



I-172 – FORMULAÇÃO DE INDICADORES PARA GESTÃO DE RESÍDUOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Cali Laguna Achon⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos EESC/USP. Tutora do curso de Engenharia Ambiental da UAB_UFSCar.

João Sérgio Cordeiro

Engenheiro Civil. Mestre e Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos EESC/USP. Professor do Departamento de Engenharia Civil da UFSCar. Professor Convidado do Programa de Pós-Graduação de Hidráulica e Saneamento da EESC/USP. Presidente da Associação Brasileira de Ensino de Engenharia (ABENGE).

Endereço⁽¹⁾: Rua João Parreira Júnior, 177 – Residencial Ipê. Bairro Mariluz III - São Pedro-SP – CEP:13520-000 – Brasil - Tel: (19) 3481-5591 - e-mail: caliachon@bol.com.br

RESUMO

No processo de produção de água potabilizada, em uma estação de tratamento de água (ETA), há geração de resíduos devido à presença de impurezas na água bruta e a aplicação de insumos (produtos químicos). Muitas vezes esses resíduos apresentam volumes, características e propriedades diversas, e o que é pior, geralmente desconhecidas. Para o gerenciamento eficaz e passível de melhoras contínuas, é necessário se ter ferramentas que auxiliem esta tarefa. Os indicadores são uma dessas ferramentas que auxiliam a organização e mensuração de dados, que avaliam as modificações nas características de um sistema e também a sustentabilidade de diferentes sistemas. O objetivo deste trabalho é elaborar e aplicar indicadores qualitativos e quantitativos para auxiliar a gestão de resíduos de decantadores e filtros, lodo e água de lavagem de filtros (ALAVAF), em cinco estações de tratamento de água localizados no estado de São Paulo. Foram elaborados e aplicados um total de doze indicadores, que podem ser utilizados para análise geral dos resíduos gerados em cada ETA e também extrapolados para análise comparativa de diferentes estações de tratamento de água. Observou-se que apenas uma ETA possui tratamento do lodo e apenas duas recuperam a água de lavagem de filtros. Porém, em nenhuma das cinco estações analisadas nesta pesquisa o lodo é reutilizado ou reciclado após tratamento. O controle da quantidade de lodo gerado nos decantadores e da água utilizada na lavagem de filtros é baixo na maioria das ETAs e, apenas duas estações controlam a quantidade de água utilizada na lavagem de filtros e decantadores, porém nenhuma analisa suas características. Notou-se certa discrepância entre os indicadores de volume de resíduos gerados nas unidades de decantação e filtração por volume de água tratada. No Brasil, existem milhares de estações de tratamento de água, e a discussão das questões apontadas podem trazer benefícios econômicos, ambientais e também sociais, através de um modelo de gestão adequado à realidade atual e perspectivas futuras.

PALAVRAS-CHAVE: tratamento de água, resíduos, lodo, gestão, indicadores.

INTRODUÇÃO

Os sistemas de tratamento de água devem atender critérios amplos de qualidade, seguindo padrões e legislação pertinentes. Assim, os gerentes desses sistemas devem estar atentos a diversas questões, considerando sempre a influência de todas as etapas que compõe o sistema, antes, durante e após o tratamento.

No processo de produção de água potabilizada, considerado como mais uma etapa da indústria da água, há geração de resíduos devido à presença de impurezas na água bruta e a aplicação de insumos (produtos químicos). Muitas vezes esses resíduos apresentam volumes, características e propriedades diversas, e o que é pior, geralmente desconhecidas.

No Brasil, a implantação de estações de tratamento de água (ETAs) está sujeita ao licenciamento ambiental conforme a Resolução nº 237 de 19 de dezembro de 1997 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), sendo uma obra de utilidade pública causadora de impactos ambientais negativos, devido ao lançamento de resíduos provenientes dos decantadores e da água de lavagem de filtros em corpos d'água.



Ainda, de acordo com a NBR 10.004/04, os lodos provenientes de estações de tratamento de água são classificados como resíduos sólidos. Com os fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97) e baseado na Lei de Crimes Ambientais (Lei 9.605/98), são relevantes as questões do lançamento e disposição final dos resíduos sólidos gerados em ETAs para a gestão desta.

Alguns trabalhos têm mostrado que a concentração de metais nos resíduos das ETAs pode ultrapassar limites impostos pelo padrão de lançamento de efluentes, estabelecido pela Resolução do CONAMA Nº357/2005). Isso foi observado por Cordeiro (1993), Cordeiro (2001) e por Barroso e Cordeiro (2002). Esse fato preocupa, pois pode influenciar na qualidade da água tratada e comprometer ainda mais as condições dos mananciais e corpos d'água.

Assim, os gerentes de sistemas que lançam resíduos *in natura* nos corpos d'água, devem iniciar ações que permitam avaliar a forma de geração e destino desses resíduos e definir estratégias para essa solução.

Avaliar e gerenciar as unidades de tratamento de um sistema pode ser útil também para minimizar a água utilizada para a limpeza das unidades. Adotar sistemas mais eficientes e garantir economia na água de lavagem dos decantadores e filtros deve ser considerado no projeto de um sistema de tratamento de água.

Segundo Ferreira Filho & Além Sobrinho (1998), a recuperação da água de lavagem de filtros pode trazer benefícios aos processos de tratamento em uma ETA, como a redução no consumo de coagulante. No Brasil já existem ETAs que realizam, com sucesso, o reaproveitamento da água utilizada na lavagem de filtros, como é o caso da ETA do Guaraú (vazão média 33m³/s) e Alto da Boa Vista (14m³/s), ambas em São Paulo, operadas pela SABESP. Os benefícios auferidos no reaproveitamento da água de lavagem de filtros destas ETAs, representam cerca de 880 L/s, ou seja, 2% da água tratada, o que permite o abastecimento de aproximadamente 300.000 habitantes.

No Brasil, existem milhares de estações de tratamento de água, e a discussão das questões apontadas podem trazer benefícios econômicos, ambientais e também sociais, através de um modelo de gestão adequado à realidade atual e perspectivas futuras.

Para o gerenciamento eficaz e passível de melhoras contínuas, é necessário se ter ferramentas que auxiliem esta tarefa, que é onerosa, mas indiscutivelmente necessária. Os indicadores são uma dessas ferramentas que auxiliam a organização e mensuração de dados, que avaliam as modificações nas características de um sistema e também a sustentabilidade de diferentes sistemas. A elaboração e aplicação de indicadores permite que os dados sejam utilizados com mais propriedade e não simplesmente como valor momentâneo de qualidade da água bruta, tratada etc.

OBJETIVO

Elaborar e aplicar indicadores qualitativos e quantitativos para auxiliar a gestão de resíduos de decantadores e filtros, lodo e água de lavagem de filtros, em cinco estações de tratamento de água localizados no estado de São Paulo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foi estudado o funcionamento dos sistemas de tratamento de água, legislação, normas e indicadores. Após o levantamento bibliográfico, realizaram-se visitas a diferentes estações de tratamento de água (ETAs), a fim de analisar seu funcionamento *in loco*. Em seguida, foram selecionadas cinco ETAs localizadas no estado de São Paulo para fazer parte da pesquisa (A, B, C, D e E). Todas as estações selecionadas possuem tecnologia de tratamento de ciclo completo.

Com embasamento teórico proporcionado durante a fase inicial, e as visitas preliminares, foi elaborado um formulário para diagnóstico e coleta de dados. Os dados foram levantados através de entrevistas com os gerentes e/ou responsáveis pelo departamento, consulta a arquivos digitais, relatórios e anotações manuais em planilhas de controle operacional.



Após a fase de coleta de dados, iniciou-se a análise e sistematização destes, o que convergiu para elaboração de indicadores relacionados aos resíduos de decantadores e filtros e sua posterior aplicação nas cinco ETAs analisadas.

No Quadro 1 são apresentados os indicadores que foram elaborados durante esta pesquisa.

Quadro 1: Indicadores elaborados para analisar os resíduos de decantadores e filtros em ETAs.

	INDICADOR	UNIDADE
1	Tipo de água utilizada na lavagem de decantadores e filtros (tratada, decantada ou bruta).	1, 2 ou 3
2	Volume de lodo gerado nos decantadores em litros por volume de água tratada.	L/m ³
3	Volume de lodo gerado nos decantadores pela área total dos decantadores.	m ³ /m ²
4	Volume de ALAVAF gerada em litros por volume de água tratada.	L/m ³
5	Volume de ALAVAF gerada por área total dos filtros	m ³ /m ²
6	Tratamento do lodo e da ALAVAF	1, 2 ou 3
7	Porcentagem do lodo reutilizado ou reciclado após tratamento.	%
8	Porcentagem da ALAVAF reutilizada ou reciclada após tratamento.	%
9	Perda de água nas lavagens: volume de água utilizado na lavagem de decantadores e filtros por volume de água tratada	%
10	Eficiência do controle da quantidade de água utilizada na lavagem de filtros e decantadores	1, 2 ou 3
11	Disponibilidade de área para ampliação da ETA	0, 1, 2 ou 3
12	Consumo anual de produtos químicos (coagulante, cal, cloro e flúor) por volume de água tratada.	mg/L

De acordo com a Quadro 1, foram elaborados um total de 12 indicadores, que podem ser utilizados para análise geral dos resíduos gerados em cada ETA e também extrapolados para análise comparativa de diferentes estações de tratamento de água.

A análise dos resultados e as discussões culminaram nas conclusões e sugestões apresentadas neste artigo.

RESULTADOS

A seguir, serão apresentados os resultados desta pesquisa.

No Quadro 1 são apresentados os dados gerais das cinco estações de tratamento de água onde foram levantados e analisados os dados.

Quadro 1: Dados gerais das cinco ETAs analisadas.

ETA	TIPO DE ADMINISTRAÇÃO	POPULAÇÃO ABASTECIDA PELA ETA	VAZÃO MÉDIA ANUAL DE OPERAÇÃO [L/s]	COAGULANTE UTILIZADO
A	Autarquia municipal	79.000	359	Cloreto Férrico
B	Privada	260.000	675	Sulfato de Alumínio
C	Autarquia municipal	240.000	1.135	Sulfato de Alumínio
D	Autarquia municipal	112.199	411	Cloreto Férrico
E	Autarquia municipal	90.000	426	Sulfato de Alumínio

Na Tabela 1 são apresentados os volume anual de resíduos gerados nos decantadores e filtros em cada uma das cinco ETAs analisadas.

Tabela 1: Volume de resíduos gerados anualmente nos decantadores e filtros das ETAs.

ETA	VOLUME ANUAL DE LODO GERADO [m³]	VOLUME ANUAL DE ALAVAF [m³]
A	228.041 ¹	338.600
B	não é medido - só total	não é medido - só total
C	777.285 ⁽²⁾	286.297 ⁽²⁾
D	Não é medido.	Estimado em 6%
E	Não é medido.	Estimado em 5%

Na Tabela 2 são apresentados os indicadores relacionados ao tipo de água utilizada na lavagem de decantadores e filtros.

Tabela 2: Indicadores relacionados ao tipo de água utilizada na lavagem de decantadores e filtros.

ETA	TIPO DE ÁGUA UTILIZADA NA LAVAGEM DOS DECANTADORES	TIPO DE ÁGUA UTILIZADA NA LAVAGEM DOS FILTROS
A	1	1
B	1	1
C	2	1
D	2	1
E	1	1

Nota: Indicador 1: utiliza água tratada para lavagem (após coagulação e desinfecção);

Indicador 2: utiliza água decantada para lavagem (após coagulação);

Indicador 3: utiliza água bruta para lavagem (anterior a coagulação).

Os indicadores apresentados na Tabela 2, mostram que apenas as ETAs C e D utilizam água decantada para lavar os decantadores e todas utilizam água tratada, após coagulação e desinfecção, para lavar os filtros. Isso resulta em perdas não só de água, como de produtos químicos e energia elétrica intrínseca.

Na Tabela 3 são apresentados os indicadores de volume anual de lodo gerado nos decantadores por volume de água tratada em L/m³ e por área total dos decantadores em m³/m² e os indicadores de volume anual de água de lavagem de filtros (ALAVAF) por volume de água tratada em L/m³ e por área total dos filtros em m³/m².

Tabela 3: Indicadores de volume de lodo gerado nos decantadores e de ALVAF nas cinco ETAs analisadas.

ETA	VOLUME DE LODO GERADO NOS DECANTADORES POR VOLUME DE ÁGUA TRATADA [L/m³]	VOLUME ANUAL DE LODO GERADO NOS DECANTADORES PELA ÁREA TOTAL DOS DECANTADORES [m³/m²]	VOLUME DE ALAVAF GERADA POR METRO CÚBICO DE ÁGUA TRATADA [L/m³]	VOLUME ANUAL DE ALAVAF GERADA POR ÁREA TOTAL DOS FILTROS [m³/m²]
A	20,51	750,15	30,36	1603,33
B	Não é medido	Não é medido	Não é medido	Não é medido
C	21,72	372,26	8,00	1331,37
D	Não é medido	Não é medido	Não é medido ⁽¹⁾	Não é medido ⁽¹⁾
E	Não é medido	Não é medido	Não é medido ⁽²⁾	Não é medido ⁽²⁾

⁽¹⁾ Estimado em 6% do volume tratado.

⁽²⁾ Estimado em 5% do volume tratado.

Conforme apresentado na Tabela 3, o indicador de volume de lodo em L/m³ na ETA A é praticamente igual ao da C, aproximadamente 20 L/m³. Estas duas estações possuem descarga de fundo, apesar do decantador da ETA C ser convencional com fundo plano (raspadores por sucção) e o da A, de alta taxa.

O indicador de m³/m² de área do decantador, apresentado na segunda coluna da Tabela 3, para a ETA A é o dobro da C. Porém, este indicador pode causar equívocos na interpretação dos resultados, visto que,



normalmente o decantador de alta taxa requer menor área de implantação. Assim, o indicador de volume de lodo em m^3/m^2 pode não ser o melhor indicador, quando se analisa decantadores diferentes.

O indicador de ALAVAF em L/m^3 , apresentado na terceira coluna da Tabela 3, para a ETA C é 26% da A. Porém, o indicador apresentado na quarta coluna, em m^3/m^2 , para a ETA C é 83% do A, ou seja, valores mais próximos, podendo representar um indicador mais adequado quando se compara o volume de ALAVAF em diferentes sistemas.

Comparando os indicadores da primeira e terceira coluna da Tabela 3, para a ETA C o volume de resíduos gerados nos decantadores, em L/m^3 , é 67% do gerado nos filtros, enquanto que para a A, isto se inverte, o volume de lodo é 271% do ALAVAF. Assim, nem sempre o volume de resíduos gerados nos filtros pode ser a parcela mais representativa do volume total de resíduos gerados em estações convencionais de ciclo completo.

Os indicadores de tratamento de lodo e água de lavagem de filtros (ALAVAF) para as cinco estações são apresentados na Tabela 4, que também representam, implicitamente, a porcentagem de resíduos que não é lançada *in natura* nos corpos d'água.

Tabela 4: Indicadores de tratamento de lodo e ALAVAF.

ETA	LODO TRATADO	ALAVAF TRATADA
A	1	1
B	1	1
C	1	2
D	3	3
E	1	1

Os resultados dos indicadores de tratamento de lodo e ALAVAF, apresentados na Tabela 4, foram aplicados considerando-se a porcentagem do volume de resíduo gerado que é tratado, conforme descrito a seguir:

- Indicador 1: o volume gerado não é tratado;
- Indicador 2: o volume gerado é parcialmente tratado;
- Indicador 3: o volume gerado é tratado.

Os indicadores apresentados na Tabela 4, refletem a ausência de tratamento de lodo e não-recuperação da ALAVAF, na grande maioria das ETAs analisadas.

O indicador de porcentagem do lodo reutilizado ou reciclado após tratamento é 0% para as cinco ETAs.

O indicador de porcentagem da ALAVAF reutilizada ou reciclada após tratamento para as ETAs A, B e E é 0%, para a C é 51,25% e para a D é maior que 0%, porém, o volume de água recuperada não é medido, o que impossibilita a aplicação correta deste indicador para a ETA D.

Os indicadores relacionados ao volume de água descartado durante as lavagens de decantadores e filtros, e volume de água perdido anualmente na ETA, em relação ao volume de água tratada e a população abastecida, encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5: Indicadores de perdas de água nas lavagens de decantadores e filtro e na ETA, em relação ao volume de água tratada e população abastecida.

ETA	PERDA DE ÁGUA NAS LAVAGENS: VOLUME DE ÁGUA DESCARTADO ⁽¹⁾ POR VOLUME DE ÁGUA TRATADA [%]	PERDA DE ÁGUA NA ETA EM PORCENTAGEM: VOLUME DE ÁGUA PERDIDO ⁽²⁾ NA ETA POR VOLUME DE ÁGUA TRATADA [%]	PERDA DE ÁGUA NA ETA POR HABITANTE: VOLUME DE ÁGUA PERDIDO NA ETA PELA POPULAÇÃO ABASTECIDA [m³/hab.ano]
A	5,09	5,09 ⁽³⁾	7,18
B	Não é medido	2,64	2,13
C	2,97	3,12 ⁽⁴⁾	5,27
D	Não é medido. Estimado em 6%	Não é medido	6,95 ⁽⁵⁾
E	Não é medido. Estimado em 5%	Não é medido	7,50 ⁽⁵⁾

⁽¹⁾Volume **descartado** = volume de água utilizado na lavagem de decantadores e filtros, volume descartado durante a remoção de lodo (descargas de fundo de decantadores) e antes da lavagem dos decantadores (volume das unidades – flutuadores e decantadores).

⁽²⁾Volume **perdido** = diferença entre o volume medido na saída e na entrada da ETA.

⁽³⁾ A ETA A não mede o volume perdido. Porém, considera-se o volume descartado como o volume total perdido na ETA.

⁽⁴⁾ A ETA C não mede o volume perdido. Porém, considera como perdas de água o volume descartado, mais o volume de água consumido internamente na ETA, menos o volume de ALAVAF recuperado.

⁽⁵⁾ Para aplicação deste indicador nas ETAs D e E considerou-se apenas o volume descartado, que é estimado.

A Tabela 5 apresenta dois tipos de indicadores de perdas de água, o primeiro expresso em porcentagem em relação ao volume de água aduzido e o outro relacionado a população abastecida pela ETA, o que pode representar indicadores de comparação. O indicador de perdas de água em m³/hab.ano, apresentado na terceira coluna da Tabela 5, é maior que 5% em quatro sistemas e, para apenas um, é cerca de 2%.

A Figura 1 ilustra a evolução do indicador de perda anual de água em porcentagem, resultado do volume de água perdido anualmente na ETA em relação ao volume de água tratada no mesmo período, para as ETAs A, B e C, durante o período compreendido entre os anos de 1994 à 2005.

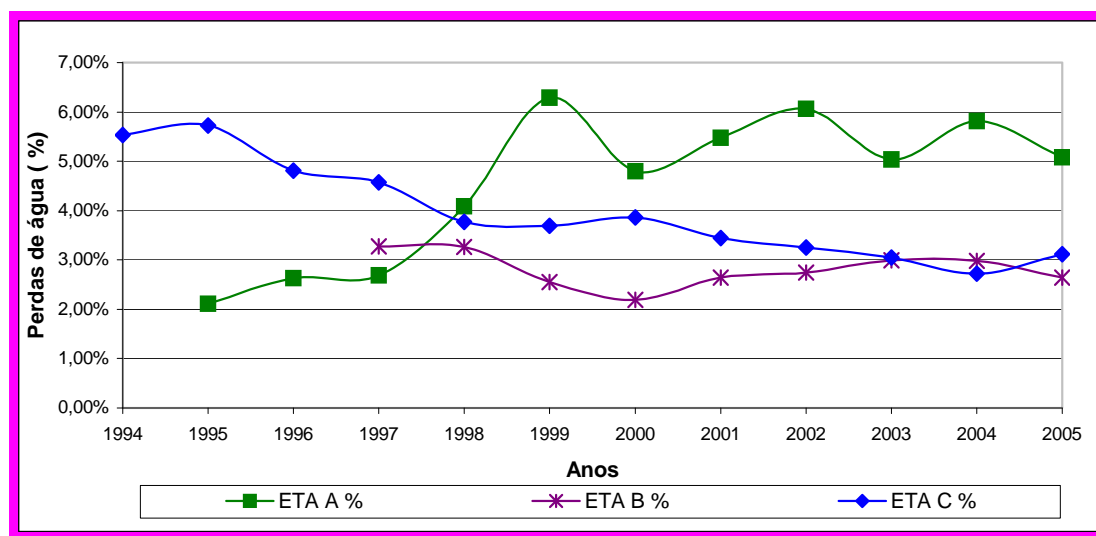


Figura 1: Indicador de perda anual de água nas ETAs A, B e C durante os anos de 1994 à 2005.

Conforme ilustra a Figura 1, no ano de 1997, o indicador médio de perdas de água na ETA B encontrava-se acima de 3%, em 2000 houve uma queda significativa, quando este atingiu cerca de 2%, que se manteve abaixo de 3% até 2005, ano em que este indicador é 2,64%. Na ETA C houve uma redução ainda mais



significativa no indicador de perdas nos últimos 10 anos, em 1994, 5,54% e em 2005, 3,12%. Porém, na ETA A não ocorreu o mesmo, visto que o indicador de perdas aumentou com o passar dos anos, de cerca de 2% em 1995 para 5,27% em 2005.

A Tabela 6 apresenta os indicadores relacionados à eficiência do controle da quantidade de lodo gerado nos decantadores e da água utilizada na lavagem de filtros (ALAVAF).

Tabela 6: Indicador de eficiência do controle da quantidade de lodo e ALAVAF.

ETA	EFICIÊNCIA DO CONTROLE DA QUANTIDADE DE LODO GERADO	EFICIÊNCIA DO CONTROLE DA QUANTIDADE DE ALAVAF
A	2	3
B	1	1
C	2	3
D	1	1
E	1	1

Os resultados do indicador de eficiência do controle da quantidade de lodo gerado nos decantadores, apresentados na Tabela 6, foram determinados de acordo com as condições de medição da quantidade de resíduo gerado (lodo) durante as lavagens e/ou descargas para limpeza dos decantadores.

- Indicador 1: representa baixa eficiência do controle da quantidade de lodo gerado nos decantadores, ou seja, o volume de lodo gerado não é medido ou estimado e/ou considera-se apenas o volume do decantador.
- Indicador 2: representa média eficiência do controle da quantidade de lodo gerado nos decantadores, ou seja, o volume de lodo gerado é estimado. A descarga de fundo é estimada de acordo com a vazão de lodo multiplicado pelo tempo de descarga e para a lavagem soma-se o volume do decantador (e floculadores) e volume de água utilizado durante a lavagem.
- Indicador 3: representa alta eficiência do controle da quantidade de lodo gerado nos decantadores, ou seja, o volume de lodo gerado é medido. Medem-se as descargas de fundo, o esvaziamento das unidades antes da lavagem e a água utilizada durante a lavagem para remoção do lodo.

Os resultados do indicador de eficiência do controle da quantidade de água utilizada nas lavagens de filtros, apresentados na Tabela 6, foram determinados conforme descrito a seguir:

- Indicador 1: representa baixa eficiência do controle da quantidade de água utilizada na lavagem dos filtros, ou seja, o volume de água de lavagem de filtros não é medido, apenas considera-se o volume calculado através de uma porcentagem estimada e fixa.
- Indicador 2: representa média eficiência do controle da quantidade de água utilizada na lavagem dos filtros, ou seja, o volume de água de lavagem de filtros é estimado através de uma média, de acordo com a vazão da bomba multiplicada pelo tempo de lavagem e considerando-se uma média do número de lavagens.
- Indicador 3: representa alta eficiência do controle da quantidade de lodo gerado nos decantadores, ou seja, o volume de água de lavagem de filtros é medido, considerando-se a vazão da bomba multiplicada pelo tempo de lavagem, comparando-se com o volume do reservatório (próprio para ALAVAF) que armazena a água utilizada para as lavagens e considerando-se todas as lavagens realizadas (anotando cada um dos volumes gerados).

Considerando os indicadores relacionados à eficiência do controle da quantidade de lodo gerado nos decantadores e da água utilizada na lavagem de filtros (ALAVAF), apresentados na Tabela 6, apenas duas estações, as ETAs A e C, possuem eficiência média e alta do controle quantidade de resíduos gerados nos decantadores e filtros. No restante das ETAs a eficiência desse controle é baixa.

A Tabela 7 apresenta o indicador de disponibilidade de área para ampliação da ETA.

Tabela 7: Indicador de disponibilidade de área para ampliação da ETA.

ETA	DISPONIBILIDADE DE ÁREA PARA AMPLIAÇÃO DA ETA
A	1
B	1
C	2
D	3
E	0

Os resultados do indicador de disponibilidade de área para ampliação da ETA, apresentados na Tabela 7, foram determinados conforme descrito a seguir:

- Indicador 0: pouca área disponível e não possui terrenos vazios no entorno
- Indicador 1: pouca área disponível, mas possui terrenos vazios no entorno
- Indicador 2: média área, com terrenos vazios no entorno
- Indicador 3: grande área para ampliação.

Conforme apresentado na Tabela 7, somente uma estação de tratamento possui grande disponibilidade de área para ampliação, enquanto uma possui média e as outras três pouca disponibilidade. Esse indicador pode ser de grande importância, quando há necessidade de melhorias, reformas, ampliações e implantação de tratamento para os resíduos gerados.

A Figura 2 ilustra a evolução dos indicadores de consumo de coagulante em miligramas por volume de água tratada em litros, para as estações A, C, D e E.

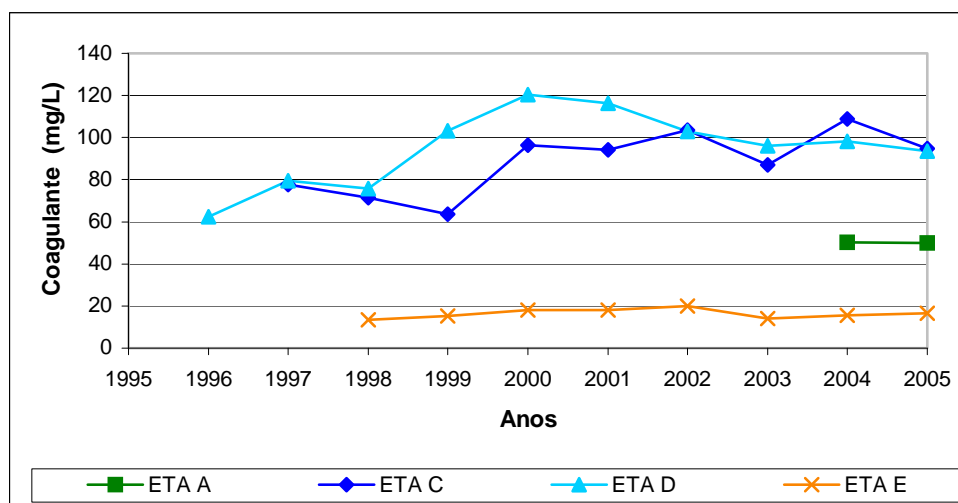


Figura 2: Indicador de consumo anual de coagulante em peso por volume de água tratada para as ETAs A, C, D e E.

As ETAs A, C e D utilizam cloreto férrico como coagulante, enquanto a ETA E sulfato de alumínio. Durante os anos de 1997 a 2001 a ETA C utilizava, além do cloreto férrico, sulfato férrico como coagulante. Assim, o indicador apresentado na Figura 2 foi calculado considerando o consumo total de coagulante da ETA C, ou seja, consumo de cloreto férrico mais consumo de sulfato férrico.

Analisando a Figura 2, o consumo de coagulante por litros de água tratada na ETA E, que utiliza sulfato de alumínio, é 20mg/L, indicador consideravelmente menor que nas estações A, C e D, que utilizam cloreto férrico. O consumo na estação A está entre 40 e 60 mg/L e nas C e D entre 60 e 120mg/L, praticamente o dobro do A, sendo que o C e D captam água do mesmo manancial.

A Figura 3, ilustra a evolução dos indicadores de consumo de cal por volume de água tratada, para as cinco estações de tratamento de água analisados, entre os anos de 1995 à 2005.

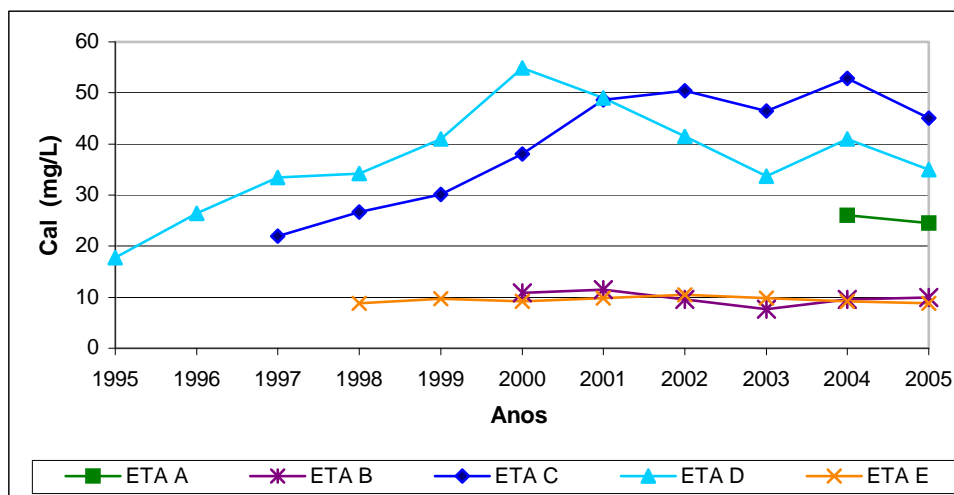


Figura 3: Indicador de consumo anual de cal por volume de água tratada para as 5 ETAs.

A Figura 4 ilustra a evolução dos indicadores de consumo de cloro por volume de água tratada, para as cinco estações de tratamento de água analisados, entre os anos de 1995 à 2005.

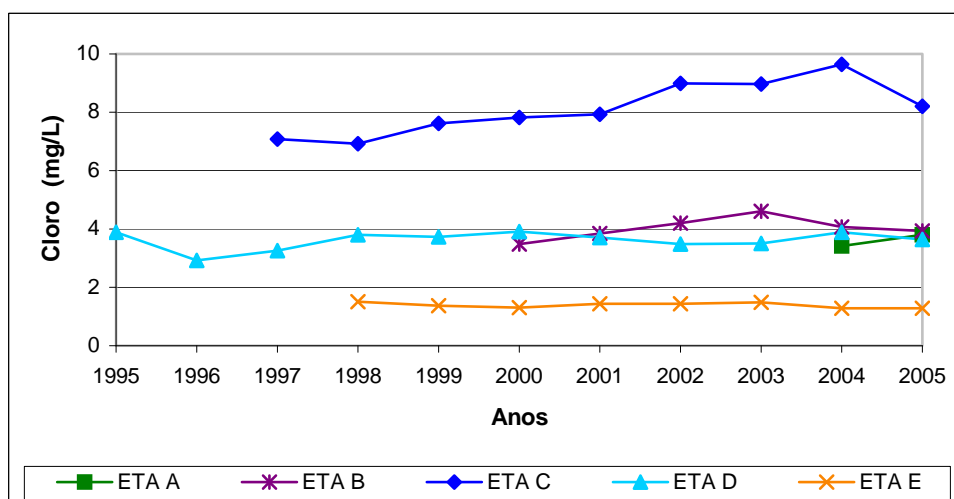


Figura 4: Indicador de consumo anual de cloro por volume de água tratada para as 5 ETAs.

Na Figura 4, o indicador de consumo de cloro no ano de 2005 é praticamente o mesmo para as ETAs A, B e D, em torno de 4mg/L; para a E não chega a 2mg/L e para a C é cerca de 8mg/L, ou seja, o dobro do consumo da A, B e D. Ressalta-se que, as estações B, C e D fazem pré e pós coloração e o consumo da C vem aumentando ao longo dos anos, em 1997 era cerca de 7mg/L, entre 2002 e 2005 cerca de 8mg/L.

A Figura 5 ilustra a evolução dos indicadores de consumo de flúor por volume de água tratada, para as cinco estações de tratamento de água analisados.

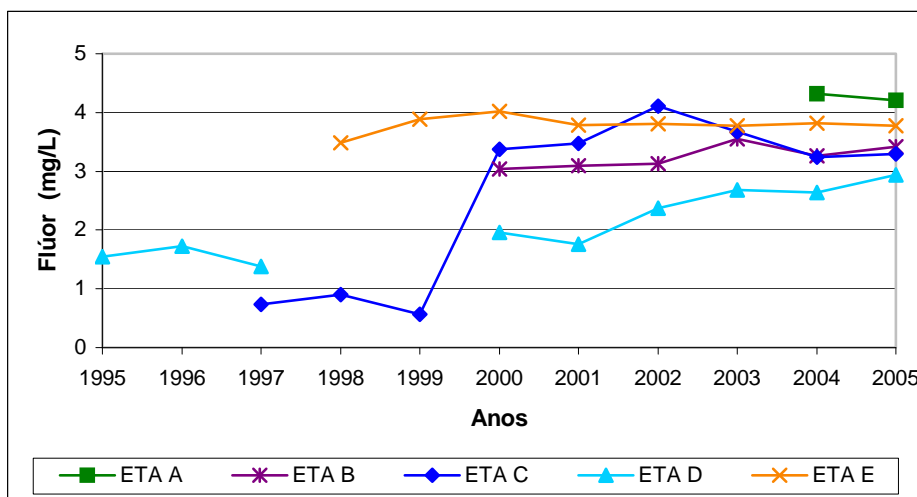


Figura 5: Indicador de consumo anual de flúor por volume de água tratada para as 5 ETAs.

De acordo com a Figura 5, o indicador de consumo de flúor nas ETAs C e D aumentou ao longo dos anos, praticamente igualando-se no ano de 2005 as outras três ETAs. Até o ano de 1999, o consumo de flúor no ETA C é menor que 1mg/L e entre os anos de 2000 a 2005 a média anual é 3,5mg/L, ou seja, aumentou cerca de 2,5mg/L. Na ETA D também houve aumento no consumo médio anual de flúor.

CONCLUSÕES

Neste trabalho, considerou-se apenas o lodo e a ALAVAF devido ao grande volume de resíduos que estes representam e quando dispostos de maneira inadequada, provocam sérios impactos negativos ao meio ambiente.

Observou-se que, apenas uma estação, a ETA D, possui tratamento desses resíduos e apenas duas, a C e novamente a D, recuperam a água de lavagem de filtros. Porém, em nenhuma das cinco estações analisadas nesta pesquisa o lodo é reutilizado ou reciclado após tratamento. A ETA D possui tratamento do lodo, porém este não é reutilizado ou reciclado, sendo apenas disposto em um terreno (sem impermeabilização) ao lado da estação de tratamento de água. Assim, os indicadores refletem a ausência de tratamento de lodo e não-recuperação da ALAVAF, na grande maioria das ETAs analisadas.

O controle da quantidade de lodo gerado nos decantadores e da água utilizada na lavagem de filtros é baixo na maioria das ETAs e, apenas duas estações controlam a quantidade de água utilizada na lavagem de filtros e decantadores, porém nenhuma analisa suas características.

Existe uma certa discrepância entre os indicadores de volume de resíduos gerados nas unidades de decantação e filtração por volume de água tratada, para as únicas estações de tratamento que medem estes resíduos, as ETAs A e C. Na estação de tratamento C, o volume de resíduos gerados nos decantadores é 50% maior do que o volume gerado nos filtros da mesma ETA, enquanto que para a ETA A, isto se inverte, ou seja, é 60% menor. Assim, nem sempre o volume de resíduos gerados nos filtros pode ser a parcela mais representativa do volume total de resíduos gerados em estações convencionais de ciclo completo.

Observou-se que apenas uma estação visitada, a ETA D, possui tratamento do lodo gerado nos decantadores e apenas duas, a C e novamente a D, recuperam a água de lavagem de filtros. Porém, em nenhuma das cinco estações estudadas nesta pesquisa o lodo é reutilizado ou reciclado após tratamento.

Como indústrias de produção de água potável, as ETAs precisam trabalhar e sistematizar seus dados, assim como, construir e aplicar indicadores, que podem ser utilizados como instrumentos de gestão.

Assim, o planejamento, o estabelecimento de metas e aplicação de indicadores, em diferentes estações de tratamento de água, são fundamentais para o estabelecimento de um parâmetro balizador, que poderá ser seguido por outras ETAs, auxiliando na tomada de decisão e gestão de resíduos gerados nestes sistemas.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004: Rio de Janeiro, 1987. 48p.
2. ACHON, C. L. Ecoeficiência de sistemas de tratamento de água à luz dos conceitos da ISO 14.001. 2008. 235p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.
3. BARROSO, M.M. e CORDEIRO, J. S. Problemática dos metais nos resíduos gerados em estações de tratamento de águas. In: Anais do 21 º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, cd, I – 065, 2002.
4. BRASIL. Resolução CONAMA Nº 237 de 19 de dezembro de 1997. Procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental como instrumento de gestão ambiental. Ministério do Meio Ambiente, Brasil, 1997.
5. _____. Lei 9.433 de 8 de Janeiro de 1997. Política Nacional dos Recursos Hídricos. Brasília, DF, 1997.
6. _____. Lei 9.605. Lei da Vida – A lei dos Crimes Ambientais. Brasília, DF, 1998.
7. _____. Resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005. Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, condições e padrões de lançamento de efluentes. Ministério do Meio Ambiente, Brasil, 2005.
8. CORDEIRO, J.S. O problema dos lodos gerados em decantadores de estações de tratamento de águas. São Carlos. 342p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1993.
9. CORDEIRO, J.S.. Gerenciamento Integrado de Resíduos de Estações de Tratamento de Águas. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, cd, I- 062, 2001 .
10. FERREIRA FILHO, S. S. & SOBRINHO, P. A. Considerações sobre o tratamento de despejos líquidos gerados em estações de tratamento de água. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, vol. 3, nº 3 e nº4, 1998. p. 128 – 136.
11. LUNDIN, M. Assessment of the environmental sustainability of urban water systems. Chalmers University of Technology. Göteborg, Sweden, 1999. 55p.
12. REALI, M.A.P. Principais características quantitativas e qualitativas do lodo de ETAs. In: REALI, M.A.P (Coord.). Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água. Projeto PROSAB, Rio de Janeiro: ABES, 1999. 250p.