

## Determinação de metais em amostras de água dos diferentes estágios de tratamento em ETA's da Região Metropolitana do Recife-PE, Brasil

A. M. Almeida<sup>1</sup>; A. F. Nascimento<sup>2</sup>; F. C. S. Silva<sup>1</sup>; P. B. Silveira<sup>1</sup>; C. A. Hazin<sup>2</sup>; E. Valentim<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFPE), 50670-901, Recife-PERNAMBUCO, Brasil

<sup>2</sup> Divisão de Monitoração Ambiental (DIAMB)/ Laboratório de análises de traço e ultra traço (SEARA), Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN/NE), 50740-540, Recife-PERNAMBUCO, Brasil

Adrianamuniz.a@gmail.com

(Recebido em 29 de março de 2013; aceito em 15 de julho de 2013)

A água fornecida à população deve atender aos critérios de qualidade estabelecidos em normas nacionais e internacionais. Para alcançar estes padrões, as águas dos mananciais são submetidas, em geral, a processos de tratamento para eliminação de contaminantes. Entre estes contaminantes têm-se os metais que uma vez incorporados aos corpos d'água podem configurar um risco à saúde da população. Considerando este aspecto foram analisadas amostras de águas dos diferentes estágios de tratamento de Estações de Tratamento de Água (ETA's) de municípios da Região Metropolitana do Recife (RMR)-PE, visando observar a concentração presente de alguns metais e avaliar a eficiência do processo de remoção destes. Os metais foram determinados pela técnica de espectrometria de absorção atômica por chama. Os resultados obtidos para águas destinadas ao consumo apresentaram valores dentro do limite estabelecido pela Portaria 2914 do Ministério da Saúde, com exceção das concentrações de Al e Fe na ETA localizada na bacia Pernambuco-Paraíba. Nesta Estação também foram encontrados na água da descarga concentrações impróprias de Fe e Al, segundo o estabelecido na Resolução do CONAMA para o lançamento de efluentes. Uma avaliação da eficiência de remoção de metais na mesma demonstrou que na etapa de floculação apresentou carências que possivelmente ocasionaram as inadequações do sistema. Desta forma, torna-se relevante uma avaliação dos fatores que podem interferir no processo de tratamento a fim de evitar danos à qualidade da água fornecida à população. Além disso, torna-se relevante uma avaliação do descarte da água de descarga do decantador até sua disposição final.

Palavras-chave: água, metais, Estação de Tratamento de Água.

### **Determination of metals in water drink samples from different stages of treatment in water treatment plants in the Metropolitan Region of Recife-PE, Brazil.**

The water supplied to the population must meet the quality criteria established by national and international standards. To achieve these standards, the water of the fountains is subjected generally to treatment processes for contaminant removal. Among these contaminants have metals that once incorporated into bodies can configure a health risk population. Considering this aspect were analysed water samples from water Treatment Station in the metropolitan area of Recife-PE, in order to observe the concentration of metals present and evaluate the efficiency of the removal process. The metals were determined by Atomic Absorption Spectrometry means of flame. The results obtained in water intended for consumption showed values within the limit set by ordinance 2914 of the ministry of health of Brazil, with the exception of Al and Fe concentrations in Water Treatment Station situated in sedimentary basin Pernambuco/Paraíba. In this Station were also found in the water unfit to discharge concentrations of Fe and Al, as established in Resolution CONAMA for effluent discharge. Evaluation of removal efficiency demonstrated that the ETA of the sedimentary basin Pernambuco/Paraíba, the stage flocculation showed deficiencies that possibly caused the inadequacies of the system. Thus, it becomes a review of relevant factors that might affect the process of treating water in order to avoid damaging the quality of the water supplied to the population. Moreover, it is relevant to an assessment of the disposal of discharge water from the decanter until its disposal in order to avoid disturbing the ecosystem.

Keywords: water, metals, Water Treatment Station.

## 1. INTRODUÇÃO

A água é uma substância indispensável à vida, participante das mais diversas atividades metabólicas dos organismos. Ela possui uma alta capacidade como solvente, fazendo com que variadas substâncias se encontrem incorporadas aos corpos d'água, como muitos corpos sólidos, líquidos e gasosos, especialmente ácidos e sólidos iônicos, além de alguns compostos de carbono<sup>1,2</sup>.

Entre os materiais que podem estar dissolvidos ou em suspensão na água têm-se elementos tóxicos, como os metais que uma vez ingeridos, em determinadas concentrações, causam dano à saúde da população, atingindo sistemas vitais e em casos extremos acarretando até a morte<sup>2,3</sup>. A água passa assim a ser um importante meio de transporte de materiais tóxicos aos organismos, o que conduz a necessidade da determinação da concentração de contaminantes, possibilitando, a partir dessa caracterização, a classificação da água quanto à sua finalidade de uso<sup>4,5,6</sup>.

Agências internacionais e órgãos nacionais estabelecem valores de concentrações máximas de metais para as águas que serão submetidas ao consumo humano, estabelecendo os padrões de potabilidade<sup>8</sup>. No Brasil, a referência dos valores de concentração de metais e demais substâncias nocivas na água destinada ao consumo humano é a Portaria 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde, a qual foi elaborada em conjunto com representantes de organismos ligados a Organização Mundial da Saúde – OMS, tendo, por tanto, seus valores em concordância com a mesma<sup>8</sup>.

As águas utilizadas para o abastecimento da população devem, então, enquadrar-se aos padrões de potabilidade. Contudo, os mananciais que dispõem do volume requerido, em geral, não possuem a qualidade necessária para a sua utilização devendo estas, por tanto, serem submetidas a processos que sejam capazes de adequá-las. No tratamento dessas águas empregam-se variadas tecnologias a partir da aplicação ou não de substâncias químicas (coagulantes) e da retenção das impurezas em seus estágios, podendo esses sofrer distinção dependendo da qualidade da água a ser tratada (água bruta), da finalidade da sua utilização e de possibilidades econômicas<sup>9,10</sup>.

No Brasil a tecnologia mais empregada é o tratamento de ciclo completo, denominada também de tratamento convencional, aplicado em 69,2% das Estações de Tratamento de Água-ETA's do Brasil<sup>11</sup>. Essa tecnologia é composta pelas etapas de coagulação, na qual o coagulante é adicionado; floculação, na qual são formados os flocos que incorporam o material em suspensão ou dissolvido; decantação, na qual estes flocos sedimentam no fundo dos tanques; filtração, onde o material não depositado na etapa anterior é retido; e ainda a desinfecção, aplicada para garantir a eliminação de patógenos na água até ao seu consumo, podendo ainda ser adicionado pré e/ou pós-tratamento, conforme necessidade para garantia da qualidade da água<sup>8,12</sup>.

O tratamento convencional é um processo consolidado e possui boa eficiência de remoção das substâncias que se encontram incorporadas as águas a serem tratadas, mesmo quando estas apresentam relativa baixa qualidade. Contudo, é importante a observação contínua e em loco da eficiência de remoção de materiais tóxicos, como os metais, uma vez que no decorrer do tempo os sistemas de tratamento sofrem avarias decorrentes do desgaste e a água bruta fornecida pode sofrer variações na sua qualidade, o que acaba por contribuir com a diminuição da eficiência e inadequação dos sistemas, tendo em vista sua dependência destas condições<sup>13,14</sup>.

Outro ponto importante a ser observado é o descarte do material retido nas etapas do processo de tratamento durante a descarga dos decantadores, uma vez que este é enquadrado como um resíduo sólido, segundo a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT (Norma Brasileira-NBR 10004), e sua disposição deve ser observada e enquadrada em sistemas para gestão de resíduos<sup>14,15</sup>.

Para garantia da saúde da população, é relevante, por tanto, avaliar a qualidade da água fornecida pelos sistemas de tratamento, a partir, da determinação da concentração de metais nas águas que se destinam ao abastecimento, sendo importante também observar a eficiência dos processos de tratamento na remoção destes, bem como, a disposição final dos resíduos gerados no tratamento.

O presente trabalho se destinou a realizar este levantamento a partir, especificamente, da determinação dos níveis de Zn, Mn, Cd, Cu, Cr, Pb, Fe e Al na água bruta, na água dos estágios de tratamento, na água pronta para o consumo e na água de descarte em estações de tratamento convencional localizadas na Região Metropolitana do Recife-PE. Este estudo possibilitará uma avaliação da adequação da água pronta para o consumo, considerando os valores determinados pela legislação vigente do ministério da saúde; a observação da eficiência de remoção nas etapas do processo de tratamento; e a adequação da água descartada da descarga dos tanques de decantação aos parâmetros de lançamento de efluentes regidos pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em dois municípios da Região Metropolitana do Recife-RMR, área situada no nordeste do Brasil, entre os meridianos 34º 45' e 35º 00' oeste e entre os paralelos 8º 45' e 7º 40' sul (Figura 1)<sup>16</sup>. Esta região comporta uma população de 3.690.547 habitantes correspondendo a 42% da população do Estado e se apresenta como a região de maior importância econômica<sup>17</sup>.

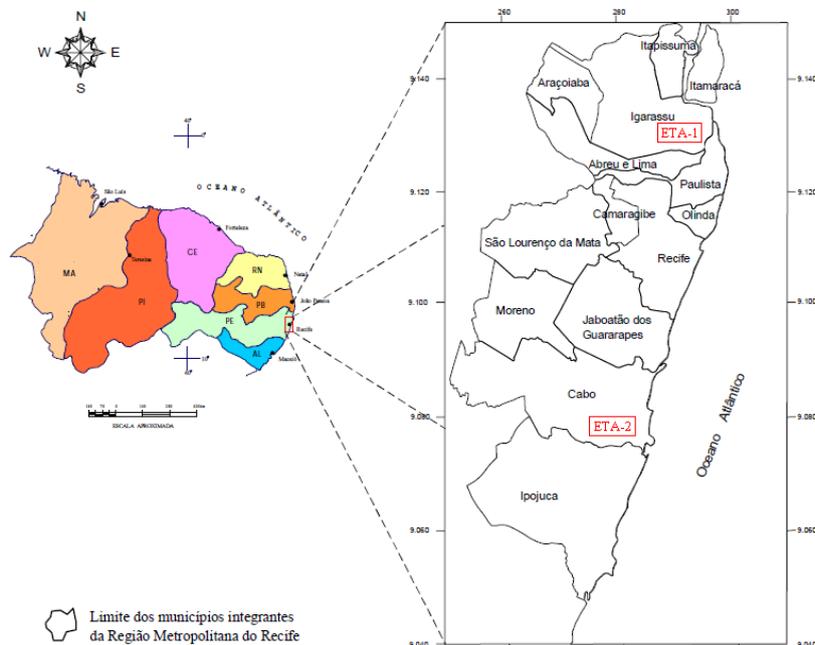


Figura 1: Localização das ETA's em estudo na Região Metropolitana do Recife. Adaptado<sup>13</sup>.

Os municípios nos quais se encontram as ETA's em estudo situam-se em unidades geotectônicas bem distintas, correspondentes a Bacia Sedimentar Pernambuco/Paraíba (PE-PB), onde se encontra a ETA-1 e a Bacia Sedimentar do Cabo em que se encontra a ETA-2<sup>16</sup>. Próxima a ambas as áreas existem polos industriais, atividades agrícolas e criações de animais. Estes pontos se tornam relevantes para observação da origem dos metais, tendo em vista que a composição geológica e as atividades mencionadas são fornecedoras dos metais que se incorporam as águas dos mananciais<sup>14,15,17</sup>.

As ETA's em estudo consistem em sistemas com tratamento do tipo convencional, compostas por coaguladores rápidos, tanques de floculação mecanizados, decantadores convencionais, filtros rápidos de areia, e pavilhões de desinfecção com adição de cloro gasoso. As amostras de águas foram coletadas com o auxílio de recipientes plásticos nos tanques de floculação e decantação (Figura 2 e 3), bem como dos ductos de liberação de água bruta, pronta para o consumo e de descarte, com a obtenção de um total de 15 amostras (3 amostras para cada etapa).



Figura 2: Tanques de floculação da ETA-1 e ETA-2.

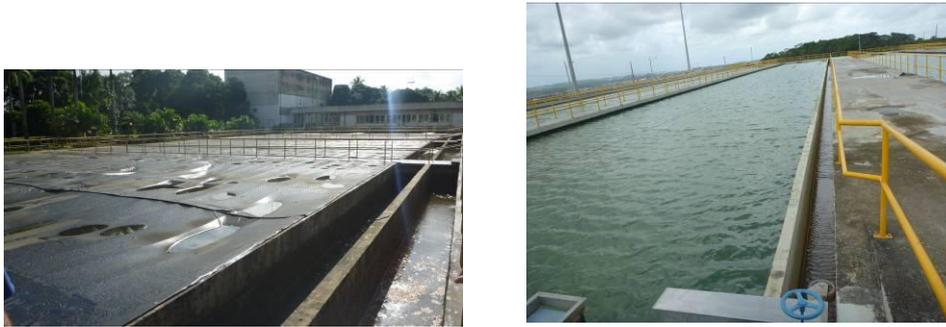


Figura 3: Tanques de decantação da ETA-1 e ETA-2.

A partir do estabelecido na Portaria 2.914 do Ministério da Saúde foram separados alguns metais que apresentavam concentrações máximas permitidas superiores ao limite de quantificação da técnica utilizada para a análise, tendo sido realizada por tanto a determinação de Zn, Mn, Cd, Cu, Cr, Pb, Fe e Al<sup>18</sup>.

Para o tratamento das amostras foi utilizada a metodologia descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* e expresso no fluxograma a seguir (Fig.4). Todas as amostras foram analisadas em triplicatas.

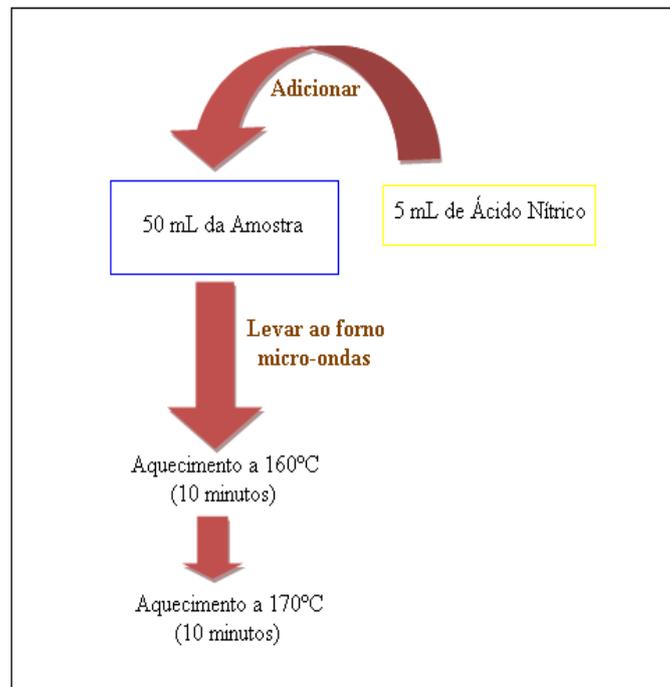


Figura 4: Fluxograma da metodologia utilizada.

Para obtenção das concentrações dos metais de interesse, as amostras já tratadas foram submetidas à análise em um espectrômetro de absorção atômica, pela técnica de chama, com a utilização de um padrão multi-elementar Merck para calibração da curva e certificação da resposta do equipamento (Figura 5).



Figura 5: Espectrômetro de Absorção Atômica.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo foram observados, considerando a concentração dos metais Zn, Mn, Cd, Cu, Cr, Pb, Fe e Al, os aspectos de adequação da qualidade da água fornecida à população, o comportamento destes metais no decorrer do tratamento, avaliando a eficiência de remoção de cada etapa e a qualidade do efluente lançado pelos sistemas de tratamento em questão.

As concentrações dos metais de interesse determinados nas amostras de água pronta para o consumo foram comparados aos teores aceitáveis segundo a Portaria 2.914 do Ministério da Saúde, na qual defini os metais Cd, Cu, Cr e Pb enquadrados como causadores de danos à saúde, quando presentes em concentrações acima dos valores máximos estabelecidos, e as concentrações dos metais Zn, Mn, Fe e Al como padrões organolépticos de potabilidade. Os resultados obtidos podem ser observados nas Figuras 6 e 7.

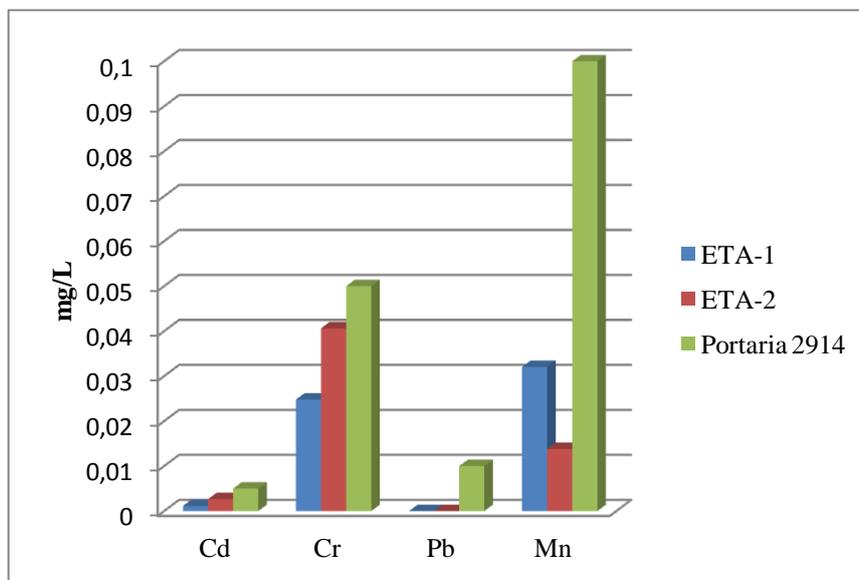


Figura 6: Concentrações de Cd, Cr, Pb e Mn na água pronta para o consumo obtidas nas ETAs estudadas.

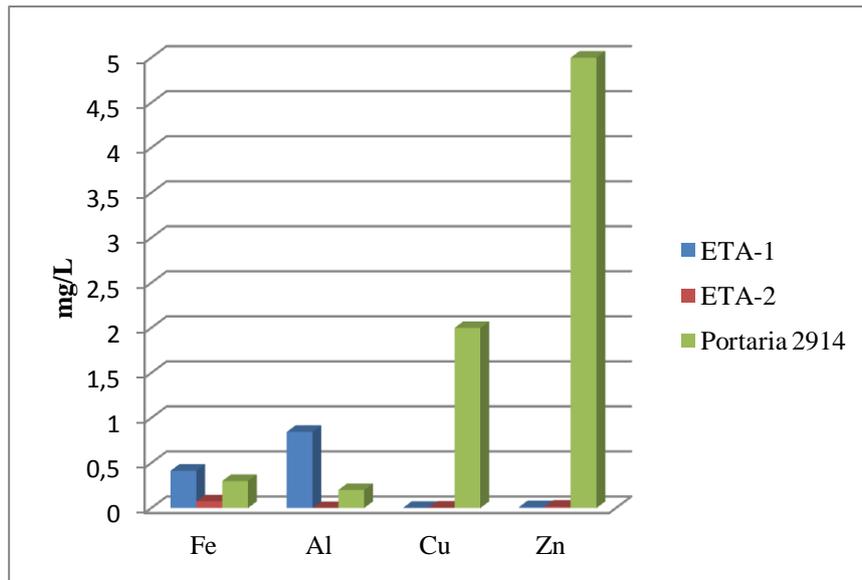


Figura 7: Concentrações de Fe, Al, Cu e Zn na água pronta para o consumo obtida nas ETAs estudadas.

As concentrações encontradas nas amostras de águas prontas para o consumo em ambas as ETA's apresentaram valores inferiores ao estabelecido na Portaria, exceto para os valores de Fe e Al que apresentaram concentração acima do estabelecido nas amostras da ETA-1, configurando que a água fornecida à população por esta ETA apresenta padrões organolépticos de potabilidade inadequados. Uma vez que foi observada esta inadequação suas causas devem ser avaliadas, e quando identificadas o ajuste deve ser efetuado.

Na Figura 8 pode ser observado o comportamento do Fe e do Al nas etapas de tratamento, bem como dos demais metais em estudo. Durante o processo de tratamento, alguns estágios não apresentaram uma boa eficiência de remoção de metais, ocorrendo, inclusive, um aumento em sua concentração em alguma destas etapas, o que torna importante uma análise mais detalhada em cada etapa do processo.

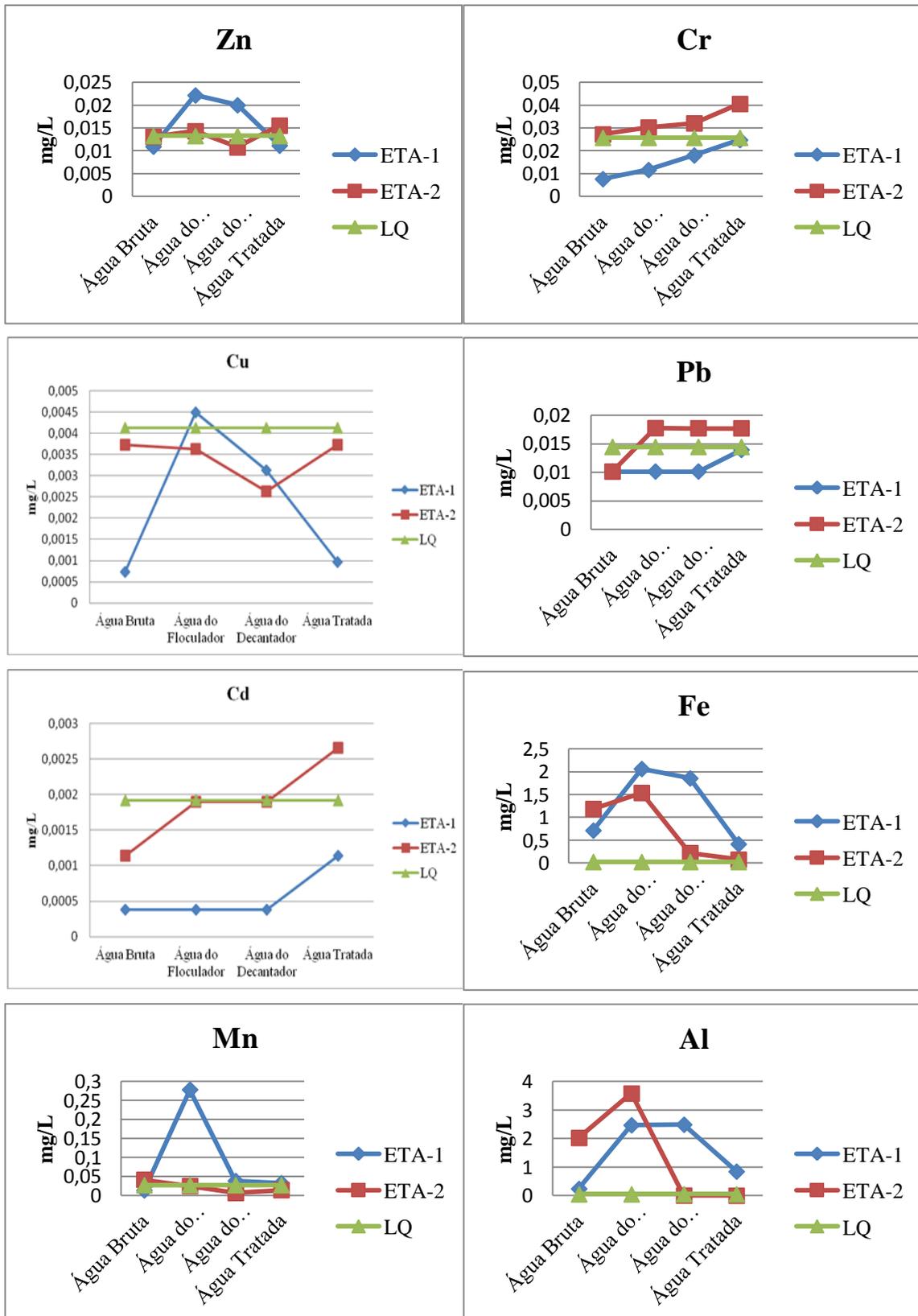


Figura 8: Balanço dos metais nos estágios de tratamento.

O comportamento dos metais é bem variável entre as ETA's demonstrando que as condições geradas no tratamento sofrem variação mesmo quando é aplicadas a mesma tecnologia para o tratamento e o mesmo coagulante, como é o caso das ETA's em estudo<sup>9,10</sup>.

Estas diferenças possivelmente são advindas das condições da água fornecida ao sistema, tendo em vista que a qualidade da água bruta é um dos aspectos que deve ser considerado por influenciar diretamente às condições no tratamento<sup>18,19</sup>.

O balanço da concentração do Zn, Mn, Cd, Cu, Cr e Pb foi indesejável na maioria das situações, contudo os valores obtidos se apresentaram bem próximos aos limites de detecção e quantificação da técnica, com indicação de uma reavaliação por técnicas mais sensíveis. O Fe e Al, por sua vez, apresentaram altas concentrações e o balanço destes demonstrou que o tratamento aplicado na ETA-1 deve ser revisto, por não apresentar uma eficiência de remoção satisfatória.

Na Tabela 1 pode ser observada a eficiência de remoção do Fe e do Al nas etapas e no tratamento das ETA's.

Tabela 1: Eficiência de remoção de Fe e Al.

Metais	Eficiência de remoção (%)					
	Floculação ETA-1	Floculação ETA-2	Decantação ETA-1	Decantação ETA-2	Tratamento ETA-1	Tratamento ETA-2
Fe	-	86%	78%	66%	42%	94%
Al	-	100%	-	-	-	100%

A remoção do Fe se dá tanto na etapa de floculação quanto de decantação para a ETA-2, enquanto para a ETA-1 a eliminação só ocorre na decantação, o que possivelmente se relaciona a não adequação dos valores de Fe da ETA-1. A remoção do analito Al, por sua vez, ocorre na etapa de floculação, não ocorrendo esta eliminação na ETA-1. Neste aspecto os resultados inapropriados encontrados para as concentrações de Fe e Al na ETA-1 possivelmente encontram-se relacionados a alguma inadequação nos floculadores desta ETA.

Além disso, os resultados obtidos na análise da água descartada da limpeza das etapas do processo de tratamento indicam valores discrepantes para estes analitos em relação a água bruta (água captada) nesta mesma Estação de Tratamento (Fig.9).

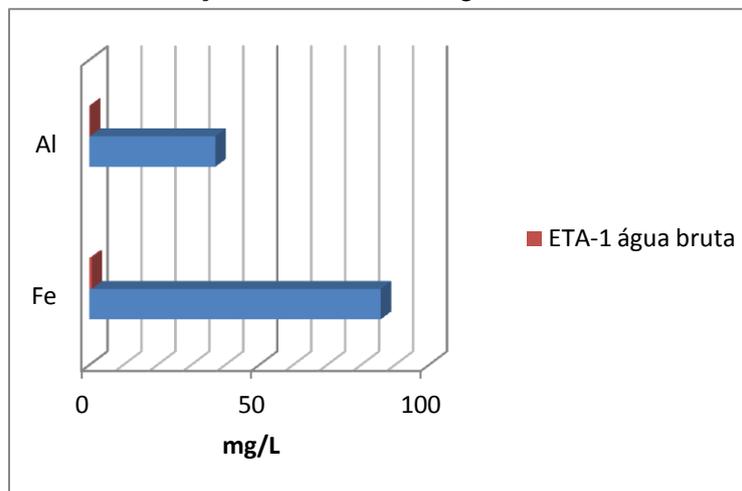


Figura 9: Concentração de Fe e Al na água descartada e água bruta da ETA-1.

A Resolução do Conama n°430 de 2011, que dispõem sobre as condições de lançamento de efluentes estabelece que a qualidade do efluente lançado não deve ser inferior à qualidade da água captada. Ao serem observados os valores obtidos para o Al e Fe das águas de descarte da ETA-1 é visto que estes valores não se enquadram no estabelecido, isto é, a água descartada possui qualidade inferior à captada, o que indica a necessidade de tratamento desta água antes do seu descarte, de forma a não trazer riscos à saúde de toda a população à jusante<sup>18,21</sup>.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos para as concentrações dos metais Zn, Mn, Cd, Cu, Cr e Pb na água pronta para consumo enquadraram-se no estabelecido para os padrões de potabilidade, e o comportamento destes metais no processo de tratamento deve ser avaliado por técnicas mais sensíveis devido às baixas concentrações encontradas.

As concentrações de Fe e Al na ETA-1, por sua vez, apresentaram valores acima do estabelecido na legislação vigente, onde a partir do estudo do comportamento e remoção desses metais foi possível inferir a existência de uma inadequação da etapa de floculação desta ETA, devendo ser avaliada a sua causa e efetuado seu reparo.

As concentrações de Fe e Al na ETA-1 também apresentaram inadequações nas águas de descarga do decantador quando confrontado com as determinações da resolução do Conama para o lançamento de efluentes, devendo ser o efluente desta ETA tratado antes do seu lançamento, a fim de não promover danos à saúde da população e ao ambiente.

Desta forma, torna-se relevante um estudo dos fatores que contribuem para a redução da eficiência do processo de tratamento de águas na RMR a fim de evitar danos à qualidade da água fornecidos à população, como é o caso dos floculadores na ETA-1. É também importante avaliar a forma do descarte da água de descarga do decantador nas ETAs até sua disposição final, considerando os padrões estabelecidos.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro e ao Laboratório de Traços e Ultra-traços da Divisão de Monitoração Ambiental do Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste, que nos deu o suporte necessário à realização das análises do presente estudo.

- 
1. Ervim L, Favero L, Luchese E. Introdução à química da água: Ciência, vida e sobrevivência. 1ed. Rio de Janeiro: LTC; 2009.
  2. Medeiros S. Química ambiental. 3ed. Recife: Revista e ampliada; 2005.
  3. Baird C. Química Analítica. 2ed. São Paulo: Bookman; 2002.
  4. Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil). Resoluções do Conselho nacional do meio ambiente, resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA; 2012.
  5. Rebouças C. Águas Doces no Brasil: Capital ecológico, usos e conservação. 3ed. Escrituras, 2006.
  6. Leite E, Amorim L. Toxicologia Geral. Minas Gerais, 2004
  7. Ministério da Saúde (Brasil). Portaria Nº 2.914, de 12 de Dezembro de 2011. Ministério da Saúde. Brasília; 2011.
  8. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. Brasília; 2006.
  9. Di Bernardo L., Di Bernardo A. Métodos e técnicas de tratamento de água. 2ed. São Carlos: Edgard Blucher LTDA; 2005.
  10. Azevedo M.; Richter C. Tratamento de água. São Paulo: Edgard Blucher LTDA. 1999.
  11. Instituto Brasileiro de geografia e estatística - IBGE. Atlas de Saneamento 2011. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.
  12. Richter C. Tratamento de lodos de estações de tratamento de água. 1ed. São Paulo: Edgard Blucher LTDA; 2001.
  13. Nascimento V. Os padrões brasileiros de qualidade da água e os critérios para proteção da vida aquática, saúde humana e animal. São Paulo: CETESB; 2006.
  14. Cordeiro S, Campos R. O impacto ambiental provocado pela indústria da água de abastecimento. In: XXVI Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitária y Ambiental. Peru; 1998.
  15. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Norma Brasileira 10004 Resíduos Sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004.
  16. Assis H, Pfaltzgraff P. Atividades impactantes sobre o meio ambiente da Região Metropolitana do Recife. Recife: CPRM; 2001.
  17. Instituto Brasileiro de geografia e estatística - IBGE. Indicadores sociais 2012. [atualizado em 2012; citado em março de 2012]. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/indicadoresminimos/sinteseindicsociais2012/default.shtm>

18. Araújo M. Avaliação operacional e características do lodo gerado na indústria da água do litoral sul de Pernambuco. [Dissertação]. [Recife-PE]: Universidade Federal de Pernambuco; 2006.
19. Di Bernardo L. Filtração direta ascendente. In: Tratamento de água para abastecimento por filtração direta. 1 ed. Rio de Janeiro: ABES; 2003.
20. Clesceri LS, Greenberg AE, Eaton AD. Standard Methods for the Examination of water and waste water. 20rd. Joint Editorial Board; 1998.
21. Pivele R., Kato M. Qualidade das águas e poluição: Aspectos físico-químicos. São Paulo; ABES; 2006.