

**II-291 - AVALIAÇÃO DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO DO ESTADO DE GOIÁS****Maura Francisca da Silva⁽¹⁾**

Bióloga pela Universidade Católica de Goiás (UCG). Especialista em Saúde Pública pela Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP), mestre em Engenharia do Meio Ambiente pela Universidade Federal de Goiás (UFG), Supervisora do Laboratório Central de Esgoto da Saneamento de Goiás S/A (SANEAGO).

Ana Lúcia Colares Lopes Rocha

Engenheira Civil e especialista em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), mestranda em Engenharia do Meio Ambiente pela Universidade Federal de Goiás (UFG), Gerente de Tratamento de Esgotos da Superintendência de Serviços do Interior da Saneamento de Goiás SA (SANEAGO).

Carlos Roberto Alves dos Santos

Mestre em ecologia pela Universidade Federal de Goiás, Bacharel e Licenciado pela Universidade Católica de Goiás, Técnico em Saneamento pela Escola Técnica Federal de Goiás, Professor na Uni-Evangélica no curso de pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Gerente do Controle de Qualidade do Produto da Saneamento de Goiás S/A (SANEAGO).

Fernanda Oliveira da Cunha Magalhães

Química e especialista em Tratamento e Disposição de Resíduos Sólidos e Líquidos pela Universidade Federal de Goiás (UFGO), Química do Laboratório Central de Esgoto da Saneamento de Goiás S/A (SANEAGO).

Luzi Nunes Pereira Nery

Técnica em Saneamento pela Escola Técnica Federal de Goiás, Técnica do Laboratório Central de Esgoto da Saneamento de Goiás S/A (SANEAGO). Bacharel em Direito pela Universidade Católica de Goiás (UCG).

Endereço⁽¹⁾: Rua T- 36, 2.535, Apt. 501, Ed. Villa Domatt – Goiânia – GO – CEP: 74223-055 – Brasil – Te. (62) 3522 2738 – e-mail: maurasilva@saneago.com.br

RESUMO

O estado de Goiás possui 33% da população atendida por coleta e tratamento de esgoto; 76% da população de Goiânia possuem coleta de esgoto e 50% possuem coleta e tratamento. As análises laboratoriais são importantes ferramentas na avaliação e operação das estações, porém muitos resultados são gerados e nem todos são avaliados e utilizados para melhorias das ETEs. A estatística vem ao encontro desta necessidade auxiliando a interpretação dos resultados laboratoriais. O objetivo desse trabalho foi avaliar através de ferramentas estatísticas a qualidade do efluente tratado, principalmente, quanto à eficiência de remoção de carga orgânica (DBO), sólidos suspensos (SS) e coliformes termotolerantes (CTT) das estações de tratamento de esgoto por um período de 12 meses e operando em escala real. Foram avaliados os sistemas que operam com lagoas aeradas seguidas de lagoas de sedimentação e maturação localizadas nas cidades de Cachoeira Dourada e Goiás e os sistemas australianos que operam nas cidades de Aparecida do Rio Doce e Morrinhos, onde temos lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação. As ETE's demonstraram boas remoções para DBO, DQO e coliformes termotolerantes, porém, não ocorreu o mesmo para sólidos suspensos. Os parâmetros avaliados não mostraram uma relação consistente entre as eficiências encontradas de DBO, DQO e CTT e as variáveis operacionais, podendo ser problemas de projeto, operação ou ambos, pois a contribuição e a influência de cada variável diferem entre as estações.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de esgoto, Avaliação de ETE, Lagoas de Estabilização.

INTRODUÇÃO

A implantação de sistemas de tratamento de esgoto doméstico vem crescendo no Brasil, apesar dos índices de atendimento ainda serem baixos, 47,9 % de coleta de esgoto e 31,7 % de coleta e tratamento (SNIS, 2006). O tratamento de esgoto é fundamental para preservação do meio ambiente, promovendo saúde para a população, através da prevenção de várias doenças de veiculação hídrica. O estado de Goiás possui 33% da população atendida por coleta e tratamento de esgoto; 76% da população de Goiânia possuem coleta de esgoto e 50% possuem coleta e tratamento (SANEAGO, 2007).



Atualmente existem 59 ETEs (Estações de Tratamento de Esgoto) no estado, que são operadas pela SANEAGO (Saneamento de Goiás S/A), sendo que a maioria foram implantadas nos últimos dez anos. Para realização das análises laboratoriais a empresa possui dois laboratórios, sendo um localizado em Goiânia, que realiza as análises mais complexas como metais e compostos orgânicos, além dos parâmetros básicos, como DBO e DQO, e um laboratório de região localizado no norte do estado na cidade de Porangatu. Encontra-se em fase de implantação mais três laboratório de região para realização dos parâmetros operacionais.

As análises laboratoriais são importantes ferramentas na avaliação e operação das estações, porém muitos resultados são gerados e nem todos são avaliados e utilizados para melhorias das ETEs. A estatística vem ao encontro desta necessidade de avaliação e pode ser de grande ajuda na interpretação dos resultados laboratoriais.

Em torno de 90% das ETEs operadas pela SANEAGO, são lagoas de estabilização, tornando importante a avaliação deste processo de tratamento na busca de melhorias.

MATERIAIS E MÉTODOS

As ETEs estudadas operam com lagoas aeradas e com sistema australiano conforme apresentado na Figura 1, e detalhado nas Figuras 2 e 3. O monitoramento dos sistemas teve duração de 12 meses e consistiu de um conjunto de análises realizadas no esgoto bruto afluente (amostra composta coletada das 08:00h às 18:00h) e no efluente final (amostra simples) coletada na saída das lagoas de maturação antes do lançamento no corpo receptor. Foram realizadas análises de DBO, DQO, SS, coliformes termotolerantes, OD e pH.

ETE	Sistema de tratamento
Aparecida do Rio Doce	Australiano
Cachoeira Dourada	Lagoa aerada
Goiás	Lagoa aerada
Morrinhos	Australiano

Figura 1 – Descrição das modalidades de tratamento das ETEs estudadas.

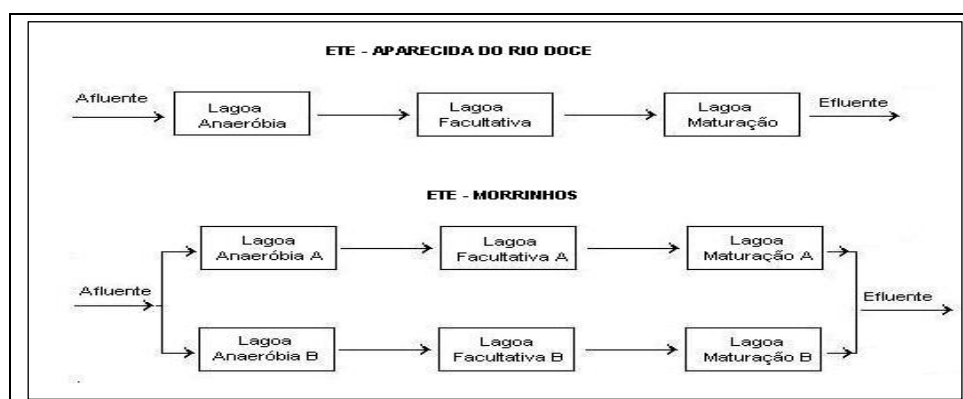


Figura 2 – Croquis das estações de tratamento que operam com sistema australiano.

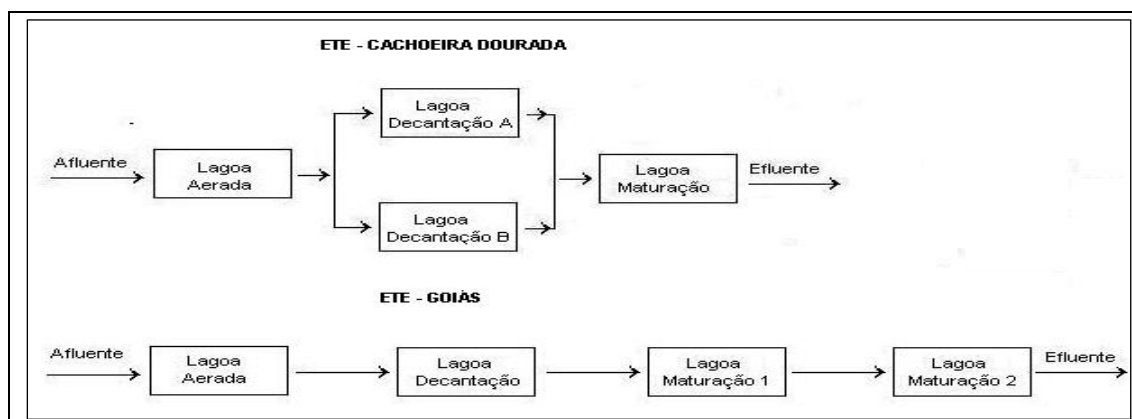


Figura 3 – Croquis das estações de tratamento que operam com lagoas aeradas.

Foram avaliadas as porcentagens da vazão operacional em relação à de projeto das estações em virtude de serem ETEs implantadas recentemente, como pode ser observado na Tabela 1. As vazões atuais se apresentaram muito abaixo das vazões projetadas.

Tabela 1 – Informações de projeto e operacionais.

ETEs	Início de operação/alcançe do projeto	Vazão de projeto (L/s)	Vazão de operação (L/s)	% da Vazão de operação em relação à de operação
Ap. do Rio Doce	2005/2018	7,18	3,6	50
Cachoeira Dourada	2005/2019	28,35	4,53	16
Goiás	2004/2020	49,64	6,99	14
Morrinhos	1991/2001	124,65	29,16	23

Todas as análises foram realizadas no Laboratório Central de Análise de Esgoto da SANEAGO (Saneamento Goiás S/A), de acordo com os procedimentos implementados no referido laboratório e recomendados pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA). Os parâmetros estatísticos foram calculados a partir dos dados técnicos disponibilizados pelo laboratório.

Para a análise estatística dos dados foram aplicadas às informações de posição e dispersão: média, máximo, mínimo e o desvio padrão. Na avaliação da relação entre as variáveis foi utilizada análise de correlação de Pearson aplicando a transformação logarítmica aos dados e para verificar a semelhança entre as estações de tratamento de esgoto doméstico, foi empregada a análise de agrupamento (KREBS, 1989 e SOUNIS, 1975). Para a execução das análises foram empregados os aplicativos Excel e SYSTAT (Wilkinson, 1990).

Os parâmetros foram calculados buscando-se efetuar uma comparação com os valores usuais de projetos encontrados na literatura por tipos de tratamento utilizado, conforme valores referentes, os quais são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Faixa de variação de referência por eficiência de remoção por classe de processo.

Processo	Remoção de DBO (%)	Remoção de SS (%)	Remoção de CTT (%)
Aerado	75-90	50-80	90-99,999
Australiano	70-85	50-80	90-99,999

Fonte: Von Sperling (1996).

Os parâmetros da literatura apresentam faixas amplas, recomendadas para projeto, em virtude da diversidade de características do afluente e das condições climáticas na região de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na dispersão dos dados apresentados na Tabela 3, o afluyente da ETE Cachoeira Dourada e Morrinhos apresentaram uma maior freqüência de ocorrência, na variabilidade da informação e dispersão nos resultados dos efluentes. Este comportamento sugere variações bruscas nas características físico-químicas e bacteriológicas do esgoto afluyente e efluente decorrente do período amostrado.

Os dados médios descritos na Tabela 3 para o pH demonstram um caráter ácido a neutro no afluyente e básico no efluente. Segundo valores típicos de DBO mencionados por Jordão & Pessoa (2005), os valores médios afluentes demonstram uma característica de esgoto forte ($> 200\text{mg/L}$) nas quatro estações de tratamento estudadas. Entretanto com base na concentração típica de esgotos domésticos, os sólidos totais e em suspensão no afluyente ficou caracterizado como médio (500 mg/L).

Tabela 3 – Dados de posição (máx – máximo; mín - mínimo; méd - média) e dispersão (DP - desvio padrão) dos parâmetros analisados.

CIDADES	PONTOS DE COLETA	PARÂM. ESTATÍSTICOS	PARÂMETROS ANALISADOS NAS LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO					
			DBO	DQO	CTT	OD	pH	SS
GOIÁS	AFLUENTE	MÁX	630	1.000	1,9E+09	NE	7,60	977
		MÉD	387	675	4,6E+07	NE	7,19	337
		MÍN	225	368	7,0E+06	NE	6,88	142
		DP	118	168	5,4E+08	NE	0,21	197
	EFLUENTE	MÁX	54	371	1,3E+04	14,8	10,34	560
		MÉD	30	227	1,4E+03	4,7	9,31	133
		MÍN	12	128	1,8E+02	2,2	7,92	68
		DP	11	65	4,1E+03	4,9	0,72	122
CACHOEIRA DOURADA	AFLUENTE	MÁX	480	1.284	1,6E+08	NE	7,15	1.439
		MÉD	273	556	5,0E+07	NE	6,86	440
		MÍN	120	203	2,3E+06	NE	6,39	127
		DP	122	297	4,7E+07	NE	0,21	380
	EFLUENTE	MÁX	87	851	3,5E+06	6,9	9,11	544
		MÉD	31	287	4,0E+05	4,4	8,08	269
		MÍN	12	102	1,3E+04	1,9	7,26	43
		DP	18	187	1,0E+06	1,7	0,54	154
MORRINHOS	AFLUENTE	MÁX	443	835	1,6E+09	NE	8,03	763
		MÉD	299	525	2,3E+08	NE	7,13	302
		MÍN	105	204	4,0E+06	NE	6,51	148
		DP	101	180	5,2E+08	NE	0,40	147
	EFLUENTE	MÁX	81	544	1,6E+05	11,4	9,49	373
		MÉD	38	241	5,1E+04	8,2	8,75	149
		MÍN	21	101	2,7E+02	3,4	7,66	79
		DP	21	137	7,0E+04	3,6	0,56	79
AP.RIO DOCE	AFLUENTE	MÁX	375	1.025	1,6E+08	NE	7,88	476
		MÉD	232	511	4,7E+07	NE	6,89	218
		MÍN	75	54	7,0E+06	NE	5,54	43
		DP	92	300	4,2E+07	NE	0,50	119
	EFLUENTE	MÁX	51	618	8,0E+05	17,8	9,39	168
		MÉD	26	229	1,3E+05	10,7	8,31	93
		MÍN	10	33	1,8E+03	3,6	6,62	12
		DP	12	200	2,5E+05	4,7	0,83	53

De acordo com a Figura 4, verificou-se que as ETE's demonstram boas remoções para DBO, coliformes termotolerantes e DQO, enquanto a remoção de SS foi inferior a 50% nas cidades de Cachoeira Dourada e Morrinhos.

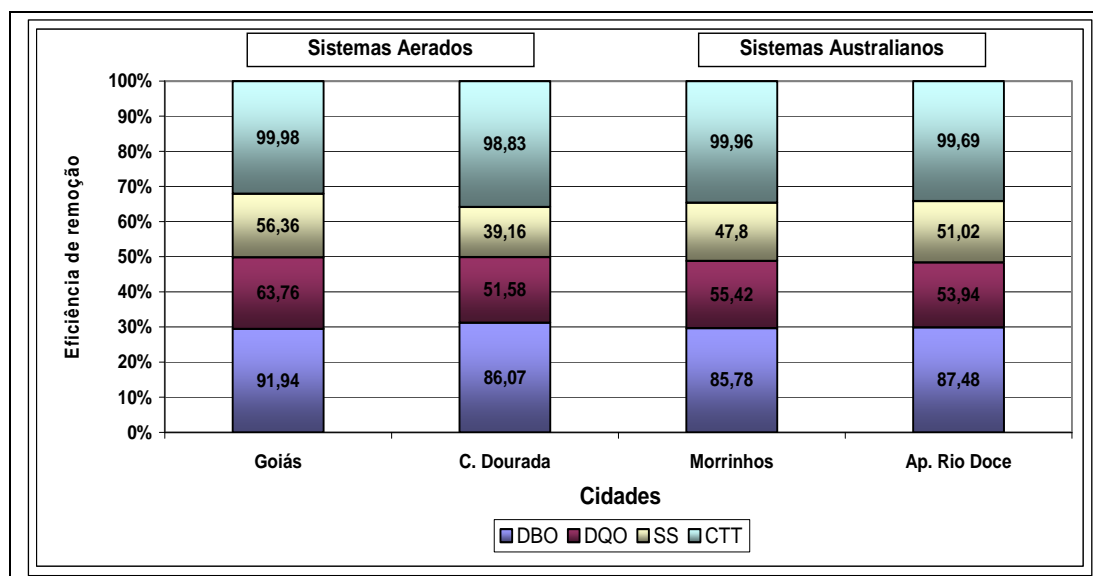


Figura 4 – Média da eficiência de remoção dos parâmetros analisados.

De acordo com a Figura 4, observou-se que as eficiências de remoção de DBO, CTT atenderam ao especificado na literatura. Enquanto que os valores de SS de todas as ETEs foram abaixo ou próximo ao limite inferior que pode ser observado na Tabela 2, podendo ser em virtude do alto tempo de detenção das estações, contribuindo com o crescimento da quantidade de algas nas lagoas.

Conforme os coeficientes em **negrito** da Tabela 4 foram verificados que houve uma associação acentuada, significativa ($p < 0,05$) e direta, entre DBO e DQO e inversa com oxigênio dissolvido (OD). Este resultado sugere que a associação verificada com estes dados, não foi simplesmente ao acaso, ou seja, elevações da DBO e DQO proporcionam reduções nos níveis de oxigênio em decorrência do aumento da matéria orgânica. Os sólidos suspensos correlacionaram positivamente, demonstrando a contribuição de material orgânico na composição destes parâmetros.

Nos demais parâmetros analisados (sublinhado e em *itálico*), a associação foi acentuada, contudo, não foi significativa, sugerindo que os eventos foram simplesmente ao acaso, não havendo nenhum fator modificador no meio, que pudesse favorecer as associações detectadas pelas análises estatísticas.

Tabela 4 – Coeficiente de correlação Pearson (em **negrito valores com $p < 0,05$) com base nas variáveis analisadas.**

	DBO	DQO	CTT	OD	pH	SS	TAM
DBO	1						
DQO	0,963	1					
CTT	0,765	0,825	1				
OD	-0,969	-0,951	<u>-0,778</u>	1			
pH	<u>-0,888</u>	<u>-0,896</u>	<u>-0,922</u>	<u>0,878</u>	1		
SS	<u>0,698</u>	<u>0,784</u>	<u>0,812</u>	<u>-0,751</u>	<u>-0,879</u>	1	
TAM	0,098	-0,043	-0,006	0,046	-0,12	-0,382	1

A análise de correlação mede o grau de associação entre variáveis oscilando entre os limites de +1 a -1, quando positiva demonstra uma relação direta em que o aumento de uma esta associado ao aumento da outra, mas não necessariamente indicando dependência entre elas. Quando negativa a relação é inversa. Dentro dos limites de 0 a 1 há uma gama de valores que expressão os diferentes graus de associação assim, como termo de comparação a fim de aquilatar se os valores de “r” é alto ou baixo adotaremos a Tabela 5 de Rugg (SOUNIS, 1975).



Tabela 5 – Valor do coeficiente de correlação de Pearson e seu respectivo conceito.

Valor do coeficiente de correlação Pearson	Conceito
$r < 0,15$	Desprezível
$0,15 < r < 0,29$	Baixo
$0,30 < r < 0,49$	Apreciável
$r > 0,50$	Acentuado
1	Perfeito

A Figura 4 apresenta um dendograma de dissimilaridade com base nos dados analisados no afluente e efluente das estações de tratamento de esgoto estudadas.

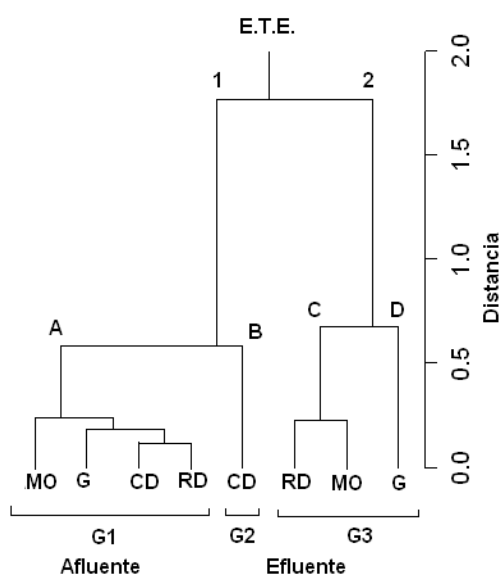


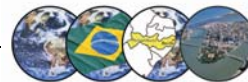
Figura 4 – Dendograma de dissimilaridade (G - Goiás; MO - Morrinhos; CD – Cachoeira Dourada e RD - Aparecida do Rio Doce) no período estudado. Grupos 1 e 2; sub-grupo- A,B,C e D; conjuntos- G1,G2 e G3.

A análise de agrupamento apresentada na Figura 4, reuniu conforme critério utilizado para classificação, os objetos (ETE) segundo características empregadas, cuja escala de não semelhança para estes dados varia de 2,0 a 0,0 (do maior 2,0 grau de não semelhança para o menor 0,0) reunindo os objetos em dois grandes grupos distintos, a saber, 1 e 2 sendo subdivididos em A e B, C e D, respectivamente. Caracterizando em 3 conjuntos G1, constituído pelos afluentes das ETE, com elevados valores das características analisadas, apresentando elevada semelhança entre os afluentes estudados. O G2 foi o mais atípico não enquadrando nas características dos outros dois conjuntos, apesar de ser o efluente da ETE Cachoeira Dourada (CD). G3 foi caracterizado pelas baixas concentrações esperadas no efluente tratado das ETE.

A análise estatística de classificação demonstrou que as características do esgoto afluente apresentaram-se distintas em relação ao efluente exceto o efluente tratado da ETE Cachoeira Dourada, que apresentou características mais próximas ao do afluente das ETEs.

CONCLUSÕES

O afluente e efluente da ETE Cachoeira Dourada e Morrinhos, apresentaram maior variabilidade das características do esgoto;



As ETEs demonstraram boas remoções para DBO, DQO e coliformes termotolerantes, porém, não ocorreu o mesmo para sólidos suspensos, podendo ser em virtude das baixas vazões das estações em relação ao projetado;

Associação acentuada, significativa, direta, entre DBO, DQO e inversa com oxigênio dissolvido (OD);

A análise agrupamento demonstrou que as características do esgoto afluente apresentaram-se distintas do efluente exceto para o efluente tratado da ETE Cachoeira Dourada;

As ferramentas estatísticas podem auxiliar na avaliação e busca de desempenho dos diferentes tipos de estações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. JORDÃO, E. Pacheco; PESSÔA C. Arruda. Tratamento de Esgotos Domésticos. 4ª Edição. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.
2. KREBS, C.J. Ecological Methodology. New York: Harper & Row, 1989.
3. SOUNIS, E. Bioestatística: princípios fundamentais, metodologia estatística, aplicação às ciências biológicas. São Paulo. McGraw-Hill, 1975.
4. VON SPERLING, M. Princípios básicos do tratamento de esgotos. Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.
5. WILKINSON, L. SYSTAT The system for statistic. Evanston, IL: SYSTAT, 1990.