

6.2. Os Dados Operacionais das seis ETAs

Os dados operacionais das seis ETAs foram analisados individualmente, onde puderam ser observadas, através dos números, questões ligadas à operacionalidade, onde as características de cada unidade de tratamento foram observadas, procurando mostrar as deficiências e eficiências de cada uma.

Nesta segunda avaliação os dados das ETAs serão agrupados, pois os mesmos estão sob uma mesma divisão que controla a operação e a qualidade da água bruta e distribuída, além dos seus operadores poderem atuar em todas estas unidades.

Neste tópico são desconsiderados os parâmetros físico-químicos, considerando que estes, além de serem oriundos de bacias hidrográficas diferentes, somente uma ETA fazia, efetivamente, as análises mínimas (cor, pH e turbidez), pois somente esta possuía os equipamentos necessários para tais procedimentos.

Será feita uma abordagem, considerando nas seis ETAs as questões relacionadas às perdas físicas das ETAs, aos consumos dos produtos químicos, a geração e disposição dos resíduos, a questão dos recursos humanos, assim como, a oferta de equipamentos laboratoriais que possibilitem a aferição dos parâmetros físico-químicos.

O Quadro 6.7 mostra, numericamente, a dinâmica operacional das seis ETAs, que será avaliada nos tópicos seguintes.

SOMA DOS MAPAS DE PRODUTIVIDADE DAS SEIS ETAs DE PEQUENO PORTE - ANO 2006															
DESCRIÇÃO	Unidade	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Média	
Vazão média	L/s	514,00	531,80	508,50	518,50	531,03	513,86	502,24	502,48	517,56	517,50	512,41	521,28	515,93	
Volume médio diário aduzido	m ³	44.409,60	45.947,52	43.934,40	44.798,40	45.880,56	44.397,50	43.393,10	43.414,27	44.717,18	44.712,00	44.272,22	45.038,59	44.576,28	
Consumo médio de Produtos Químicos	Al ₂ (SO ₄) ₃	Kg/dia	777,40	783,70	681,10	722,40	597,50	512,20	416,20	486,83	582,30	627,07	775,87	875,48	653,17
	Ca(OH) ₂	Kg/dia	223,50	221,90	197,70	203,90	178,30	207,80	180,30	204,83	199,80	221,39	254,60	322,73	218,06
	Cl ₂	Kg/dia	146,90	150,00	150,30	148,10	149,00	145,70	139,70	139,65	139,06	143,34	145,67	122,06	143,29
	NaClO	Kg/dia	17,00	7,90	7,30	0,00	15,60	63,10	15,60	37,84	8,50	0,00	0,00	491,20	55,34
Média_filtros lavados	Unid./dia	44,48	48,00	47,27	47,63	38,28	37,60	36,82	47,65	37,50	36,66	37,15	36,73	41,31	
Vol. diário gasto_lavagens_filtros (água decantada)	m ³	3.265,56	3.154,81	3.216,10	3.141,36	3.170,51	3.164,92	3.126,56	2.978,35	3.257,88	2.852,01	2.875,84	2.910,91	3.092,90	
Vol. diário gasto_descargas_decantadores	m ³	58,48	60,26	46,90	53,67	59,90	60,46	56,72	54,28	54,22	62,86	61,42	63,82	57,75	
Vol. diário gasto_lavagens_decantadores	m ³	79,63	0,00	60,28	19,35	51,35	28,28	54,65	31,88	0,00	32,33	54,20	0,00	34,33	
Vol. diário gasto_início_lavagens_filtros (água decantada)	m ³	255,01	281,60	277,74	288,61	220,88	186,97	212,81	273,28	237,37	202,32	210,53	206,52	237,80	
Vol. diário total gasto_lav. filtros e decant. + descargas	m ³	3.658,68	3.496,67	3.601,02	3.502,99	3.502,64	3.440,63	3.450,74	3.337,79	3.549,47	3.149,52	3.201,99	3.181,25	3.422,78	
Perda_lavagens_filtros (diária)	%	7,35	6,87	7,32	7,01	6,91	7,13	7,21	6,86	7,29	6,38	6,50	6,46	6,94	
Perda_descargas_decantadores	%	0,13	0,13	0,11	0,12	0,13	0,14	0,13	0,13	0,12	0,14	0,14	0,14	0,13	
Perda_lavagens_decantadores (água decantada)	%	0,18	0,00	0,14	0,04	0,11	0,06	0,13	0,07	0,00	0,07	0,12	0,00	0,08	
Perda_início_lavagens_filtros (água decantada)	%	0,57	0,61	0,63	0,64	0,48	0,42	0,49	0,63	0,53	0,45	0,48	0,46	0,53	
Perdas totais	%	8,24	7,61	8,20	7,82	7,63	7,75	7,95	7,69	7,94	7,04	7,23	7,06	7,68	
Volume médio diário tratado distribuído	m ³	40.750,92	42.450,85	40.333,38	41.295,41	42.377,92	40.956,87	39.942,36	40.076,48	41.167,71	41.562,48	41.070,23	41.857,35	41.153,50	
Energia elétrica consumida	kwh	102.202	104.283	97.425	104.198	93.812	102.218	99.643	98.298	83.411	-	101.561	-	98.705	
Custo da Energia elétrica	R\$	27.833,64	26.721,29	25.315,55	30.176,68	29.379,22	34.641,62	32.415,77	31.997,09	36.965,04	-	34.187,47	-	30.963,34	

Quadro 6.7 – Soma dos mapas de Produtividade das seis ETAs de pequeno porte, referente ao ano de 2006.

Fonte: Estudo acerca da produtividade das ETAs de Pequeno Porte (2006).

6.2.1. Perdas Físicas nas ETAs

Os filtros correspondem a cerca de 80% do volume total perdido pelas seis ETAs, sendo que quatro destas tem sistemas de filtração em que suas unidades têm seus fundos interligados e suas lavagens são realizadas por diferença dos níveis dos demais, onde segundo Di Bernardo e Dantas (2005), em ETAs de pequeno porte, com pelo menos quatro filtros, os seus fundos podem ser interligados.

Por ocasião da manutenção de um filtro qualquer do sistema de filtração, há o inconveniente operacional da paralisação da estação.

Em geral é desejável se ter pelo menos, seis filtros na instalação para garantir que, quando um filtro for lavado, resulte a velocidade ascensional desejada, ou seja, cerca de 0,80m/min, sendo que em sistemas de filtros autolaváveis o número de filtros e a taxa média de filtração são parâmetros principais para a utilização desse sistema de fornecimento de água para lavagem (Di Bernardo e Dantas, 2005).

As seis ETAs apresentam, um índice elevado de perdas contabilizadas (água de lavagem de filtros e descargas de decantadores) diariamente, cerca de 7,7%, onde a ETA 3 tem a maior contribuição neste número, devido ao seu elevado índice de perdas, sendo o volume médio perdido em um dia com as lavagens dos filtros correspondendo a cerca de 90% do volume médio total perdido diariamente por todas as unidades.

Nestas ETAs as perdas físicas podem ser detectadas nos mais variados locais, sendo possível observar vazamentos em diversas situações e locais, como nas comportas e registros, nas lavagens dos tanques de preparo da solução de produtos químicos, na realização de lavagens dos decantadores e outros.

Apesar de individualmente parecerem pequenos, estes vazamentos, quando quantificados, podem mostrar a existência de perdas significativas de quantidades de água.

Esta situação é um ótimo motivo para que os gestores de uma ETA tenham atenção especial com os vazamentos em toda sua estrutura, mesmo que sejam pequenos.

Segundo Reali (1999); Ferreira Filho e Lage (1999), as perdas físicas de uma ETA de ciclo completo não deve ultrapassar os 5% do volume aduzido de água bruta, estando o volume de água de lavagem de filtros na faixa de 2 a 5% e o volume das descargas dos decantadores entre 0,1 a 1,5%.

No Gráfico 6.23, o volume médio diário de água distribuído pelas seis ETAs é de 41.153,50 m³, para o abastecimento de uma população residente de 185.774 habitantes (IBGE, 2007), dos municípios de Rio Bonito, Tanguá, Itaboraí e Maricá, perfazendo uma per capita de 222 L/(habitante/dia), aproximadamente, sendo que de acordo com o Funasa (2006), o ideal é que para uma população urbana de acima de 100.000 habitantes, a per capita ideal seria entre 250 e 300 L/ (habitante/dia).

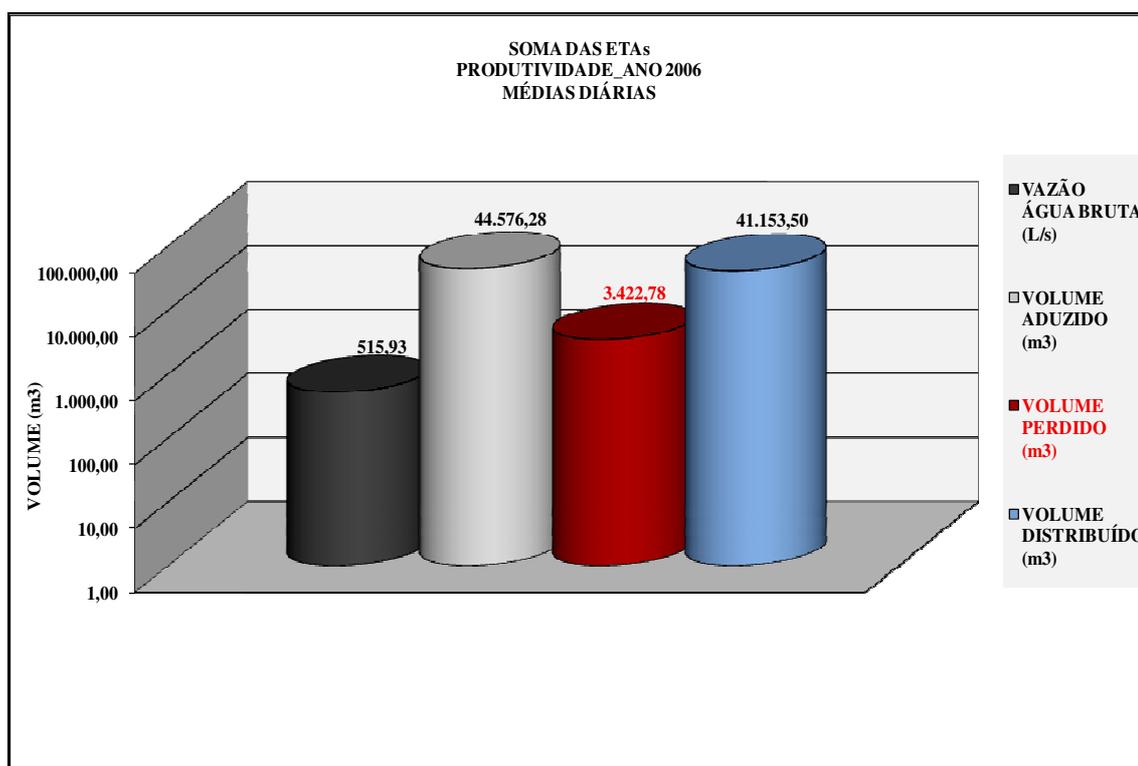


Gráfico 6.23 – Perdas físicas nas ETAs.

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

As Figuras 6.17 e 6.18 mostram um tanque (uma “caixa d’água” com capacidade para 1,0 m³) de sulfato de alumínio sendo lavado na ETA 5 e o descarte resultante desta lavagem.



Figura 6.17 - Lavagem do tanque de sulfato.
Fonte: Arquivo do Autor (2007).



Figura 6.18 – Resíduos da lavagem.
Fonte: Arquivo do Autor (2007).

Das seis ETAs, somente as ETAs 2 e 5, preparam as soluções dos seus coagulantes e alcalinizantes em recipientes como o mostrado na Figura 6.40, nas demais unidades os tanques foram construídos em alvenaria e o menor tem capacidade para 2,2 m³ e o maior para 11,7 m³, sendo todos lavados periodicamente, sem que haja a quantificação destes volumes gastos e dos poluentes que estes carregam para o meio ambiente.

As Figuras 6.19 e 6.20 mostram, por ângulos diferentes, uma perda física, em um filtro da ETA 4, que não é medida no processo de lavagem dos filtros.

A perda desta água ocorre no início do processo de lavagem em um filtro denominado autolavável, considerando que este esteja com seu leito filtrante muito sujo, fazendo com que a lavagem ser realize sem que toda a água decantada seja utilizada, sendo uma parte descartada por um extravasor localizado na parte superior e que irá descartar esta água decantada próximo ao ponto de lançamento daquela que é realmente resultante da lavagem do filtro, sendo esta medida para o devido controle das perdas.



Figura 6.19 – Perda não contabilizada.
Fonte: Arquivo do Autor (2007).



Figura 6.20 – Perda não contabilizada.
Fonte: Arquivo do Autor (2007).

Nas Figuras 6.44 e 6.45 as perdas ocorrem nas comportas dos filtros e nos registros de descargas dos da ETA 5, respectivamente, sendo bastante significativas, considerando o período contínuo de funcionamento desta unidade.

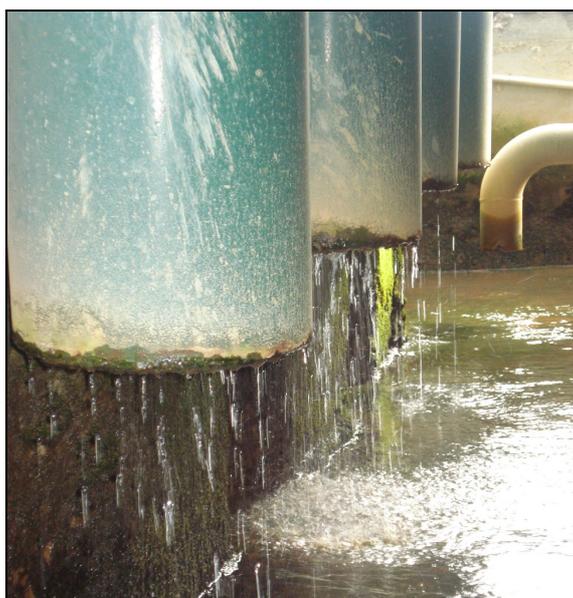


Figura 6.21 – Perda não contabilizada.
Fonte: Arquivo do Autor (2007).

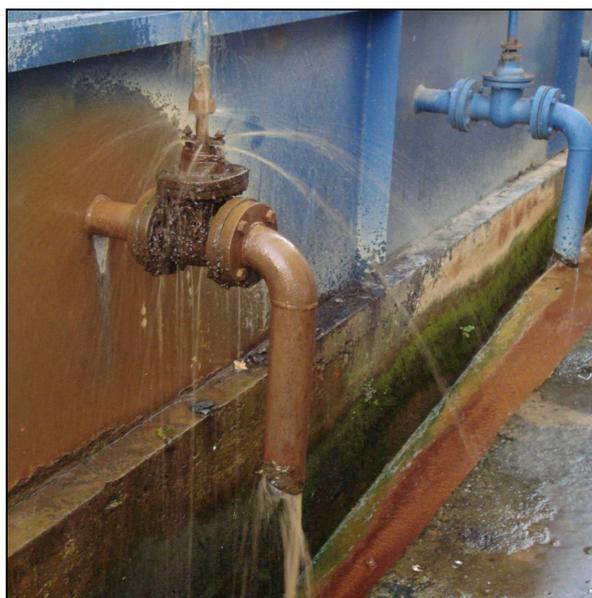


Figura 6.22 – Perda não contabilizada.
Fonte: Arquivo do Autor (2007).

Considerando as ETAs pesquisadas, juntas elas totalizam doze flocculadores, treze decantadores e trinta e um filtros, sendo, diante destes números, necessário atenção especial a todo tipo de perda que possa ter nestas unidades, pois o objetivo principal de uma ETA é oferecer água de qualidade em quantidade suficiente.

6.2.2. Produtos Químicos Consumidos nas ETAs

Para a transformação da água bruta em água potável nas ETAs de ciclo completo são usados produtos químicos, que vão estar nos processos físico-químicos, como coagulantes, alcalinizantes e desinfetantes, considerando que o no caso do coagulante, o sulfato de alumínio (sólido/líquido) é o mais usado no país.

Em uma avaliação com relação ao consumo de produtos químicos das ETAs, o Gráfico 6.24 mostra números relativos aos consumos generalizados do sulfato de alumínio, cal hidratada, cloro gasoso e hipoclorito de sódio.

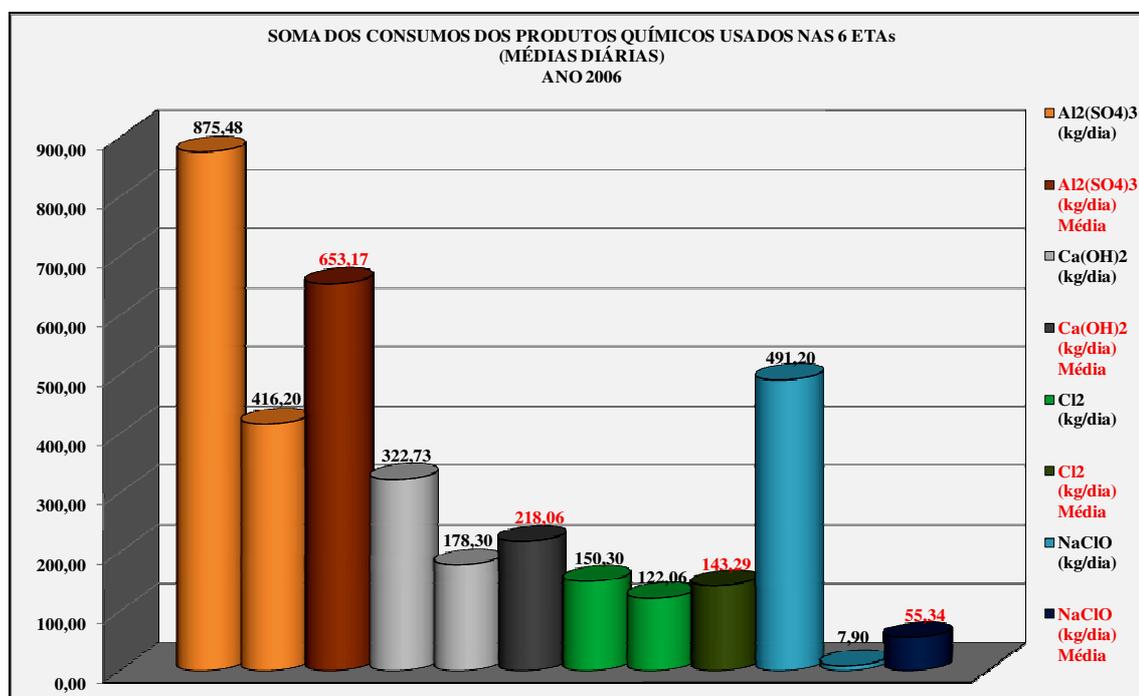


Gráfico 6.24 – Consumos dos Produtos químicos nas ETAs

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

São analisados os valores máximo, mínimo e médio diários dos consumos de todos os produtos, procurando mostrar como está a produtividade também com relação aos produtos químicos.

Ao analisar os valores máximos e mínimos tendo destaque o sulfato de alumínio, podendo ser visto que este apresenta valores altos relativos ao seu consumo, mas com a diferença entre o valor máximo e o mínimo menor que em algumas ETAs, quando analisadas individualmente.

Na Tabela 6.7, pode ser observado que o consumo de sulfato de alumínio mantém a dosagem, em ppm, valores próximos das seis ETAs, considerando que esta tendência foi devido às cinco ETAs que apresentaram valores próximos nas suas dosagens, mas a ETA 6 apresentou o maior consumo dentre estas e, como exceção, tem-se a ETA 1 que apresentou o menor valor do consumo deste produto, considerando o volume de água bruta tratado.

Com relação aos consumos da cal hidratada, do cloro gasoso e do hipoclorito de sódio, estes estão dentro da normalidade, como mostra a Tabela 6.7.

Tabela 6.7 – Dosagens dos produtos químicos gastos nas ETAs. Valores médios diários.

Produtos Químicos (Valores médios)	Quantidades (kg/dia)	Volume Tratado (m³/dia)	Volume Distribuído (m³/dia)	Dosagens em ppm (g/m³).
Sulfato de alumínio sólido	653,17	44.576,28	-	14,65
Cal hidratada	218,06	-	41.153,50	5,30
Cloro gasoso	143,29	-	41.153,50	3,48
Hipoclorito de sódio	55,34	-	41.153,50	1,34

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

Considerando que das seis ETAs, três têm suas captações em bacias hidrográficas diferentes e as outras três, captam a água bruta em um mesmo manancial, estes números não se mostram tão discrepantes em relação aos valores pela maioria, podendo ser feita uma boa análise de como se comportam estas ETAs, mesmo como seus valores agrupados.

Quanto ao armazenamento e de acordo com a norma NBR 12.216/1992, o depósito de produtos, como sulfato de alumínio sólido e cal hidratada deve obedecer algumas das diretrizes, constantes na norma:

- o depósito de produtos químicos deve ter o piso situado, preferencialmente, 1,00 m acima da cota da área de estacionamento dos carros transportadores, devendo ser prevista uma plataforma com largura de 1,50 m, destinada ao recebimento dos produtos químicos;
- cada depósito deve ter porta com largura mínima de 1,20 m, de correr ou abrindo-se para o exterior da casa de química;
- a área de depósito deve permitir o livre acesso entre as pilhas de sacarias, com ventilação conveniente, para evitar excesso de umidade;
- o armazenamento de produtos ensacados, com a utilização de empilhadeiras mecânicas, é possível até a altura de 3,00 m, sendo com empilhamento manual, até a altura de 1,80 m.

As fugiras 6.23 e 6.24 mostram formas inadequadas de armazenamento de produtos químicos nas ETAs.



Figura 6.23 – Armazenamento de Cal
Fonte: Arquivo do Autor (2006).



Figura 6.24 – Armazenamento de Sulfato
Fonte: Arquivo do Autor (2006)

6.2.3. Geração de Resíduos nas ETAs

Toda unidade industrial gera resíduos e uma ETA não é diferente, sendo necessário que haja a quantificação e a qualificação destes, pois além dos estimados anteriormente, existem outros tipos de materiais produzidos nas ETAs e que devem ser gerenciados.

No sulfato de alumínio sólido, os materiais insolúveis podem ser de até 6,0% (% em massa) (Cataguases, 2006), ou seja, na solução em que forem adicionados 100 kg do produto, a solução poderá ter até 6,0 kg de materiais que não serão diluídos e serão descartados em locais apropriados para esse tipo de material, como determina a legislação ambiental.

Deve ser considerado que os tanques utilizados para a preparação da solução com sulfato de alumínio sólido têm que ser limpos a cada preparação de uma nova carga, tendo, dentre as seis ETAs, tanques com capacidades que variam de 1,0 m³ a 11,0 m³.

Na Tabela 6.8 e na Figura 6.25, considerando o consumo médio diário de sulfato de alumínio das seis ETAs, pode ser observado que decorrente do preparo da solução deste coagulante há a geração de outros resíduos que não tem destino adequado, sendo estes as embalagens que acondicionavam o produto e os materiais que não foram dissolvidos no pela água no preparo da solução.

De acordo com Cordeiro e Campos (1999), corpos hídricos são os mais atingidos negativamente, quando resíduos, como os estimados nas Tabelas 6.8, 6.9 e 6.10, independentes de sua procedência, são dispostos inadequadamente no meio ambiente.

Tabela 6.8 – Resíduos gerados com o uso do Sulfato de Alumínio Sólido nas ETAs.

UNIDADE	Consumos médios de $Al_2(SO_4)_3$ (Kg/dia)	Valores de insolúveis (6%) (Kg/dia)	Valores de insolúveis (6%) (Kg/ano)	Números médios de sacos plásticos descartados/dia	Números médios de sacos plásticos descartados/ano
ETA 1	123,00	7,38	2.693,70	2,46	897,90
ETA 2	31,40	1,88	686,20	0,63	229,95
ETA 3	163,00	9,78	3.569,70	3,62	1.321,30
ETA 4	122,40	7,32	2.671,80	2,45	894,25
ETA 5	73,70	4,42	1.613,30	1,47	536,55
ETA 6	140,00	8,40	3.066,00	2,80	1.022,00
TOTAL	653,50	39,18	14.300,70	13,43	4.901,95

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte do ano de 2006.



Figura 6.25 – Sacos de plástico de sulfato de alumínio vazios.
Fonte: Arquivo do Autor (2006).

A condição da cal hidratada é mostrada Tabela 6.9 e na Figura 6.26, onde a mesma situação se repete, sendo que neste produto, a quantidade de materiais insolúveis, segundo a CEDAE (2007) tem que ser menor que 1,0 (% em massa), ou seja, a cada 100g que são adicionados à água, menos de 1,0g pode ser de material insolúvel.

Tabela 6.9 – Resíduos gerados com o uso da Cal Hidratada nas ETAs.

UNIDADE	Consumos médios de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Kg/dia)	Valores de insolúveis (2,0%) (Kg/dia)	Valores de insolúveis (2,0%) (Kg/ano)	Números médios de sacos de papel descartados/dia	Números médios de sacos de papel descartados/ano
ETA 1	39,62	0,386	140,89	1,98	722,70
ETA 2	11,69	0,117	42,71	0,58	211,70
ETA 3	72,62	0,726	264,99	3,63	1.324,95
ETA 4	36,64	0,366	133,59	1,83	667,95
ETA 5	21,69	0,217	79,21	1,08	394,20
ETA 6	35,81	0,358	130,67	1,79	653,35
TOTAL	218,07	2,17	792,06	10,89	3.974,85

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte do ano de 2006.



Figura 6.26 – Sacos de papel de cal hidratada vazios.
Fonte: Arquivo do Autor (2006).

A Tabela 6.10 mostra a quantidade de resíduos gerados durante os processos de tratamento da água nas seis ETAs

Tabela 6.10 – Resíduos gerados nas ETAs durante o tratamento da água.

UNIDADE	Volume médio diário tratado (m ³)	Produção de sólidos (kg de matéria seca/m ³ de água bruta tratada).	Quantidade de sólidos secos (kg/dia).	Quantidade de sólidos secos (kg/ano).
ETA 1	11.731,61	$3,49 \times 10^{-2}$	$4,10 \times 10^2$	$1,50 \times 10^5$
ETA 2	2.326,75	$7,10 \times 10^{-3}$	$1,65 \times 10$	$6,02 \times 10^3$
ETA 3	11.779,13	$3,35 \times 10^{-2}$	$3,94 \times 10^2$	$1,44 \times 10^5$
ETA 4	8.462,38	$3,37 \times 10^{-2}$	$2,85 \times 10^2$	$1,04 \times 10^5$
ETA 5	4.429,08	$3,65 \times 10^{-2}$	$1,62 \times 10^2$	$5,91 \times 10^4$
ETA 6	5.847,34	$6,72 \times 10^{-3}$	$3,93 \times 10$	$1,43 \times 10^4$
TOTAL	44.576,29	$1,53 \times 10^{-1}$	$1,31 \times 10^3$	$4,78 \times 10^5$

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte (2006).

Segundo Cordeiro e Campos (1999), no Brasil, os resíduos gerados pela maioria das ETAs durante os processos de tratamento ainda são descartados freqüentemente nos corpos d'água que estão próximos a estas unidades.

Este material tem que ser descartado adequadamente, pois do contrário vai se transformando em um grande problema, de agressão ao meio ambiente.

Considerando tal situação, a legislação ambiental no Brasil, referente às agressões ao meio, vem evoluindo e, atualmente, está entre as mais modernas do mundo.

6.2.4. Consumos e Custos mensais da Energia Elétrica nas ETAs

O Gráfico 6.25 mostra o consumo médio mensal de energia elétrica em todas as ETAs, que se mostra, individualmente, elevado em relação à quantidade de equipamentos com demanda de energia elétrica que cada uma tem em seu prédio, tendo um valor de 16.451 kWh.

Este valor está fora dos números individuais mostrados por algumas ETAs, sendo pouco mais de seis vezes do valor médio mensal consumido na ETA 6, sendo o menor dentre as seis e corresponde a 1/3 do maior valor médio mensal consumido, na ETA 4.

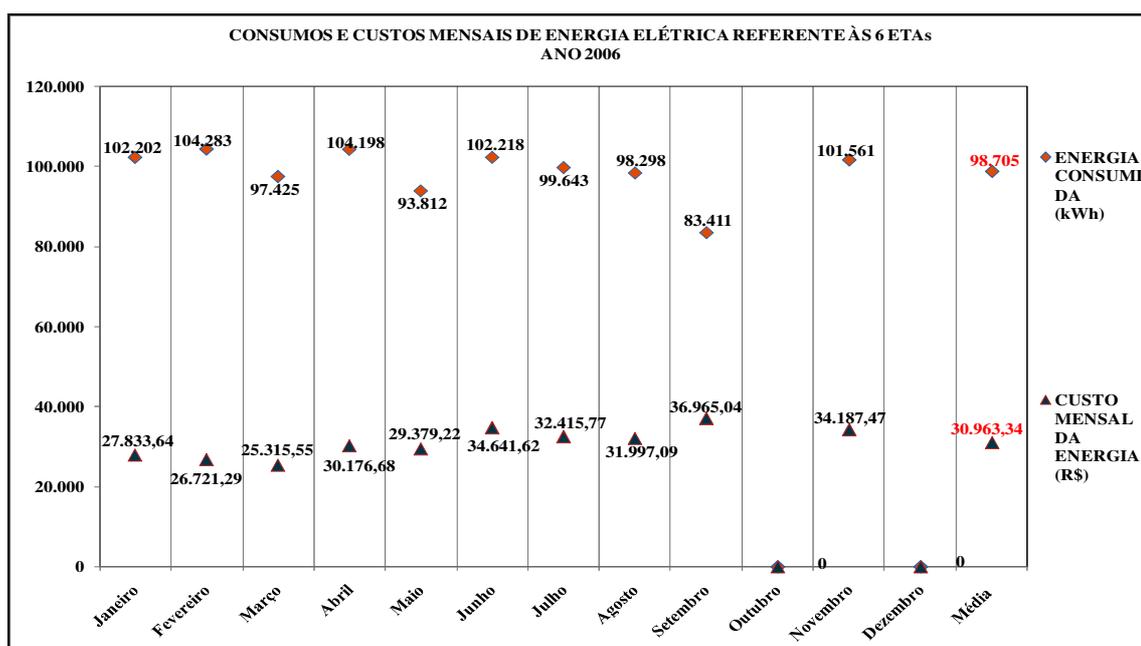


Gráfico 6.25 – Consumo e custos mensais de energia elétrica nas ETAs.

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

Apesar do número 16.451 kWh não refletir, individualmente, os consumos de energia elétrica das ETAs, este número é parte integrante dos 98.705 kWh que mostra, na média, o consumo de todas as ETAs e sofre a influência das ETAs 1, 2 e 4 que além de consumo interno, têm as elevatórias fazendo parte do consumo faturado pela concessionária, tendo destaque a ETA 4, onde seu consumo médio mensal corresponde a cerca de 50% deste valor.

O custo financeiro médio mensal, referente a energia consumida pelas seis ETAs, é de R\$ 30.963,34, sendo que o maior valor médio mensal, encontrado na ETA 4, é correspondendo a cerca de 50% deste valor, sendo este custo total cerca de 37 vezes ao menor valor médio mensal, que corresponde ao custo pago pela energia consumida na ETA 6.

6.2.5. Laboratórios e Equipamentos nas ETAs

Segundo a NBR 12.216/1992, as ETAs devem ser construídas com um laboratório, que tem a função de controlar e acompanhar a eficiência do tratamento, realizando análises e ensaios químicos, físicos e bacteriológicos, ainda de acordo com Vianna (2001), estes darão ao operador da ETA maior segurança para a adoção de linhas de tratamento mais adequadas à qualidade da água bruta afluente, permitindo conhecer as dosagens mais econômicas de produtos químicos, considerando cada situação.

A NBR 12.216/1992 determina a instalação de uma área para o laboratório de análises bacteriológicas em ETAs com capacidade igual ou superior a 10.000 m³/dia, sendo dispensado este em uma ETA de menor capacidade, considerando a existência ou não de um laboratório central ou regional que realize todas as análises necessárias de controle de qualidade em várias ETAs.

De acordo com a NBR 12.216/1992, as dimensões dos laboratórios são divididas em três situações, sendo que para as ETAs com capacidade menor que 10.000 m³/dia e dispensadas de realizarem análises bacteriológicas, a área deve ser de 8 m², com este localizado na própria sala de dosagem, em ETAs de capacidade inferior a 10.000 m³/dia e obrigadas a realizarem análises bacteriológicas, a área deve ser de 12 m² e em ETAs de capacidade maior ou igual a 10.000 m³/dia a área deve ser de 16 m².

Em uma ETA, as análises de água a serem realizadas em um laboratório, devem corresponder às determinações da Portaria nº. 518/2004, onde dificilmente todas as análises

poderão ser realizadas neste laboratório, sendo necessários equipamentos que possibilitem a realização de um mínimo de análises, impossibilitando a avaliação de seu desempenho (Vianna, 2001).

Pode ser observado na Figura 6.27 o laboratório de uma das ETAs sem aparelhos para medir os valores de cor, pH e turbidez, sendo suas análises realizadas, utilizando reagentes.



Figura 6.27 – Laboratório de uma ETA, sem todos os equipamentos necessários.
Fonte: Arquivo do Autor (2006).

No mínimo, cor, pH, turbidez, cloro residual, alcalinidade, flúor e o alumínio residual, são parâmetros que devem ser analisados pelo laboratório de uma ETA, sendo necessário, também, a realização do teste dos jarros (NBR 12.216/1992), sendo suficiente, de acordo com Vianna (2001), as análises de cor, pH, turbidez e cloro residual, para os laboratórios mais simples, como mostrado na Figura 6.28.



Figura 6.28 – Laboratório da ETA 1 com os equipamentos básicos.
Fonte: Arquivo do Autor (2007).

Nas pesquisas realizadas nas seis ETAs, somente a ETA 1 possuía todos os equipamentos (turbidímetro, medidor de pH, *Aqua Tester* (colorímetro) e medidor de cloro residual) para as realizações das análises mínimas necessárias, como mostra a Figura 6.28 (colorímetro, pHgâmetro, turbidímetro e aparelho para realização do testes dos jarros), sendo as demais ETAs dotadas de reagentes como ortotolidina (verificação da presença do cloro residual), azul de bromotimol (verificação do pH), tiosulfato de sódio (inibição da presença do cloro na água) e amônia (verificação de vazamento de cloro).

6.2.6. Recursos Humanos nas ETAs

Considerando o grau de escolaridade dos operadores lotados nas seis ETAs, pode ser dito que são qualificados, mesmo tendo poucos funcionários com baixo grau de escolaridade e outros com nível superior, mas com profissões sem ligações com tratamento de água.

No Gráfico 6.26 pode ser observado que do total de operadores, 8,3% concluíram somente o 1º grau (nível fundamental), 62,5% concluíram o 2º grau (nível médio), onde deste universo, nenhum havia feito qualquer curso técnico e 29,2% concluíram o 3º grau, sendo que

desta totalidade, havia um Biólogo, um Advogado, um Sociólogo, um Matemático, dois Tecnólogos de Petróleo e Gás e um com graduação em Educação Física.

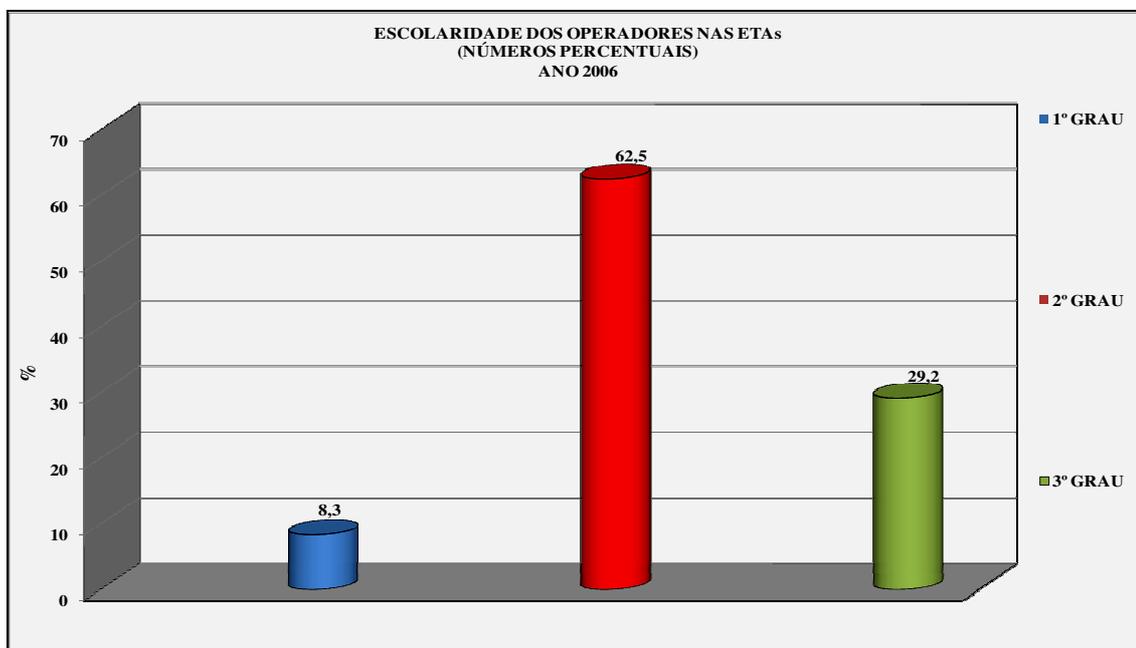


Gráfico 6.26 – Escolaridade dos Operadores das ETAs.

Fonte: Os próprios funcionários das ETAs (2006).

Nas seis ETAs, considerando a escala de plantão, existe a necessidade de quatro operadores, sendo um por ETA, totalizando 24 operadores.

Apesar da boa formação acadêmica, esta não foi voltada diretamente para as atividades concernentes ao tratamento da água, carecendo de profissionais com formação específica.

No ano em que da realização desta pesquisa as seis ETAs eram administradas, diretamente, por um Químico, que era o Chefe da Divisão de Controle de Qualidade, tendo sob seu comando o Serviço de Produção e Manutenção das ETAs, que era comandado por um Engenheiro Civil, o Serviço de Controle Físico-Químico, que era chefiado por Químico e o Serviço de Controle Bacteriológico, que era chefiado por um Farmacêutico, sendo todos subordinados a uma Superintendência, que, por conseguinte estava subordinada a uma Diretoria, como mostra de modo simplificado, a Figura 6.29, sendo estas duas últimas comandadas por Engenheiros Civis.

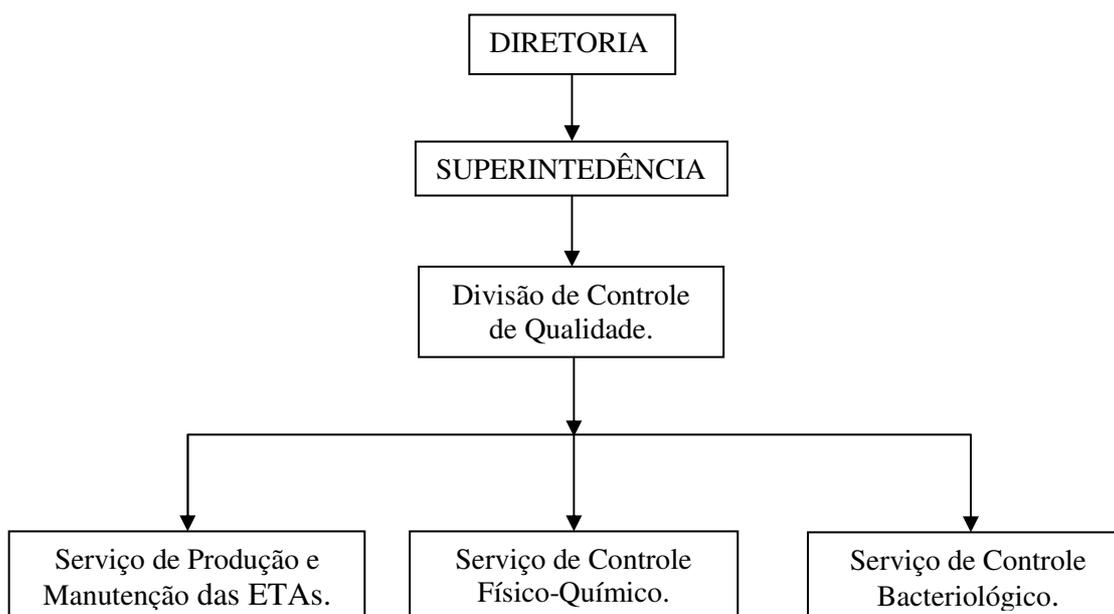


Figura 6.29 – Fluxograma simplificado da gerência das ETAs.
Fonte: CEDAE (2006).

Toda esta estrutura gerencial tinha, basicamente, a responsabilidade de fazer a manutenção, criar os procedimentos operacionais, controlar a qualidade da água tratada, usando de toda a estrutura operacional disponível, para que esta seja distribuída à população dentro parâmetros determinados pela Portaria nº. 518/2004, além de confeccionar todos os relatórios relacionados a estes valores, e muito outras mais atribuições.

As ETAs demandam uma estrutura gerencial de grande porte, assim como a implantação de um modelo de gestão em que se possa contemplar uma integração entre a questão ambiental, a segurança e a saúde ocupacional.

As seis ETAs, sob uma mesma gerência, não possuem um programa de gestão que busque a adoção de procedimentos para a implantação de uma cultura em que os trabalhadores estejam conscientes da importância do uso de EPIs, assim como não sendo considerados os preceitos legais, considerando as Normas Reguladoras do Ministério do Trabalho e do Emprego.

Para a implantação de sistemas de gestão da segurança e saúde ocupacional, nas seis ETAs, em integração com os de gestão ambiental, faz-se necessário o comprometimento da gerência, para as unidades, através de profissionais qualificados, busquem certificações com base nos preceitos da OHSAS 18001.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1. Conclusões

As seis ETAs, apesar de serem de pequeno porte, têm grande importância no abastecimento público dos municípios de Rio Bonito, Tanguá, Itaboraí e Maricá, contribuindo de sobremaneira para a melhoria das condições dos aspectos ligados a saúde pública das suas populações, mas apesar desta constatação há uma iminente crise de abastecimento devido às pressões demográficas que estão se configurando nestas regiões.

Considerando as perdas físicas, somente duas unidades apresentam perdas médias diárias elevadas (ETAs 3 e 4), correspondendo a 33,3% do total das ETAs, mas com um volume perdido bastante grande, onde somente a ETA 3, à época, tinha uma perda média diária de pouco mais de 18,5% em seu processo de tratamento, elevando o índice total de perdas para mais de 7,6%, considerando todo o volume de água bruta aduzido para as estações, fazendo com que a produtividade das ETAs, dentro deste universo, não seja satisfatória.

Das seis ETAs, quatro possuem sistemas de filtração, com filtros autolaváveis e duas possuem sistemas de lavagens por reservatório, sendo constatado que nas ETAs com o primeiro sistema há uma maior perda de água, considerando que a cada unidade lavada, grande quantidade de água proveniente dos decantadores, tem que ser descartada, onde que no sistema que usa o reservatório a perda é menor, pois somente se perde a quantidade de água que ficou retida nas calhas e a água da retrolavagem propriamente dita.

Em todas as ETAs foram detectadas as perdas não contabilizadas, que são vazamentos constantes nos registros e comportas e as águas decorrentes das lavagens dos tanques de produtos químicos, sendo estas, possivelmente, decorrentes da falta de manutenção de seus equipamentos, que objetivasse a extinção destes pontos de vazamentos e de um modo de se recolher e tratar os efluentes dos tanques.

Pode ser observado que as quantidades de águas potáveis distribuídas são aferidas pelo cálculo das perdas contabilizadas nas descargas dos decantadores e nas lavagens dos filtros, onde as quantidades de água bruta afluentes às ETAs são medidas somente nas calhas parshall e após estas medições, são feitos cálculos das diferenças entre os volumes aduzidos e os que

foram perdidos durante os processos do tratamento (descargas de decantadores/lavagens dos filtros), não tendo qualquer outro sistema de maior confiança na medição do volume de água potável distribuído pelas ETA.

Verificando as Tabelas de dosagens dos produtos químicos e considerando a questão da falta de equipamentos laboratoriais, conclui-se que este fator foi determinante nos valores das dosagens dos produtos químicos, principalmente do sulfato de alumínio sólido, podendo ser usada como parâmetro a dosagem média da ETA 1, a única devidamente equipada, que foi de 10,48 ppm, a partir desta, tem-se: a ETA 2 com dosagem de 13,48 ppm, sendo 28,6% maior; a ETA 3 com 13,85 ppm, mais 32,2%; a ETA 4 com 14,47 ppm, com mais 38,1%; a ETA 5, com 16,63 ppm, mais 58,7% e a ETA 6 com 23,38 ppm, com mais 128,0%.

Mesmo sendo feito um comparativo com unidades que têm suas captações em bacias hidrográficas diferentes, estas poderiam apresentar melhores resultados em relação aos gastos do sulfato de alumínio, que influem determinantemente nos cálculos dos resíduos gerados no tratamento.

Mesmo com todos os benefícios que as seis ETAs proporcionam, estas unidades industriais são causadoras de impactos ambientais importantes, sendo calculado que juntas produziram, em 2006, cerca de 1,3 tonelada de resíduos secos por dia, totalizando cerca de 475 toneladas por ano, advindos dos lodos das descargas e lavagens dos decantadores, assim como, das lavagens dos filtros. Quando da época deste estudo, todos esses rejeitos eram dispostos no meio ambiente, sem qualquer tipo de tratamento.

Em outra vertente, têm-se os impactos ambientais causados pelos resíduos como os sacos de plástico que armazenavam o sulfato de alumínio sólido e os de papel que armazenavam a cal hidratada, sendo descartados cerca de 4.900 e 4.000 sacos por ano, respectivamente, assim como, os resíduos provenientes das lavagens dos tanques onde são preparadas as soluções dos produtos químicos usados no tratamento, basicamente sulfato de alumínio sólido e cal hidratada, sendo verificado em todas as ETAs que não havia quantificação, nem um destino adequado para todos estes resíduos.

Quanto aos parâmetros físico-químicos das águas brutas, têm-se somente os parâmetros analisados da águas dos mananciais que abastecem a ETA 1, 3, 4 e 5, onde nas três últimas unidades os valores são iguais, observando que o valor da cor aparente nas ETAs 3, 4 e 5 é cerca de 3 vezes maior que da ETA 1, mostrando que as bacias hidrográficas a montante do canal do Imunana, já sofre efeitos dos impactos ambientais decorrente de atividades antropogênicas.

O controle laboratorial da qualidade das águas bruta e distribuída, que deve ser feito diariamente (coletas a cada duas horas) nas ETAs, é totalmente deficiente, visto que à época deste estudo, somente a ETA 1 possuía todos os aparelhos (turbidímetro, colorímetro, pHgâmetro e aparelho para realização do teste dos jarros) necessários para que o operador pudesse realizar as análises mínimas e os ensaios de floculação, que permitissem a aferição dos parâmetros físico-químicos, como cor aparente, pH, turbidez e residual de cloro e, nas demais ETAs, as análises eram realizadas com reagentes (ortotolidina, azul de bromotimol, tiosulfato de sódio e amônia), através do método visual comparativo a padrões pré-estabelecidos e da detecção de presença ou ausência (cloro residual e detecção de vazamento do cloro no sistema de desinfecção).

Outro fator importante a ser considerado, é a falta de instalações e equipamentos para a aplicação do flúor na água a ser distribuída, que tem como objetivo o combate às cáries da população abastecida por rede oficial, onde das seis ETAs pesquisadas, nenhuma possuía um sistema de aplicação de flúor, sendo esta condição determinada por legislação federal.

Com relação aos consumos e custos da energia elétrica, as ETAs 1, 2 e 4, são as que apresentam os maiores valores, principalmente a última unidade, devido ao consumo dos equipamentos eletromecânicos das elevatórias de água tratada serem bastantes expressivos em relação aos outros equipamentos internos pertencentes aos processos do tratamento da água.

A situação de maior destaque é da ETA 4 que apresenta o maior consumo dentre todas as unidades, devido ao alto consumo da elevatória de água tratada, podendo ser comparado com o da ETA 3 que, assim como ela, possui três floculadores mecânicos de mesmo tipo, com funcionamento em tempo integral e com um consumo médio mensal correspondendo a 16,2% do consumo médio mensal da ETA 4.

Em outra situação encontra-se a ETA 6 que apresenta o menor consumo dentre todas as unidades, sendo dotada de somente um floculador mecânico, assim como a ETA 2, com as mesmas características, mas ao contrário desta não tem nenhum outro equipamento eletromecânico de grande porte que represente grandes consumos, tendo somente duas bombas de pequeno porte para o abastecimento do reservatório de água de lavagem dos filtros.

Na ETA 1 a situação é semelhante, onde esta tem a sua conta de consumo de energia medida junto com a da elevatória de água tratada, mas internamente esta tem duas bombas de pequeno porte que abastecem o reservatório de água de lavagem dos filtros, considerando que das seis ETAs, esta é a única construída em alvenaria e dotada de dois floculadores

hidráulicos, diferenciando das demais, pois com este não há necessidade de se consumir energia elétrica.

Com relação aos recursos humanos, pode ser observado que os operadores têm um bom nível de escolaridade, considerando as responsabilidades e a complexidade que os processos de operação de uma ETA, exigem do operador, mas o direcionamento profissional dos que possuem mais tempo de estudo, não tem relação com as atividades do tratamento de água, ficando evidente que estas são relegadas a um segundo plano na vida profissional dos operadores.

Em nenhuma das seis ETAs foram encontrados qualquer representante da CIPA, como determina a NR-5, que pudesse orientar e fiscalizar o uso dos EPIs, sendo observado, também, a ausência de equipamentos de proteção como, luvas, máscaras de gás, calçados apropriados, mapas de risco, dentre outros.

7.2. Recomendações

Com objetivo de se prevenir uma iminente crise devido ao aumento da demanda por água, recomenda-se um estudo para o aumento da oferta de água para o abastecimento das populações dos municípios onde se localizam estas ETAs, considerando que já se verifica nestas regiões um considerável crescimento da população residente.

Para um maior e melhor controle das perdas físicas, recomenda-se a criação de um programa de controle de perdas específico para cada ETA, obedecendo suas características individuais, onde deve ser criada uma equipe que seja responsável pela busca de soluções, treinamento e pela melhora na conscientização dos operadores acerca da importância, para o processo, da redução das perdas físicas.

As águas perdidas nas lavagens dos filtros correspondem às maiores quantidades nos índices das perdas físicas de uma ETA e, por isso, recomenda-se, a formulação de projetos com objetivo de promover transformações nos sistemas de filtrações das ETAs 2, 3, 4 e 5, onde os filtros são autolaváveis, por filtros retrolavados com águas provenientes de reservatórios elevados, onde, devido ao fato das unidades filtrantes serem vasos comunicantes, poderiam, no projeto, serem consideradas uma única unidade e todos os filtros

seriam lavados de uma só vez, economizando tempo e água, pois para cada filtro lavado tem que ser descartada uma enorme quantidade de água.

As melhores unidades para um possível projeto piloto são as ETA 2 e 5, que já dispõe de reservatórios construídos e que poderiam ser aproveitados.

Com relação às perdas não contabilizadas, recomenda-se a criação de um programa de manutenção, de preferência preventiva, onde, periodicamente, os prováveis pontos de vazamentos seriam monitorados e caso constatados, debelados o mais rápido possível.

As quantificações dos volumes das ETAs são bastante subjetivas, por isso é recomendada a instalação de equipamentos (hidrômetros) de última geração que possibilitem a aferição destes volumes, preferencialmente no ponto de chegada da água bruta e no da água a ser distribuída, assim como uma melhor forma de se quantificar os volumes das águas que são perdidos pelas ETAs.

Recomenda-se para as dosagens dos produtos químicos, além da questão dos equipamentos laboratoriais, uma pesquisa, como realizada na ETA 1, nos pontos e nas formas de aplicação do coagulante em cada ETA, pois há possibilidades de se melhorar o desempenho do produto químico ao se encontrar um ponto ideal de aplicação, ou se mudar o modo como este esteja sendo dosado na água.

Quanto aos produtos químicos, recomenda-se o armazenamento dos sacos de sulfato de alumínio sólido e da cal hidratada, de acordo com as orientações constantes na NBR 12.216/1992 e posteriormente a substituição do sulfato de alumínio sólido pelo sulfato de alumínio líquido, em todas as ETAs, considerando que na utilização deste, a geração de resíduos, considerando os sacos vazios, é inexistente, pois caminhões tanques poderão descarregar em tanques principais nas ETAs, sendo o produto bombeado até os dosadores, sem deixar resíduos e sem que haja necessidade do contato direto com o ser humano.

Para a questão dos resíduos gerados no tratamento da água, recomenda-se um aprofundamento nas pesquisas na quantificação e qualificação dos resíduos, pois provavelmente cada ETA, produzirá um tipo de resíduo, devido às diferentes características de seus processos de tratamento e das bacias hidrográficas onde estão suas captações.

Sendo prováveis resíduos de características diferentes, recomendam-se estudos individualizados para cada unidade e posteriormente a implantação das soluções encontradas.

Recomenda-se, após pesquisa apurada acerca dos microrganismos patogênicos, o reúso das águas de lavagens dos filtros que são descartadas em grande volumes e com uma

baixa carga de sólidos, podendo ser realizada sem grandes custos e com grandes resultados na questão da redução das perdas físicas.

É de grande importância para o tratamento a conservação dos mananciais, por isso, é recomendável que os gestores das ETAs, façam contato com o setor de meio ambiente da empresa e proponha a parceria com os órgãos de controle ambiental sejam municipal ou estadual, para um programa permanente voltado para a proteção dos mananciais e até mesmo a adoção de ações mitigadoras.

Com as ETAs operando com precário controle da qualidade das águas bruta, decantada, filtrada e distribuída, a recomendação principal é prover, em substituição aos reagentes, as ETAs com equipamentos que possibilitem ao operador a realização das análises físico-químicas da turbidez, do pH, da cor aparente, do cloro residual e do flúor, sendo estas análises básicas para o bom funcionamento operacional de uma ETA.

Para a redução do consumo da energia elétrica, recomenda-se a pesquisa de equipamentos de última geração que possam suprir as necessidades das ETAs com um menor custo de energia possível e, também, a pesquisa vislumbrando a possibilidade da substituição, nas ETAs, dos flocculadores mecânicos por hidráulicos.

Recomenda-se que o gestor convide palestrantes que sejam especialistas no assunto, para que os funcionários das unidades de tratamento tenham melhor consciência do custo da energia elétrica para a empresa e quais as melhores atitudes para que cada um faça sua parte com objetivo de economizá-la.

Com relação aos recursos humanos, recomenda-se uma maior interação, caso não haja, entre os gestores e os operadores, através de reuniões periódicas com todos, dando a oportunidade da participação dos operadores nas decisões através de caixas de sugestões ou algo semelhante, sendo aproveitadas as propostas que resultem em benefícios e melhorias nas unidades e que sejam compartilhados por todos, considerando que são os operadores que conhecem as necessidades das unidades mais profundamente.

Recomenda-se ao gestor das ETAs a busca constante da melhoria na qualificação de seus subordinados, solicitando às instancias superiores novos cursos de capacitação dos operadores, considerando as novas tecnologias de tratamento e as novas exigências legais relacionadas aos padrões de lançamento de efluentes e da qualidade da água distribuída, além da implementação de um programa de aumento da escolaridade destes, com carreiras relacionadas com as atividades do tratamento, fazendo com que estes se sintam como uma parcela importante dentro do processo.

Depois de consideradas as avaliações anteriores, são recomendáveis ações que propiciem a implantação de sistemas de gestões ambientais, em cada uma das unidades de tratamento, baseados nas normas ISO 14.000.

Esta recomendação é para que as seis ETAs venham incorporar procedimentos que poderão proporcionar um salto qualitativo nas relações dos processos ligados ao tratamento de água para o consumo humano, com o meio ambiente.

Recomenda-se o comprometimento da alta gerência no processo de criação da CIPA, na formação de um grupo voltado para a área de segurança e saúde ocupacional, orientando e fiscalizando os profissionais nos usos dos EPIs e a adoção de procedimentos com base na OHSAS 18001, objetivando a certificação de alguma das seis ETAs ou, de todas as unidades.

Considerando a implantação de um sistema de gestão ambiental, baseado na ISO 14001, e um de segurança e saúde ocupacional, baseado na OHSAS 18001, recomenda-se a integração dos sistemas, para que haja a busca da melhora do meio ambiente externo e interno das ETAs.

A implantação de um sistema de gestão ambiental mostra ao público externo o compromisso da alta administração da empresa com as questões de se minimizar, ou eliminar, os impactos ambientais, pois em uma empresa de saneamento ambiental, as questões ligadas à preservação ambiental são importantes, pois além de beneficiar a sociedade como um todo, preserva os recursos hídricos, sua mais importante matéria prima.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. *Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil*. Brasília, 2006. 176 p

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, vinculada ao Ministério de Minas e Energia. *Estabelece de forma atualizada e consolidada as condições gerais de fornecimento de energia elétrica*. Resolução, 456, 29 de nov. de 2000. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 29 nov. 2000. 23p.

AGENDA 21. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. *Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (1992: Rio de Janeiro)*. 2. Ed. Brasília: Senado Federal. Subsecretaria de Edições Técnicas, 1997. 598 p.

ALBUQUERQUE, C. M. et al. *Iniciativas integradas para a capacitação do prestador de serviço de saneamento no combate ao desperdício de energia elétrica*. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande/MS, 2005. ABES, V-034, p 1-11.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. APHA; AWWA; WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th ed*. Washington, 1998.

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. *Water treatment plant waste management*. American Water Works Association Research Foundation, Denver, 459 p., 1987.

ANDREOLI, C. V. (Coord.). *Alternativas de uso de resíduos do saneamento*. Rio de Janeiro: ABES, 2006. Projeto PROSAB.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ÁLCALIS E CLORO DERIVADOS. *Manual de Cloro*. 3. Ed. Rio de Janeiro, 1989. 27 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10.004 – Resíduos sólidos – Classificação*. 2. Ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71 p.

_____. *NBR 12.216 – Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público*. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 18 p.

_____. *NBR ISO 14.001: Sistemas de gestão ambiental - Especificações com orientação e uso*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 27 p.

BARROS FILHO, A. M. de, et al, *Prospecção das necessidades de capacitação técnica dos prestadores de serviço de abastecimento de água no Brasil*. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCD. Brasília, 2004. p 117.

BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. *Metais e sólidos: aspectos legais dos resíduos de estações de tratamento de água*. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21, 2001, João Pessoa. Anais... ABES - trabalhos técnicos, I-064, p 1-11, 2001.

BARTH, F. T. *Aspectos institucionais do gerenciamento de recursos hídricos*. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G.; (Org.). *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 2. Ed. – São Paulo: Escrituras Editora, 2002. Cap. 17. p. 563-597.

BENETTI, A.; BIDONE, F. *O meio ambiente e os recursos hídricos*. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 3. Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2004. Cap. 22. p. 849-876.

BIDEGAIN, P; VÖLKER, C. M. *Bacia hidrográfica dos rios São João e das Ostras – Águas, terras e conservação ambiental*. Rio de Janeiro: Consórcio Intermunicipal para a gestão das bacias hidrográficas da Região dos Lagos, rios São João e região costeira – CILSJ, 2003. 170 p.

BRASIL. Decreto, 24.643, 10 de jul de 1934 (Código de águas). Estabelece critérios para os usos da águas de direito público e privado no Brasil. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 20 jul. 1934.

_____. Decreto, 76.872, 22 de dezembro de 1975. Regulamenta a Lei n. 6.050, de 24 de maio de 1974, que dispõe sobre a fluoretação da água em sistemas públicos de abastecimento. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 23 dez. 1975.

_____. Lei, 6.050, 24 de maio de 1974, que dispõe sobre a fluoretação da água em sistemas públicos de abastecimento. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 27 jun. 1974.

_____. Lei, 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 31 ago. 1981.

_____. Constituição da República Federativa do Brasil (1988). Brasília: Senado Federal - Secretaria Especial de Editoração e Publicações; Subsecretaria de Edições Técnicas, 2006. 54 p.

_____. Lei, 9.433, de 08 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 09 jan. 1997.

_____. Lei, 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 13 fev. 1998

_____. Lei, 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 18 jul. 2000.

BRASIL. Decreto, 5.440, 04 de maio de 2005. Estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para a divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 05 maio 2005.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos hídricos. Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil. Brasília: MMA, 2006. v. 1.

_____. Ministério da Saúde. Portaria, 635/Bsb, 26 de dezembro de 1975. Aprova normas e padrões sobre a fluoretação da água dos públicos de abastecimento, destinada ao consumo humano, tendo em vista a Lei n.º 6050/74. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 30 jan. 1976.

_____. Ministério da Saúde. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Portaria n.º 518, 25 de março de 2004. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005. 28 p.

BRITISH STANDARDS INTERNATIONAL. OHSAS 18001: *Occupational Health and Safety Management Systems*. Specifications. London, 1999.

BUREAU VERITAS. *Auditorias internas de SGI conforme ISO/DIS 19011*. São Paulo, 2002.

CAMPOS, S. X.; DI BERNARDO, L.; VIEIRA, E. M. *Influência das características da substâncias húmicas na eficiência da coagulação com sulfato de alumínio*. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, n.º 3, p 194-199, jun./set. 2005.

CATAGUASES, I. Q. *Informativo técnico com as especificações do sulfato de alumínio sólido*. Indústrias Químicas Cataguseses. Cataguases/MG. Disponível em: <www.gcq.com.br>. Acesso em: 04 maio 2006.

CHAIB, E. B. D. *Proposta para implementação de sistema de gestão integrada de meio ambiente, saúde e segurança do trabalho em empresas de pequeno e médio porte: um estudo de caso da indústria metal-mecânica*. 2005. 126 p. Dissertação de Mestrado. COPPE / UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

CICCO, F. *A primeira norma de âmbito mundial para certificação de sistemas de gestão da SST*. In: *Manual sobre sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho*. São Paulo: Risk Tecnologia em Riscos Ind., vol. III - OHSAS 18001, jun. 1999.

_____. *Sistemas integrados de gestão*. Disponível em: <www.qsp.com.br/artigo.shtml>. Acesso em: 18 out. 2002.

COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS – CEDAE. *Plano diretor de abastecimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro: relatório final*. – Rio de Janeiro, 1985. 296 p.

_____. *Normas e Procedimentos Gerais para Operadores de ETA*. Produzido em mar. 2006.

COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS – CEDAE. *Publica o relatório síntese referente aos resultados de Janeiro a Junho de 2007 das análises químicas, físico-químicas e bacteriológicas da água bruta dos sistemas de produção da Região Metropolitana de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05.* Produzido em, 16 jun. 2007.

_____. *Aquisição por compra de cal hidratada para ETA Laranjal. Especificações – Anexo I.* Disponível em:
<www6.caixa.gov.br/municipios/docspgeoc/editais/ED_33352394000104_002_2007.pdf>
Acesso: 15 de nov. de 2007.

CONEJO, J. G. L.; LOPES, A. R. G.; MARCKA, E. *Medidas de redução de perdas: elementos para planejamento. PNCDA – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água.* Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano. Secretaria de Política Urbana. Brasília, 1999. p 31.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. *Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para o uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente.* Resolução nº. 1, de 23, jan. 1986. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 17 fev. 1986. 23 p.

_____. *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.* Resolução nº. 357, de 17 de mar. de 2005. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 18 mar. 2005. 23 p.

_____. Resolução nº. 274, de 23, jan. 1986. *Diário Oficial da União*, 17 fev. 1986. 23 p.

CORAZZA, R. I. *Gestão ambiental e mudanças da estrutura organizacional.* ERA-eletrônica, v. 2, n. 2, jul./dez. 2003.

CORDEIRO, J. S.; CAMPOS, J. R. - *O impacto ambiental provocado pela indústria da água.* Revista Saneamento Ambiental, São Paulo, nº. 56. p 52-57, mar./abr. 1999.

_____; *Aplicação dos conceitos da ISO 14.000 em ETAs.* Revista Saneamento Ambiental, São Paulo, nº. 92. p - 26-30 Edição Especial, jan. 2003.

_____. *O Problema dos lodos gerados nos decantadores em estações de tratamento de água.* São Carlos. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo apud BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. *Metais e sólidos: aspectos legais dos resíduos de estações de tratamento de água.* Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21, 2001, João Pessoa. Anais... ABES - trabalhos técnicos, I-064, p 1-11, 2001.

COSTA, H.; TEUBER, W. *Enchentes no Estado do Rio de Janeiro – Uma abordagem Geral.* Rio de Janeiro: SEMADS, 2001. 160p.

COURA, S. P. *Guia prático da conta de energia elétrica no saneamento*. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCD. Disponível em: <www2.cidades.gov.br/pncda>. Acesso em: 21 jun. 2006.

DI BERNARDO, L. *Métodos e técnicas de tratamento de água*. Rio de Janeiro. ABES, 1993 apud. MOTA, S. *Introdução à engenharia ambiental*. 2. Ed. – Rio de Janeiro: ABES, 2000. 416 p.

_____; DI BERNARDO, A.; CENTURIONE FILHO, P. L. *Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água*. – São Carlos: RiMa Editora, 2002. 248 p.

_____; DANTAS, A. D. B. *Métodos e técnicas de tratamento de água* – 2. Ed. – São Carlos: RiMa Editora, v. 2, 2005.

EPELBAUM, M. *Sistemas de gestão ambiental*. In: JÚNIOR, A. V.; DERMAJOROVIC, J. (Orgs.). *Modelos e ferramentas de gestão ambiental: desafios e perspectivas para as organizações*. São Paulo: Editora Senac, 2006. p. 115-148.

FERNANDES, J. V. G. et al. *Introdução práticas de produção mais limpa em sistemas de gestão ambiental certificáveis: uma proposta limpa*. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol. 6, nº 3, jul./set 2001 e nº 4, out./dez. 2001.

FERREIRA, S. S. F.; LAJE FILHO, F. A. *Redução de perdas e tratamento de lodo em ETA*. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCD. Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano. Secretaria de Política Urbana. Brasília, 1999. p. 23. apud. American Water Works Association. *Water treatment plant waste management*. American Water Works Association Research Foundation, Denver, 459 p., 1987].

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE - FEEMA. Comissão Estadual de Controle da Água – CECA – *Estabelece as diretrizes do Programa de Autocontrole de Efluentes Líquidos - PROCON ÁGUA*. DZ-942.R-7, aprovada pela Deliberação CECA nº 1.995, de 10 de out. de 1990. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro*, 14 jan.1991.

_____. *Manual do meio ambiente; métodos*. Vol. 2. Rio de Janeiro, 1983 127 p.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FUNASA. *Manual de saneamento*. 3. ed. rev. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 408 p.

FUNDAÇÃO SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DE RIOS E LAGOAS - SERLA. *Define a base legal para estabelecimento da largura mínima da FMP e dá outras providências*. Portaria SERLA, Rio de Janeiro, 324, 28 ago. 2003.

GROENEWEGEN, P.; VERGRAGT, P. *Environmental issues as treats and oportunities for technological inovation. Technology Analysys an Strategic Management*, v. 3, n. 1, p. 43-55, 1991 apud CORAZZA, R. I. *Gestão ambiental e mudanças da estrutura organizacional*. ERA-eletrônica, v. 2, n. 2, jul./dez., 2003. Disponível em: <www.rae.com.br/eletronica>. Acesso em: 16 ago. 2007.

HELDER, C. *Subsídios para a gestão dos recursos hídricos da bacias hidrográficas dos rios macacu, são joão, macaé e macabu* – SEMA – Rio de Janeiro, 1999.

HELLER, L. *Saneamento e Saúde*. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde/Organização Mundial da Saúde, 1997.

HENKES, S. L. *Histórico legal e institucional dos recursos hídricos no Brasil*, 2003. Disponível em: <<http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=4146>>. Acesso em: 14 nov. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Censo Demográfico 2000*. Rio de Janeiro, 2000.

_____. Contagem da população 2007 e estimativas da população 2007. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 14 nov. 2007.

JÚNIOR, A. C. *O azul da Terra*. Revista Superinteressante: especial ecologia – Como salvar a Terra, São Paulo, p. 26-33, jun. 2001.

LANNA, A. E. *Gestão dos recursos hídricos*. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 3. Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2004. Cap. 19. p. 727-768.

LOPES, R. de M. L., MATTOS, A. de O. *Sistema de gestão ambiental integrado - SGAI: proposta metodológica segundo a abordagem da gestão de ruptura*. Revista Engenharia, Ciência e Tecnologia. Vol. 4. nº 6, p. 33-34 – nov./dez. 2001.

MACHADO, C. J. S. *O mundo da administração pública das águas do estado do rio de janeiro, segundo o olhar de um antropólogo*. Revista Horizontes Antropológicos, Porto Alegre, ano 12, nº 25, p 171-190, jan./jun. 2006.

MAGRINI, A. *Política e Gestão Ambiental: Conceitos e Instrumentos in: Gestão Ambiental de Bacias Hidrográficas*, Rio de Janeiro, COPPE / UFRJ, pp. 9–19. 2001 apud CHAIB, E. B. D. *Proposta para implementação de sistema de gestão integrada de meio ambiente, saúde e segurança do trabalho em empresas de pequeno e médio porte: um estudo de caso da indústria metal-mecânica*. 2005. 126 p. Dissertação de Mestrado. COPPE / UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

MEDEIROS, E. B. de. *Um modelo de gestão integrada, meio ambiente, segurança e saúde ocupacional para o desenvolvimento sustentável: setor de mineração*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2003.

MENEZES, S. W. C. *Cadastro dos sistemas de abastecimento de água na área de atuação da superintendência imunana-laranjal*. CEDAE - Rio de Janeiro, 2006. p 1-7.

MIRANDA, C. R. e DIAS, C. R. *PPRA/PCMSO: auditoria, inspeção do trabalho e controle social*. Cadernos de Saúde Pública, jan./fev. 2004, vol.20, nº. 1, p.224-232.

MOREIRA, M. S. *Estratégia e Implantação de Sistema de Gestão Ambiental (Modelo ISO 14000)*. 3. Ed. – Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2006. 320 p.

MOTA, S. *Introdução à engenharia ambiental*. 2. Ed. – Rio de Janeiro: ABES, 2000. 416 p.

NETTO, J. M. A., et al. *Manual de Hidráulica*. 8 ed. – São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 1998. 670 p.

_____. *Técnica de abastecimento e tratamento de água*. 3. Ed., São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1987. 320 p. v. 2.

NIEMEZYNOWICZ, J. *Urban hydrology and water management – present and future challenges*. Elsevier–UrbanWater. 1999. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/urbwat>. Acesso em: 20 maio 2006.

NOGUEIRA, D. P. *Incorporação da saúde ocupacional à rede primária de saúde*. Revista de Saúde Pública, São Paulo. nº. 18, p. 495-509, 1984.

PARSEKIAN, M. P. S; *Análise e proposta de formas de gerenciamento de estações de tratamento de águas de abastecimento completo em cidades de porte médio do estado de São Paulo*. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 1998.

_____; CORDEIRO, J. S. *Aquisição de produtos químicos em ETA: avaliação crítica*. Revista Saneamento Ambiental, nº 95, maio/jun., 2003. p 50-54.

POMPEU, C. T. *A gestão das águas e a competência estadual*. In: MACHADO, C. J. S. (Org.). *Gestão de águas doces*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. Cap. 2. p. 39-72.

REALI, M. A. P. (Coord.). *Noções gerais de tratamento de disposição final de lodos de estações de tratamento de água*. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 240 p. (Projeto PROSAB).

REBOUÇAS, A. C. *Água doce no mundo e no Brasil*. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G.; (Orgs.). *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 2. Ed. – São Paulo: Escrituras Editora, 2002. Cap. 01. p. 01-37.

REIS, L. F. S. S. D.; QUEIROZ; S. M. P. *Gestão ambiental em pequenas e médias empresas* – 1. Ed. – Rio de Janeiro: Qualimark Ed., 2002. 140 p.

RICHTER, C. A., *Tratamento de lodos de estações de tratamento de água*. 1. Ed. – São Paulo: Edgard Blücher, 2001. 102 p.

RIO DE JANEIRO (Estado). Lei, 3.239, 02 de agosto de 1999. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos; cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos; regulamenta a Constituição Estadual, em seu artigo 261, parágrafo 1º, inciso VII; e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro*, 02 ago. 1999.

_____. Lei, 4.427, 16 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos de domínio do estado do rio de janeiro e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro*, 16 dez. 2003.

_____. Decreto, 35.724, 18 de junho de 2004. Dispõe sobre a regulamentação do art. 47 da lei nº 3.239, de 02 de agosto de 1999, que autoriza o Poder Executivo a instituir o Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FUNDRHI, e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro*, 22 jun. 2004.

_____. Decreto, 40.156, 17 de outubro de 2006. Estabelece os procedimentos técnicos e administrativos para a regularização dos usos de água superficial e subterrânea, bem como, para ação integrada de fiscalização com os prestadores de serviço de saneamento básico, e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro*, 17 out. 2006.

_____. Constituição do Estado do Rio de Janeiro, de 5 de novembro de 1989. Rio de Janeiro. Assembléia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro, 1989. 135 p.

RUELLA, N. C. *Processo de implementação de sistemas de gestão integrada com base nas ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, BS 8800, SA 8000 e OIT SGSST 2001*. II Congresso Latinoamericano de Calidad en La Industria del Petroleo y del Gas. Bariloche, 28 a 31 mar 2004.

SARON, A.; LEITE, V. M. B. *Quantificação de lodo em estação de tratamento de água*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21, 2001, João Pessoa. ABES - Trabalhos técnicos, 2001, I-075. p 1-11 apud TSUTIYA, M. T. *Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água* 1. Ed. – São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001. 185 p.

_____. *Gerenciamento de energia na ETA Guaraú – Redução de custos para a empresa, economia de energia elétrica para o país*. Revista Saneas, nº 09. AESABESP. São Paulo. Setembro, 1998, apud TSUTIYA, M. T. *Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água* – 1. Ed. – São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001. 185 p..

SEMAICT. Turismo ecológico. Serra do sambe. Secretaria Municipal de Agricultura, Indústria, Comércio e Turismo. Prefeitura de Rio Bonito. Disponível em: <http://www.riobonito.rj.gov.br/turismo_02.htm>. Acessado em: 13 fev. 2008.

SILVA, E. R. et al. *Certificação de sistemas de gestão ambiental: uma abordagem histórica e tendências*. Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, XXVIII, 2002. Cancun, México. AIDIS, 2002. p 1-8.

SILVEIRA, A. L. L. *Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica*. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 3. Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2004. Cap. 2. p. 35-51.

TATTON et al. *Jornal Eletrônico da Água - Associação Guardiã da Água - Tratamento de Água*. Disponível em: <www.agua.bio.br/botao_d_L.htm>. Acesso em: 16 set. 2007.

TSUTIYA, M. T. *Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água*. 1. Ed. – São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001. 185 p.

_____. *Abastecimento de água*. 2. Ed. São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005. 643 p.

TUNDISI, J. G. *Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez*. São Carlos: RiMa, IIE, 2003. 284 p.

VIANNA, M. R. *Casas de química para estações de tratamento de água*. 2. Ed. Belo Horizonte: Imprimatur Artes Ltda., 2001. 122 p.

_____. *Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água*. 4. Ed. Belo Horizonte: Imprimatur, 2002. 576 p.

YOUNG, M. C. F. *Considerações sobre a implementação da nova política de recursos hídricos no estado do rio de janeiro*. Escola Nacional de Ciências Estatísticas – ENCE/IBGE. Disponível em: <<http://www.unifor.br/notitia/file/368.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2007.