

## ***Caracterização de parâmetros físico – químicos e correlações com o manganês nos afluentes da barragem Santa Bárbara, Pelotas/RS***

A Barragem Santa Bárbara localizada na cidade de Pelotas/RS possui quatro afluentes principais que por sua vez recebem despejos sanitários e industriais. A caracterização físico-química destas águas é importante para que o tratamento aplicado seja adequado e eficiente uma vez que são águas com fins de abastecimento público e que apresentam histórico de contaminação por excesso de manganês. Os objetivos deste trabalho foram caracterizar os principais afluentes da Barragem Santa Bárbara através de análises físico-químicas (pH, cloretos, oxigênio consumido, nitrogênio amoniacal, fósforo total, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio e manganês total) e avaliar as correlações entre os parâmetros e o manganês. Para tal foram coletados dados físicos – químicos nos registros do Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas (SANEP), referentes ao período de 2010 a 2015. Os parâmetros pH, cloretos, turbidez e oxigênio consumido estiveram de acordo com os padrões estabelecidos pela Resolução 357/05 do CONAMA; fósforo total, nitrogênio amoniacal, DBO5 e manganês total apresentaram resultados acima do permitido pela lei. O estudo das relações dos parâmetros físico-químicos com o Manganês mostrou haver correlações positivas e significativas entre Mn-Ptotal, no Epaminondas; Mn-Oconsumido no Epaminondas e na Sanga da Barbuda e Mn-Turbidez na Sanga da Barbuda, no Sítio Floresta e no Passo do Cunha.

**Palavras-chave:** Qualidade da Água, Bacia Hidrográfica, Contaminação, Mananciais.

## ***Characterization of physical-chemical parameters and correlation with manganese in the tributaries of Santa Barbara dam, Pelotas/RS***

Santa Barbara Dam located at Pelotas/RS has four main tributaries which receives sanitary and industrial waste. The physico-chemical characterization of these waters is important in order that the applied treatment be appropriate and efficient since they are public water supply and which have manganese excess in their historical. The objectives of this study were to characterize the main tributaries of Santa Barbara Dam through physical-chemical analysis (pH, chlorides, oxygen consumed, ammoniacal nitrogen, total phosphorus, turbidity, biochemical oxygen demand and total manganese) and evaluate the correlation between these parameters and the manganese. For that physical-chemical data were collect in the records of Autonomous Service of Pelotas Sanitation (SANEP) for the period 2010-2015. The parameters pH, chlorides, turbidity and oxygen consumed were in accordance with the standards established by CONAMA Resolution No. 357/2005; total phosphorus, ammoniacal nitrogen, BDO and total manganese showed results above the standards established by law. The study of the relations between physical-chemical parameters with manganese showed positive and significant correlations between Mn-Ptotal, in the Epaminondas; Mn-Oconsumed in the Epaminondas and Sanga da Barbuda and Mn-Turbidity in the Sanga da Barbuda, Sítio Floresta and Passo do Cunha.

**Keywords:** Water Quality, Watershed, Contamination, Water Source.

Topic: **Química Agrícola e Ambiental**

Received: **02/10/2016**

Approved: **10/01/2017**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

**Aline Hernandez Kath**

Universidade Federal de Pelotas, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/0321026096496176>

[alinecou@gmail.com](mailto:alinecou@gmail.com)

**Janaína Garcia Timm**

Universidade Federal de Pelotas, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/4798729063539741>

[janaina\\_gt@yahoo.com.br](mailto:janaina_gt@yahoo.com.br)

**Jander Luis Fernandes Monks**

Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/7155745446456735>

[jandermonks@hotmail.com](mailto:jandermonks@hotmail.com)



DOI: 10.6008/SPC2179-6858.2017.002.0003

### Referencing this:

KATH, A. H.; TIMM, J. G.; MONKS, J. L. F.. Caracterização de parâmetros físico – químicos e correlações com o manganês nos afluentes da barragem Santa Bárbara, Pelotas/RS. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.8, n.2, p.34-48, 2017. DOI: <http://doi.org/10.6008/SPC2179-6858.2017.002.0003>

## INTRODUÇÃO

A caracterização da qualidade da água constitui uma das formas de se avaliar os impactos causados pela interferência humana, possibilitando seu manejo de forma mais adequada e, até mesmo, a sua remediação (CORADI, FIA e PEREIRA-RAMIREZ, 2009). Segundo Galdino e Trombini (2011) as análises dos parâmetros físico-químicos da água são uma tentativa de levantar informações sobre a qualidade da água, para identificar e monitorar possíveis efeitos negativos para a saúde humana ou aos organismos que utilizam este recurso.

Apesar da importância que os recursos hídricos exercem para o desenvolvimento regional, a qualidade e a quantidade das águas dos rios vêm sendo cada vez mais afetadas pela ocupação desordenada da bacia hidrográfica. O crescimento demográfico e o desenvolvimento social e econômico aumentam a demanda por água e provocam alterações de ordem física, química e biológica nos ecossistemas aquáticos (SOUZA et al., 2014).

A qualidade da água de uma bacia é variável ao longo do tempo, pois se relaciona tanto à ação antrópica quanto a causas (ou fatores) naturais. O desenvolvimento urbano, quando sem um correto planejamento ambiental, pode ocasionar a contaminação dos mananciais de abastecimento público (CARVALHO et al., 2011). Tais problemas causam alterações nos regimes hidrológicos, elevando o índice de doenças de veiculação hídrica, a contaminação química, a erosão dos solos e o assoreamento das margens. Efluentes domésticos, efluentes industriais e grandes cargas lançadas de maneira difusa nas áreas urbanas e agrícolas são as principais fontes de poluição (CETESB, 2008).

A bacia do arroio Santa Bárbara é a mais importante para o abastecimento de água da cidade de Pelotas e com o maior grau de antropização (SIMON et al., 2010). Possui uma área de captação de 9.200 hectares, superfície de acumulação de 600 hectares, lâmina d'água de 450 hectares e tem como afluentes diversos pequenos arroios que recebem despejos agrícolas, industriais e domésticos e servem como sistema de drenagem de águas pluviais por onde passam, conduzindo todos estes efluentes à bacia de acumulação da barragem (PIEDRAS et al., 2006).

A estação de tratamento de água (ETA) Santa Bárbara foi construída com o objetivo de reforçar o abastecimento de água potável da cidade, aproveitando as águas da barragem construída com o fechamento do Arroio Santa Bárbara. Localiza-se a cerca de 3 km do centro da cidade. As obras da primeira etapa foram concluídas em 1968, e a segunda etapa foi concluída em 1985. Cada uma das etapas produz 20 milhões de Litros de água tratada por dia. Sua capacidade total é de 40 milhões de Litros por dia. A ETA Santa Bárbara abastece o Centro, Zona do Porto, Bairro Navegantes, Vila Fátima, Bairro Fragata, Distrito Industrial e Vila COHAB (SANEP, 2016).

Entre os parâmetros físico-químicos da água da barragem destaca-se o manganês (Mn) cuja concentração máxima permitida na água estabelecida pelo CONAMA é de 0,1 mg.L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2005); porém, em março de 2007 a ETA Santa Bárbara apresentou níveis elevados de Mn na água tratada chegando a atingir

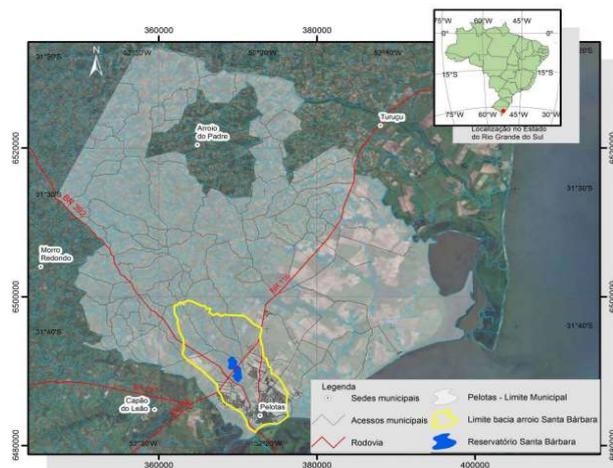
52 mg.L<sup>-1</sup> em um dos pontos de monitoramento. Este fato ocasionou uma série de problemas à população como: água escura, manchas nas roupas e prejuízos aos comerciantes.

A distribuição de metais pesados, como o manganês, na coluna de água é influenciada por diversos fenômenos físico-químicos, tais como: complexação, adsorção, dessorção, precipitação, redissolução, entre outros. Dependendo das condições do ambiente (pH, teor de matéria orgânica, entre outros) podem estar disponíveis, se associar ao material particulado e, ainda, serem transportados para outros ambientes (STUMM e MORGAN, 1996).

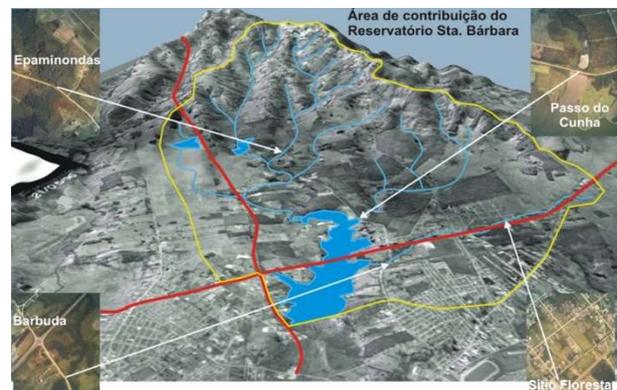
Neste contexto, os objetivos deste trabalho foram caracterizar os principais afluentes da Barragem Santa Bárbara através da análise do banco de dados físico – químicos (pH, cloretos, oxigênio consumido, nitrogênio amoniacal, fósforo total, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio e manganês total) e avaliar as relações entre estes parâmetros e os níveis de manganês.

## METODOLOGIA

A Bacia Hidrográfica do Arroio Santa Bárbara localiza-se na porção sudoeste do município de Pelotas e ocupa uma área de aproximadamente 83 km<sup>2</sup> (SIMON et al. 2010). O reservatório Santa Bárbara apresenta quatro contribuintes principais denominados: Arroio Epaminondas, Passo do Cunha, Sanga da Barbuda e Sítio Floresta.



**Figura 1:** Delimitações da Bacia Hidrográfica do Arroio Santa Bárbara e do reservatório Santa Bárbara na cidade de Pelotas/RS. **Fonte:** Korb e Suertegaray (2014).



**Figura 2:** Área de contribuição do reservatório Santa Bárbara e seus principais afluentes. **Fonte:** Adaptado de Santos (2004).

A Sanga Passo do Cunha (Coordenadas: 31°42'02.20"S 52°22'43.40"O) tem nascentes ao norte da barragem e recebe efluentes, predominantemente agrícolas, originados da pecuária leiteira, fruticultura, avicultura e florestamento (PIEDRAS et al., 2006). É o corpo d'água mais eutrofizado, dentre os estudados, com uma vasta variedade de plantas aquáticas.

O Arroio Epaminondas (Coordenadas: 31°41'33.60"S 52°24'29.90"O) é o local visualmente mais limpo, dentre os afluentes estudados, pois está localizado em área de pouco acesso. Teoricamente não recebe esgotos, porém esta não é uma afirmação precisa uma vez que pode haver despejos aleatórios de residências individuais localizadas próximos ao corpo d'água.

A Sanga da Barbuda (Coordenadas: 31°42'32.60"S 52°21'56.15"O), cujas nascentes estão localizadas no entroncamento da BR-116 e a Avenida Fernando Osório, no acesso norte da Cidade de Pelotas, recebe efluentes domésticos a partir do loteamento Sítio Floresta, da Vila Jacob Brod e da Vila da Páscoa e, também, efluentes de indústrias de arroz, conservas, frigoríficos e de pescados (PIEDRAS et al., 2006).

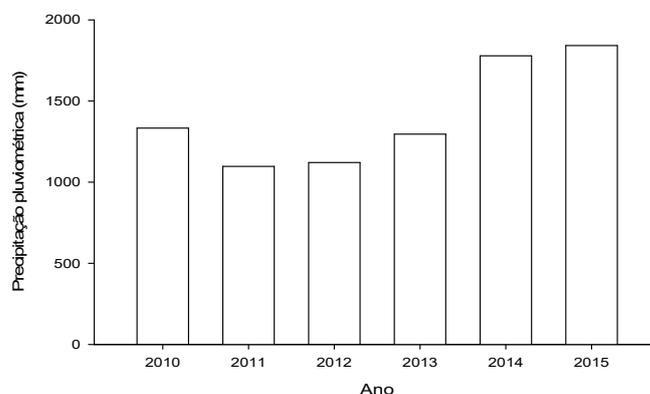
O Sítio Floresta (Coordenadas: 31°41'47.20"S 52°21'29.95"O) localiza-se no bairro Sítio Floresta e recebe esgotos dos núcleos residenciais. O ponto de coleta fica situado nos fundos de uma residência e observa-se que recebe grande quantidade de lixo.

O presente trabalho utilizou o banco de dados físico – químicos do Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas (SANEP), no período de 2010 a 2015. Foram utilizados dados de 36 meses, dentro deste período, com exceção da DBO<sub>5</sub> do Epaminondas a qual se utilizou dados de 34 meses.

As amostragens de água realizadas pelo SANEP seguem as recomendações de preservação e transporte da APHA - American Public Health Association (2005). A metodologia analítica empregada para as análises físico-químicas da água foi a do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998).

Dentre os parâmetros disponíveis foram selecionados aqueles de maior interesse ao estudo: pH, cloretos, oxigênio consumido, nitrogênio amoniacal, fósforo total, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>) e manganês total.

Os dados de precipitação pluviométrica referentes ao período do estudo, obtidos no site da Estação Agroclimatológica de Pelotas (2016) que é operada através do convênio Embrapa/UFPel/INMET, são mostrados na Figura 3.



**Figura 3:** Precipitação pluviométrica (mm) no período do estudo, de 2010 a 2015, obtidas na Estação Agroclimatológica de Pelotas (Capão do Leão) localizada a cerca de 9 km da barragem Santa Bárbara.

Os dados foram submetidos à estatística descritiva através da análise de distribuição de frequência por meio do programa Excel® 2007. Para o estudo das relações entre o Manganês e os parâmetros físico – químicos utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson com nível de significância  $p < 0,05$  através do programa computacional SigmaPlot® 11.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização físico-química da água

Os resultados foram analisados com base na resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) para águas doces de Classe 2 – águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional – onde enquadram-se os mananciais. Foram calculadas as médias dos dados físico-químicos, no período de 2010 a 2015 para cada afluente, as quais estão representadas na Tabela 1.

**Tabela 1:** Médias dos parâmetros físico-químicos da água, para os afluentes da barragem Santa Bárbara, referente ao período de 2010 a 2015, comparados aos padrões estabelecidos pela Resolução do CONAMA 357/05.

Afluente	pH	Cloretos (mg.L <sup>-1</sup> Cl <sup>-1</sup> )	Turbidez (NTU)	Fósforo total (mg.L <sup>-1</sup> P)
Passo do Cunha	7,0	21,68	34,12	0,53
Epaminondas	7,0	14,43	16,53	0,28
Sanga da Barbuda	7,4	78,40	41,57	4,76
Sítio Floresta	7,4	71,61	44,46	4,21
<b>Padrão CONAMA 357/05</b>	<b>6 - 9</b>	<b>Máx. 250</b>	<b>Máx. 100</b>	<b>Máx. 0,050</b>
Afluente	Nitrogênio amoniacal (mg.L <sup>-1</sup> N)	Oxigênio consumido (mg.L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )	DBO <sub>5</sub> (mg.L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )	Manganês total (mg.L <sup>-1</sup> Mn <sup>+7</sup> )
Passo do Cunha	1,46	15,55	5,90	0,80
Epaminondas	0,85	10,88	7,51	0,73
Sanga da Barbuda	10,39	27,25	27,87	1,44
Sítio Floresta	8,72	23,65	53,31	1,25
<b>Padrão CONAMA 357/05</b>	<b>Máx. 3,7</b>	<b>*</b>	<b>Máx. 5</b>	<b>Máx. 0,1</b>

\*: Não há limite estabelecido na legislação.

Através dos dados demonstrados na Tabela 1, pode-se afirmar que os valores de pH, cloretos, turbidez e oxigênio consumido estão dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução 357/05 do CONAMA para águas doces de Classe 2, porém, no que diz respeito ao fósforo total, nitrogênio amoniacal, DBO<sub>5</sub> e manganês total os resultados não foram satisfatórios, já que, na maioria dos casos, esses estão acima do permitido pela lei.

O valor de pH encontrado em todos os afluentes esteve próximo a neutralidade, apresentando assim, valores satisfatórios, uma vez que este parâmetro é um dos indicativos mais importantes de monitoramento de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos. A acidez elevada pode ser um indicativo de contaminações, enquanto o excesso de solubilização de sais também pode tornar a água imprópria para consumo devido à elevada dureza (BAIRD, 2004).

As concentrações de cloretos também estiveram abaixo dos limites. Este parâmetro também é de grande importância, uma vez que é resultante da dissolução de minerais e sais; elevadas concentrações podem estar associadas à contaminação por despejos de efluentes domésticos e industriais (BETEMPS, SANCHES FILHO e KERSTNER, 2014).

A turbidez apresentou valores abaixo do limite estabelecido pela Resolução do Conama, indicando que há baixa presença de matérias sólidas em suspensão, matéria orgânica e inorgânica, organismos microscópicos e algas (OLIVEIRA et al., 2010). A presença dessas partículas provoca a dispersão e a absorção

da luz, dando a água uma aparência desagradável, esteticamente indesejável e potencialmente perigosa, influenciando nas comunidades biológicas aquáticas (RICHTTER E AZEVEDO NETTO, 2002).

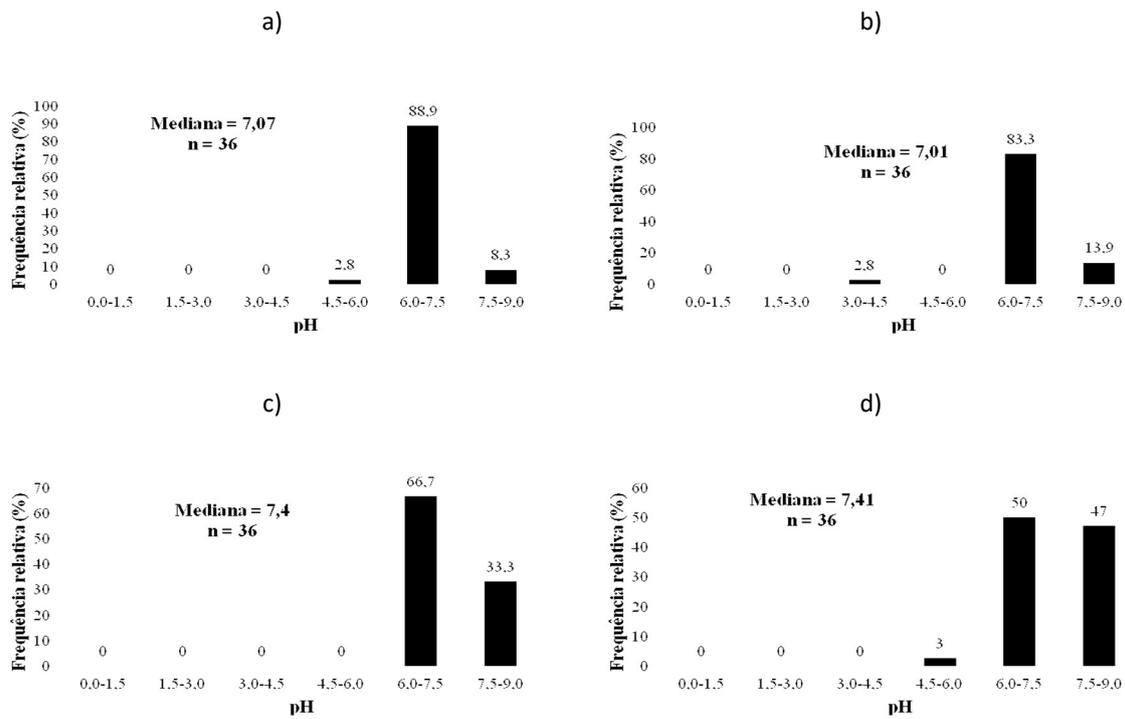
Não há limite estabelecido na legislação para o oxigênio consumido. Este parâmetro está relacionado com a quantidade de oxigênio consumido por substâncias orgânicas que se oxidam sob determinadas condições. No caso de águas, o parâmetro torna-se particularmente importante, pois estima o potencial poluidor de efluentes domésticos e industriais, além de indicar o desenvolvimento de microrganismo nas unidades de tratamento (ROCHA et al., 1990).

Com relação ao fósforo total é possível observar que os valores estiveram acima dos estabelecidos pela resolução do CONAMA, o que caracteriza esses cursos de água como hipereutróficos. Sharpley & Rekolainen (1997) e Rekolainen et al. (1997) indicam que o aporte de fósforo aos recursos hídricos tem como principal agente o uso urbano, seguido pelo uso agrícola do solo. O resultado do presente estudo foi similar ao encontrado por Coradi, Fia e Pereira-Ramirez (2009), no qual as amostras estudadas, provenientes da mesma região, também apresentaram elevadas concentrações de fósforo. Os autores inferem que essas elevadas concentrações estão intimamente ligadas as atividades antrópicas, já que a zona urbana em que se encontra o local contribui com o lançamento de efluentes possivelmente contaminados.

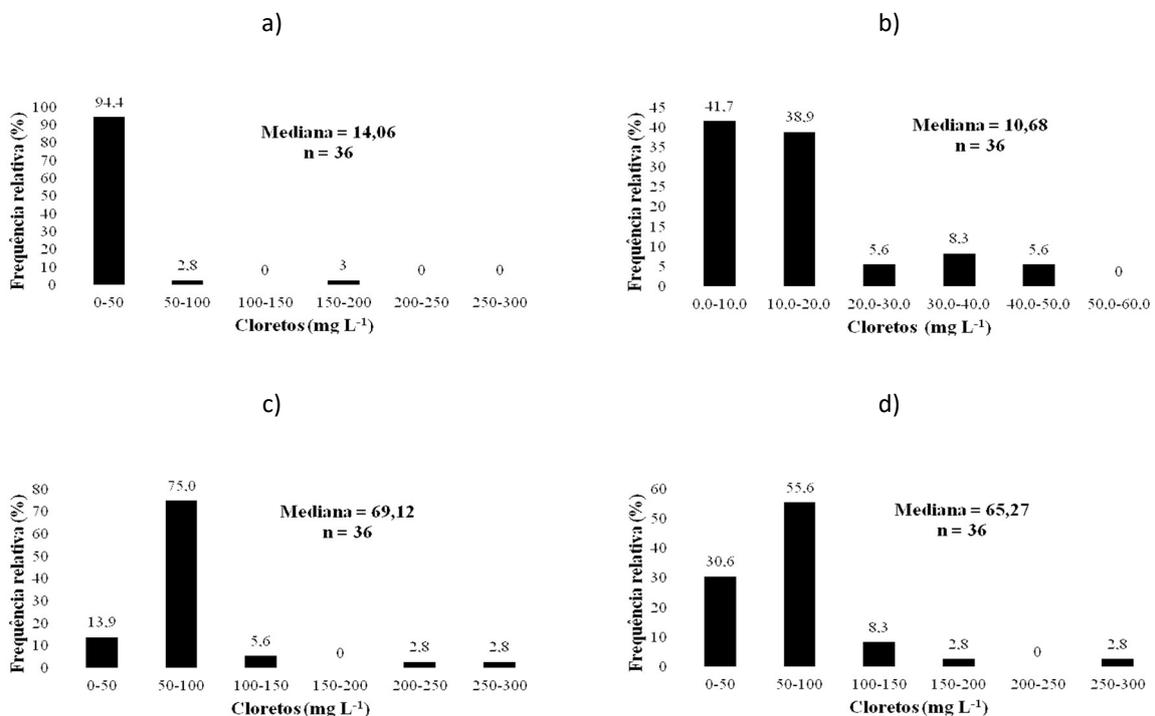
A concentração de nitrogênio amoniacal ficou acima do valor indicado pela Resolução do CONAMA para os afluentes Sanga da Barbuda e Sítio Floresta, indicando que os mesmos sofrem influência de poluição orgânica através dos despejos de efluentes que recebem de indústrias de arroz, conservas, frigoríficos e de pescados (PIEDRAS et al., 2006). A presença de amônia na água caracteriza a poluição recente por esgotos domésticos, o que foi observado também em estudo realizado por Vasco et al. (2011).

Com relação às concentrações de  $DBO_5$ , todos os afluentes apresentaram concentrações acima das estabelecidas pelo CONAMA, sendo que a concentração para o afluente Passo do Cunha esteve próximo ao máximo permitido. Essas elevadas concentrações indicam uma grande quantidade de matéria orgânica inserida no meio aquático oriunda de esgotos e de vegetais em decomposição nos locais estudados (Vasco et al., 2011). Um elevado valor de  $DBO_5$  pode indicar um aumento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis, podendo também obstruir os filtros de areia utilizados nas estações de tratamento de água (BRAILE e CAVALCANTI, 1979).

As concentrações de Mn também estiveram acima do estabelecido pelo CONAMA. Segundo Alloway (1990), este elemento é, em pequenas quantidades essencial aos seres vivos, porém a sua elevada concentração normalmente encontra-se associada à poluição. Segundo Carlson et al. (1997), problemas como coloração, sabor e incrustações em canalizações, podem ser atribuídos a presença de manganês em sistemas de abastecimento de água. Na saúde humana o consumo de água com níveis de manganês acima da média pode causar sintomas como rigidez muscular, tremores das mãos e fraqueza (ATSDR, 2012). Estudos realizados em Bangladesh relacionaram a mortalidade infantil com a ingestão de água com elevados teores de Mn (WASSERMAN et al., 2006); em Quebec/Canadá foi constatado que a presença de excesso de Mn na água ocasiona efeitos adversos no QI de crianças (BOUCHARD et al., 2010).



**Figura 4:** Distribuição de frequência de pH, no período de 2010 a 2015 nos afluentes: a) Passo do Cunha; b) Epaminondas; c) Sanga da Barbuda; d) Sítio Floresta.



**Figura 5:** Distribuição de frequência de Cloretos (mg.L<sup>-1</sup>) no período de 2010 a 2015 nos afluentes: a) Passo do Cunha; b) Epaminondas; c) Sanga da Barbuda; d) Sítio Floresta.

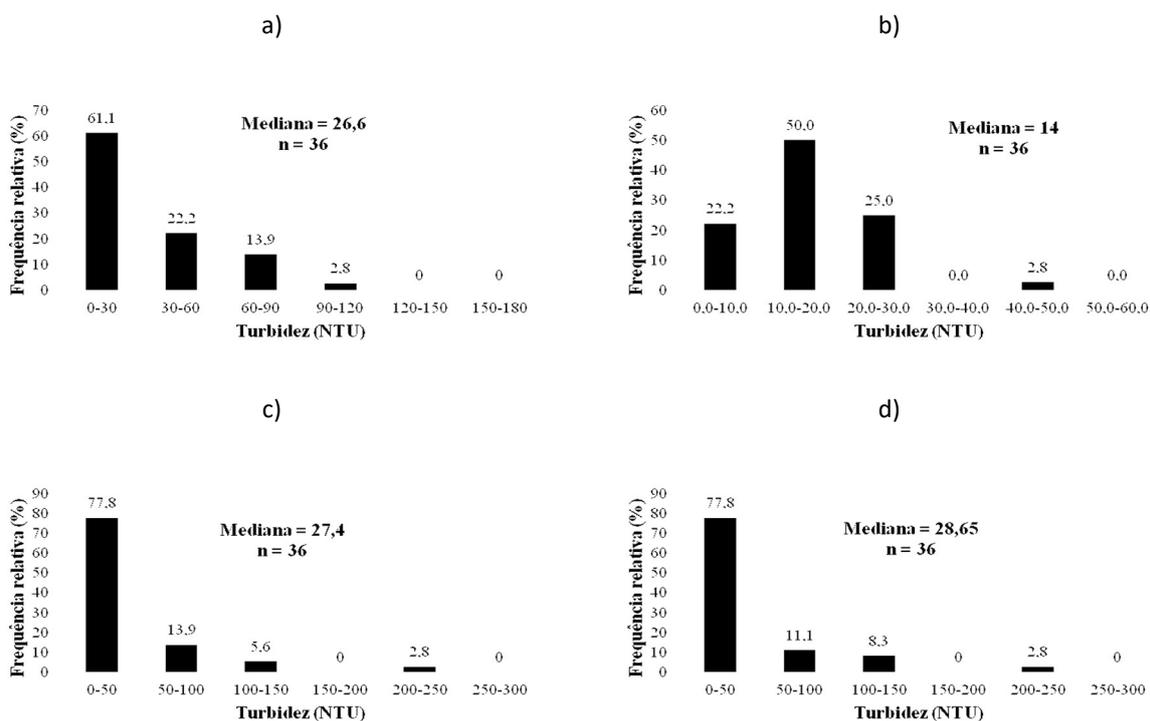


Figura 6: Distribuição de frequência de Turbidez (NTU), no período de 2010 a 2015 nos afluentes: a) Passo do Cunha; b) Epaminondas; c) Sanga da Barbuda; d) Sítio Floresta.

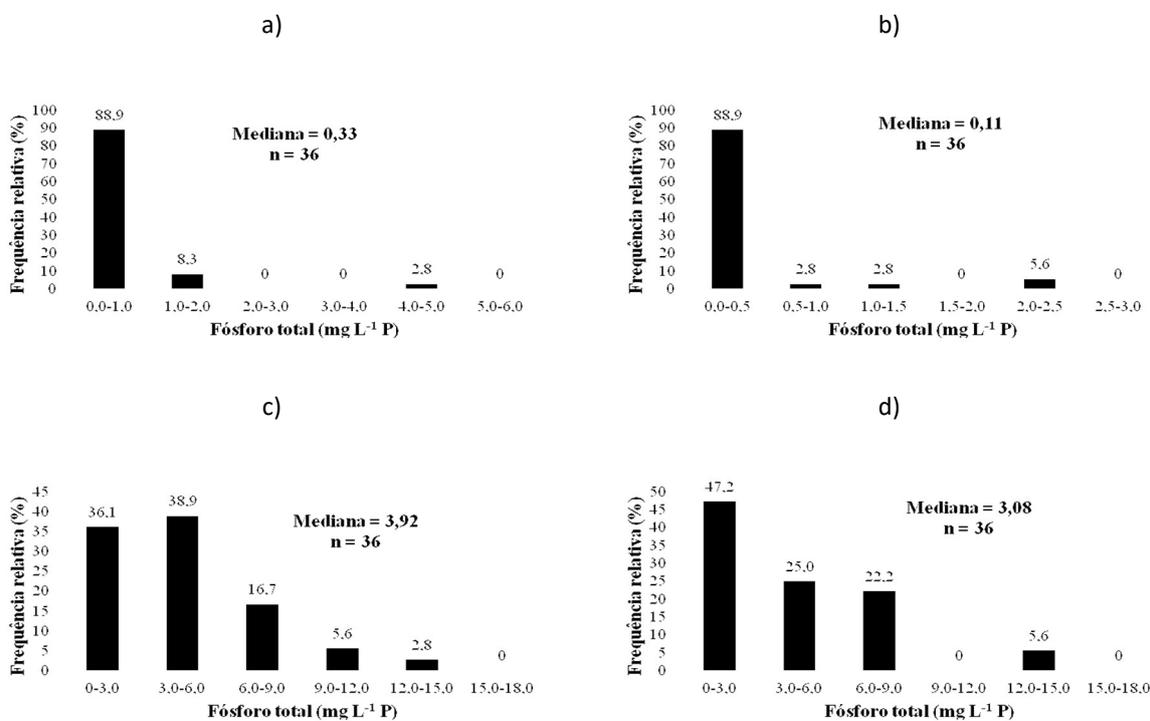
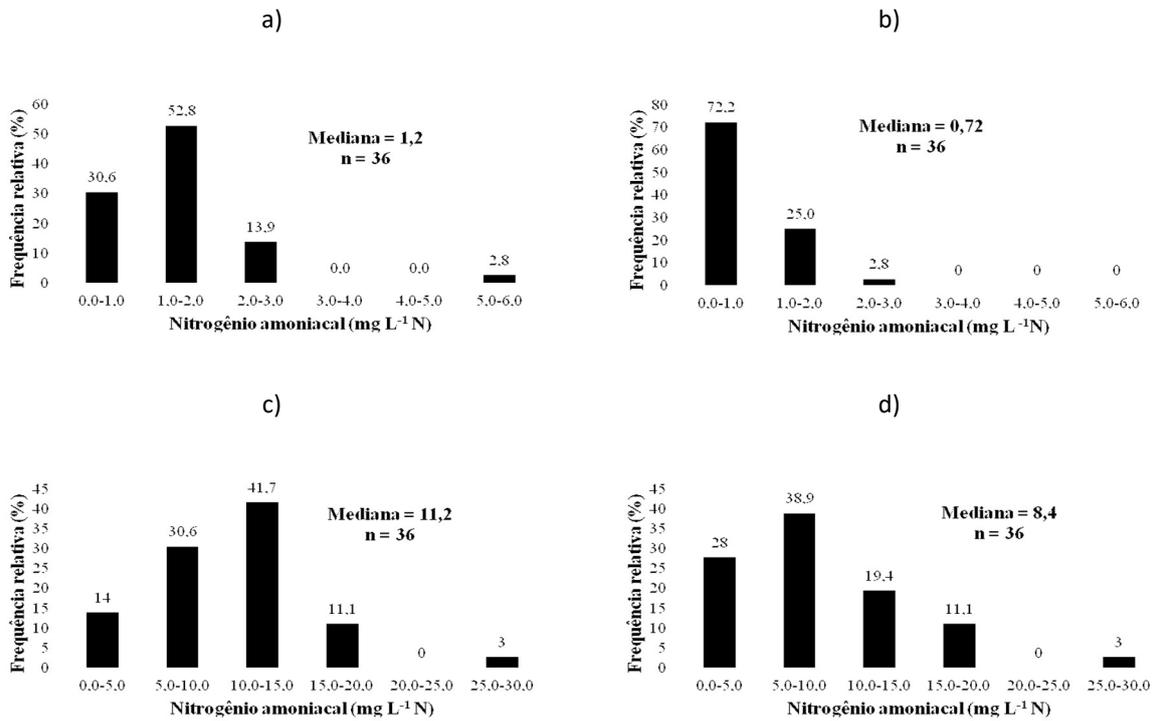
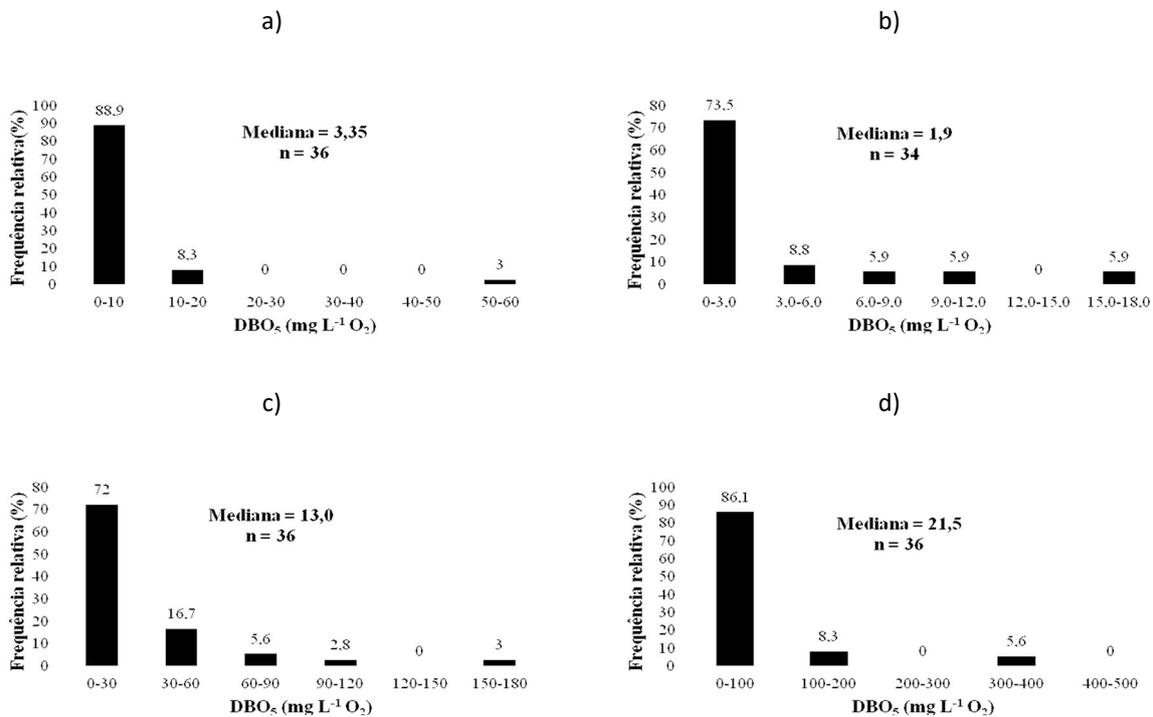


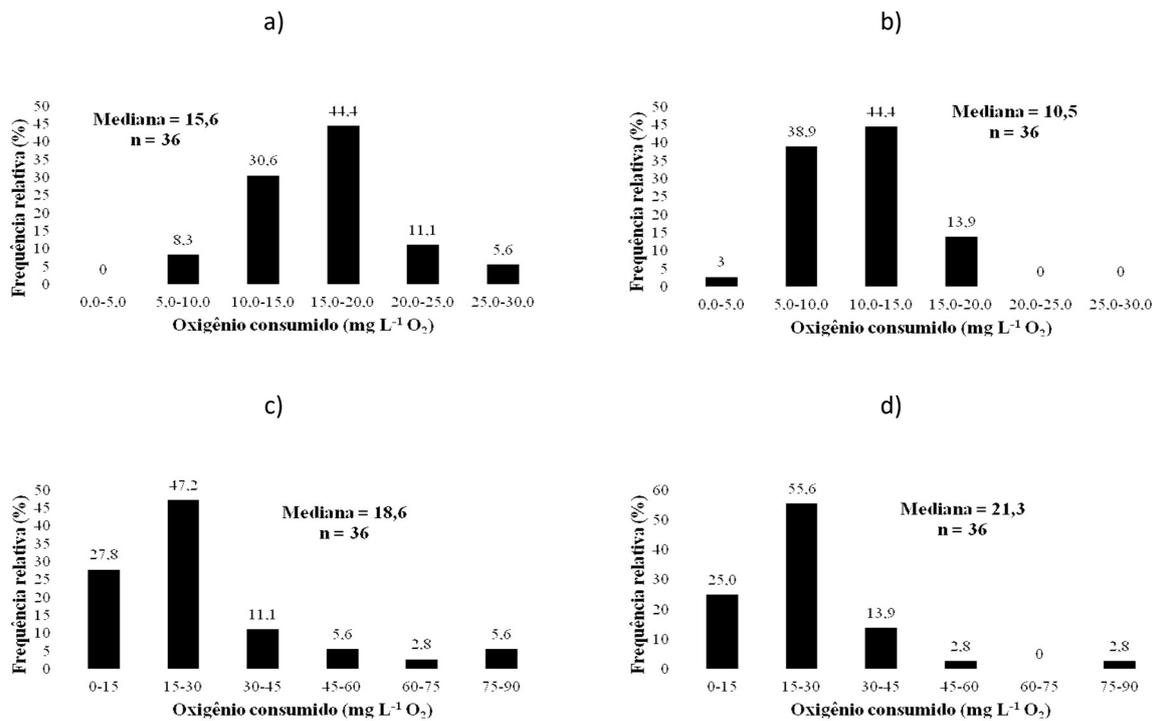
Figura 7: Distribuição de frequência de Fósforo total (mg.L<sup>-1</sup> P), no período de 2010 a 2015 nos afluentes: a) Passo do Cunha; b) Epaminondas; c) Sanga da Barbuda; d) Sítio Floresta.



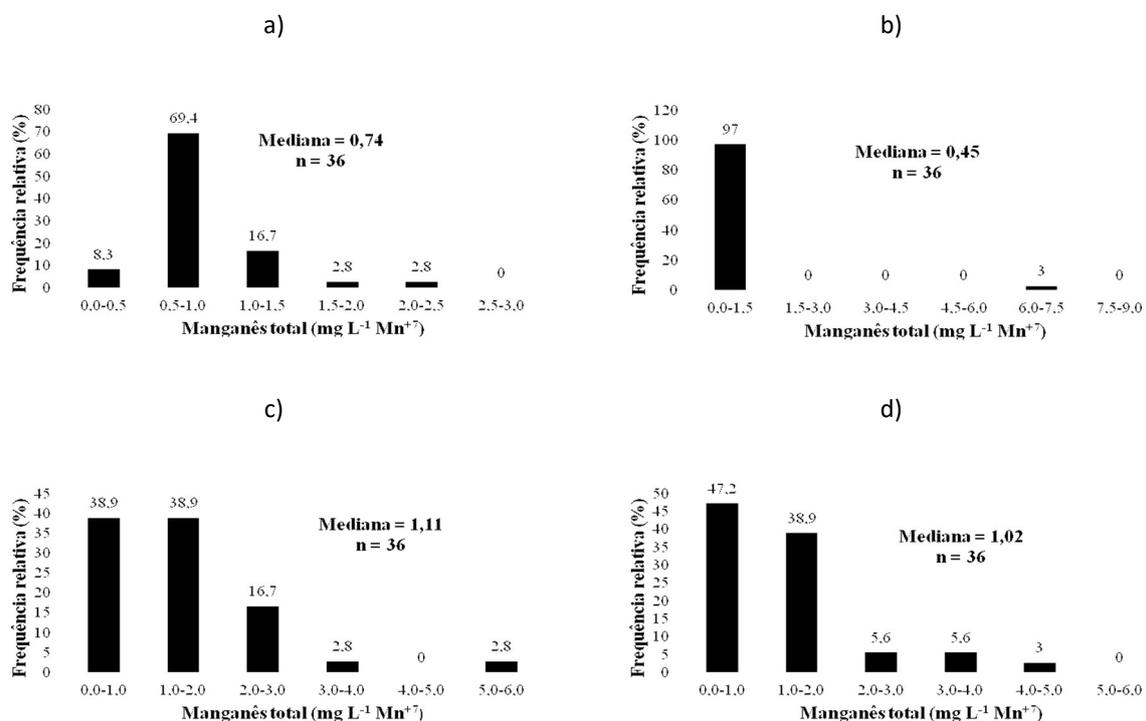
**Figura 8:** Distribuição de frequência de Nitrogênio amoniacal (mg.L<sup>-1</sup>), no período de 2010 a 2015 nos afluentes: a) Passo do Cunha; b) Epaminondas; c) Sanga da Barbuda; d) Sítio Floresta.



**Figura 9:** Distribuição de frequência de DBO<sub>5</sub> (mg.L<sup>-1</sup> O<sub>2</sub>), no período de 2010 a 2015 nos afluentes: a) Passo do Cunha; b) Epaminondas; c) Sanga da Barbuda; d) Sítio Floresta.



**Figura 10:** Distribuição de frequência de Oxigênio consumido (mg.L<sup>-1</sup> O<sub>2</sub>), no período de 2010 a 2015 nos afluentes: a) Passo do Cunha; b) Epaminondas; c) Sanga da Barbuda; d) Sítio Floresta.



**Figura 11:** Distribuição de frequência de Mn total (mg.L<sup>-1</sup> Mn<sup>+7</sup>), no período de 2010 a 2015 nos afluentes: a) Passo do Cunha; b) Epaminondas; c) Sanga da Barbuda; d) Sítio Floresta.

Para os quatro afluentes avaliados os maiores percentuais de pH concentraram-se na faixa de 6,0 a 7,5 (Figura 4). Estes valores concordam com a afirmação de Vasconcelos e Souza (2011) que dizem que o pH da grande maioria dos corpos d’água varia de 6 a 9.

Na Sanga da Barbuda (Figura 5c) e no Sítio Floresta (Figura 5d), os cloretos apresentaram maiores concentrações na água e as variações ficaram entre 0 e 250 mg.L<sup>-1</sup> concentrando respectivamente, 75 e 55,6% dos valores na faixa de 50-100. No Epaminondas (Figura 5b) e no Passo do Cunha (Figura 5a) as concentrações foram menores, ficando 41,7% na faixa de 0-10, no primeiro, e 94,4% na faixa de 0-50, no segundo. Os teores encontrados podem estar associados à precipitação pluviométrica, pois períodos mais chuvosos tendem a diminuir a concentração de cloretos; observa-se que, no período do estudo (Figura 3) a precipitação, de 2010 a 2013 manteve-se próxima ao que é considerado normal segundo a Estação Agroclimatológica de Pelotas (2016) para cada ano na região (1367 mm), e, em 2014 e 2015 esteve acima do normal.

O Passo do Cunha (Figura 6a) é, dentre os afluentes da barragem estudados, o que visualmente aparenta ser mais eutrofizado e com grande quantidade de material em suspensão, porém, 61,1% dos valores de turbidez ficaram na faixa de 0-30 e apenas 2,8% na faixa limite 90-120. No Epaminondas (Figura 6b) 50% dos valores concentrou-se na faixa de 10-20 e, tanto na Sanga da Barbuda (Figura 6c) quanto no Sítio Floresta (Figura 6d) 77,8% dos valores de turbidez ficaram na faixa de 0-50. Os resultados demonstram que não houve grandes variações deste parâmetro entre os quatro afluentes.

Os teores de fósforo variaram entre as faixas, ficando os valores: no Epaminondas (Figura 7b) 88,9% na faixa de 0,0-0,5; no Passo do Cunha (Figura 7a) 88,9% na faixa de 0,0-1,0; no Sítio Floresta (Figura 7d) 47,2% na faixa de 0,0-3,0 e na Sanga da Barbuda (Figura 7c) na faixa de 3,0-6,0. Estes dados revelam que a tendência das concentrações se mantiveram no Passo do Cunha e Sanga da Barbuda pois Piedras et al. (2006) realizaram caracterização físico-química nestes dois afluentes e encontraram para o fósforo total menores valores (0,43 mg.L<sup>-1</sup>) no Passo do Cunha e maiores valores para a Sanga da Barbuda (5,52 mg.L<sup>-1</sup>) assim como no presente estudo.

Na Sanga da Barbuda (Figura 8c) e no Sítio Floresta (Figura 8d) houve variações de 0 a 30 mg.L<sup>-1</sup> de N amoniacal, ficando 41,7% dos valores na faixa de 10-15 para o primeiro afluente e 38,9% na faixa de 5-10 para o segundo. No Epaminondas (Figura 8b) e no Passo do Cunha (Figura 8a) a variação foi menor, de 0 a 6 mg.L<sup>-1</sup>, sendo que, 72,2 % dos valores para o primeiro afluente concentraram-se na faixa de 0,0-1,0 e 52,8% dos valores para o segundo concentraram-se na faixa de 1,0-2,0. Assim como para o fósforo, estes valores concordaram com os analisados por Piedras et al. (2006): menores valores de N amoniacal no Passo do Cunha (0,46 mg.L<sup>-1</sup>) e maiores valores na Sanga da Barbuda (12,04 mg.L<sup>-1</sup>).

A Sanga da Barbuda e o Sítio Floresta, dentre os afluentes estudados, são os que mais recebem contribuição orgânica por meio de efluentes domiciliares e industriais e os dados obtidos confirmam a afirmação pois 72% dos valores de DBO<sub>5</sub> concentraram-se na faixa de 0-30 na Sanga da Barbuda (Figura 9c) e 86,1% na faixa de 0-100 no Sítio Floresta (Figura 9d); quanto maiores os teores de material orgânico mais oxigênio será exigido pelas bactérias para consumi-lo, logo, para ambos afluentes, os valores de oxigênio consumido ficaram entre 0 e 90 mg.L<sup>-1</sup>O<sub>2</sub>, concentrando os maiores percentuais na faixa de 0-15 (Figuras 10c e 10d). Para os demais afluentes, os valores de DBO<sub>5</sub> concentraram-se: 73,5% na faixa de 0,0-3,0 no Epaminondas (Figura 9b) e 88,9% na faixa de 0-10 no Passo do Cunha (Figura 9a). E, quanto ao oxigênio

consumido no Epaminondas (Figura 10b) 44,4% dos valores ficaram na faixa de 10-15 e no Passo do Cunha (Figura 10a) os mesmos 44,4% concentraram-se na faixa de 15-20.

Quanto aos teores de Mn: 77,8% dos valores situaram-se na faixa de 0,0-2,0 na Sanga da Barbuda (Figura 11c); 47,2% na faixa de 0,0-1,0 no Sítio Floresta (Figura 11d); 69,4% na faixa de 0,5-1,0 no Passo do Cunha (Figura 11a) e 97% na faixa de 0,0-1,5 no Epaminondas (Figura 11b). Os teores de Mn apresentam grande variabilidade nos corpos d'água. Diel et al. (2007), ao quantificar os teores de nutrientes nas águas dos principais mananciais utilizados para irrigação de lavouras de arroz na região sul do RS encontraram valores de Mn nas águas dos rios variando de 0,063 mg.L<sup>-1</sup> a 0,4 mg.L<sup>-1</sup> e nos açudes de 0,063 mg.L<sup>-1</sup> a 2,22 mg.L<sup>-1</sup>.

### Correlações entre os parâmetros físico-químicos e o Mn

As correlações entre os parâmetros físico-químicos (pH, turbidez, P total, DBO<sub>5</sub>, O<sub>2</sub> consumido, cloretos, e N amoniacal) e o Manganês total são mostradas na Tabela 2. Nota-se que correlações positivas e significativas foram encontradas entre Mn-Ptotal, no Epaminondas; Mn-O consumido no Epaminondas e na Sanga da Barbuda e Mn- Turbidez na Sanga da Barbuda, no Sítio Floresta e no Passo do Cunha.

**Tabela 2:** Correlação (Pearson) e nível de significância entre as médias de manganês e as médias dos parâmetros físico-químicos analisados no período de 2010 a 2015.

Parâmetros	Epaminondas		Sanga da Barbuda		Sítio Floresta		Passo do Cunha	
	R*	P**	R*	P**	R*	P**	R*	P**
pH	-0,0912	0,597	-0,151	0,371	0,0770	0,655	-0,145	0,398
Turbidez	0,129	0,452	<b>0,450</b>	<b>0,00589</b>	<b>0,421</b>	<b>0,0105</b>	<b>0,366</b>	<b>0,0282</b>
P total	<b>0,665</b>	<b>7x10<sup>-6</sup></b>	0,255	0,123	-0,0321	0,851	-0,0921	0,588
DBO <sub>5</sub>	0,158	0,372	-0,0128	0,940	-0,200	0,243	0,307	0,0648
O consumido	<b>0,450</b>	<b>0,0059</b>	<b>0,424</b>	<b>0,0100</b>	0,0328	0,849	-0,0154	0,929
Cloretos	-0,0040	0,981	0,0701	0,680	-0,186	0,272	-0,0557	0,743
N amoniacal	0,115	0,498	-0,149	0,379	-0,135	0,426	0,139	0,411

\*R: Coeficiente de Correlação de Pearson (r = 1, correlação perfeita positiva; r = -1, correlação negativa perfeita; r = 0, não há dependência linear). \*\*P: P valor (p>0,05: relação não significativa; p<0,05: relação significativa).

O Mn possui densidade aproximadamente igual a 7,4 g.cm<sup>-3</sup>, o que o caracteriza, quimicamente, como metal pesado (ROCHA e AFONSO, 2012). Segundo Jorgensen (2002) a liberação de íons de metal pesado do solo e dos sedimentos aumenta rapidamente com a redução do pH. Como no trabalho em questão os valores de pH se mantiveram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA (entre 6 e 9) a ausência de correlação com o Mn já era esperada.

Houve correlação positiva significativa entre o Mn-Turbidez nos afluentes Sanga da Barbuda, no Sítio Floresta e no Passo do Cunha. O aumento da turbidez pode elevar as concentrações de metais pesados nos corpos d'água. A distribuição de metais está associada à quantidade e qualidade do material em suspensão na água e à afinidade física e química do metal dissolvido com as partículas em suspensão – as partículas orgânicas constituídas por detritos, algas e bactérias são as que apresentam maior poder de absorção (DAVIS e MASTEN, 2016). No Epaminondas não houve correlação possivelmente por ser o afluente com menor índice de turbidez.

Existem estudos que relacionam o manganês com o fósforo em solos alagados. Ponnampertuma (1972) descobriu que o P foi adsorvido ou co-precipitado por óxidos de Mn sob condições de solos oxidados. Boyle e Lindsay (1986) relataram que o fosfato de manganês formado em solos reduzidos controla a solubilidade de P naqueles solos. Tais estudos podem servir de justificativa para a correlação positiva significativa entre o Mn-P total no Epaminondas, ocorrendo tais processos no sedimento de fundo do corpo d'água. Porém, para os demais afluentes não houve correlação.

Esperava-se correlação negativa entre Mn-DBO<sub>5</sub>, pois a matéria orgânica apresenta grande capacidade de adsorção de metais pesados (STUMM E MORGAN, 1996), porém não ocorreu correlação em nenhum dos quatro afluentes analisados. Há duas possíveis justificativas para o fato: primeiro, a DBO<sub>5</sub> é uma medida indireta da matéria orgânica (representando apenas a fração biodegradável) presente, de modo, que a mesma pode não ter sido totalmente representada pelo parâmetro; segundo, pode ter ocorrido competição pelos sítios de adsorção da matéria orgânica entre o Mn e outros cátions presentes na água (Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, por exemplo).

O processo de decomposição da matéria orgânica pelos micro-organismos, consome oxigênio e libera compostos e, sendo esta matéria orgânica proveniente de fonte antrópica, uma grande variedade de compostos pode ser liberada, entre eles o Mn, resultando em correlação positiva significativa entre Mn-O consumido no Epaminondas e na Sanga da Barbuda. Por fim, não existem na literatura estudos que relacionem cloretos e N amoniacal com o manganês ou com metais pesados no geral, de modo que, a ausência de correlações destes com o Mn já era esperada.

## CONCLUSÕES

Os principais afluentes da Barragem Santa Bárbara, no período de 2010 a 2015 apresentaram os parâmetros pH, cloretos, turbidez e oxigênio consumido de acordo com os padrões estabelecidos pela Resolução 357/05 do CONAMA. Porém, os despejos de efluentes e esgotos sanitários alteraram as condições de qualidade no que diz respeito ao fósforo total, nitrogênio amoniacal, DBO<sub>5</sub> e manganês total.

O manganês, poluente que causou problemas na rede de abastecimento da cidade no ano de 2007 devido à elevadas concentrações, esteve acima do máximo permitido em todos os afluentes durante o período do estudo.

Correlações positivas e significativas foram encontradas entre Mn-P total, no Epaminondas; Mn-O consumido no Epaminondas e na Sanga da Barbuda e Mn- Turbidez na Sanga da Barbuda, no Sítio Floresta e no Passo do Cunha, indicando que, quando houver alterações nestes parâmetros, deve-se dar atenção especial aos teores de Mn na água destes afluentes.

## REFERÊNCIAS

ALLOWAY, B. J.. The origins of heavy metals in soils. In: ALLOWAY, B. J.. **Heavy metals in soils**. New York: J. Wiley, 1990. p.29-39.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20 ed. Washington DC: Ed. American Public Health Association, 1998.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21 ed. Washington DC: Ed. American Public Health Association, 2005.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). **Toxicological Profile for Manganese**. Atlanta, GA: U.S. Department of Public Health and Human Services, Public Health Service, 2012.

BAIRD, C.. **Química Ambiental**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

BETEMPS, G. R.; SANCHES FILHO, P. J.; KERSTNER, T.. Caracterização físico-química da água e determinação de metais pesados (Cr, Cu, Pb e Zn) no sedimento do riacho Arroio do Padre (Arroio do Padre, Brasil/RS). **Revista Thema**, v.11, n.2, p.4-20, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.15536/thema.11.2014.4-20.229>

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, E. W. A.. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. 1 ed. São Paulo: CETESB, 1979.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357 de 17 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, 17 Mar 2005.

BOUCHARD, M. F.; SAUVÉ, B. B.; BARBEAU, B.; LEGRAND, M.; BRODEUR, M. E.; BOUFFARD, T.; LIMOGES, E.; BELLINGER, D. C.; MERGLER, D.. Intellectual Impairment in School-Age Children Exposed to Manganese from Drinking Water. **Environmental Health Perspectives**, v.119, n.1, p.138-143, 2010. DOI: <http://doi.org/10.1289/ehp.1002321>

BOYLE, F. W.; LINDSAY, W. L.. Manganese Phosphate Equilibrium Relationships in Soils. **Soil Science Society of America**, v.50, n.3, p. 588-593, 1986. DOI: <http://doi.org/10.2136/sssaj1986.03615995005000030009x>

CARLSON, K. H.; KNOCKE W. R.; GERTIG, K. R.. Optimizing treatment through Fe and Mn fractionation. **Journal AWWA**, v.89, n.4, p.162-171, 1997.

CARVALHO, A. P.; MORAES NETO, J. M.; LIMA, V. L. A.; SILVA, D. G. K. C.. Determinação espacial e temporal do IQA do açude Soledade em Soledade-Paraíba. **Engenharia Ambiental**, v.8, n.2, p.138-147, 2011.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas de amostragem**. São Paulo: CETESB, 2008.

CORADI, P.; FIA, R.; PEREIRA-RAMIREZ, O.. Avaliação da qualidade da água superficial dos cursos de água do município de Pelotas-RS, Brasil. **Ambi-Água**, v.4, n.2, p.46-56, 2009. DOI: <http://doi.org/10.4136/ambi-agua.85>

DAVIS, M. L.; MASTEN S. J.. **Princípios de Engenharia Ambiental**. 3 ed. Porto Alegre: Ed. AMGH, 2016.

DIEL, M.; CASTILHOS, R. M. V.; SOUSA, R. O de.; VAHL, L. C.; SILVA, J. B. da.. Nutrientes na água para irrigação de arroz na Região Sul do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**,

v.37, n.1, p.102-9, 2009. DOI:

<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000100017>

ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA DE PELOTAS.. **Boletim Agroclimatológico**. Pelotas: EMBRAPA/ UFPEL/INMET, 2016.

GALDINO, N.; TROMBINI, R. B.. Análise físico-química da água do córrego Japira, localizado na cidade de Apucarana-PR. **Terra e Cultura**, v.1, n.53, p.67-76, 2011.

JORGENSEN, S. E.. Modelagem Ecotoxicológica de Lagos. In: MATSUI, S.; BARRET, B. F. D.; BANERJEE, J.. **Diretrizes para o gerenciamento de Lagos/ Gerenciamento de Substâncias Tóxicas em Lagos e Reservatórios**. São Carlos: ILEC/IE, 2002. p.49-70.

KORB, C. C.; SUERTEGARAY, D. M. A.. Identificação de depósitos tecnogênicos em um reservatório de abastecimento de água da cidade de Pelotas (RS). **Quaternary and Environmental Geosciences**, v.5, n.1, p.41-54, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abequa.v5i1.33918>

OLIVEIRA, C. N.; CAMPOS, V. P.; MEDEIROS, Y. D. P.. Avaliação e Identificação de Parâmetros Importantes para a Qualidade de Corpos D'água no Semi-árido Baiano, Estudo de Caso: Bacia Hidrográfica do Rio Salitre. **Química Nova**, v.33, n.5, p.1059-1066, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422010000500010>

PIEDRAS, S. R. N.; BAGER, A.; MORAES, P. R. R.; ISOLDI, L. A.; FERREIRA, O. G. L.; HEEMANN, C.. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água na Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p.494-500, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782006000200020>

PONNAMPERUMA, F. N.. The chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**, v.24, [s.n.], p.29-96, 1972.

REKOLAINEN, S.; KHOLM, P. E.; ULEN, B.; GUSTAFSON, A.. Phosphorus losses from agriculture to the surface water in the nordic countries In: TUNNY, H.; CARTON, O. T.; BROOKES, P. C.; JOHNSTON, A. E.. **Phosphorus loss from soil to water**. New York: CAB International, 1997. p.77-93.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M.. **Tratamento de água tecnologia atualizada**. 4 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

ROCHA, J. C., BARBIÉRI, R. S., CARDOSO, A. A., GRANER C. A. F.. Agilização do processo de rotina analítica para a determinação da DQO (demanda química de oxigênio). **Química Nova**, v.13, p.200-201, 1990.

ROCHA, R. A. R.; AFONSO, J. C.. Manganês. **Química Nova na Escola**, v.2, n.1, p.103-105, 2012.

SERVIÇO AUTÔNOMO DE SANEAMENTO DE PELOTAS (SANEP). **Reservatórios**. Pelotas: SANEP, 2016.

SANTOS, J. P.. **Caracterização da Área de Contribuição do Reservatório Santa Bárbara e Identificação de Conflitos**. Pelotas, RS: 2004. Monografia (Especialização em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2004.

SHARPLEY, A. N.; REKOLAINEN, S.. Phosphorus in agriculture and its environmental implications. In: TUNNEY, H.; CARTON,

O. T.; BROOKES, P. C.; JOHNSTON, A. E.. **Phosphorus loss from soil to water**. New York: CAB International, 1997. p.1-53.

SIMON, A. L. H.; TRENTIN, G.; CUNHA, C. M. L. da.. Avaliação da dinâmica do uso da terra na bacia do Arroio Santa Bárbara – Pelotas (Brasil), no período de 1953 a 2006. **Scripta Nova**, v.14, n.327, 2010.

SOUZA, J. R de.; MORAES, M. E. B.; SONODA, S. L.; SANTOS, H. C. R. G.. A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **Revista Eletrônica do Prodema**, v.8, n.1, p.26-45, 2014.

STUMM, W.; MORGAN, J. J.. **Aquatic chemistry**: chemical equilibria and rates in natural waters. 3 ed. Nova York: Ed. John Wiley & Sons, 1996.

VASCO, A. N.; BRITTO, F. B.; PEREIRA, A. P. S.; MÉLLO JÚNIOR, A. V. M.; GARCIA, C. A. B.; NOGUEIRA, L. C.. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. **Ambi-Água**, Taubaté, v.6, n.1, p.118-130, 2011. DOI: 10.4136/ambi-agua.178

VASCONCELOS, V. M. M.; SOUZA, C. F.. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. **Ambi-Água**, v.6, n.2, p.305-324, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.202>

WASSERMAN, G. A.; LIU, X.; PARVEZ, F.; AHSAN, H.; LEVY, D.; FACTOR-LITVAK, P.; KLINE, J.; VAN GEEN, A.; SLAVKOVICH, V.; LOLACONO, N. J.; CHENG, Z.; ZHENG, Y.; GRAZIANO, J. H.. Water Manganese Exposure and Children's Intellectual Function in Arai hazar Bangladesh. **Environmental Health Perspectives**, v.114, n.1, p.124-129, 2006. DOI: <http://doi.org/10.1289/ehp.8030>