



III-337 - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS RESÍDUOS DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO LITORAL SUL DO ESTADO DE PERNAMBUCO E DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE.

Rosângela Gomes Tavares⁽¹⁾

Bacharel em Química e Engenheira Química, formada pela UNICAP, em 1993 e 1998. MSc. em Engenharia Civil – Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, pela UFPE, em 2003. Técnica Reguladora da Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Estado de Pernambuco – ARPE. Docente da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Ana Paula Maria de Araújo

Engenheira Química, formada pela UNICAP, em 1994. Licenciada em Química pela UFRPE, em 2003. MSc. em Engenharia Civil – Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, pela UFPE, em 2006. Técnica Reguladora da Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Estado de Pernambuco – ARPE

Rossanna Barbosa Pragana

Engenheira Agrônoma, formada pela UFRPE, em 1995. MSc. em Agronomia – Ciência do Solo, pela UFRPE, em 1999. Pesquisadora da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – IPA de 1999 a 2002. Técnica Reguladora da Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Estado de Pernambuco – ARPE, de 2002 a 2008. Docente da UFRPI.

Sandra Maria Queiroz de Souza

Engenheira Química, formada pela UFPE, em 2008. Estagiária da Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Estado de Pernambuco – ARPE.

Valmir Cristiano Marques de Arruda

Engenheiro Sanitarista formado pela UFMT. Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pelo Departamento de Engenharia Civil da UFPE. Doutorando em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pelo Departamento de Engenharia Civil da UFPE. Analista de Recursos Hídricos da Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco – SRH.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Conselheiro Rosa e Silva, nº 975 - Aflitos - CEP 50.050-020 - Recife-PE. Fone: (081) 31829725. e-mail: rosangelatavares@arpe.pe.gov.br.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar os resultados da caracterização físico-química dos resíduos gerados nas estações de tratamento de água de Sirinhaém, Santo Amaro de Sirinhaém, Rio Formoso, Tamandaré, Barreiros e São José da Coroa Grande, situadas no litoral sul do Estado de Pernambuco, e das estações Suape, Gurjaú, Tapacurá, Alto do Céu, Caixa D'Água e Botafogo, situadas na Região Metropolitana do Recife – RMR.

Os resultados obtidos demonstraram altas cargas de sólidos, geradas principalmente durante a lavagem dos decantadores e em segundo lugar, durante o processo de lavagem dos filtros de todos os sistemas. Dentre os sistemas que utilizam a tecnologia de filtração direta, a ETA Sirinhaém se destacou por apresentar os maiores índices, não apenas de sólidos (2540 mg/L), como também de cor (5000 uH), turbidez (3230 uT) e dos metais Fe, Mn e Al (140 mg/L, 2,28 mg/L e 84,6 mg/L respectivamente). Os lodos gerados nos decantadores das ETAs da RMR apresentaram DQO média em torno de 30 g/L, enquanto que a DBO média foi de 4,5 g/L, indicando que a biodegradabilidade desse resíduo é baixa. Outras indicações da baixa biodegradabilidade foram os resultados dos sólidos totais, que apresentaram valores médios de 72 g/L. Desses, 75% corresponderam aos resíduos fixos e 25% aos resíduos voláteis. Os resíduos estudados apresentaram grandes concentrações de alumínio, devido ao uso do sulfato de alumínio como coagulante. Os valores médios encontrados no lodo dos decantadores ficaram em torno de 1000 mg/L. O teor de ferro também apresentou valores elevados, na faixa de 500 mg/L.

Todos os sistemas estudados lançam seus resíduos, sem nenhum tratamento, nas proximidades das ETAs. Este fato tem contribuído para a degradação dos recursos hídricos desse setor e poderá trazer sérios prejuízos para o meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: ETA, LODO, ALUMÍNIO.

INTRODUÇÃO

Os lodos das estações de tratamento de água - ETAs são resíduos provenientes principalmente dos decantadores e da água de lavagem dos filtros e constituem atualmente uma fonte de poluição para o meio ambiente. Trata-se de resíduos com altas concentrações de sólidos totais, que podem ser tóxicos para as plantas, organismos aquáticos e até mesmo para os seres humanos, segundo CORDEIRO (1999), dependendo das características da água bruta, dos produtos químicos utilizados no tratamento, de possíveis contaminantes contidos nesses produtos, das reações químicas ocorridas durante o processo e das condições físicas, químicas e biológicas do corpo receptor. A maioria das estações de tratamento de água lança seus resíduos, sem qualquer tratamento, nas proximidades da ETA, em redes de águas pluviais ou diretamente em rios, como mostra a Figura 1, que ilustra o ponto de lançamento dos resíduos da ETA Gurjaú no Rio Gurjaú.

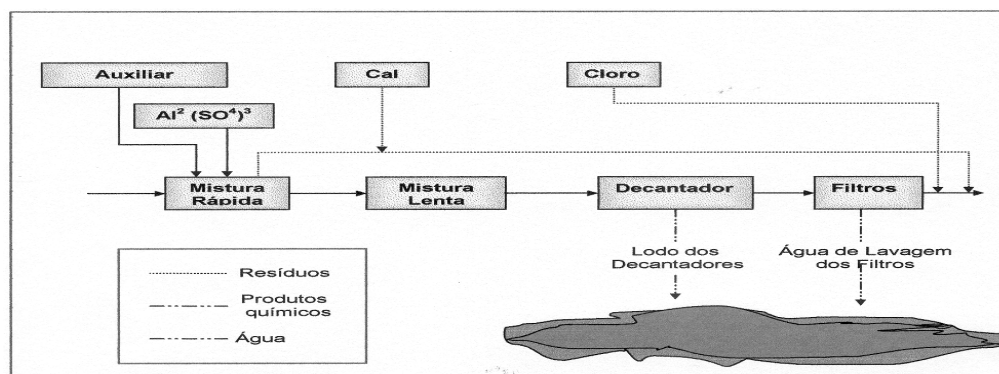


Figura 1: Lançamento dos resíduos gerados na ETA Gurjaú

Os lodos de ETA são produzidos nos processos de coagulação, floculação, filtração e oxidação das águas superficiais, para remover turbidez, cor, bactérias, algas, compostos orgânicos e frequentemente ferro e manganês. Os resíduos mais comumente gerados são aqueles produzidos por sais de alumínio e ferro, usados na coagulação. Um outro tipo de lodo é aquele que resulta da adição de cal, hidróxido de sódio ou soda, que são adicionados para remover cálcio e magnésio de águas duras. Normalmente, a maioria desses resíduos pertence a uma das quatro categorias abaixo:

- Matéria particulada e coloidal, removidas da água bruta em decantadores e filtros, como por exemplo, argila e silte; e material inerte oriundo do tratamento químico, como por exemplo, detritos de cal;
- Substâncias solúveis, como ferro, manganês, cálcio e magnésio, que são levados à forma de precipitado insolúvel por oxidação ou ajuste de pH;
- Precipitados formados pela aplicação de produtos químicos, tais como hidróxidos complexos de alumínio e ferro ($\text{Al}(\text{OH})_3$ e $\text{Fe}(\text{OH})_3$);
- Materiais utilizados nas unidades de tratamento, os quais periodicamente devem ser substituídos quando acaba sua vida útil, como carvão ativado em pó ou granulado, meio filtrante, etc.

A Figura 2 mostra o fluxograma de aplicação de produtos químicos e produção de resíduos em uma ETA convencional.



Fonte: REALI (1999).

Figura 2: Fluxograma de produção de resíduos em uma ETA convencional.

Os resíduos das ETAs possuem alto teor de umidade, geralmente maior que 95%, estando, de maneira geral, sob a forma líquida (CORDEIRO, 1998), e podem conter alto teor de matéria orgânica (KAWAMOTO e FERREIRA FILHO, 1999). Normalmente apresentam teores de sólidos na faixa de 0,1% a 1%, mas se a remoção dos resíduos ocorrer em intervalos de tempo acima de 20 dias, chegam a possuir concentrações de sólidos maiores que 2,5%, o que pode provocar alterações consideráveis nas suas características. Segundo REALI (1999), a acumulação desses resíduos por longo período favorece o surgimento de condições anaeróbias na massa do lodo acumulado, podendo ocasionar a dissolução de metais presente no lodo, como alumínio, ferro, manganês e outros metais pesados. Os resíduos dos decantadores têm em sua composição grandes concentrações de alumínio, quando o sulfato de alumínio é utilizado como coagulante primário.

Este trabalho apresenta os resultados da caracterização físico-química dos resíduos gerados nas estações de tratamento de água de Sirinhaém, Santo Amaro de Sirinhaém, Rio Formoso, Tamandaré, Barreiros e São José da Coroa Grande, municípios situados no litoral sul do Estado de Pernambuco, área de grande influência econômica para este Estado. Apresenta também os resultados da caracterização físico-química dos resíduos das ETAs Suape, Gurjaú, Tapacurá, Alto do Céu, Caixa D'Água e Botafogo, localizadas na Região Metropolitana do Recife – RMR. Todas as ETAs estudadas foram construídas e são atualmente operadas pela COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento). Serão apresentados os resultados dos experimentos realizados a partir de coletas no local (ponto de lançamento dos despejos).

Com o desenvolvimento deste trabalho espera-se contribuir para a implementação de alternativas adequadas de tratamento dos resíduos provenientes das ETAs estudadas antes de dispô-los no meio ambiente, visto que o estudo criterioso das características desses resíduos é o primeiro passo para a análise da melhor alternativa de tratamento e disposição dos mesmos, evitando assim possíveis contaminações.

MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras dos resíduos das ETAs estudadas foram coletadas em frascos de 2 litros, no ponto de lançamento desses resíduos no meio ambiente. Após a coleta, esses frascos foram devidamente identificados, armazenados em caixas de isopor com gelo e conduzidos ao laboratório, onde as análises foram realizadas num prazo máximo de 24 horas, com exceção da determinação dos metais, cujas amostras devidamente preservadas foram analisadas posteriormente.

Foram realizadas duas coletas em cada sistema, sempre no período da manhã, sendo uma em época de inverno (AM1) e outra em época de verão (AM2). O procedimento de coleta dos resíduos se deu da seguinte forma:

1-Resíduos dos filtros

Durante a lavagem de um mesmo filtro, que dura em média 5 minutos, foram coletadas amostras na saída do tubo de descarga junto ao corpo receptor, nos tempos 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minutos, perfazendo um total de 12 litros. No laboratório, após homogeneização e obtenção de uma única amostra (amostra composta), iniciou-se a caracterização. Esse procedimento nos permitiu conhecer as características gerais dos resíduos líquidos e seus possíveis impactos ao meio ambiente, que deve variar em função da qualidade da água bruta afluyente aos



filtros, das dosagens de produtos químicos aplicados no tratamento e que é continuamente lançado no meio em concentrações variando durante o intervalo de lavagem.

2-Resíduos dos decantadores

Foram coletadas amostras na saída do tubo de descarga desses resíduos junto ao corpo receptor nos tempos 0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos, perfazendo um total de 14 litros, que deu origem a uma única amostra para efeito de caracterização.

Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco (LSA-CTG-UFPE), com exceção da determinação do teor de metais, que foi realizada no Laboratório Central da COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento). A metodologia de análise, assim como os procedimentos de coleta e preservação das amostras foram baseados no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 1995.

Os parâmetros físico-químicos utilizados na determinação das características dos resíduos das ETAs estudadas e suas notações para representação em tabela foram: pH, temperatura (T), condutividade elétrica (CE), cor, turbidez, alcalinidade, cloreto, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio total Kjeldahl (NTK), fósforo total (P), sólidos totais a 105°C (ST), sólidos totais fixos e voláteis a 550°C (STF e STV), sólidos suspensos totais a 105°C (SST), sólidos suspensos fixos e voláteis a 550°C (SSF e SSV), sólidos sedimentáveis (SSed), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), cromo (Cr), zinco (Zn), cádmio (Cd), alumínio (Al), densidade e resistência específica (RE).

Os resultados obtidos na caracterização físico-química das amostras estudadas compõem um conjunto de dados de características multivariadas. Para facilitar a visualização e a interpretação dos resultados obtidos na caracterização dos resíduos dos filtros das ETAs do Litoral Sul de Pernambuco, utilizou-se a técnica multivariada de Análise de Componentes Principais (ACP) por meio do programa The Unscrambler ® versão 7.01, CAMO ASA 1998.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estações de tratamento da Região Metropolitana do Recife utilizam como coagulante primário o sulfato de alumínio e como fonte para abastecimento mananciais superficiais. Todos os sistemas realizam o tratamento em ciclo completo.

Os dados mostrados na Tabela 1 referem-se aos resultados das amostras compostas provenientes dos resíduos dos decantadores das ETAs da Região Metropolitana do Recife e da ETA Barreiros.



Tabela 1: Características físico-químicas do lodo dos decantadores nas ETAs da RMR (Valores médios).

Parâmetros	Alto do Céu	Botafogo	Caixa D'água	Gurjaú	Suape	Tapacurá	Barreiros
Temperatura (°C)	26,2	26,5	26,2	25,5	24,8	26,9	25,95
pH	5,9	6,3	5,7	6,2	6,0	6,5	6,6
Condutividade (mS/cm)	122,1	171,5	88,1	216,8	317,2	420,8	189,6
STD (mg/L)	72,3	125,0	41,1	135,0	139,8	178,6	-
Cor (uC)	19200,0	36000,0	1416,7	107900,0	20850,0	36360,0	17500,0
Turbidez (uT)	160400,0	54843,3	9117,6	29861,9	19890,2	67477,8	12575,0
DQO (mg/L)	12039,5	11626,6	7091,5	48940,7	51109,1	49128,1	3535,45
DBO (mg/L)	2129,5	4068,9	2347,8	4980,0	3266,7	10200,3	200,0
Fósforo (mg/L)	438,0	2339,5	142,1	377,7	350,3	124,9	30,2
Sulfato (mg/L)	955,7	2789,7	718,5	837,3	610,1	2804,5	-
Cloreto (mg/L)	117,8	283,5	26,6	169,8	37,9	291,1	584,7
Umidade (%)	92,5	96,9	96,8	78,7	96,8	98,9	-
Sólidos totais (mg/L)	77166,9	32571,2	31932,1	201845	52690,3	38265,6	21387,5
Sólidos totais fixos (mg/L)	61141,5	24367,2	23126,2	165819	42207,4	24084,3	17163,5
Sólidos totais voláteis (mg/L)	16025,4	8204,1	5134,5	37904,6	10482,8	14181,3	4224
Sólidos suspensos (mg/L)	15164,6	28450,3	30382,7	52185,7	19372,1	7290,5	-
Sólidos suspensos fixos (mg/L)	10929,1	21327,2	22442,2	43937,4	14656	4281,1	-
Sólidos suspensos voláteis (mg/L)	4235,5	7123,1	7940,5	8248,3	4715,6	3009,5	-
Al (mg/L)	1237	1706,2	351,1	1582,0	1124,7	2404,6	1303,6
Ca (mg/L)	10,2	13,3	5,0	6,1	14,5	39,7	-
Fe (mg/L)	1397,9	530,8	22,2	104,1	491,7	247,8	787,0
Mg (mg/L)	3,1	5,2	2,3	2,6	5,5	10,0	-
Cr (mg/L)	0,5	0,6	0,4	0,3	1,1	0,5	0,38
Cu (mg/L)	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,23
Mn (mg/L)	1,7	19,9	0,2	1,6	15,7	37,3	4,69
Ni (mg/L)	0,1	1,3	0,1	0,7	1,4	1,2	-
Pb (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Zn (mg/L)	0,1	0,8	0,1	0,1	1,2	0,1	0,54

O sulfato de alumínio é o coagulante usado em todas as ETAs gerenciadas pela COMPESA, o que resulta num lodo de cor marrom, como relatou REALI (1999), com viscosidade e coloração que lembram o chocolate líquido. Quando são utilizados sais de ferro como coagulante, o lodo geralmente apresenta coloração marrom-avermelhada e é de difícil flotação. Este estado fluido é função das altas umidades. Estudos realizados por CORDEIRO (2000) apresentaram resultados de umidade em torno de 95%. A umidade do lodo das ETAs da RMR foi em média igual a 93%, como mostra a Figura 3.

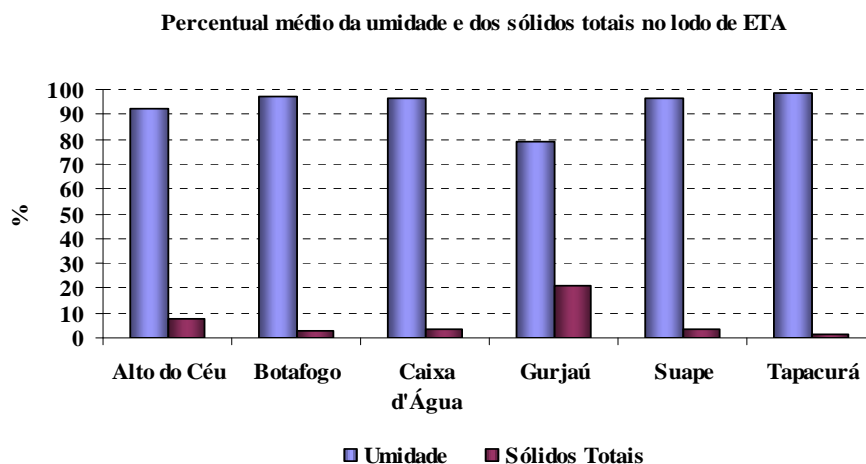


Figura 3: Teor de umidade e sólidos totais no lodo dos decantadores nas ETAs da RMR

A ETA Gurjaú apresenta um lodo mais denso, com menor percentual de água em sua estrutura, enquanto o lodo da ETA Tapacurá possui maior umidade. Este fato pode estar relacionado com operação da estação de tratamento, no que se diz às descargas dos decantadores. A ETA Gurjaú efetua descargas eventualmente, enquanto que a ETA Tapacurá possui um controle rígido dessa operação, que é efetuada diariamente. CORDEIRO (2000) ressalta que a faixa de sólidos pode ser de 0,1 a 1%, quando a remoção ocorre em intervalos pequenos. Quando este intervalo é superior a 20 dias, as concentrações podem ser maiores que 2,5%. De acordo com os resultados encontrados, a ETA Gurjaú, que passa aproximadamente 120 dias sem a realizar descargas, apresentou percentual de sólidos igual a 21,3%, enquanto na ETA Tapacurá esse percentual foi de 1,1%. Com exceção da ETA Tapacurá, os percentuais de sólidos totais encontrados foram inferiores a 10%. Os resultados dos teores de sólidos totais estão acima de 6.000 mg/L, caracterizando o lodo da ETA como um resíduo sólido, conforme afirmam REALI (1999) e CAMPOS e CORDEIRO (1999). A ETA Gurjaú apresentou maior concentração de sólidos (aproximadamente 200 g/L), enquanto as demais ETAs apresentaram resultados em torno de 50 g/L.

Os resultados demonstraram que a DBO em todas as ETAs é menor que 30% da DQO, o que indica a difícil biodegradabilidade do resíduo. Na Figura 4 é vista a relação entre a DBO e a DQO, em porcentagem, do lodo dos decantadores das ETAs da RMR.

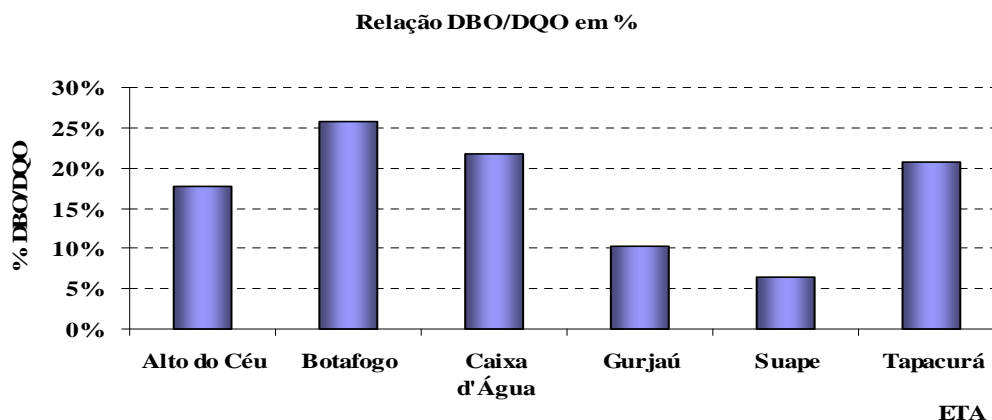


Figura 4: Relação percentual entre a DBO e a DQO no lodo dos decantadores nas ETAs da RMR.



Segundo BAIG *et al.* (1997), citados por SALES (2003), valores da relação DQO/DBO superiores a 4 indicam baixa biodegradabilidade do resíduo. A Figura 5 mostra que esta relação oscilou entre 4 e 16, em todas as ETAs da RMR. Nas ETAs do litoral sul, essa relação variou entre 10 e 33.

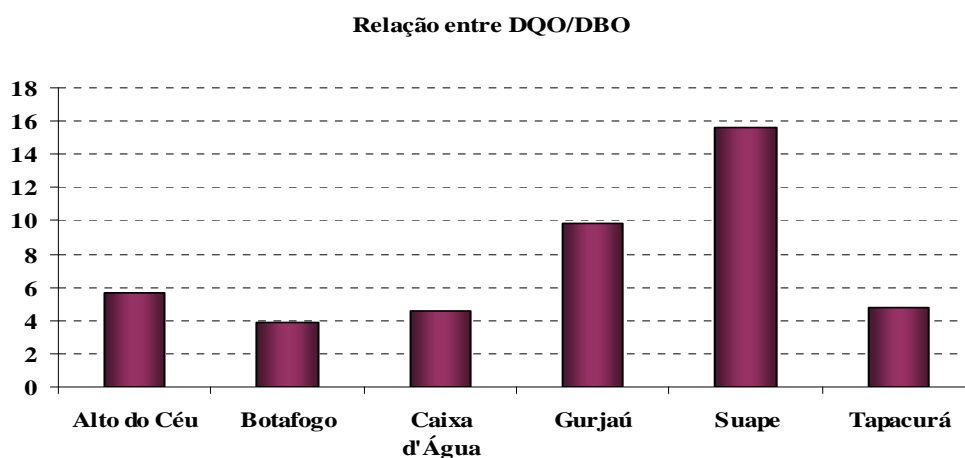


Figura 5: Relação DQO/DBO no lodo dos decantadores nas ETAs da RMR

Resíduos com altos índices de DBO (poluição orgânica), no caso dos despejos provenientes do decantador da ETA Barreiros (200 mg/L), quando lançados em ecossistemas aquáticos, podem conferir aos mesmos condições anaeróbicas, provocada pela depressão do oxigênio no meio.

Segundo REALI (1999), o período de acumulação de sólidos em decantadores convencionais, sem remoção mecânica, usualmente é bastante longo, chegando a meses. Favorece-se assim, o surgimento de condições anaeróbicas na massa de lodo acumulado. Uma possível consequência dessas condições é a dissolução de metais presentes no lodo. Os resíduos caracterizados neste trabalho apresentaram os seguintes metais: Al, Ca, Fe, Mg, Cr, Cu, Mn, Ni e Zn. O alumínio foi encontrado em concentrações mais elevadas, devido ao uso do sulfato de alumínio como coagulante. Os valores encontrados foram em média iguais a 1 g/L, como mostra a Figura 6.

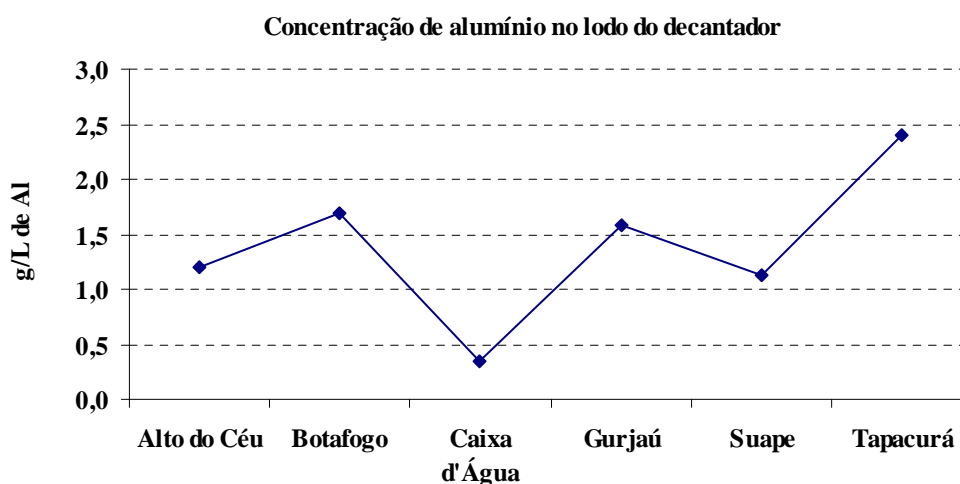


Figura 6: Concentração de alumínio no lodo dos decantadores das ETAs da RMR.

O ferro encontrado no lodo dos decantadores é proveniente da água bruta e do sulfato de alumínio comercial utilizado pela COMPESA, que em sua composição apresenta 0,9% de Fe_2O_3 como impureza. Logo, para cada grama de sulfato de alumínio aplicado, insere-se 3,15 mg de ferro na água.



A partir dos resultados obtidos na caracterização do lodo dos decantadores, conclui-se que o resíduo estudado é classificado como RESÍDUO SÓLIDO CLASSE II - NÃO INERTE, segundo a NBR-10.004/1987.

As estações de tratamento do litoral sul de Pernambuco utilizam como coagulante primário o sulfato de alumínio e como fonte para abastecimento mananciais superficiais. Todos os sistemas empregam a tecnologia de filtração direta para fins de potabilização, com exceção da ETA Barreiros, que é do tipo convencional.

Sistemas que utilizam a tecnologia de filtração direta geram uma menor quantidade de resíduos, principalmente pelo fato de tratarem águas com menor turbidez. Por essa razão, empregam-se menores quantidades de coagulante para se obter água potável dentro dos limites de cor e turbidez recomendados pelo Ministério da Saúde, em sua Portaria 518/2004.

A Tabela 2 mostra um resumo das características das águas de lavagem dos filtros das ETAs do litoral sul de Pernambuco.

Tabela 2 – Características das amostras dos filtros e do decantador utilizadas no experimento

PARÂMETROS	São José da Coroa Grande		Tamandaré		Rio Formoso		Sirinhaém		Santo Amaro de Sirinhaém	
	Filtro									
	AM1	AM2	AM1	AM2	AM1	AM2	AM1	AM2	AM1	AM2
pH	5,1	5,9	5	6,3	5	5,4	4,7	4,9	6,1	6,3
T (°C)	25	26,1	25,4	28,5	26,6	28,2	25,3	30	25,9	29,2
OD (mg/L)	7,4	7,1	7,3	7,2	7,2	6,2	5	6	4	4,7
CE (µS/cm)	83,1	92,2	57,6	56,8	62	64,5	85,2	105,1	79,4	89,5
Cor (uH)	1000	500	500	250	1000	500	3000	5000	500	500
Turbidez (uT)	695	300	279	1,7	336	260	2320	3230	295	415
Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	3	43	1,5	5,5	2,0	12,1	9,1	6	12,1	20
Cloretos (mg/L)	3	45	6	8	18,5	5	20	49	5	50
DQO (mg/L)	*	106,4	664,1	142,5	117	159,5	331	1375,6	101	313,7
DBO (mg/L)	*	10	20	5	10	15	10	100	10	30
NTK (mg/L N)	*	5,6	*	2,5	*	4,8	*	28,6	*	10,4
P (g P/kg de resíduo seco)	*	6,2	10,1	9,8	16	5,7	3	19,6	*	26,8
ST (mg/L)	787	430	475,6	248	402	419	1874	2540	369	683
STF (mg/L)	567	303	361,5	136	286	308	1380	1802	234	461
STV (mg/L)	220	127	114,1	112	116	111	494	738	135	222
SST (mg/L)	588	336	372	200	216	368	*	2472	228	616
SSF (mg/L)	416	228	268	116	144	244	*	1664	148	380
SSV (mg/L)	172	108	104	84	72	124	*	808	80	236
SSED (mL/L)	68	22	17	18	90	35	150	275	10	25
Densidade (g/mL)	1,009	1,007	1,009	1,005	1,001	1,006	1,006	1,008	1,013	1,015
RE (m/kg 10 ¹¹)	3,22	1,57	1,91	5,95	3,86	1,74	1,32	4,36	2,46	1,08
Metais (mg/L)										
Cu	< 0,10	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fe	34,24	26,8	21,9	20,5	25,38	29,2	140	114,2	20,15	76,8
Mn	0,11	0,12	0,05	0,1	0,05	0,09	0,49	2,28	< 0,05	0,23
Cr	0,08	*	0,05	*	< 0,04	*	< 0,04	*	< 0,04	*
Zn	0,33	< 0,1	0,17	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,12	0,11
Cd	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	*	< 0,004	*	< 0,004	*	< 0,004
Pb	< 0,01	*	< 0,01	*	*	*	*	*	*	*
Al	35,4	*	22,2	*	24,4	*	84,6	*	8,8	*



Os resultados obtidos mostraram que, dos sistemas estudados que utilizam a tecnologia de filtração direta, a ETA Sirinhaém apresentou os maiores índices de sólidos totais (1874 mg/L e 2540 mg/L no inverno e verão respectivamente). Todas as impurezas da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos presentes nesses resíduos. Dentre os mananciais utilizados pela COMPESA para fins de abastecimento nos sistemas estudados, o de Sirinhaém possivelmente deve apresentar os índices mais elevados de impurezas. De uma forma geral, altas cargas de sólidos provenientes tanto das águas de lavagem dos filtros como do decantador, quando lançadas sem nenhum tratamento em rios e afins nas proximidades das ETAs, podem contribuir para a poluição desses mananciais, tornando inviável do ponto de vista técnico, econômico e sanitário sua utilização para fins de potabilização.

RICHTER (2001) diz que, em geral, o conteúdo de sólidos totais no lodo da água de lavagem dos filtros provenientes da coagulação varia entre 40 e 1000 mg/L e que, normalmente, 75 a 90% destes valores representam sólidos suspensos e 20 a 35% compostos voláteis. Esses resíduos geralmente apresentam uma pequena proporção de biodegradáveis e valores de pH próximos ao neutro. De acordo com os resultados obtidos podemos observar o pH dos resíduos estudados variando entre 4,7 e 6,5. Os teores de sólidos totais da água de lavagem dos filtros oscilaram entre 248 e 2540 mg/L, sendo que os sólidos totais fixos corresponderam em média a 71% e os sólidos totais voláteis a 29%.

Dos metais pesquisados, com exceção do alumínio, o ferro apresentou maior concentração, entre 3,6 e 815 mg/L, e em concentrações mais baixas, manganês, zinco, cromo, cobre, chumbo e cádmio, sendo que, dos resíduos provenientes de filtro, a ETA Sirinhaém apresentou os índices mais elevados de ferro e manganês (140 e 2,28 mg/L), que pode ser, dentre outras, uma das causas do alto índice de cor encontrado neste sistema. Segundo AZEVEDO NETO e RICHTER (1998), o ferro e o manganês conferem à água uma coloração avermelhada, decorrente da precipitação desses metais.

Os altos índices de alumínio encontrados nos resíduos estudados (valores entre 3,8 mg/L e 1303,6 mg/L) devem-se à utilização do sulfato de alumínio como coagulante químico no processo de potabilização da água. Apesar de existirem poucos estudos sobre a toxicidade do alumínio, resíduos com altas concentrações desse metal, como é o caso dos despejos provenientes de decantadores, quando dispostos em lagos ou rios com baixa velocidade, podem causar a morte de organismos que ocupam a camada bentônica desses locais, o que levará os peixes à morte pela falta de alimentos.

Os valores da resistência específica obtidos no experimento (1,08 a 3,86 m/kg 10¹¹) indicam lodos de fácil desidratação. Segundo RICHTER (2001), lodos com resistência específica menor que 10 m/kg 10¹¹ desidratam com maior facilidade. Essa característica varia largamente dependendo das características da água bruta, do coagulante e auxiliares de coagulação utilizados no tratamento da água e da tecnologia empregada. Afeta significativamente a habilidade de manuseio, adensamento, desidratação e transporte desse lodo, o que é primordial para a escolha da disposição final desses resíduos.

A partir da ACP dos dados obtidos no experimento (amostras provenientes dos filtros) obteve-se um gráfico, mostrado na figura 7, de escores dos objetos com duas componentes que explica 73% da informação original total dos dados. Foi possível também examinar as correlações entre as variáveis estudadas, mostradas na tabela 3, através da análise dos pesos em cada componente.

Tabela 3 – Correlações das variáveis físico-químicas e metais com as duas primeiras componentes principais.

Variável	PC1 (57%)	PC2 (16%)
pH	9,88E-02	0,409
T	-0,11	0,264
CE	-0,167	0,258
Cor	-0,258	-7,61E-02
Turbidez	-0,258	-5,06E-02
Alcalinidade	-7,35E-03	0,493
Cloretos	-6,35E-02	0,317
DBO	-9,56E-02	-0,11
DQO	-0,187	-0,138
OD	7,36E-02	-0,352
NTK	-0,195	-4,31E-02
P	-5,89E-02	0,357

Variável	PC1 (57%)	PC2 (16%)
ST	-0,26	-2,29E-02
STF	-0,259	-2,96E-02
STV	-0,261	-5,26E-03
SST	-0,265	3,19E-03
SSF	-0,267	-1,64E-03
SSV	-0,267	1,52E-02
SSED	-0,252	-7,08E-02
Densidade	2,43E-02	0,111
RE	-3,60E-02	-0,135
Fe	-0,225	0,104
Mn	-0,248	-7,60E-03
Al	-0,361	-0,105

A análise dos pesos, em valor absoluto, revelou que a CP1 é mais influenciada pelas variáveis Al, SSF, SSV, SST, STV, ST, STF, e em menores proporções pelas variáveis cor, turbidez, SSED, Mn, Fe, NTK e DQO. Isto implica que, quanto maior o valor da projeção (escores) da amostra neste componente, maior a concentração desse conjunto de variáveis.

Observa-se também que o fato dessas variáveis estarem representadas na mesma componente demonstra uma correlação entre elas. A segunda componente é mais influenciada pelas variáveis Alcalinidade e pH, e em proporções menores pelas variáveis P, OD, cloreto e CE. A Figura 4 apresenta o gráfico dos escores das amostras na componente principal 1 *versus* a componente principal 2 caracterizando 73% das amostras provenientes dos filtros das ETAs estudadas conforme os parâmetros físico-químicos e os teores de metais.

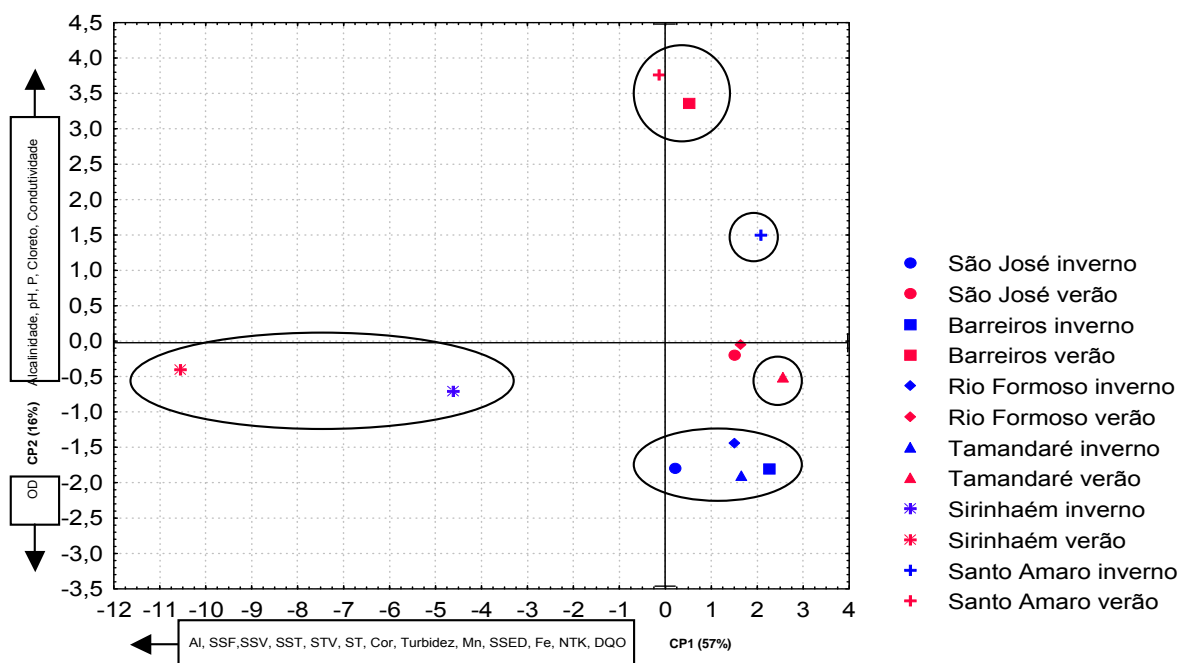


Figura 7 - Gráfico dos escores dos objetos nas duas primeiras componentes principais da Análise de Componentes Principais para a caracterização dos resíduos provenientes dos filtros das ETAs estudadas, segundo parâmetros físico-químicos e dos teores de metais.



No gráfico dos escores das duas primeiras CPs observa-se nitidamente a separação da amostra proveniente do filtro da ETA Sirinhaém das demais amostras estudadas, como também a diferença de características entre as amostras de um mesmo sistema coletadas no inverno e no verão. Essas observações devem-se primeiramente à origem dos resíduos, ou seja, as características dos resíduos dependem principalmente das características da água bruta utilizada como fonte de abastecimento e da quantidade dos produtos químicos utilizados durante o processo de potabilização. ETAs que utilizam mananciais com maiores teores de impurezas necessitam de maiores quantidades de coagulante químico, o que implicará em resíduos com maiores teores de impurezas.

Outro fator de grande relevância, e que contribuiu para a nítida separação das amostras de um mesmo sistema coletadas no inverno e no verão, é que os mananciais utilizados como fontes de abastecimento têm as suas características modificadas sensivelmente em função dos índices de precipitação pluviométrica. Este fato afetará conseqüentemente as características dos resíduos gerados durante o processo de potabilização das águas desses mananciais.

CONCLUSÕES

Os resíduos estudados apresentam altas taxas de sólidos, que por estarem sendo lançados diretamente em rios e afins nas proximidades das ETAs, em alguns casos no mesmo manancial que é utilizado como fonte de abastecimento, podem estar contribuindo para a degradação desses recursos hídricos.

Os resíduos provenientes das ETAs da RMR apresentaram elevadas concentrações de impurezas. Da mesma forma, dos sistemas estudados que utilizam a tecnologia de filtração direta, os resíduos provenientes da água de lavagem dos filtros da ETA Sirinhaém apresentaram os maiores índices de contaminantes prejudiciais ao meio ambiente. Este fato evidencia a necessidade de maiores cuidados, no que se refere ao tratamento e disposição desses resíduos.

Todos os sistemas estudados tiveram suas impurezas elevadas em função do período de coleta. Em geral os índices mais elevados foram detectados no período de chuvas (coleta de inverno).

Existe uma forte correlação entre as variáveis SSF, SSV, SST, STV, ST, STF e entre as variáveis cor, turbidez, Mn e Fe, representadas na primeira componente. Altos teores de ferro e manganês, por exemplo, no caso das amostras estudadas, refletem altos índices de cor e turbidez da mesma amostra e vice-versa.

Estão previstas melhorias nos sistemas de abastecimento de água do setor sul do litoral pernambucano assim como na Região Metropolitana do Recife, o que deverá incluir também um melhor gerenciamento dos resíduos produzidos pela indústria da água nesses setores, no intuito de evitar danos ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. APWA; AWWA; WPCF, 19º edition, Washington, 1995.
2. ZEVEDO NETO, J. M.; RICHTER, C. A. (1998). *Tratamento de Água*. São Paulo: Edgard Blucher. 332 p.
3. CORDEIRO, J. S. (1999). *Importância do tratamento e disposição adequada dos lodos de ETAs*. In: Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água. REALI, M.A.P. (coordenador). PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, Rio de Janeiro: ABES. Cap. 1, p. 1-19.
4. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Dispõe sobre os padrões de potabilidade da água para consumo humano.
5. RICHTER, C. A. (2001). *Tratamento de Lodos de Estações de Tratamento de Água*. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher. 102 p.
6. ARAUJO, A. P. M. *Avaliação operacional e características do lodo gerado na indústria da água do litoral sul de Pernambuco*. 2006. 133 p. Dissertação (Mestrado) - Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006
7. CORDEIRO, J. S. *Importância do tratamento e disposição adequada dos lodos de ETAs*. In: *Noções gerais de tratamento e disposição adequada dos lodos de estações de tratamento de água*. REALI,



- M. A. P. (coordenador). PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, Rio de Janeiro: ABES, 1999. p. 1-19
8. REALI, M. A. P. (coord). **Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água.** Rio de Janeiro: ABES, 1999. 250 p.
9. TAVARES, R. G. **Problemas operacionais da indústria da água: consumo excessivo de cloro na linha tronco de distribuição do sistema Gurjaú e lodos gerados pelas 6 maiores estações de tratamento de água da Região Metropolitana do Recife.** 2003. 145 p. Dissertação (Mestrado) - Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.