

## AVALIAÇÃO DO TEOR DE FERRO DOS PRINCIPAIS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA RMR/PE

Gabriela Valones Rodrigues de Araújo, Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa, Aline Valones Rodrigues de Araújo, Rosângela Gomes Tavares, Rodrigo Cândido Passos da Silva

Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA, Campus Pau dos Ferros – RN, gabivalones@gmail.com

### RESUMO

A água é o elemento vital. No que se refere ao uso pelo homem faz-se necessário o devido tratamento para esta atinja os padrões de potabilidade exigidos para o abastecimento humano. O local de beneficiamento hídrico denomina-se Estação de Tratamento de Água (ETA) que entre outras etapas e análises durante o tratamento avalia e adequa as condições físico-químicas e biológicas. Nesta avaliação, um dos parâmetros verificados é o do teor de ferro contido na água. Tal observação é de extrema relevância, pois quando em excesso o ferro acarreta problemas de caráter operacional e econômico por conta dos danos causados às tubulações que transportam a água; prejuízos devido ao aspecto estético, pois quando em alta concentração o ferro confere coloração à água o que acarreta rejeição no consumo humano. Assim, o presente trabalho apresenta resultados do teor de ferro de amostras pontuais no período de 2009 e 2013 dos principais Sistemas de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de Recife-PE (RMR/PE) e sua conformidade com a Portaria do Ministério da Saúde N°. 2.914/11.

**PALAVRAS-CHAVE:** tratamento de água, teor de ferro, consumo humano, sistemas de abastecimento.

### INTRODUÇÃO

Altas concentrações de ferro em águas superficiais são comuns no Brasil devido à estrutura geológica do país que contém magnetita, biotita, pirita, piroxênios, anfíbios. Corante natural, a origem desse elemento pode estar relacionada a depósitos orgânicos, detritos de plantas, podendo associar-se a colóides ou húmus, o que dá a cor amarelada à água (CPRM, 1997; ANDRE et al., 2005). Teores elevados de deste elemento são também encontrados, com maior frequência, em águas superficiais com matéria orgânica, nas quais o ferro se apresenta ligado ou combinado com a matéria orgânica e, corriqueiramente, em estado coloidal (RICHTER E NETO, 1991). A água do mar contém em média 0,01 ppm de ferro dissolvido ou em seu estado coloidal, enquanto as águas fluviais contêm uma concentração média de 0,67 ppm de ferro (SUGUIO, 1980).

A cor da água é resultado de processos de decomposição que ocorrem no ambiente, sendo as águas superficiais mais sujeitas à coloração elevada, comparando-se com as águas subterrâneas, no entanto, a presença de sais metálicos como ferro e manganês, plâncton, e despejos industriais podem conferir cor à mesma (BRANCO, 1991). A presença de ferro, dependendo das concentrações, pode propiciar uma coloração amarelada e turva à água, acarretando ainda um sabor amargo e adstringente, podendo levar o consumidor a buscar fontes alternativas e não tão seguras para consumo, quando da presença desses metais.

Os sais ferrosos, bastante solúveis em água, são facilmente oxidados e formam hidróxidos férricos que tendem a flocular e depositar. Menciona-se que, águas com ferro na forma ferrosa, são formas solúveis, que se não removidos formam óxidos amarronzados, alterando assim as características organolépticas da água. O ferro é um nutriente essencial em doses baixas. No entanto, a exposição em longo prazo em doses concentradas pode ser prejudicial. A presença excessiva deste elemento em águas para abastecimento humano pode resultar em implicações operacionais (depósitos, incrustações, aparecimento de bactérias ferruginosas nocivas nas redes de distribuição), estéticas (aparecimento de gosto, odor e coloração na água, como também manchas em roupas e aparelhos sanitários) e até danosas à saúde do homem (insuficiência cardíaca, diabetes, cirrose e tumores hepáticos) (CHO, 2005; CHATURVEDI e DAVE, 2012; YUCE e ALPTEKIN, 2013).

A legislação vigente por meio da Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente – Conama N°. 357/2005 e da Portaria do Ministério da Saúde – MS N°. 2.914/2011 estabelece 0,3 mgFe.L<sup>-1</sup> como o Valor Máximo Permitido – VMP para o quantitativo de ferro na rede de abastecimento. Assim, os sistemas de abastecimento precisam adotar tecnologias e processos para o tratamento adequado da água quando se verifica a presença desse metal acima do limiar permitido por lei. Com isso, este trabalho buscou caracterizar os principais

sistemas de abastecimento de água da Região Metropolitana de Recife – RMR/PE e avaliar a conformidade do teor de ferro na água bruta e tratada com a legislação em vigor.

## **METODOLOGIA UTILIZADA**

### **Generalidades**

As etapas metodológicas aplicadas seguiram o seguinte sistema modular:

#### *Módulo I – Identificação de bases bibliográficas*

O levantamento da literatura correlata foi realizado para aporte bibliográfico sobre a temática objeto da pesquisa, como também, embasamento na legislação vigente afim.

#### *Módulo II – Levantamento de dados amostrais*

Os dados secundários são de coletas pontuais realizadas durante o período de janeiro a outubro de 2009 e 2013 pela Companhia Pernambucana de Saneamento – Compesa e fiscalizadas pela Agência Estadual de Regulação de Pernambuco – Arpe. As informações obtidas provêm dos relatórios de monitoramento das amostras de água bruta e tratada em diferentes pontos.

#### *Módulo III – Tratamento dos dados*

A sistematização dos dados, bem como o tratamento foi feito com estatística básica em planilha do Microsoft Excel 2003 e discutida de acordo com os pares.

### **Área de estudo**

Os principais sistemas de abastecimento de água estudados foram Pirapama, Tapacurá, Botafogo, Alto do Céu e Gurjaú. Também foram incluídos os subsistemas Jangadinha e Caixa D'Água por sua relevância no abastecimento local.

## **RESULTADOS**

Durante a análise do período amostral estudado foi verificada defasagem na quantidade e frequência das coletas realizadas pela Companhia de Saneamento. Conforme a Resolução Conama nº. 357/2005, a instrução para periodicidade das coletas e captação de amostras é que estas ocorram a cada bimestre, de forma a ter um perfil traçado do comportamento deste parâmetro (ferro) em determinado sistema. O cumprimento desta recomendação não foi observado em nenhum dos sistemas avaliados no ano de 2013.

### **Sistema Pirapama**

É o maior sistema de abastecimento de água de Pernambuco e um dos maiores do Brasil, foi beneficiado com ampliações e reformas, com o propósito de minimizar a situação de racionamento na RMR/PE (Figura 1). De acordo com a Compesa (2013), o novo sistema produz 5.130 litros de água (5,13 m<sup>3</sup> água/segundo), o que representa um incremento de 50% da produção de água da RMR. Foram beneficiadas cerca de 3 milhões de pessoas no Recife, Jaboatão dos Guararapes, Cabo de Santo Agostinho e, indiretamente, as cidades de São Lourenço da Mata e Camaragibe.



Figura 1: Panorâmica do Sistema Pirapama. Fonte: Divulgação Odebrecht, 2011.

A coleta amostral foi realizada na Barragem do Pirapama no mês de setembro de 2013. Embora tenha sido observado alto teor de ferro na água de captação (água bruta) de  $1,080 \text{ mgFe.L}^{-1}$ , o excesso foi oxidado nas etapas da Estação de Tratamento de Água – ETA evidenciando uma concentração de ferro na água tratada inferior ao estabelecido na legislação vigente (Conama n.º. 357/2005 e Portaria 2.914/11) de  $0,100 \text{ mgFe.L}^{-1}$ , com eficiência de 91% de remoção. Na ETA, a correção deste tipo de metal na água pode ser feita através da precipitação dos metais que são removidos pela decantação dos flocos formados pela ação de produtos químicos coagulantes (CHATUVERDI e DAVE, 2012).

#### Sistema Tapacurá

A primeira etapa do sistema entrou em operação em 1975 e a segunda, em 1982. Produz, aproximadamente, 36% do volume distribuído na RMR/PE, incluindo a Cidade do Recife, São Lourenço da Mata, Camaragibe e Jaboatão (sede, Socorro e Sucupira). Abrange os seguintes mananciais: Rio Tapacurá, Rio Duas Unas e, posteriormente, com unidades de captação construídas durante situações de emergência, os Rios Capibaribe e Várzea do Uma (COMPESA, 2002). Na Figura 2, pode-se observar parcialmente o reservatório do Sistema Tapacurá. No monitoramento do sistema, a amostragem foi feita na Barragem Duas Unas no mês de janeiro de 2013. A água tratada ficou abaixo do limiar exigido pela legislação para o teor de ferro com  $0,1 \text{ mgFe.L}^{-1}$  e eficiência de remoção de 85% do referido metal.



Figura 2: Vista superior do reservatório do Sistema Tapacurá. Fonte: Compesa, 2002.

#### Sistema Botafogo

O respectivo sistema começou a operar em 1986 (1ª etapa) e produz, aproximadamente, 17% do volume distribuído na Região Metropolitana do Recife, incluindo Igarassu (parcialmente), Cruz de Rebouças, Abreu e Lima, Paulista, Praias da Zona Norte, Navarro (parcialmente) e Olinda (9 subsistemas). Abrange os mananciais do Rio Catucá (Barragem de Botafogo), Cumbe, Pilão, Tabatinga, Conga, Arataca/Jardim e ainda os Rios Pitanga e Utinga.

As coletas amostrais foram realizadas no mês de julho de 2013, no Rio Catucá, Arataca e Cumbe. Para todas as amostras o tratamento realizado na ETA (Figura 3) foi eficiente na remoção do ferro com 91% (de 2,920 mgFe.L<sup>-1</sup> na água bruta para 0,260 mgFe.L<sup>-1</sup> na água tratada), 74% (de 1,010 mgFe.L<sup>-1</sup> na água bruta para 0,260 mgFe.L<sup>-1</sup> na água tratada) e 90% (de 2,660 mgFe.L<sup>-1</sup> na água bruta para 0,260 mgFe.L<sup>-1</sup> na água tratada). O Rio Catucá é o manancial dos sistemas da RMR/PE com maior teor de ferro na captação com 2,9 mgFe.L<sup>-1</sup>.



Figura 3: ETA do Sistema Botafogo. Fonte: Compesa, 2013.

#### Sistema Alto do Céu

Em 1958 iniciou-se a primeira etapa de obras e produz, aproximadamente, 10% do volume distribuído na RMR/PE (Figura 4), abrangendo a Zona Norte da Cidade do Recife (inclusive os morros desta área), Jardim Paulista e parte de Olinda. Abrange os mananciais Rios Utinga, Pitanga, Paratibe e Beberibe. O monitoramento em 2013, ocorreu em outubro, momento em que foi analisado o ponto de amostragem do Rio Beberibe com teor de ferro de 0,550 mgFe.L<sup>-1</sup> na água bruta. Quanto à eficiência na remoção férrica, esta foi atingida com 78%, residual de 0,120 mgFe.L<sup>-1</sup> na água tratada.



Figura 4: Sistema Alto do Céu. Fonte: Governo de Pernambuco, 2003.

#### Sistema Gurjaú

O sistema começou a operar em 1918 (primeiras unidades implantadas por Saturnino de Brito). Produz, aproximadamente, 9% do volume distribuído na RMR/PE, incluindo Ponte dos Carvalhos, Pontezinha, Anel da Muribeca, Distrito Industrial de Prazeres, Jordão, Candeias, Piedade, Barra de Jangada, Vila da Muribeca e parte do Recife. Abrange os mananciais do Rio Gurjaú, Rio Sicupema e Rio Pirapama. Na figura 5, observa-se o barramento do Sistema Gurjaú.



**Figura 5: Barramento do Sistema Gurjaú. Fonte: Governo de Pernambuco, 2011.**

É um dos mais relevantes sistemas quanto ao abastecimento de água na RMR/PE e evidencia dificuldades operacionais significativas ocasionadas pela presença do ferro, o que pode comprometer a saúde da população abastecida. As condições ideais para o surgimento de ferro nas águas superficiais parecem estar basicamente associadas a regiões tropicais úmidas com relevo suave e intensa alteração química (CLAUDINO, 2009), características evidentes no Sistema Gurjaú.

Observa-se que há alta concentração de ferro na água bruta com  $1,9 \text{ mgFe.L}^{-1}$  (2009) e  $2,8 \text{ mgFe.L}^{-1}$  (2013). A remoção de ferro no sistema foi insuficiente, pois não atingiu o padrão de potabilidade exigido pela portaria do MS com  $1,0 \text{ mgFe.L}^{-1}$  (2009) e  $1,6 \text{ mgFe.L}^{-1}$  (2013) ambos na água após tratamento. Índices acima de  $0,3 \text{ mgFe.L}^{-1}$  produzem gosto metálico, nódoas e manchas em louças, tecidos e outros; em termos econômicos, o acúmulo de ferro precipitado em tubulações de água provoca perda em sua capacidade de transporte. Em 2013, o teor foi cinco vezes maior que o VMP, o que evidencia a necessidade de implantar alternativas para diminuir o valor residual na água de abastecimento, tais como técnicas de pré-cloração; ou processos combinados como filtração e aeração, filtração e ozonização ou oxidação e remoção por processos de separação sólido/líquido (ELLIS et al., 2000; MORUZZI, 2012; YUCE e ALPTEKIN, 2013).

#### **Eficiência de Remoção do Ferro 2009 e 2013**

Em 2009 não houve o monitoramento no Sistema Botafogo. O sistema Gurjaú e os subsistemas Caixa D'Água e Jangadinha não atenderam ao VMP do teor de ferro para a água de abastecimento previsto em lei. No ano de 2013, todos os sistemas foram monitorados e dois dos sete principais que abastecem a RMR/PE, obtiveram resultados abaixo do estabelecido na Portaria 2.914/11 quanto à eficiência de remoção de ferro. É de grande relevância para os sistemas a realização adequada da remoção do ferro, pois uma variedade de efeitos negativos, incluindo coloração, sabor e problemas em canalizações, podem ser atribuídos a presença de ferro em sistemas de abastecimento de água. Com isso, o conhecimento dos fundamentos que envolvem os processos de remoção de ferro, nas suas diferentes formas e concentrações, é fundamental para aplicação segura e eficiente de tecnologias destinadas à remoção desse metal (PIVELI e KATO, 2006).

Tabela 01: Remoção do Ferro nos Principais Sistemas de Abastecimento.  
Fonte: Arpe, 2009; Compesa, 2013.

SISTEMA	MANANCIAL	FERRO TOTAL (mg/L)			
		2009	Água Bruta	Água Tratada	ER (%)
ALTO DO CÉU	RIO BEBERIBE	Outubro	1,380	0,170	88
BOTA FOGO	RIO CATUCÁ	Julho	N.I.	N.I.	N.I.
	RIO ARATACA	Julho	N.I.	N.I.	N.I.
	RIO CUMBE	Julho	N.I.	N.I.	N.I.
CAIXA D'ÁGUA	POÇO BEBERIBE I	Outubro	0,570	0,490	14
GURJAU	BARRAGEM GURJAU	Maió	1,990	1,020	49
JANGADINHA	AÇUDE JANGADINHA	Março	1,540	0,830	46
TAPACURÁ	BARRAGEM DUAS UNAS	Janeiro	0,140	0,050	64
PIRAPAMA	BARRAGEM PIRAPAMA	Setembro	0,740	0,200	73
SISTEMA	MANANCIAL	FERRO TOTAL (mg/L)			
		2013	Água Bruta	Água Tratada	ER (%)
ALTO DO CÉU	RIO BEBERIBE	Outubro	0,550	0,120	78
BOTA FOGO	RIO CATUCÁ	Julho	2,920	0,260	91
	RIO ARATACA	Julho	1,010	0,260	74
	RIO CUMBE	Julho	2,660	0,260	90
CAIXA D'ÁGUA	POÇO BEBERIBE I	Outubro	0,570	0,310	46
GURJAU	BARRAGEM GURJAU	Maió	2,850	1,610	44
JANGADINHA	AÇUDE JANGADINHA	Março	0,810	0,260	68
TAPACURÁ	BARRAGEM DUAS UNAS	Janeiro	0,650	0,100	85
PIRAPAMA	BARRAGEM PIRAPAMA	Setembro	1,080	0,100	91

ER: Eficiência de Remoção N.I.: Não Informado

## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

A concentração de ferro nos principais sistemas de abastecimento da RMR/PE não está de acordo com a orientação legal, seja por ultrapassar o limite estabelecido pelo Conama e MS ou pela ausência de coletas amostrais no monitoramento nos demais pontos dos sistemas. Tal situação desacredita parcialmente a qualidade final da água para o consumidor, visto que, sem a realização correta da frequência dos pontos amostrais não se pode verificar quantitativa e qualitativamente as reais características da água nem saber se atende aos padrões de potabilidade previstos em lei. A presença de ferro em excesso pode implicar em relevantes prejuízos econômicos/operacionais nos sistemas e problemas estéticos com rejeição da água por parte do público abastecido e até mesmo riscos à saúde da população. Diante do não atendimento à legislação, recorrente em diversos mananciais utilizados como fonte de abastecimento humano em Pernambuco, recomenda-se a regularização e constância no monitoramento, a adoção de processos que favoreçam a remoção do ferro excedente, bem como, o acompanhamento efetivo dos órgãos fiscalizadores (Arpe).

## REFERÊNCIAS

- ANDRE, L.; FRANCESCHI, M.; POUCHAN, P.; ATTEIA, O. **Using geochemical data and modeling to enhance the understanding groundwater flow in a regional deep aquifer, Aquitaine Basin.** Journal Hydrology, 2005, v. 305, pp. 40–62.
- BRANCO, S.M. **Água e o Homem.** Hidrologia Ambiental, v.3. São Paulo: Edusp, 1991.

3. CHATURVEDI, S.; DAVE, P. N. **Removal of iron for safe drinking water**. Desalination, 2012, v. 303, pp.1-11.
4. CHO, B. **Iron removal using an aerated granular filter**. Process Biochemistry, 2005, v. 40, pp. 3314–3320.
5. CLAUDINO, C. R. **Avaliação da Eficiência na Remoção de Ferro e Manganês em Estação de Tratamento de Água pelo Método de Flotação por Ar Disperso**. Estudo de Caso: ETA da Comunidade Praia Paraíso, Torres, RS. 2009.
6. Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama). **Resolução nº 357, 17 de março de 2005**. Estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamentos de efluentes nos corpos receptores e dá outras providências.
7. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. ABHID- UFPE,1997.
8. ELLIS, D.; BOUCHARD, C.; LANTAGNE, G. **Removal of iron and manganese from groundwater by oxidation and microfiltration**. Desalination, 2000, v.130, pp. 255–264.
9. Ministério da Saúde (MS). **Portaria nº 2.914, 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.
10. MORUZZI, R. B.; REALI, M. A. P. **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, 2012.
11. PERNAMBUCO. Agência de Regulação de Pernambuco (Arpe). **Relatórios técnicos**. 2009.
12. PERNAMBUCO. Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa). **Relatórios técnicos: abastecimento de água**. 2013.
13. PIVELI, R. P.; KATO, M. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos - ferro, manganês e metais pesados em águas**. 2006.
14. SUGUIO, K. **Rochas Sedimentares**. Ed Edgard Blücher, São Paulo: SP, 1980.
15. YUCE, G.; ALPTEKIN, C. **In situ and laboratory treatment tests for lowering of excess manganese and iron in drinking water sourced from river-groundwater interaction**. Environmental Earth Sciences, 2013, pp.1-1.