

ANÁLISE DA PRESENÇA DE FERRO (FE) EM ÁGUA TRATADA NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO.

VALESKA REGINA SOARES MARQUES, RICARDO DE BONIS

RESUMO

A água proveniente de sistemas de distribuição de água potável pode sofrer alterações até a chegada na residência do usuário visto que essas alterações podem ser por variações químicas ou biológicas ou ainda por perda de integridade do sistema. Mediante tal fato este estudo tem como objetivo analisar a presença de ferro na água potável tratada no município do Rio de Janeiro. Consiste em um estudo exploratório com abordagem qualitativa, onde várias amostras de água foram coletadas em três bairros distintos, durante o período de um ano. Essas amostras foram submetidas a uma espectrometria de massa por plasma para análise da presença de ferro. Como resultado foi verificado a presença de ferro, acima do permitido pela Anvisa, nos 3 bairros pesquisados, sendo que o bairro que apresentou menor episódios de ocorrência, dentre os estudados, foi a Barra da Tijuca. Concluímos que algumas ações como alterações de coagulantes e manutenção da rede de distribuição de água, nas tubulações, são eficazes na redução da presença de ferro na água tratada pelos ETAs.

Palavras chave – Ferro, Tratamento da água, Abastecimento de água.

RESUMEN

El agua proveniente de sistemas de distribución de agua potable puede sufrir cambios hasta la llegada en la residencia del usuario ya que estos cambios pueden ser por variaciones químicas o biológicas o por pérdida de integridad del sistema. Por este hecho este estudio tiene como objetivo analizar la presencia de hierro en el agua potable tratada en el municipio de Rio de Janeiro. Consiste en un estudio exploratorio con abordaje cualitativo, donde varias muestras de agua fueron recolectadas en tres barrios distintos, durante el periodo de un año. Estas muestras se sometieron a una espectrometría de masa por plasma para analizar la presencia de hierro. Como resultado se verificó la presencia de hierro, por encima de lo permitido por la Anvisa, en los 3 barrios investigados, siendo que el barrio que presentó menor episodios de ocurrencia, entre los estudiados, fue la Barra da Tijuca. Concluimos que algunas acciones como cambios de coagulantes y mantenimiento de la red de distribución de agua en las tuberías, son eficaces en la reducción de la presencia de hierro en el agua tratada por los ETAs.

VALESKA REGINA SOARES MARQUES (valeska_br@hotmail.com) – Médica Veterinária. Professora de pós-graduação do Instituto Ideia, Rio de Janeiro. Doutora em Saúde Pública pela Universidad Americana/ PY, Aluna do Programa de Pós-Doutoramento da Universidade Iberoamericana/ PY em parceria com Instituto IDEIA/BR. Tutor: RICARDO DE BONIS (ricardo@debonis.com.br) – Pós-Doutor. Doutor em administração pela Universidad Americana – PY. Professor da disciplina de “Ética na Pesquisa e na Produção Acadêmica” da Universidad Columbia Del Paraguay, Coordenador e Professor do curso de Pós-Doutoramento da Universidad Iberoamericana de Asunción – PY, em parceria com o Instituto IDEIA-BR. Cirurgião-Dentista.

1 – INTRODUÇÃO

É imprescindível a manutenção da qualidade da água dos mananciais que servem de abastecimento para as cidades, visto que esta tem influência na saúde da população.

No entanto, “tanto sua escassez como seu excesso são extremamente indesejáveis”. (DE BONIS, 2005, p.31).

Deininger et al (1992) afirma que a água proveniente de sistemas de distribuição de água potável pode sofrer alterações até a chegada na residência do usuário visto que essas alterações podem ser por variações químicas ou biológicas ou ainda por perda de integridade do sistema.

Freitas, Brilhante e Almeida (2001, p. 652-653) discorre sobre a presença de metais, como o ferro, na água.

Metais no sistema de distribuição de água podem ter origem na variabilidade da qualidade da água que o sistema de distribuição pode apresentar ou estar relacionados a esse fato. Duas origens podem ser indicadas: a primeira diz respeito ao próprio sistema que fornece o metal, principalmente por meio de corrosão química ou microbiológica; a segunda fonte diz respeito à origem da água que entra na estação de tratamento, onde principalmente alumínio e ferro formam compostos utilizados no processo de coagulação cujo objetivo é a remoção de partículas em suspensão na água que afluí para a estação de tratamento.

Os metais pesados, assim como o ferro, são classificados como metais de alta densidade ou com número atômico médio ou alto e tóxico em baixas concentrações. Alguns autores consideram como metais pesados àqueles com peso atômico superior a 20 e com propriedades metálicas. (AMARAL NETO, 2015)

Os metais podem ser introduzidos nos ecossistemas aquáticos de maneira natural ou artificial. Naturalmente, por meio do aporte atmosférico e chuvas, pela liberação e transporte a partir da rocha matriz ou outros compartimentos do solo onde estão naturalmente (PAULA, 2006; SEYLER; BOAVENTURA, 2008). De modo artificial, por fontes antropogênicas de diversos ramos: esgoto in natura de zonas urbanas, efluentes de indústrias, atividades agrícolas, e rejeitos de áreas de mineração e garimpos (GOMES; SATO, 2011).

Os metais possuem ainda características atômicas peculiares, dando-lhes elevada resistência à degradação química, física e biológica no sistema aquático. Isto os leva a persistirem no ambiente aquático por vários anos, mesmo depois da proibição de sua utilização ou despejo nos cursos d'água (IKEM et al., 2003; MORAES; JORDÃO, 2002). Ao persistir no sistema aquático, o metal tem sua concentração gradualmente aumentada, o que facilita sua maior concentração na água e absorção pelos organismos (ARAI et al., 2007).

A água com ferro é absorvida pelo organismo por meio do trato gastrointestinal, principalmente no intestino delgado proximal (MACHADO, IZUMI E FREITAS, 2005), cuja absorção é influenciada, podendo ser maior ou menor, pelos movimentos do trato digestivo, do pH e da existência de outros materiais presentes. Esses metais podem se apresentar, quanto a sua toxicidade, de forma aguda ou crônica. (FREITAS, BRILHANTE E ALMEIDA, 2001)

O ferro é um metal pesado que possui número atômico 26 e massa atômica de $55,85 \text{ g mol}^{-1}$. É geralmente encontrado na forma inorgânica como Fe^{3+} e fornecido através de vegetais e cereais. Na carne vermelha é encontrado na forma de heme originário da quebra da Hb e mioglobina. (GROTTO, 2008)

Em condições normais a quantidade absorvida de ferro pelo organismo não ultrapassa a quantidade perdida. Essa perda é progressiva e diária, sendo que o trato intestinal realiza a regulação do estoque de ferro do organismo. (MACHADO, IZUMI e FREITAS, 2005)

Como o ferro possui alto potencial reativo, o seu excesso atua no desenvolvimento da arteriosclerose, desordens neurodegenerativas (Parkinson e outros), carcinogênese. (MACHADO, IZUMI e FREITAS, 2005)

Diante dos malefícios ocasionados pela presença de metais, especialmente o ferro, este estudo tem como objetivo analisar a presença de ferro em água potável tratada na cidade do Rio de Janeiro.

2 - METODOLOGIA

A metodologia usada nesta pesquisa é classificada como exploratória, descritiva, com abordagem qualitativa. A mesma se baseou em analisar a qualidade da água proveniente da distribuidora de água que atende alguns bairros do município do Rio de Janeiro.

As amostras de água foram coletadas em pote de plástico estéril que comporta 1 litro. As coletas foram realizadas nos períodos de abril de 2016 a abril de 2017, nos bairros Centro, Barra da Tijuca e Ilha do Governador da cidade do Rio de Janeiro.

A água foi coletada no ponto de entrada das residências, logo após o hidrômetro e antes da entrada na caixa d'água.

As amostras foram transportadas ao laboratório Oceanus no município do Rio de Janeiro – RJ, onde foram efetuadas as análises por espectrometria de massa por plasma.

Essa amostra de água foi transferida para uma vidraria específica e posteriormente foi submetida a uma hidrólise ácido em digestão utilizando um microondas ou bloco digestores (faz a dissolução de matéria orgânica em alta temperatura), depois avolumou-se novamente (completo com água mili-Q da Roche) e inserida a amostra no equipamento para verificação da presença ou não de metais pesados.

Este equipamento é um aparelho de espectrometria de massa por plasma acoplado indutivamente da Agilent Technologies modelo ICP-MS.

O equipamento faz a leitura de toda a tabela periódica (118 elementos) em menos de 3 minutos, além de fazer a leitura de metais pesados em concentrações tão baixas quanto 0,000000000000000001.

Figura 1 – Foto do aparelho de espectrometria de massa por plasma



Fonte: Foto do autor, 2016

3 - RESULTADOS

As coletas foram realizadas em 3 bairros distintos, sendo os 3 bairros atendidos pela Estação de Tratamento de Água (ETA) de Guandu.

Foi considerado as normatizações da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos que segundo a ANVISA, por meio da Portaria 1469 de 29 de dezembro de 2000, foram consideradas águas potáveis as que possuem concentração até 0,3mg/litro em ferro.

Abaixo seguem as tabelas com as coletas realizadas nos bairros da Ilha do Governador, denominada R1, Centro denominada R2 e Barra da Tijuca denominada R3.

Na tabela 1 podemos verificar que a maior concentração de Fe encontrada na água distribuída para o bairro da Ilha do Governador foi de 2,596774 no mês de dezembro de 2017. E a menor concentração foi de <0,003551 encontrada nos meses de maio, outubro e dezembro de 2016 e março de 2017.

Tabela 1 – Dosagem de Ferro na água distribuída para R1 de abril de 2016 a abril de 2017

Data Coleta	Ferro Total
-------------	-------------

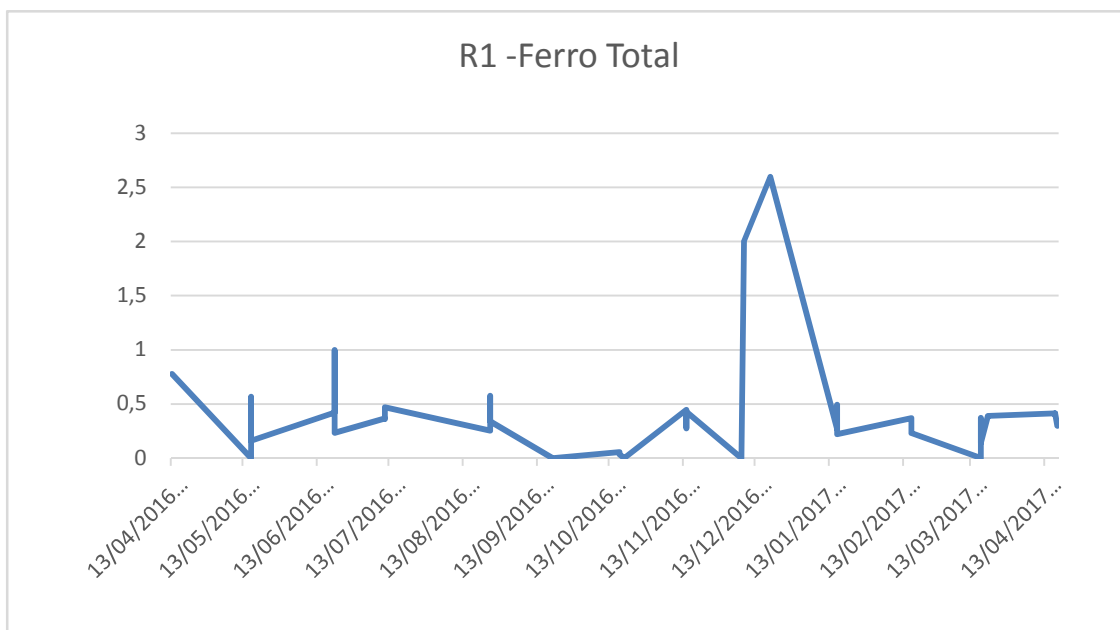
11/04/2016	< 0,1
13/04/2016 14:52	< 0,1
13/04/2016 15:03	0,77613
16/05/2016 16:10	<0,003551
16/05/2016 16:30	0,56758
16/05/2016 16:45	0,160135
20/06/2016 14:15	0,4199
20/06/2016 14:20	0,9995
20/06/2016 14:32	0,23331
11/07/2016 13:50	0,364898
11/07/2016 14:05	0,361107
11/07/2016 14:45	0,4695
24/08/2016	0,25345
24/08/2016	0,577409
24/08/2016	0,339802
19/09/2016 13:59	< 0,1
19/09/2016 14:15	< 0,1
19/09/2016 14:36	< 0,1
17/10/2016 13:20	0,05757
17/10/2016 14:00	0,036698
19/10/2016 11:18	<0,003551
14/11/2016 13:40	0,447405
14/11/2016 14:10	0,273455
14/11/2016 14:33	0,427265
07/12/2016 08:10	<0,003551
08/12/2016 08:18	2,00421
19/12/2016 08:42	2,596774
16/01/2017 10:13	0,269391
16/01/2017 11:00	0,492283
16/01/2017 14:16	0,222905
16/02/2017 15:00	0,370204
16/02/2017 16:00	0,229139
17/03/2017 10:00	<0,003551
17/03/2017 10:10	0,372971
17/03/2017 12:10	0,141479
20/03/2017 13:10	0,388558
17/04/2017 11:08	0,41356
17/04/2017 11:27	0,398377
17/04/2017 15:58	0,413996
18/04/2017 15:50	0,299717
Media	0,496086
Desvio Padrão	0,293231

Fonte: Dados do autor

No gráfico 1 é possível observar que, nos meses de dezembro 2016 a janeiro de 2017, foi verificada prevalência de Fe na água, concentrações estas

maiores que o 0,3mg/l permitido pelo Ministério da Saúde. E os meses de setembro de 2016 a outubro de 2016 apresentaram a menor concentração de Fe na água.

Gráfico 1 - Dosagem de Ferro na água distribuída para R1 de abril de 2016 a abril de 2017



Fonte: Dados do autor

Na tabela 2 podemos verificar que a maior concentração de Fe encontrada na água distribuída para o bairro Centro foi de 3,028476 no mês de abril de 2016. E a menor concentração foi de <0,003551 encontrada nos meses de abril, maio, junho, julho, agosto, setembro, novembro e dezembro de 2016 e janeiro e fevereiro de 2017.

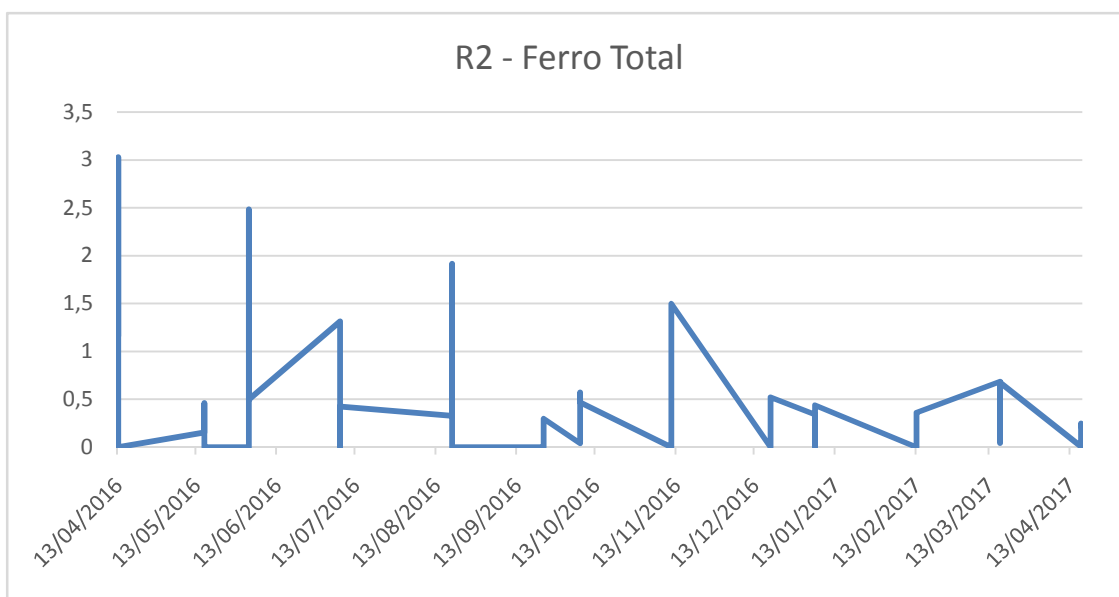
Tabela 2 – Dosagem de Ferro na água distribuída para R2 de abril de 2016 a abril de 2017

Data Coleta	Ferro Total
13/04/2016	1,163343
13/04/2016	3,028476
13/04/2016	<0,003551
16/05/2016	0,155088
16/05/2016	0,461536
16/05/2016	<0,003551
02/06/2016	<0,003551
02/06/2016	2,485204
02/06/2016	0,497559
07/07/2016	1,312509
07/07/2016	<0,003551
07/07/2016	0,424511
19/08/2016	0,327397
19/08/2016	1,914199
19/08/2016	<0,003551
23/09/2016	<0,003551
23/09/2016	0,279255
23/09/2016	0,298246
07/10/2016	0,039296
07/10/2016	0,572098
07/10/2016	0,466718
11/11/2016	<0,003551
11/11/2016	0,694939
11/11/2016	1,497434
19/12/2016	<0,003551
19/12/2016	0,400473
19/12/2016	0,521981
05/01/2017	0,341478
05/01/2017	<0,003551
05/01/2017	0,436686
13/02/2017	<0,003551
13/02/2017	0,222816
13/02/2017	0,361415
17/03/2017	0,685621
17/03/2017	0,04216
17/03/2017	0,674796
17/04/2017	0,008247
17/04/2017	0,017285
17/04/2017	0,247534
17/04/2017	0,215771
Media	0,659802367
Desvio padrão	0,473115422

Fonte: Dados do autor

No gráfico 2 é possível observar que nos meses de junho a julho de 2017 observa-se a prevalência de Fe na água. E o mês de setembro de 2016 a apresentou a menor concentração de Fe na água.

Gráfico 2 - Dosagem de Ferro na água distribuída para R2 de abril de 2016 a abril de 2017



Fonte: Dados do autor

Na tabela 3 podemos verificar que a maior concentração de Fe encontrada na água distribuída para o bairro Centro foi de 0,892799 no mês de fevereiro de 2017. E a menor concentração foi de <0,003551 encontrada nos meses de abril, maio, junho, agosto, setembro, outubro, de 2016 e março de 2017.

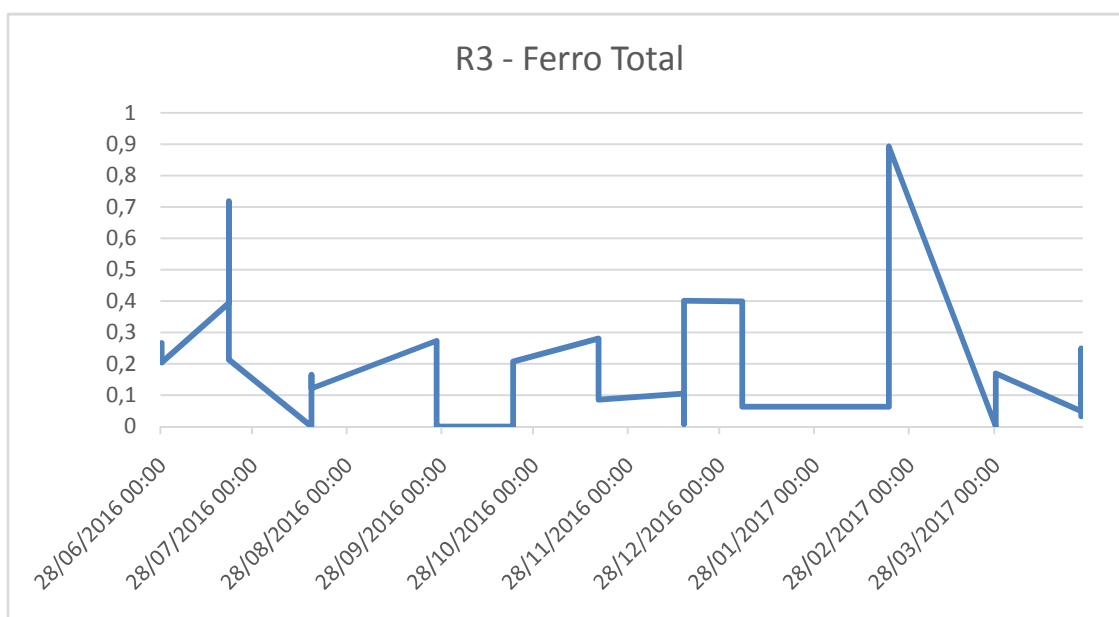
Tabela 3 - Dosagem de Ferro na água distribuída para R3 de abril de 2016 a abril de 2017

Data Coleta	Ferro Total
20/04/2016 09:18	<0,003551
20/04/2016 10:18	<0,003551
20/04/2016 09:23	<0,003551
17/05/2016 11:30	<0,003551
17/05/2016 11:20	<0,003551
17/05/2016 13:00	<0,003551
28/06/2016 15:10	<0,003551
28/06/2016 13:29	0,203858
28/06/2016 13:00	0,266539
20/07/2016	0,394023
20/07/2016	0,71852
20/07/2016	0,212871
16/08/2016 10:23	0,121358
16/08/2016 10:06	0,165144
16/08/2016	<0,003551
26/09/2016 12:30	0,118363
26/09/2016 12:50	<0,003551
26/09/2016 11:30	0,273125
21/10/2016 09:50	<0,003551
21/10/2016 12:00	0,207203
21/10/2016 10:15	0,189339
18/11/2016 08:54	0,08574
18/11/2016	0,280286
18/11/2016	0,220069
16/12/2016 08:35	0,00665
16/12/2016 08:25	0,105535
16/12/2016 08:45	0,401201
04/01/2017 11:50	0,06328
04/01/2017 11:08	0,285349
04/01/2017 10:53	0,399295
21/02/2017 11:30	0,816436
21/02/2017 11:20	0,06327
21/02/2017 12:10	0,892799
28/03/2017 12:15	0,169734
28/03/2017 11:32	<0,003551
28/03/2017 12:06	0,154053
25/04/2017 11:03	0,048576
25/04/2017 11:39	0,249003
25/04/2017 11:44	0,15972
25/04/2017 12:03	0,033093
Media formula	0,251877
Desvio padrão	0,152331

Fonte: Dados do autor

No gráfico 3 é possível observar que o entre os meses de janeiro e fevereiro de 2017, encontra-se prevalência de Fe na água. E o mês de setembro a outubro de 2016 apresentaram a menor concentração de Fe na água.

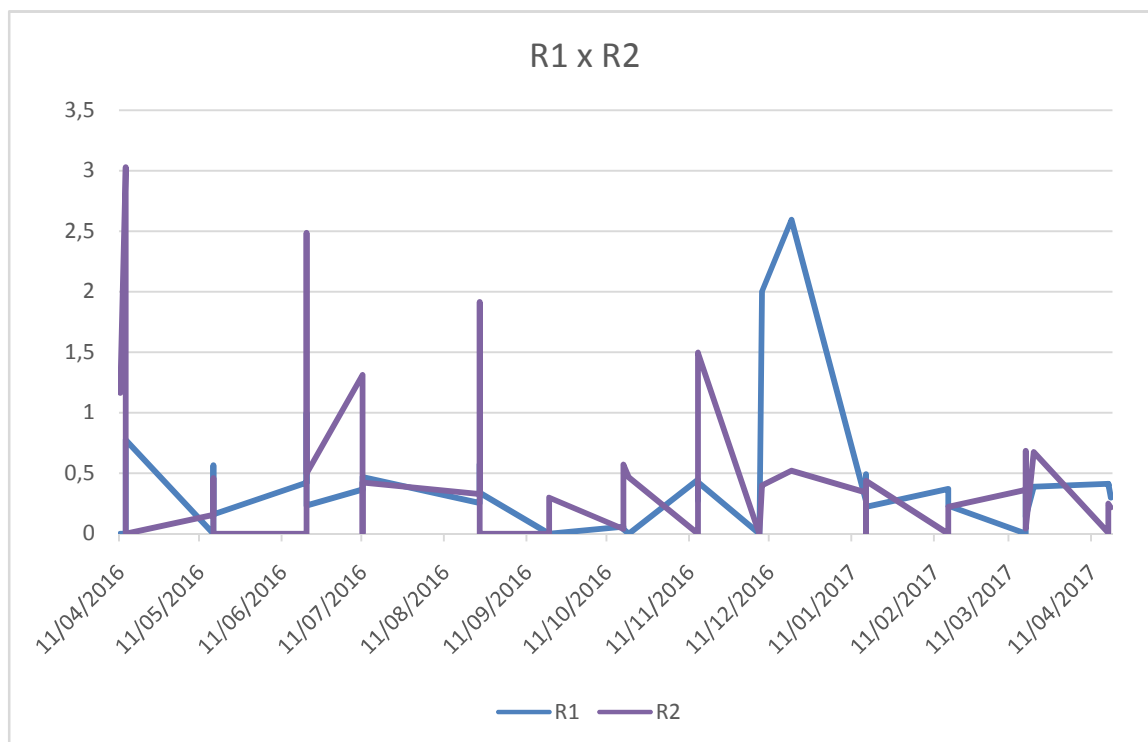
Gráfico 3 - Dosagem de Ferro na água distribuída para R3 de abril de 2016 a abril de 2017



Fonte: Dados do autor

Ao compararmos R1 com R2 podemos verificar, no gráfico 4, que R2 obteve maior pico de concentração de Fe no mês de abril de 2016 (3,028476) enquanto R1 obteve maior pico de concentração de Fe no mês de dezembro de 2016 (2,596774). Observa-se também que os períodos de menor concentração de Fe ocorrem em momentos diferentes, sendo R1 em outubro de 2016 e R2 em junho e setembro de 2016.

Gráfico 4 – Comparação da dosagem de Ferro na água distribuída para R1 e R2 no período de abril de 2016 a abril de 2017

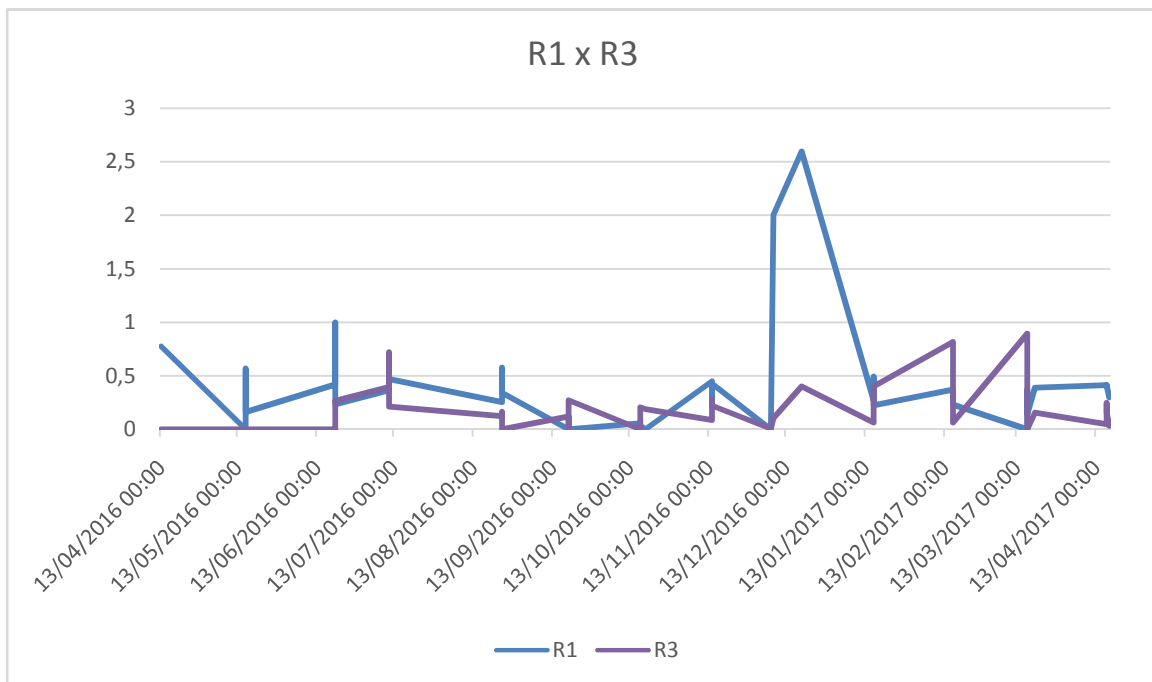


Fonte: Dados do autor

Na comparação de R1 com R3 verificamos que R1 possui um pico de concentração de 2,596774 bem maior que R3 que possui o pico de concentração de 0,892799 e ambos em meses distintos.

Observa-se uma prevalência de menor dosagem em R3 entre os meses de abril a junho de 2016. Em R1 essa prevalência ocorre entre os meses de setembro a outubro, porém é menos expressiva.

Gráfico 5 – Comparação da dosagem de Ferro na água distribuída para R1 e R3 no período de abril de 2016 a abril de 2017

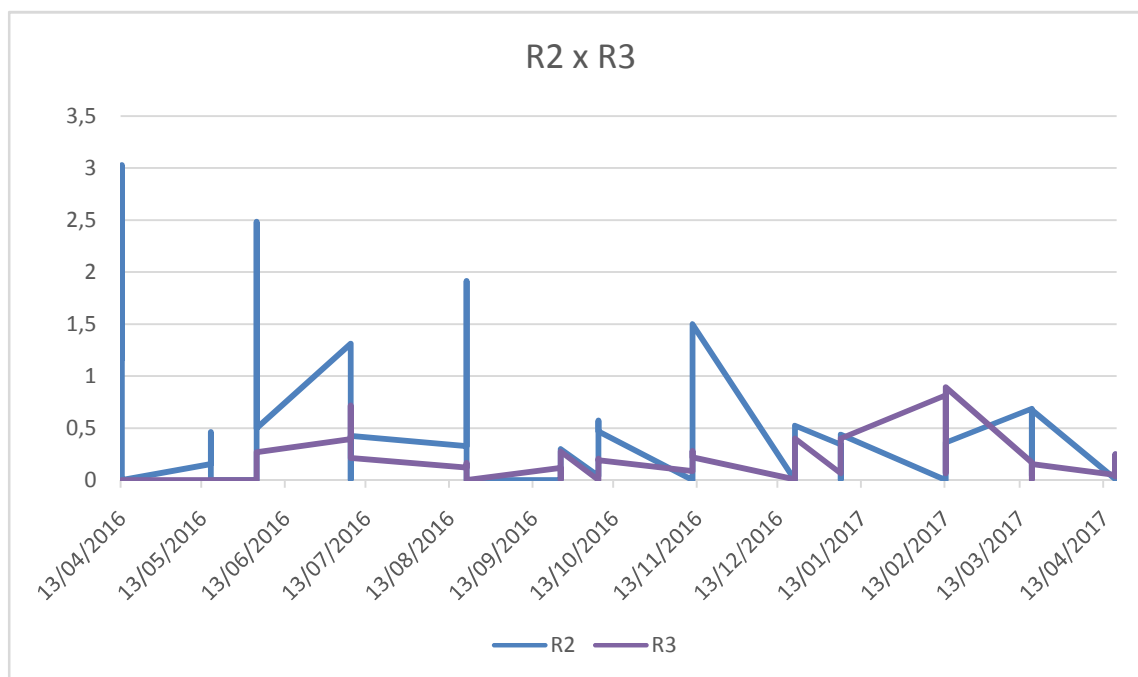


Fonte: Dados do autor

Na comparação de R2 com R3 verificamos que R2 possui vários picos de concentração sendo que o maior é de 3,028476, bem maior que R3 que possui o pico de concentração de 0,892799 e ambos em meses distintos.

Observa-se uma prevalência de menor dosagem em R3 entre os meses de abril a junho de 2016. Em R1 essa prevalência ocorre entre os meses de agosto a outubro, porém é menos expressiva.

Gráfico 6 – Comparação da dosagem de Ferro na água distribuída para R2 e R3 no período de abril de 2016 a abril de 2017



Fonte: Dados do autor

Moruzzi e Reali (2012) afirmam ser comum a presença de ferro em águas para tratamento que visam distribuição pública.

A alta concentração de Ferro na água encontrada neste estudo corrobora com o estudo de Oliveira, Schmidt e Freitas (2004) que encontraram altas concentrações de Ferro em águas subterrâneas do município de Palmas-TO. O mesmo ocorre com Santana e Barroncas que encontraram altas concentrações de Ferro além de outros metais pesados nas águas da Bacia de Tarumã – Açú em Manaus/ AM.

A origem da alta concentração de ferro na água é variada, pois diversos são os caminhos. Franco et al (2010) afirma que as microbacias que possuem solo do tipo argissolo possui óxido de ferro (Fe_2O_3) em sua composição e com ação da chuva o ferro é lixiviado.

Pereira e Freire (2005) complementam que outro meio de contaminação da água por metais pesados é através de despejos de efluentes industriais e domésticos nos corpos d'água sendo considerado a maior fonte antrópica.

De acordo com Richter e Azevedo Netto (1991, p 48.), altos teores de Ferro são encontrados, geralmente nas seguintes situações:

“Em águas superficiais, com matéria orgânica, nas quais o ferro se apresenta ligado ou combinado com a matéria orgânica e, frequentemente, em estado coloidal; águas subterrâneas (poços, fontes e galerias de infiltração), agressivas (pH baixo, ricas em gás carbônico e sem oxigênio dissolvido), sob a forma de bicarbonato ferroso dissolvido; águas poluídas por certos resíduos industriais ou algumas atividades de mineração.”

Os mesmos autores ainda afirmam que o quando o ferro se encontra precipitado nos encanamentos, este favorece o crescimento de bactérias ferruginosas o que gera uma coloração e odor na rede de distribuição e água, sendo necessário a remoção do ferro antes da entrada no sistema de distribuição de água.

Além do crescimento de bactérias há o fenômeno de incrustação que ocorre em tubulações de ferro fundido, amplamente utilizado no passado e “que ainda persistem em grande parte do sistema”. Moruzzi et al (2012) afirma que “as incrustações ocorrem devido ao depósito de minerais que precipitam na parede do tubo, diminuindo a capacidade de condução hidráulica e causando problemas relacionados à alteração da qualidade da água”. (MORUZZI et al, 2012, p. 306).

Moruzzi et al (2012) ainda relata que em seu estudo foi observado um alto conteúdo de ferro na forma de Magnetita (Fe_3O_4) e Goethita [$FeO(OH)$] nessas incrustações.

Pivelli (2000) atenta para o fato de que as estações de tratamento de água utilizam o método de cloração para melhorar a cor e turbidez alterada pela presença de ferro, porém o cloro reage com certos compostos orgânicos formando os trihalometanos, que estão associados ao desenvolvimento de câncer.

A CEDAE (2017) informa que o tratamento de água efetuado na ETA Guandu consome diariamente:

Sulfato de alumínio.....140 toneladas
Cloreto férrico..... 30 toneladas
Cloro.....15 toneladas

Cal virgem..... 25 toneladas

Ácido fluossilícico.....10 toneladas

A Quimiclor (2011, p.7) afirma que o cloreto férrico desequilibra o pH da água e quando acrescidas de íon de cloreto e ferro pode ultrapassar os limites estabelecidos pela CONAMA. O mesmo também alerta para alguns danos que o cloreto férrico em alta concentração pode ocasionar:

O Cloreto Férrico em grande quantidade derramado na água pode ocasionar desequilíbrio do pH podendo afetar a fauna aquática que são sensíveis a pH abaixo de 5,5 em qualquer período de tempo, bem como no solo ocorrerá desequilíbrio do pH causando queimaduras na flora atingida, sendo que a área afetada deverá ser contida com dique de terra ou areia, neutralizada e raspada até total desaparecimento de vestígios com pH baixo e coloração.

Além dos efeitos ecológicos o mesmo autor alerta para os efeitos adversos a saúde humana ocasionado pela alta concentração de cloreto férrico como irritação nos olhos, nariz e garganta, irritação na pele, sua ingestão causa irritação da boca e estômago e possíveis dores abdominais, vômito, diarreia e baixa pressão sanguínea.

Padilha et al (2011) afirmam em seu estudo que o policloreto de alumínio se apresenta como melhor agente coagulante se comparado com o cloreto férrico e o sulfato de alumínio, ambos usados no ETA de Guandu.

Por fim, de acordo com De Bonis (2005), é necessário o estabelecimento de novos paradigmas para a racionalização dos recursos hídricos e recuperação de áreas degradadas e mananciais, devendo essa deteriorização ser tratada como um desafio a ser superado, necessitando de uma transformação social, onde os gestores públicos e privados e usuários repensem o acesso e uso da água priorizando a conscientização ambiental, de sustentabilidade e a valorização da cidadania.

4 - CONCLUSÃO:

Podemos concluir que em todos os bairros estudados observou-se uma alta no teor de ferro na água, sendo que o bairro que apresentou menos episódios de alto teor de ferro foi a Barra da Tijuca.

No entanto verificamos que apesar de ser comum a presença de ferro na água de distribuição, vimos também que o mesmo pode ser evitado e/ou minimizado desde que seja efetuado o tratamento correto na distribuição da água e a manutenção das redes de distribuição.

Recomendamos que os ETAs realizem o tratamento com outras substâncias coagulantes, realizem a manutenção da rede de distribuição e que estudos para avaliação da qualidade da água sejam realizados com mais frequência para melhor controle.

5 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao professor Pedro Carlos Pereira pelo auxílio na estatística e ao Dr. Ronaldo Leão por sua contribuição na análise laboratorial.

6 - REFERÊNCIAS:

- AGILENT Technologies, **Espectrometria de massa por plasma**, 2016. Disponível em: <<http://www.agilent.com/en-us/products/icp-ms/icp-ms-systems>> Acesso em: 15/01/2016
- ALA-OPAS, M, Tahvonen R. “Concentrations of cadmium and lead in renal cell cancer.” J Trace **Elem Med Biol.**; v.9, n. 3, p.176-80, 1995.
- AMARAL NETO, **Efeitos dos metais pesados na saúde humana**, 2015. Disponível em: <<http://www.robertofrancodoamaral.com.br/blog/envelhecimento/efeitos-dos-metais-pesados-na-saude-humana>> Acesso em: 13/01/2016
- ARAI, T.; OHJI, M.; HIRATA, T. Trace metal deposition in teleost fish otolith as an environmental indicator. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 179, p. 255 – 263, 2007
- BIDONE, E. D.; CASTILHOS, Z. C.; SANTOS, T. J. S.; SOUZA, T. M. C.; LACERDA, L. D. Fish contamination and human exposure to mercury in Tartarugalzinho River, Amapa State, Northern Amazon, Brazil. A screening approach. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 95, p. 9 - 15, 1997a.
- BIDONE, E. D.; CASTILHOS, Z. C.; SOUZA, T. M. C.; LACERDA, L. D. Fish Contamination and Human Exposure to Mercury in the Tapajós River Basin, Pará State, Amazon, Brazil: A Screening Approach. **Bulletin Environmental Contamination Toxicology**, v. 59, p. 194 - 201, 1997b.

- CEDAE. **Estações de tratamento Guandu e Laranjal**. 2017. Disponível em: http://www.cedae.com.br/estacoes_tratamento. Acesso em: 09/10/2017
- CLARKSON, T. W. The Toxicology of Mercury. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*, v. 34, n. 3, p. 369 - 403, 1997.
- CLARKSON, T. W. The three modern faces of mercury. *Environmental Health Perspectives*, v. 110, p. 11- 23. 2002.
- DE BONIS, Alexandre, **Gestão Ambiental dos Recursos Hídricos em Meio Urbano no Município do Rio de Janeiro** [Dissertação de Mestrado] - COPPE/UFRJ, 2005
- DEININGER, R. A.; CLARK, R. M.; HESS, A. F. & BERNSTAM, E. V., Animation and visualization of water quality in distribution systems. **Journal of the American Water Works Association**, v. 84, p. 48-52, 1992.
- FRANCO, RAM et al. Diagnóstico da concentração de ferro nas águas superficiais e seus impactos para a irrigação localizada na região noroeste paulista. In: **Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem-CONIRD**. 2010.
- FREITAS, Marcelo Bessa de; BRILHANTE, Ogenis Magno; ALMEIDA, LM de. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Cad Saúde Pública**, v. 17, n. 3, p. 651-60, 2001.
- GOMES, M. V. T.; SATO, Y. Avaliação da contaminação por metais pesados em peixes do Rio São Francisco à jusante da represa de Três Marias, Minas Gerais, Brasil. **Revista Saúde e Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 24 - 30, 2011.
- IKEM, A.; EGIEBOR, N. O.; NYAVO R, K. Trace elements in water, fish and sediment from Tuskegee Lake, Southeastern USA. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 149, p. 51-75, 2003
- KAY, K. Toxicology of Pesticides: Recent Advances. **Environmental Research**, v. 6, p. 202 - 243, 1973.
- MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 370 - 374, 2002.
- MORUZZI, Rodrigo Braga; REALI, Marco Antonio Penalva. Oxidação e remoção de ferro e manganês em águas para fins de abastecimento público ou industrial: uma abordagem geral. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 4, n. 1, p. 29-43, 2012.

- MORUZZI, Rodrigo Braga et al. Caracterização química e mineralógica da incrustação em rede de ferro fundido e potencial de recuperação da capacidade hidráulica. **Eng Sanit Ambient**, v. 17, n. 3, p. 305-314, 2012.
- OLIVEIRA, Daniela Alves; SCHMIDT, Gilda; DE FREITAS, Diogo Macedo. **Avaliação do teor de ferro em águas subterrâneas de alguns poços tubulares, no plano diretor de Palmas -TO**. 2004.
- PADILHA, J. D. et al. Análise da utilização de três diferentes coagulantes na remoção da turbidez de água de manancial de abastecimento. **Encontro Internacional de Produção Científica**, v. 7, 2011.
- PASCALICCHIO, Áurea Aparecida Eleutério. **Contaminação por metais pesados**. Annablume, 2002.
- PAULA, M. Inimigo invisível: metais pesados e a saúde humana. **Tchê - Química**, v. 3, n. 6, p. 37 - 44, 2006.
- PIVELI, R. P. Curso: **Qualidade das Águas e poluição**: Aspectos físico-químicos, 2000.
- QUIMICLOR, **Ficha de informação de segurança de produto químico**. 2011. Disponível em: <http://www.hcrp.fmrp.usp.br/sitehc/fispq/Cloreto%20F%C3%A9rrico%20Solu%C3%A7%C3%A3o.pdf> Acesso em: 04/11/2017
- SANTANA, Genilson Pereira; BARRONCAS, Priscila de Souza Rosa. Estudo de metais pesados (Co, Cu, Fe, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn) na Bacia do Tarumã-Açu Manaus – (AM). **Acta Amazônica**, v. 37, n. 1, p. 111-118, 2007.
- SEYLER, P. T.; BOAVENTURA, G. R. Distribution and partition of trace metals in the Amazon basin. **Hydrological Processes**, v. 17, p. 1345 – 1361, 2003.
- VINODHINI, R.; NARAYANAN, M. Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish *Cyprinus carpio* (Common carp). Intitute **Journal Environment Science Technology**, v. 5, n. 2, p. 179 - 182, 2008.

7 - Nota Biográfica

Valeska Regina Soares Marques

Medica Veterinária, Doutor em Saúde Pública pela Universidade Americana – PY, Professor dos cursos de Mestrado e Doutorado da Universidade Columbia Del Paraguay em parceria com o Instituto IDEIA-BR., Aluno do Programa de Pós-Doutoramento da Universidade Iberoamericana de Asunción – PY, em parceria com o Instituto IDEIA-BR.

Ricardo De Bonis

Pós-Doutor em Saúde Pública pela Universidad Iberoamericana de Asunción – PY, Doutor em administração pela Universidad Americana – PY. Mestre em Medicina pela UFRJ. Professor da disciplina “Ética na Pesquisa e na Produção Acadêmica” da Universidade Columbia Del Paraguay, Coordenador e Professor do curso de Pós-Doutoramento da Universidad Iberoamericana de Asunción – PY, em parceria com o Instituto IDEIA-BR. Coordenador do Instituto IDEIA – BR. Autor de Manual de Orientação de Dissertação e Tese. Pesquisador da UFRJ e conferencista. Cirurgião – Dentista.