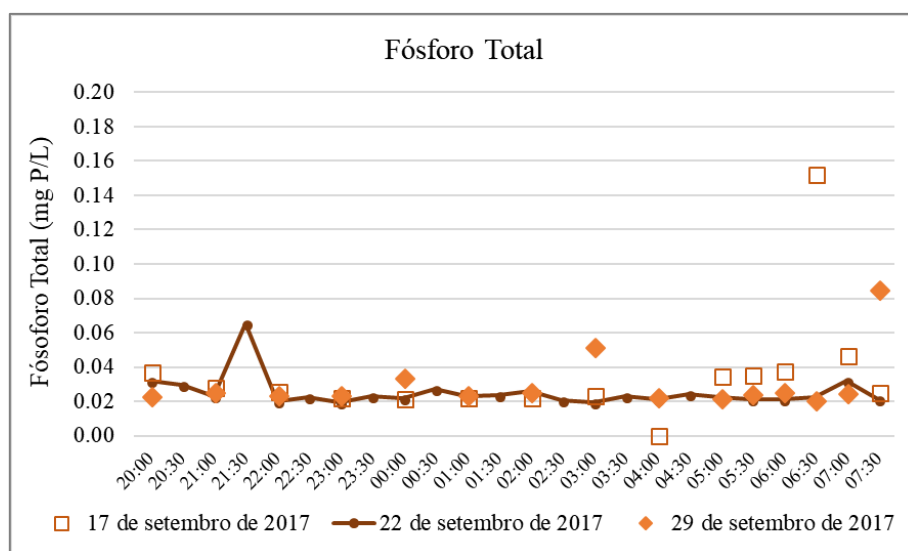


A amostragem contínua foi separada em período seco e período chuvoso. As coletas do período seco foram realizadas nos dias 17, 22 e 29 de setembro de 2017, das 20:00 horas do dia anterior às 7:00 do dia de retirada do equipamento. As coletas do período chuvoso foram realizadas nos dias 25 e 31 de janeiro, e 06, 11 e 12 de fevereiro de 2018, das 22:00 horas do dia anterior às 9:00 o dia de retirada do equipamento.

A Figura 7 mostra os resultados dos três eventos de coleta no período seco quando analisado o fósforo total. No dia 17 de setembro os valores se mantiveram bastante baixos na maior parte da noite, com um aumento ocorrendo somente às 6:30, pela manhã.

O mesmo ocorre no dia 29 de setembro, quando houve registro de cargas um pouco mais altas em dois momentos, às 3:00 e às 7:30, novamente pela manhã. Apesar de resultados de apenas dois dias de coleta não poderem ser conclusivos quanto ao despejo de cargas pontuais no ribeirão Rodeador, a ocorrência das cargas permite justificar investigações mais detalhadas.

Por outro lado, no dia 22 de setembro, a amostragem contínua mostrou um valor um pouco mais alto à noite, por volta das 21:30, e não foi observada uma carga de fósforo pela manhã. Dessa maneira, seria aconselhável a continuação da amostragem contínua no ribeirão Rodeador para averiguar o que está causando a ocorrência de cargas mais altas de fósforo.

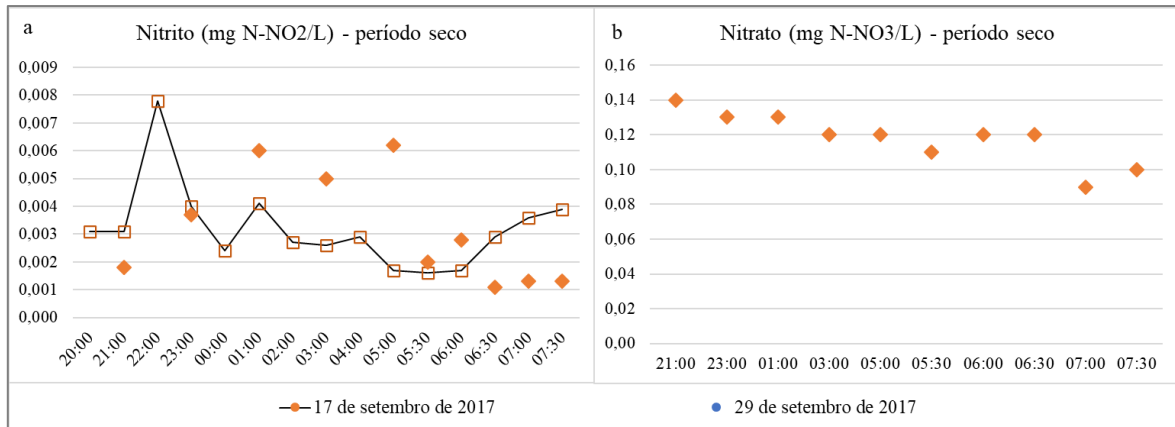


**Figura 7: Registros da amostragem contínua de fósforo total na bacia hidrográfica do ribeirão Rodeador/DF no período seco.**

Fonte: elaboração própria.

A observação da concentração de nitrito, na Figura 8 (a), mostra uma variabilidade deste parâmetro ao longo da noite em ambos os eventos de amostragem contínua, ainda que seus valores continuem bastante baixos. O valor registrado às 22:00 da coleta do dia 17 de setembro de 2017 é incomum para esse parâmetro, assim como os registros de 1:00 e 5:00 do dia 29 de setembro de 2017.

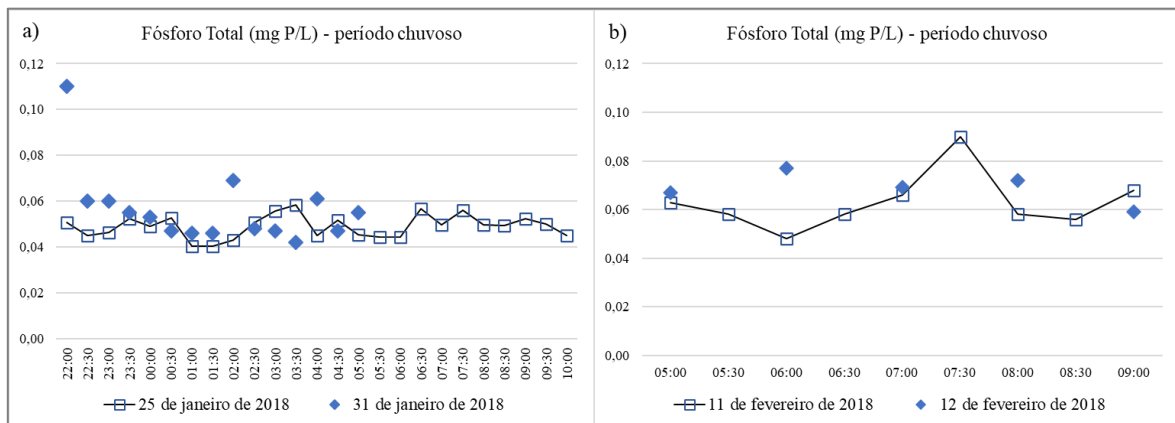
A análise de nitrato, na Figura 8 (b), só foi possível na amostragem contínua do dia 29 de setembro de 2017. Nesse dia, o nitrato apresentou valores muito baixos quando comparados ao que estavam sendo registrados no monitoramento semanal, com a coleta de uma amostra discreta. Nesse evento de coleta contínua, o nitrato não passou de 0,14 mg/L enquanto que esse parâmetro costuma variar entre 0,30 e 0,40 mg/L. Mesmo tomando todas as medidas de preservação da amostra, a análise após cerca de 12 horas após a primeira coleta pode ter afetado a precisão da análise.



**Figura 8: Registros da amostragem contínua na bacia hidrográfica do ribeirão Rodeador/DF no período seco. (a) Nitrito. (b) Nitrato.**  
 Fonte: elaboração própria.

Considerando o período chuvoso, os registros de fósforo total ao longo da noite costumam ser bastante baixos, com pouca variação, como mostra a Figura 9. Nos dias 25 e 31 de janeiro apenas uma amostra apresenta valor mais alto que 0,1 mg/L.

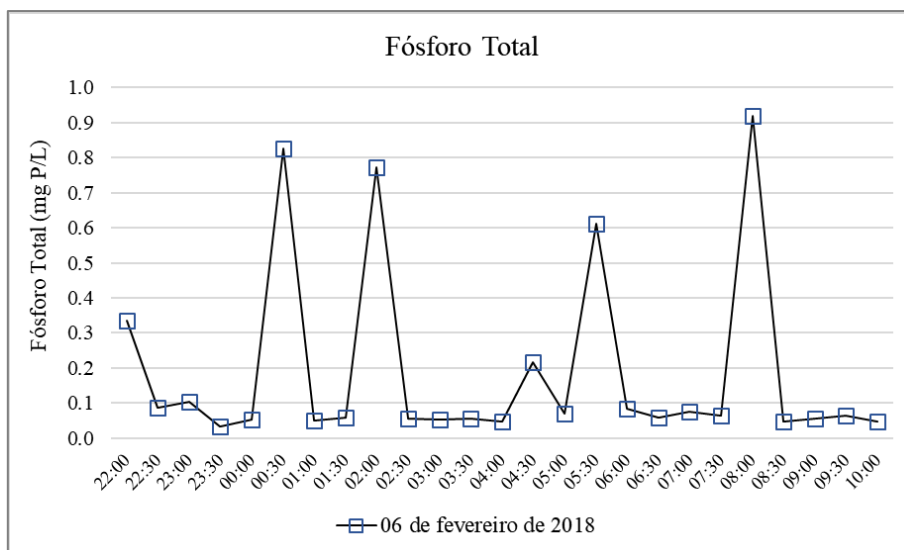
Para avaliar melhor se realmente havia a ocorrência de valores mais altos de fósforo total pela manhã, nos dias 11 e 12 de fevereiro de 2018 o amostrador fez coletas das 5:00 às 9:00, no dia 11 com intervalos de 30 minutos, e no dia 12 a cada hora, visto na Figura 9 (b). Mais uma vez o fósforo total apresenta valores abaixo de 0,1 mg/L, o que mostra que nesse evento de coleta não foi possível identificar uma mudança na qualidade que indique a presença de despejos de poluição pontuais.



**Figura 9: Registros da amostragem contínua de fósforo total na bacia hidrográfica do ribeirão Rodeador/DF no período chuvoso. (a) 25 e 31 de janeiro de 2018. (b) 11 e 12 de fevereiro de 2018.**  
 Fonte: elaboração própria.

Por outro lado, na amostragem contínua do dia 06 de fevereiro de 2018, na Figura 10, observa-se concentrações mais altas de fósforo total. Nesse dia houve um evento de chuva, com a ocorrência de carreamento de sedimentos e substâncias a eles associados, confirmado pelo valor da turbidez que foi de 17,10 UNT. Dessa maneira, é possível associar os picos de concentração de fósforo total com a ocorrência da chuva, que de maneira intermitente, carrou compostos de fósforo para o ribeirão Rodeador.

Como também pode ser visto na Figura 11, o dia 06 de fevereiro foi o único em que a DQO chegou a valores tão altos como 100 e 140 mg/L. Nem todos os horários em que ocorreu aumento do valor de DQO são equivalentes ao aumento do fósforo total. Essa compatibilidade de ocorrência de picos aconteceu por volta das 5:30 e 6:00, e depois novamente às 8:00, talvez podendo indicar fontes variadas para cada parâmetro.

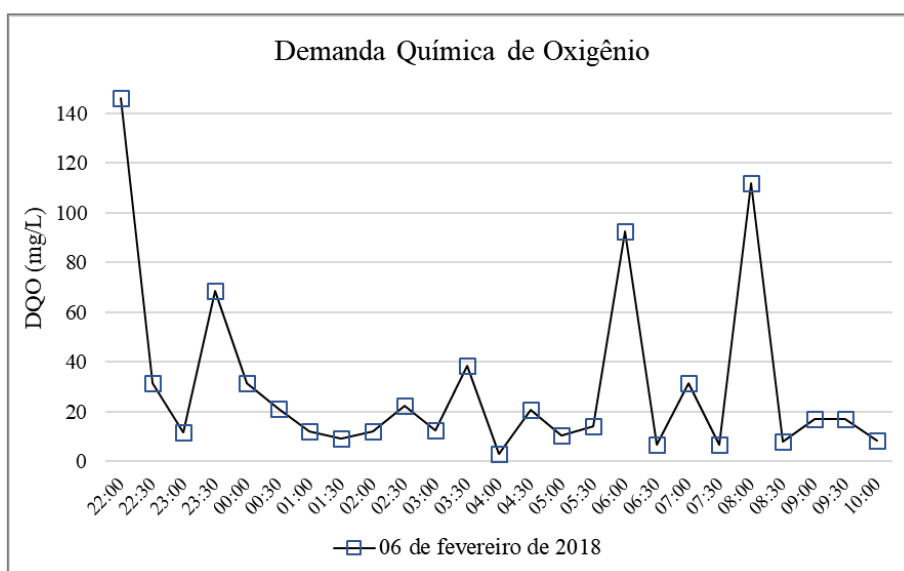


**Figura 10: Registros da amostragem contínua de fósforo total na bacia hidrográfica do ribeirão Rodeador/DF no período chuvoso em 06 de fevereiro de 2018.**

Fonte: elaboração própria.

Os aumentos mais significativos da concentração de fósforo total ocorreram no início da madrugada, às 00:30 e 02:00 horas, e de manhã cedo, às 05:30 e 08:00 horas. Os aumentos mais significativos de DQO ocorreram no final da noite, às 22:00 e 23:30 horas, e novamente no início da manhã, às 06:00 e 08:00 horas.

Observa-se que o registro mais alto de fósforo total foi às 08:00 horas, e apresentou valor nove vezes mais alto que o comum de ser observado no ribeirão Rodeador. Também nesse horário a DQO foi muito alta, com valor cerca de cinco vezes maior que o comumente observado. Ambos valores ocorrendo no mesmo horário podem ser uma indicação de alguma outra fonte de nutrientes e matéria orgânica além do carreamento causado pela chuva. Como esse comportamento foi observado em apenas um dia, seria aconselhável investigar melhor a ocorrência de fósforo total e DQO no ribeirão Rodeador.

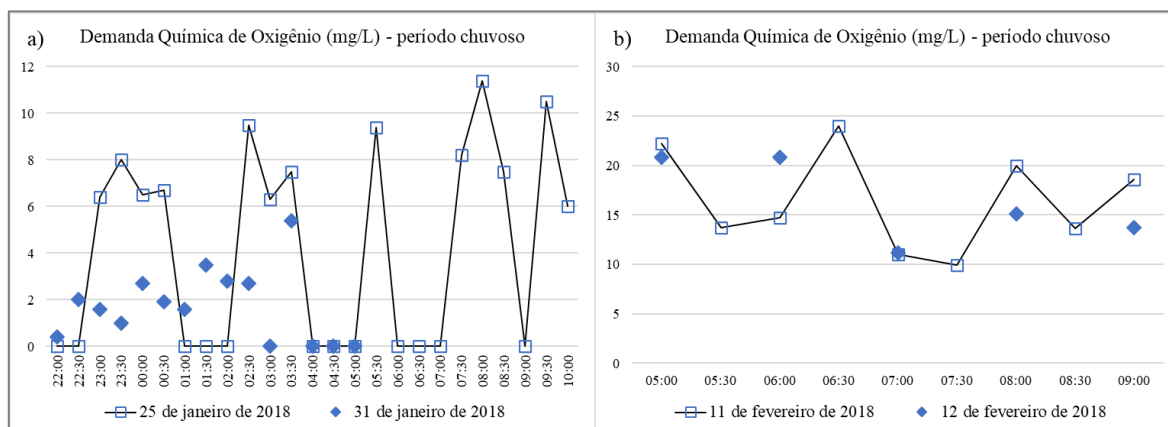


**Figura 11: Registros da amostragem contínua de demanda química de oxigênio na bacia hidrográfica do ribeirão Rodeador/DF no período chuvoso em 06 de fevereiro de 2018.**

Fonte: elaboração própria.

A Figura 12 mostra as amostragens contínuas de DQO nos dias 25 e 31 de janeiro (a), e depois nos dias 11 e 12 de fevereiro (b). Assim como observado para o fósforo, nesses dias não houve registros de aumento da

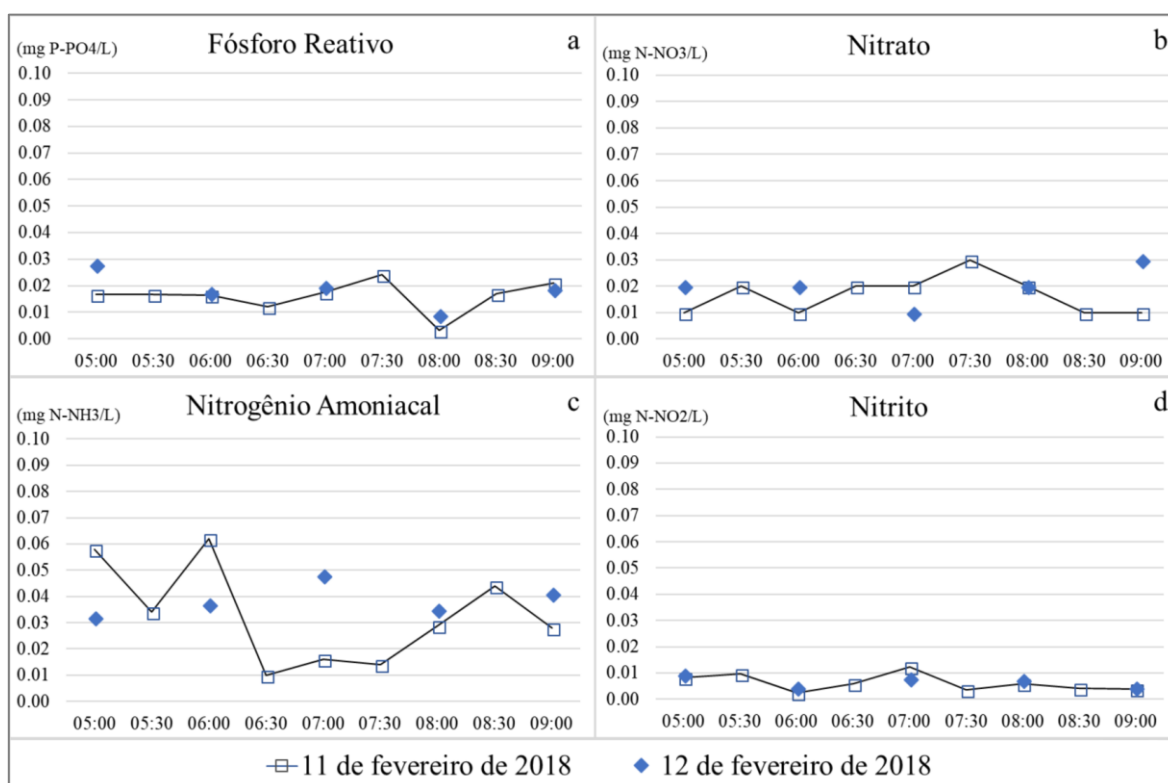
concentração de DQO, e a maior parte dos valores está abaixo ou próximo de 20 mg/L.



**Figura 12: Registros da amostragem contínua de demanda química de oxigênio na bacia hidrográfica do ribeirão Rodeador/DF no período chuvoso. (a) 25 e 31 de janeiro de 2018. (b) 11 e 12 de fevereiro de 2018.**

Fonte: elaboração própria.

Os parâmetros fósforo reativo (a), nitrato (b), nitrogênio amoniacal (c) e nitrito (d) são expostos na Figura 13. Todos esses parâmetros tiveram o eixo de concentração padronizado para que fosse possível comparar os valores no mesmo intervalo. Assim, todos apresentaram valores baixos, não passando de 0.10 mg/L.



**Figura 13: Registros da amostragem contínua no período chuvoso na bacia hidrográfica do ribeirão Rodeador/DF em 11 e 12 de fevereiro de 2018. (a) Fósforo Reativo; (b) Nitrato; (c) Nitrogênio Amoniacal; (d) Nitrito.**

Fonte: elaboração própria.

Como visto anteriormente na Tabela 2, nas coletas semanais a média das concentrações de nitrato foi 0,257 mg N-NO<sub>3</sub>/L e a média dos valores de nitrito foi 0,0028 mg N-NO<sub>2</sub>/L. Assim, é possível observar que enquanto os

valores de nitrato diminuíram consideravelmente na amostragem contínua, chegando no máximo à 0,03 mg/L, a concentração de nitrito chegou a registrar 0,0124 mg/L, oito vezes maior que a média semanal.

Supõe-se que, com vazões mais altas no período chuvoso, o nitrato tenha sido diluído e o nitrito tenha sido carregado e identificado na análise antes de sofrer oxidação. Também são observados valores mais altos para o fósforo reativo, cuja média semanal é 0,0091 mg P-PO<sub>4</sub>/L e a média da amostragem contínua é 0,016 mg/L. A maior variação durante a amostragem contínua foi do nitrogênio amoniacal, com registros entre 0,01 e 0,06 mg N-NH<sub>3</sub>/L, mas cujos valores ainda estão abaixo da média semanal de 0,100 mg/L.

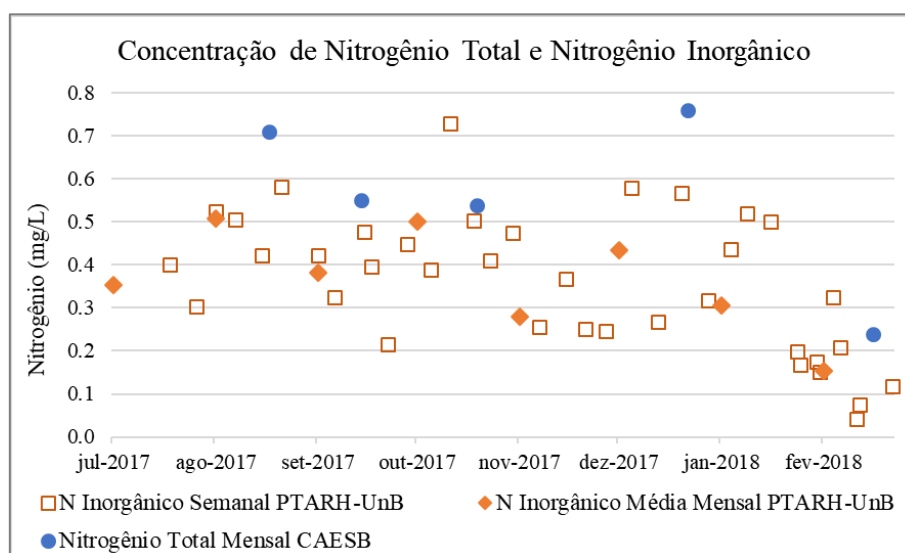
### Comparação dos dados monitorados com os dados da CAESB

A Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal realizava, até o período da pesquisa, monitoramento mensal de alguns parâmetros de qualidade da água. Assim, foi possível comparar os registros da CAESB com o monitoramento semanal realizado no presente trabalho para os parâmetros fósforo total, oxigênio dissolvido, temperatura, pH, nitrato, nitrogênio amoniacal, turbidez e condutividade. O nitrogênio total analisado pela CAESB foi comparado ao valor de nitrogênio inorgânico total.

Analisando-se a Figura 14, percebe-se que o nitrogênio total registrado pela CAESB é sempre mais alto que o nitrogênio inorgânico do monitoramento semanal, provavelmente porque a análise de nitrogênio total também identifica frações de nitrogênio orgânico. As análises do presente trabalho se limitaram a parâmetros de nitrogênio inorgânico.

Já para a concentração de fósforo total, o monitoramento semanal e as médias mensais estão acima dos valores analisados pela CAESB na maior parte dos casos. As análises mensais do monitoramento padrão podem estar subestimando os valores reais de fósforo no ribeirão Rodeador.

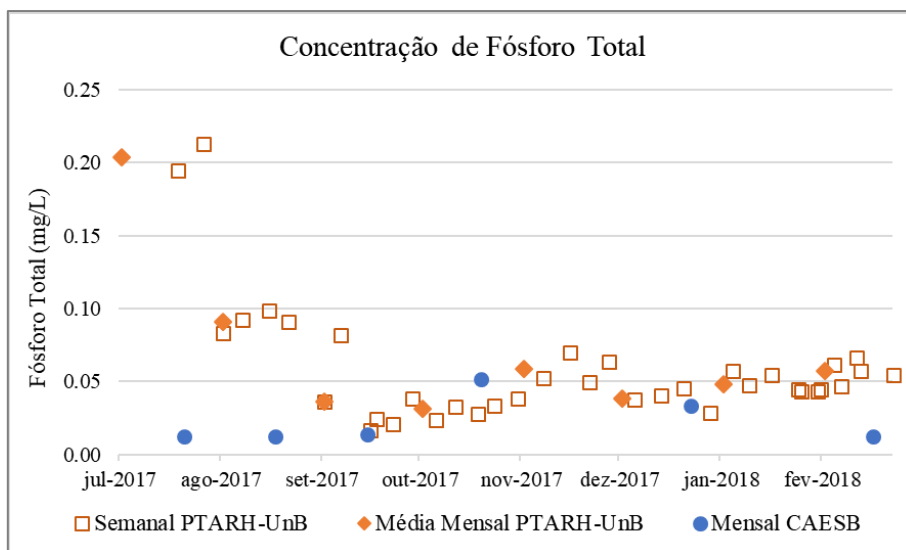
Além disso, não foi realizada coleta em novembro, logo após as chuvas, assim não foi possível comparar o resultado para esse mês. A Figura 15 expõe os registros mensais da CAESB e os registros semanais e médias mensais gerados pelo presente trabalho.



**Figura 14: Registros semanais e médias mensais de concentração de nitrogênio inorgânico e nitrogênio total na bacia hidrográfica do ribeirão Rodeador/DF comparados aos registros mensais da CAESB.**

Fonte: elaboração própria.



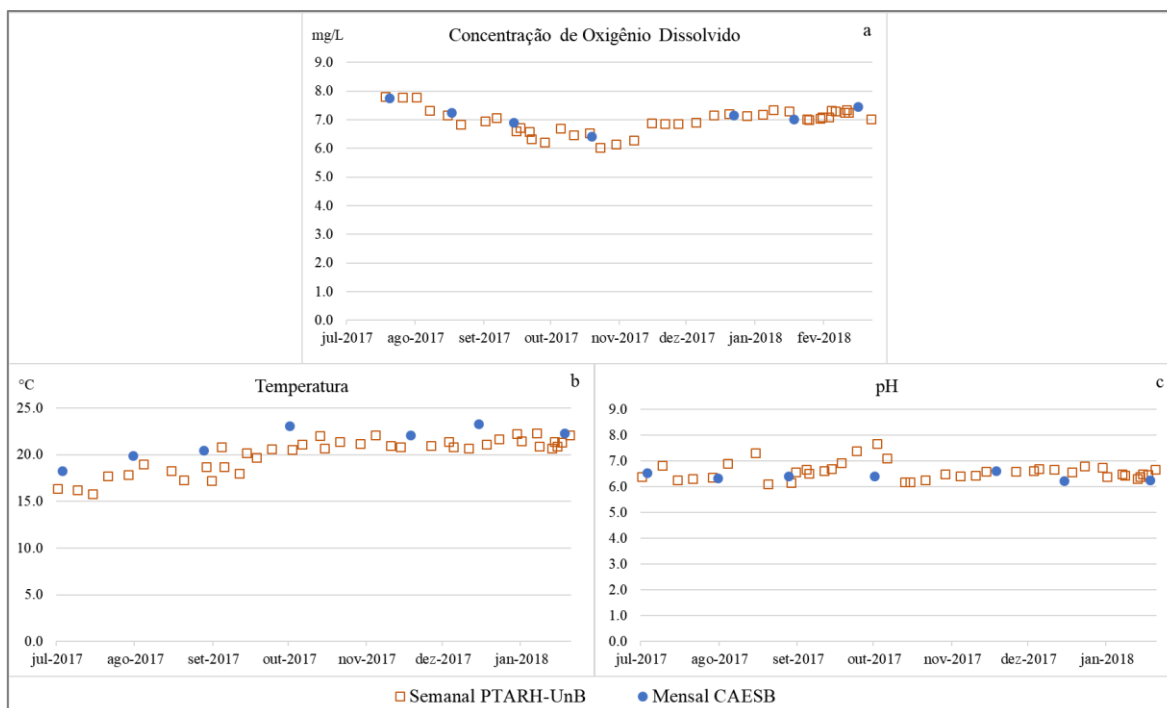


**Figura 15: Registros semanais e médias mensais de concentração de fósforo total na bacia hidrográfica do ribeirão Rodeador/DF comparados aos registros mensais da CAESB.**

Fonte: elaboração própria.

Analisando a Figura 16, é possível observar que a concentração de oxigênio dissolvido monitorada mensalmente está praticamente equivalente aos valores semanais do presente trabalho. O mesmo ocorre para pH, para o qual o monitoramento semanal apresenta alguns valores mais altos, mas que estão compatíveis com o monitoramento mensal.

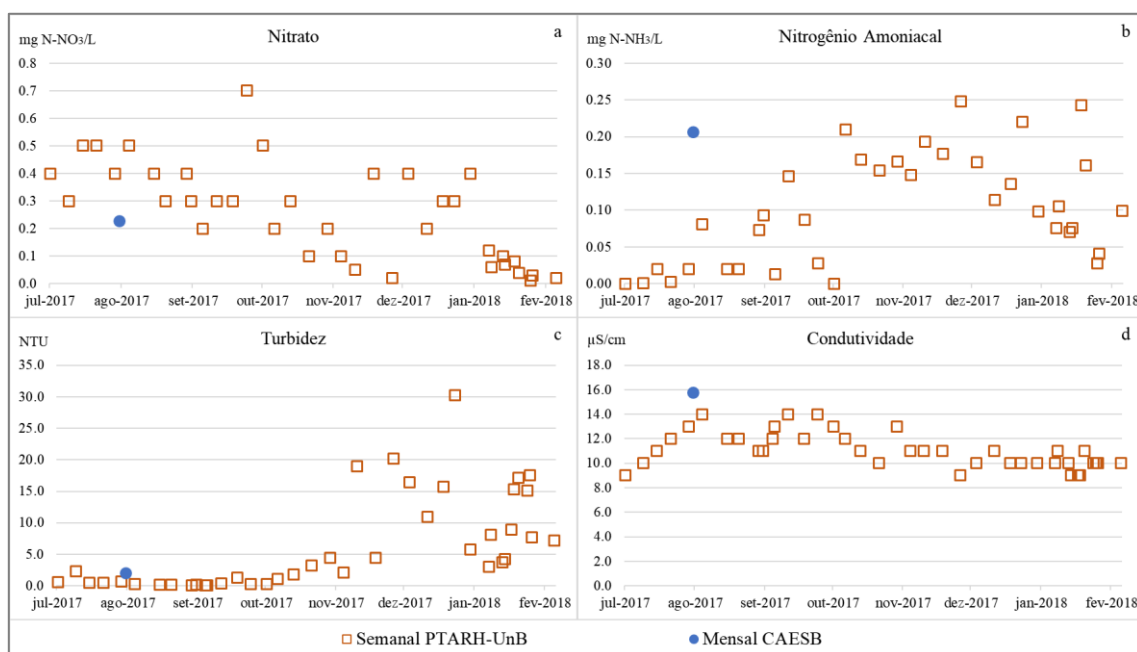
A temperatura, no entanto, é consistentemente mais alta no monitoramento mensal da CAESB quando comparada às medições semanais do presente trabalho. Essa diferença pode ser causada pela diferença nos aparelhos de medição utilizados, que podem ter sido calibrados para condições variadas.



**Figura 16: Monitoramento semanal na bacia hidrográfica do ribeirão Rodeador/DF comparado a registros mensais da CAESB. (a) Oxigênio Dissolvido. (b) Temperatura. (c) pH.**

Fonte: elaboração própria.

Atualmente há alguns parâmetros que são analisados pela CAESB a cada três meses. Na falta da coleta de novembro de 2018, apenas um registro pôde ser comparado ao monitoramento semanal. Nesse caso, como pode ser visto na Figura 17, o valor do registro de nitrato analisado pela CAESB está bastante baixo. Esse valor é cerca da metade do valor registrado pelo monitoramento semanal. Em oposição ao nitrato, o nitrogênio amoniacal apresenta um valor duas a três vezes mais alto que o observado pelo monitoramento semanal para o mesmo mês.



**Figura 17: Monitoramento semanal na bacia hidrográfica do ribeirão Rodeador/DF comparado a registros trimestrais da CAESB. (a) Nitrato. (b) Nitrogênio Amoniacal. (c) Turbidez. (d) Condutividade.**  
 Fonte: elaboração própria

Percebe-se que a turbidez começa a ascender em novembro, após as primeiras chuvas, mas o monitoramento da CAESB registrou esse parâmetro somente em agosto, então não foi possível fazer a comparação justamente nos meses nos quais a turbidez é mais acentuada e variável. A condutividade apresenta uma variabilidade ao longo dos meses, porém com valores próximos. O valor registrado pela CAESB é um pouco mais alto que o observado nas análises semanais.

Analisando os dados apresentados, fica evidente que o monitoramento usual realizado pela CAESB é insuficiente para quantificar a variação temporal de parâmetros importantes para a avaliação da qualidade da água superficial do ribeirão Rodeador, principalmente se considerados os parâmetros de compostos nitrogenados e turbidez, associados à poluição difusa. Lessels e Bishop (2019) ressaltam a relevância de um plano de monitoramento com frequência de amostragem adequada ao que se quer identificar no corpo d'água, principalmente durante e logo após eventos de chuva.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água superficial do Ribeirão Rodeador/DF utilizando um plano de monitoramento intensivo nos períodos seco e chuvoso.

Em geral, os resultados apontaram para uma boa qualidade da água no Ribeirão Rodeador, no período analisado, e para a representação satisfatória dos processos de geração de vazão e carga de poluentes na bacia.

O monitoramento semanal do ponto no exutório da bacia mostra que as concentrações de compostos de nitrogênio e fósforo, e DQO são baixas e variáveis, dificilmente apresentando a tendência de acompanhar os incrementos de vazão. Já a turbidez, como é esperado para esse parâmetro, aumenta na ocorrência de vazões mais altas, devido ao carreamento de sólidos provocado pelas chuvas.

A amostragem contínua com equipamento de coleta automática apresentou-se como uma ferramenta diferenciada e muito útil na obtenção de amostras em intervalos sub-diários. As análises noturnas apontam para a ocorrência de concentrações mais altas que as médias encontradas nas amostras discretas, principalmente após eventos de chuva, mesmo que apresentem valores intermitentes durante esses eventos.

Recomenda-se a avaliação mais detalhada e frequente das concentrações sub-diárias de poluentes, se possível com a instalação do equipamento de amostragem contínua durante alguns dias seguidos, e de preferência durante a estação chuvosa. Idealmente, seria aconselhável a adoção de frequências incrementais para esses períodos, quando a qualidade do corpo hídrico é mais variável.

Ademais, seria interessante realizar novas campanhas de amostragem contínua, se possível durante alguns dias seguidos nos meses chuvosos, para averiguar as concentrações e cargas que ocorrem no corpo hídrico em momentos que vão além da amostragem discreta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, L.M. Integração entre curvas de permanência de qualidade de água e modelagem hidrológica como suporte à gestão de recursos hídricos - Estudo de caso da bacia hidrográfica do ribeirão Rodeador/DF, 2016, 69f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22<sup>a</sup> ed. American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation. Washington, DC: APHA, 2016.

ARAÚJO, D.L. Avaliação dos impactos da exploração de águas subterrâneas na Bacia do Ribeirão Rodeador por meio de simulação integrada entre os modelos SWAT e MODFLOW, 2018, 186f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

CAESB - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. Relatório da Administração - 2017. Brasília: CAESB, 2018. Disponível em: <[https://www.caesb.df.gov.br/images/arquivos\\_pdf/Relatorio-da-Administracao\\_2017.pdf](https://www.caesb.df.gov.br/images/arquivos_pdf/Relatorio-da-Administracao_2017.pdf)>.

CETESB/ANA. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo/Agência Nacional de Águas. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

FERRIGO, S. Análise de consistência dos parâmetros do modelo SWAT obtidos por calibração automática - Estudo de caso da bacia do lago Descoberto - DF, 2014, 164f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

LESSELS, J.S.; BISHOP, T.F.A. A post-event stratified random sampling scheme for monitoring event-based water quality using automatic sampler. *Journal of Hydrology*, v. 580, 2020.

LIMA, J.B.M. Estudo de redes de monitoramento de qualidade das águas superficiais - o caso da bacia do rio Descoberto. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2004, 112 p.

LIMA, J.E.F.W.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; MONTENEGRO, A.A.A.; KOIDE, S. Comparative hydrology: relationship among physical characteristics, hydrological behaviour, and results of SWAT model in different regions of Brazil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 7, n. 6, 2014, p. 1187-1195.

REATTO, A.; MARTINS, E.S.; CARDOSO, E.A.; SPERA, S.T.; CARVALHO JR., O.A. C.; SILVA, A.V.; FARIAS, M.F.R. Levantamento de reconhecimento de solos de alta intensidade do alto curso do rio Descoberto, DF/GO, escala 1:100000. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento N° 92. EMBRAPA Cerrados, Brasília, 2003.

PASSIG, F.H.; LIMA, S.B.; CARVALHO, K.Q.; HALMEMAN, M.C.R.; SOUZA, P.C.; GUSMÃO, L.K. Monitoring of urban and rural basins: water quality of Mourão basin. *Brazilian Journal of Biology*, v. 75, n. 4(2), 2015, p. S158-S164.

PIRES FILHO, A.S. Detecção temporal das mudanças no uso e ocupação das terras e a oferta de água na sub-bacia do ribeirão Rodeador – DF, 2017, 58f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

SILVA, I.R.O. Aplicação do método de cargas máximas totais diárias de nutrientes na bacia do córrego Rodeador – DF, 2016, 79f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

TELEDYNE ISCO. *3700 Portable Samplers: Installation and Operation Guide*, 2017. Disponível em: <<http://www.teledyneisco.com/waterandwastewater/Sampler%20Documents/Manuals/3700%20Portable%20Sampler%20User%20Manual.pdf>>.