

I-150 – ANÁLISE QUÍMICA INORGÂNICA DE ÁGUAS BRUTAS, DE LAVAGEM DE FILTROS E DE LODOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETAs) INTEGRANTES DAS BACIAS PCJ VIA ICP-AES E EAA-HG: EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE METAIS NAS ETAs**Maria Aparecida Carvalho de Medeiros***⁽¹⁾

Engenheira Química pela Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. Mestre em Ciências pela – Universidade de São Paulo – USP. Doutora em Química pela – UNESP, Pós-Doutora na área Química Ambiental pela Universidad de La Rioja – UNIRIOJA – Espanha – Professora Doutora do Departamento de Saneamento Ambiental da Faculdade de Tecnologia (anteriormente CESET) – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

Ana Paula Martins⁽²⁾

Graduanda em Tecnologia em Saneamento Ambiental pela Faculdade de Tecnologia (anteriormente CESET) – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, bolsista de Iniciação Científica do PIBIC-SAE-UNICAMP.

Julia Salerno Ribeiro⁽³⁾

Graduanda em Tecnologia em Saneamento Ambiental pela Faculdade de Tecnologia (anteriormente CESET) – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, bolsista do SAE-UNICAMP.

Endereço⁽¹⁾: Rua Paschoal Marmo, 1888, Jardim Nova Itália – CESET-UNICAMP, Campus de Limeira - Limeira - SP - CEP: 13484-370 - Brasil - Tel: (019) 2113-3335 - Fax: (019) 21133364. Email: mariaacm@ft.unicamp.br

RESUMO

As estações de Tratamento de Água (ETAs) são grandes geradoras de resíduos(lodos), sobretudo nos decantadores e nos filtros, utilizando um processo de tratamento em ciclo completo(convencional coagulação, floculação, decantação e filtração), no Brasil ainda a quase totalidade das ETAs não possuem um processo de tratamento adequados para os lodos gerados, que na maioria das vezes são lançados ou dispostos em mananciais, causando impacto ambiental. Atualmente, um dos maiores problemas ambientais é o tratamento e a disposição final desse lodo gerado nos sistemas de tratamento de água. A constante preocupação com a proteção dos mananciais e melhoria da água bruta captada nas ETAs conduz à necessidade de caracterização, tratamento e disposição final dos lodos gerados nos processos de potabilização de água. Neste contexto, os objetivos do presente trabalho foram a efetuar um estudo sobre a caracterização físico-química inorgânica das águas brutas, água de lavagem de filtros e de lodos de duas ETAs integrantes das sub-bacias PCJ, com captações nos mananciais Jaguari e Ribeirão Pinhal (ETA A) e Corumbataí (ETA B), aplicando ICP-AES e EAA-HG, determinando-se a eficiência de remoção de metais nas ETAs. As ETAs A e B estudadas apresentaram dados de eficiência elevados, removendo de forma eficaz a turbidez e a cor da água bruta, atendendo aos parâmetros de potabilidade (Portaria 518, 2004). As análises da série de sólidos das águas bruta, apresentaram concentrações médias de sólidos totais (ST) igual a 947 mg/L para o rio Jaguari, sendo que deste total, 652 mg/L foram de sólidos fixos (STF) (sólidos inorgânicos) e 295 mg/L foram voláteis (STV) (sólidos orgânicos). Para a água bruta do ribeirão Pinhal, ST = 287,5 mg/L, STF= 225 mg/L e STV= 62,5 mg/L. A composição inorgânica do lodo foi determinada por ICP-AES, obtendo-se altas concentrações dos metais alumínio (16435,00 mg/L) e ferro (20605,00 mg/L), devido ao uso de coagulantes, além de outros metais em menores concentrações. A ETA B apresentou resultados de análise por espectrometria de emissão por plasma (ICP-AES) para o metal alumínio (571,14 mg/L), além de elevados teores de cálcio (4164,80 mg/L), devido o emprego de cal para o ajuste de pH de coagulação, ferro devido o coagulante cloreto férrico ter sido utilizado em período prévio ao PAC (10575,40 mg/L). Estes resultados evidenciaram o comportamento típico de sólidos inorgânicos para o lodo das ETAs. Atualmente, estão sendo realizadas as análises químicas inorgânicas via espectrometria de absorção atômica com gerador de hidretos(EAA-HG), buscando especiação química de arsênio e as eficiências de remoção de metais.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de Água, Lodo de ETA, ICP-AES, EAA-HG, Eficiência de remoção.

INTRODUÇÃO

Resíduos sólidos (lodos) de estações de tratamento de água (ETAs) brasileiras, na quase totalidade das ETAs, têm sido lançados diretamente nos corpos d'água, causando impacto ambiental negativo devido à presença de espécies químicas poluentes, principalmente inorgânicas no lodo, porém, há também espécies orgânicas.

O gerenciamento das ETAs sem estudo de tecnologias de tratamento dos resíduos sólidos gerados, ao longo do tempo tem sido uma das principais causas de deterioração da qualidade das águas dos mananciais [1].

As análises por espectrofotometria de absorção atômica com gerador de hidretos (EAA-HG) permitem a determinação de metais e semi-metais em amostras ambientais, permitindo inclusive o desenvolvimento de metodologia da análise de especiação de arsênio, pois, a literatura tem demonstrado que as toxicidades das espécies de arsênio podem variar amplamente de acordo com os estados de oxidação de ocorrência, por exemplo, tem-se que as espécies arsenito e arsenato são altamente tóxicas [2 - 3].

A indústria de água de abastecimento, quando utiliza o tratamento completo ou convencional (coagulação, floculação, decantação e filtração), transforma a água inadequada para o consumo humano em um produto que esteja de acordo com o padrão de potabilidade, utilizando, para isso, processos e operações com a introdução de produtos químicos, gerando resíduos. Por meio dessas operações, as estações de tratamento de água para abastecimento geram resíduos: lodos acumulados nos decantadores e água de lavagem dos filtros [4].

O lodo de ETA representa de 0,3 a 1,0% do volume de água tratada. Contém minerais inertes, matéria orgânica e precipitados químicos, incluindo compostos de alumínio ou ferro em grande quantidade, dependendo do tipo de tratamento utilizado e da própria ETA [5].

Segundo Achon, Barroso e Cordeiro (2008) [6], as tecnologias, operações e processos da ETA podem influenciar nas características do lodo gerado.

De acordo com a NBR 10.004 esse lodo proveniente de sistemas de tratamento de água é classificado como resíduo sólido, não sendo permitido seu lançamento in natura em águas superficiais.

De acordo com a Lei 9.605/98 o lançamento de resíduos gerados em ETAs, em corpos de água, pode ser considerado crime ambiental devido aos efeitos diretos causados ao ambiente aquático do corpo receptor e danos à fauna aquática.

Os despejos dos lodos de ETAs nos cursos de água aumentam a turbidez e cor aparente das águas receptoras, ocasionando impactos aos mananciais, principalmente à camada bentônica [6].

O descarregamento irregular do lodo de estações de tratamento de água em cursos de água proporciona a redução do oxigênio dissolvido pela decomposição da matéria orgânica contida neste resíduo e, ainda, faz aumentar a concentração de alumínio no corpo receptor pelo fato de grande parte das estações de tratamento de água utilizar o sulfato de alumínio como coagulante.

À medida que a descarga direta dos lodos resultantes do tratamento de água nos corpos receptores começou a ser proibida em muitos países, foram sendo desenvolvidos e aplicados métodos para reduzir os volumes a serem dispostos e técnicas alternativas da utilização do lodo. Entre os métodos mais comumente utilizados para melhorar as condições do lodo para disposição final, podem ser citados a desidratação natural em lagoas e leitos de secagem e o adensamento mecânico em centrífugas, concentrados por gravidade de dupla célula, filtros a vácuo, filtros prensa de placas ou de esteiras e leitos de secagem a vácuo.

OBJETIVOS DO TRABALHO

O presente trabalho tem como objetivos efetuar um estudo sobre a caracterização Físico-Química das águas brutas, de lavagens de filtros e do lodo de duas ETAs integrantes das sub-bacias PCJ, com captações nos rios Jaguari (ETA A) e Corumbataí (ETA B), efetuando a quantificação dos resíduos sólidos gerados e as análises dos parâmetros físico-químicos das amostras de águas brutas, de lavagens dos filtros e dos lodos de descarga dos decantadores.

As análises químicas inorgânicas dos lodos das ETAs foram determinadas por espectrometria de emissão atômica com fonte de plasma indutivamente acoplado (ICP-AES) e atualmente por espectrometria de absorção atômica acoplada a gerador de hidretos (EAA-HG).

Adicionalmente, também foram monitorados os parâmetros físico-químicos: pH, cor, turbidez, condutividade, oxigênio dissolvido (OD), sólidos totais dissolvidos (STD), sólidos totais (ST) para as amostras de lodos e para água de lavagem dos filtros, para caracterizar a qualidade das águas dos corpos d'água estudados.

MATERIAL E MÉTODOS

. Equipamentos

- pHmetro ORION, modelo 720, Espectrofotômetro HACH DR-2000, Turbidímetro HACH 2100P, Condutivímetro DIGIMED DM3, Oxímetro YSI 5100, Balança Analítica OHAUS modelo AP210S, Espectrofotômetro UV-VIS GBC Cintra 6, Balanças analíticas Sartorius BL210S, Espectrofotômetro de absorção atômica iCE Série 3000 da Thermo Scientific acoplado a Gerador de Hidretos e Shimadzu AW220.

• Metodologia Utilizada

A quantificação dos resíduos sólidos gerados e as análises dos parâmetros físico-químicos por metodologias Standard Methods [7] (APHA, AWW, WEF, 1998). As análises químicas inorgânicas dos lodos das ETAs A e B foram determinadas por espectrometria de emissão atômica com fonte de plasma indutivamente acoplado (ICP-AES) e por espectrofotometria de absorção atômica acoplado a gerador de hidretos (EAA-HG), assim como os teores de sólidos nas águas brutas e das descargas dos decantadores para caracterizar os corpos d'água estudados e os resíduos sólidos gerados nas ETAs. Foram realizadas coletas de amostras de águas brutas, de lavagens dos filtros e dos lodos dos decantadores das ETAs, durante o período de 2010 a 2011.

As análises químicas inorgânicas estão sendo realizadas por espectrofotometria de absorção atômica acoplada com gerador de hidretos (EAA-HG), permitindo a especiação química de arsênio, utilizando o equipamento espectrofotômetro de absorção atômica iCE Série 3000 da Thermo Scientific acoplado a Gerador de Hidretos.

. Coletas

Definiu-se as coletas nos pontos de captação e das etapas de tratamento das águas dos mananciais Jaguari e do Ribeirão Pinhal para a ETA A e Corumbataí para a ETA B.

RESULTADOS OBTIDOS OU ESPERADOS

Na Tabela 1 são apresentados os dados dos parâmetros físico-químicos típicos das amostras coletadas em diversos pontos na ETA A, com água bruta captada no ribeirão Pinhal.

Tabela 1. Análises Físico-Químicas das amostras de água coletada na ETA A, captação do Ribeirão Pinhal.

AMOSTRAS ETA A (23/08/2010)	Cor (mg Pt Co/L)	pH	Turbidez (NTU)	Oxigênio Dissolvido (mgO ₂ /L)
Água Bruta	131	6,90	9,09	8,12
Água Decantada Baixa taxa	95	6,84	2,42	8,64
Água Decantada Alta taxa	82	6,94	1,6	8,70
Água Floculada	114	7,10	5,38	8,74
Água Filtrada	73	7,06	0,51	8,64
Água Tratada	0	7,62	0,61	9,00

Na Tabela 2 são apresentados os dados dos parâmetros físico-químicos típicos das amostras coletadas da água bruta e tratada na ETA A, com captação no rio Jaguari.

Tabela 4. Análises Físico-Químicas das amostras de água coletada na ETA Foz do Brasil de Limeira, captação do Ribeirão Jaguari.

AMOSTRAS ETA A (12/11/2010)	TURBIDEZ (NTU)	pH	COR (mg Pt Co/L)	CONDUTIVIDADE (μS/cm)
Água Bruta	9,38	7,38	55	116,1
Água Tratada	0,48	7,99	0	105,1

Na Tabela 3 são apresentados os dados dos parâmetros físico-químicos típicos das amostras coletadas do sobrenadante do lodo do decantador da ETA A.

Tabela 3. Análises Físico-Químicas do sobrenadante do lodo do decantador coletada na ETA A.

AMOSTRAS ETA A (12/11/2010)	TURBIDEZ (NTU)	pH	COR (mg Pt Co/L)	CONDUTIVIDADE (μS/cm)
Água do sobrenadante do lodo	42,5	6,26	258,0	426

Nas Tabelas 4 e 5 são apresentados os dados de análises físico-químicas da água do sobrenadante do lodo do decantador coletada na ETA A, nos meses de outubro e novembro/2010, respectivamente.

Tabela 4. Análises Físico-Químicas da água do sobrenadante do lodo do decantador coletada na ETA A, mês de Outubro/2010.

PARÂMETROS	ÁGUA DO SOBRENADANTE DO LODO DO DECANTADOR
pH	6,60
Cor (mg Pt Co/L)	247
Turbidez (NTU)	31,5
Absorbância (400 nm)	1, 184

Tabela 5. Análises Físico-Químicas da água do sobrenadante do lodo do decantador coletada na ETA, mês de Novembro/2010.

PARÂMETROS	ÁGUA DO SOBRENADANTE DO LODO DO DECANTADOR
pH	6,71
Cor (mg Pt Co/L)	550
Turbidez (NTU)	75,0
Absorbância (400 nm)	1, 985

Na Tabela 6 são apresentados os dados dos parâmetros físico-químicos típicos das amostras coletadas em diversos pontos na ETA A, com água bruta captada no rio Jaguari.

Tabela 6. Análises Físico-Químicas das amostras de água coletada na ETA A, captação do Rio Jaguari.

AMOSTRAS	Cor (mg Pt Co/L)	pH	Turbidez (NTU)	Condutividade (μ S/cm)
ETA Foz do Brasil (10/12/2010)				
Água Bruta	550	6,29	61,4	82,5
Água Floculada	550	6,31	60,0	99,4
Água Decantada Baixa Taxa	60	6,45	0,38	93,8
Água Decantada Alta Taxa	58	6,84	0,55	96,2
Água Filtrada	21	6,65	0,17	93,6
Água Tratada	0	6,78	0,27	115,5

De acordo com os dados apresentados nas Tabelas 1 a 6, os parâmetros físico-químicos no processo de tratamento de água da ETA A atentem aos parâmetros da Portaria 518 do Ministério da Saúde. Ressalta-se que as análises físico-químicas da água do sobrenadante do lodo do decantador apresentaram elevados valores para a cor e turbidez, assim como elevada absorbância a $\lambda=400,0$ nm.

A Tabela 7 apresenta os dados obtidos nas análises das Séries de Sólidos realizadas nas amostras coletadas nas amostras de águas coletadas na ETA A.

Tabela 7. Resultados obtidos nas análises das Séries de Sólidos realizadas nas amostras de águas coletadas na ETA A.

AMOSTRAS ETA A	Sólidos Totais ST(mg/L)	Sólidos Totais Voláteis STV(mg/L)	Sólidos Totais Fixos STF(mg/L)
Ribeirão Pinhal Água Bruta (23/08/2010)	245	50	195
Ribeirão Pinhal Água Bruta (01/09/2010)	330	75	255
Rio Jaguari Água Bruta (10/12/2010)	947	295	652

De acordo com os dados apresentados na Tabela 7, considerando a ETA A, observa-se que houve maior quantidade de sólidos totais fixos (sólidos inorgânicos)(79,6%), enquanto que a quantidade de sólidos totais voláteis (sólidos orgânicos) foi de 20,4% para a captação no ribeirão Pinhal e a quantidade percentual de STV (31,2%) e STF(68.8%) para o rio Jaguari.

As duas ETAs estudadas apresentaram dados de eficiência elevados, removendo com elevada eficiência (>99%) a turbidez e a cor das águas brutas, atendendo aos parâmetros de potabilidade (Portaria 518, 2004).

Os lodos gerados nas ETAs foram analisados [7], determinando-se os sólidos totais (ST) na ETA A, sendo que destes, aproximadamente 90% foram sólidos fixos (STF) (sólidos inorgânicos) e 10% foram de sólidos voláteis (STV) (sólidos orgânicos).

A análise química inorgânica do lodo das ETAs A e B, determinada inicialmente por ICP-AES(método validado com LQ ≥ 10 µg/L), revelou concentração predominante de alumínio (16435,00 mg/L) para a ETA A, enquanto que na análise química inorgânica do lodo da ETA B, foram obtidas as seguintes concentrações: Al(571,14mg/L), B(71,69 mg/L), Cr(10.81 mg/L), Cu(8,07 mg/L), Fe(10575,00 mg/L), Mn(377,83 mg/L), Ni(4,27 mg/L), Pb(3,36 mg/L). Zn(308,02 mg/L), As(4,08 mg/L), Cr(4,45 mg/L).

Atualmente, estão sendo realizadas as análises químicas inorgânicas via espectrometria de absorção atômica com gerador de hidretos(EAA-HG), buscando inclusive metodologias analíticas de especiação química de arsênio [2 - 3].

CONCLUSÕES / RECOMENCAÇÕES

Dos resultados obtidos para as análises físico-químicas de amostras de águas brutas e de lodos das ETAs A e B, pode-se quantificar concentrações elevadas de metais no lodo das ETAs A e B, caracterizando resíduos que não podem ser descartados diretamente nos corpos d'água.

Uma explicação para as concentrações predominantes nas ETAs A e B é devido ao uso dos coagulantes policloreto de alumínio(PAC) e cloreto férrico(alternando com o PAC), respectivamente. Neste sentido, estudos em escala de laboratório(Jar test) estão sendo realizados para otimizar as dosagens dos coagulantes PAC e cloreto férrico(alternando com PAC), analisando os resíduos sólidos gerados *via* ICP-AES e por absorção atômica acoplada a gerador de hidretos(EAA-HG), determinando-se as análises químicas inorgânicas.

Os estudos no presente trabalho estão em andamento, sendo que na etapa atual estão sendo realizadas as análises por espectrometria de absorção atômica com gerador de hidretos(EAA-HG), buscando a análise de especiação de arsênio, pois, a literatura tem demonstrado que as toxicidades das espécies de arsênio podem variar amplamente de acordo com os estados de oxidação de ocorrência, por exemplo, tem-se que as espécies arsenito e arsenato são altamente tóxicas [2].

As análises de eficiências de remoção de metais e semi-metais também estão sendo realizadas nas duas ETAs estudadas, que possuem processos de tratamentos convencionais (Ciclo Completo).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. JANUARIO, G. F. & FERREIRA FILHO, S. S. *Eng. Sanit. Ambient.*, vol.12, n.2, 117-126, 2007.
2. S. Caroli, F.L. Torre, F. Petrucci N. Violante, Arsenic speciation and Health Aspects, in: S. Caroli (Ed.), *Element Speciation in Bioinorganic Chemistry*, John Wiley and Sons, New York, 1996, pp. 445–463.
3. SHRAIM, A., CHISWELL, B. OLSZOWY, H., *Talanta* 50, 1109–1127, 1999.
4. REALI, M. A. P. (Coordenador). *Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estação de tratamento de água. Projeto PROSAB 2*. Rio de Janeiro: ABES, 1999.
5. ANDREOLI, C. V. (Coordenador). *Resíduos sólidos de saneamento: processamento, reciclagem e disposição final. Projeto PROSAB 2 – Tema IV*. Rio de Janeiro: RiMa, ABES, 2001.
6. ACHON, C. L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. Leito de drenagem: sistema natural para redução de volume de lodo de estação de tratamento de água. *Engenharia Sanitária e Ambiental* [online]. 2008, vol.13, n.1, p. 54-62.
7. APHA, AWW, WEF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19th. Edition. USA, Washington: APHA, 1998.