



II-322 - MATRIZ DE SELEÇÃO DE PROCESSOS PARA SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO PARA O ESTADO DE GOIÁS, BRASIL

Gustavo Papini Gomes de Sousa⁽¹⁾

Tecnólogo em Gestão Ambiental pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás (CEFET-GO). Especialista em tratamento e disposição final de resíduos sólido e líquido pela Universidade Federal de Goiás (EEC/UFG).

Eraldo Henriques de Carvalho

Engenheiro Civil. Doutor em Engenharia Civil na área de Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP). Professor adjunto da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás (EEC/UFG), na área de Hidráulica e Saneamento, e coordenador do curso de especialização em Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólido e Líquido da EEC/UFG.

Endereço⁽¹⁾: Rua J82, quadra 152A Lote 13, Setor Jaó - Goiânia-GO, Brasil - CEP: 74674-440 - Tel: (62) 3207-1219 - E-mail: gpapinig@hotmail.com.

RESUMO

O trabalho em questão busca elaborar uma matriz para a seleção de processos de tratamento de esgoto sanitário para Goiás utilizando a área *per capita* das concepções mais utilizadas no estado e suas respectivas eficiências. O primeiro passo da pesquisa foi identificar as ETEs goianas em operação e os tipos de processos implantados junto à empresa de Saneamento de Goiás (SANEAGO). Depois, foram levantadas as populações atendidas e as áreas demandadas a partir dos projetos e de documentos fornecidos por funcionários da empresa. Em posse destas informações, obteve-se as eficiências das ETEs e a partir daí foi construída a matriz de seleção de processos. Obteve-se, deste modo, 37 ETEs com dados suficientes para incorporarem à pesquisa, ocorrendo 14 tipos diferentes de concepções de tratamento. Houve o predomínio das lagoas de estabilização, principalmente as formadas por Lagoas Anaeróbias seguidas por Facultativas e de Maturação, correspondendo a 15 % do total. Todos os sistemas formados por reator UASB seguido de Lagoa Facultativa, tal como por Lagoa Anaeróbia seguida de Lagoa Facultativa e de Maturação, apresentaram as eficiências acima previsto legislação atual. Conforme o que ocorre na literatura o sistema composto por Lagoa Anaeróbia, Lagoa Facultativa e por Lagoa de Maturação, simultaneamente, é o que possui maior área *per capita*. Com isso, as informações apresentadas neste trabalho fornecem uma visão geral aos projetistas das exigências de áreas e respostas esperadas para a implantação de cada um dos tipos de sistemas mais difundidos em Goiás, possibilitando a seleção de futuras concepções e com isso, o desenvolvimento do saneamento básico no Estado de Goiás.

PALAVRAS-CHAVE: Área per capita, eficiências, Goiás, seleção de processos, tratamento de esgoto.

INTRODUÇÃO

O saneamento básico é um dos vários aspectos que ainda não são priorizados como fundamentais para o desenvolvimento do Brasil. A falta de recursos e de uma atenção mais incisiva do poder público reflete na fragilidade dos serviços oferecidos, sendo ainda mais notória no que diz respeito ao tratamento de esgoto sanitário.

Em 2000, somente 52,2% dos municípios do país recebiam serviço de esgotamento sanitário, porém, apenas 33,6 % deste total realizavam algum tipo de tratamento ao esgoto produzido (IBGE, 2002). No Estado de Goiás esta realidade não é diferente. Segundo a SEPLAN e SEPIN (2005) 33% da população do estado possuem rede coletora de esgoto.

Percebe-se que grande parte da população ainda não é contemplada com este benefício e que o esgoto gerado nas cidades, portanto, não é devidamente gerenciado. Assim, pode-se presumir que a ocorrência de contaminação de aquíferos e de corpos hídricos é bastante comum, devido à disposição inadequada no solo e ao lançamento *in natura*. Este tipo de atitude acarreta sérios impactos negativos, principalmente, à saúde e ao meio ambiente.



Contrapondo-se a esta situação de degradação da qualidade ambiental dos corpos hídricos surgem as estações de tratamento de esgoto (ETEs). Estes sistemas são projetados para reduzir o impacto ambiental provocado pelo lançamento de poluentes de origem antrópica nos mananciais e sua concepção deve estar atenta às circunstâncias nas quais cada comunidade está inserida. Desta maneira, o grau de tratamento e as operações e os processos que o constituem precisam atender aos anseios dos cidadãos, bem como às exigências ambientais, de saúde pública, legais, estéticas, econômicas e tecnológicas (JORDÃO; PESSÔA, 2005).

Estas diversas variáveis precisam ser analisadas antes da seleção do processo de tratamento para que as necessidades sejam atendidas de forma equilibrada. Contudo, de acordo com o quadro em que o saneamento está inserido no Brasil e no Estado de Goiás, e com o anseio cada vez mais forte da população em ter um meio ambiente sadio e equilibrado, o custo e a eficiência são fatores que devem ser observados atentamente na hora desta decisão.

Jordão e Pessôa (2005) afirmam que o custo de implantação de uma ETE depende diretamente do tipo de processo empregado e do grau de tratamento necessário, bem como de aspectos geográficos e topográficos. Estes últimos itens podem representar um percentual elevado do custo total da obra, principalmente no que diz respeito à fundação e aterro do terreno. Com isto, sabendo que a área de uma ETE varia de acordo com os processos que a compõe, a análise da demanda de área se torna indispensável para seleção da concepção de tratamento.

Já a eficiência do tratamento reflete diretamente na qualidade do corpo hídrico que recebe o efluente da estação de tratamento de esgoto. A eficiência de uma ETE varia de acordo com os processos que são empregados, com o grau de tratamento utilizado e com a operação do sistema.

Portanto, a divulgação das áreas exigidas e da eficiência alcançada pelos diversos tipos de tratamento de efluentes experimentados por Goiás serve como suporte para a tomada de decisões para a construção de novas ETEs já que possibilita a comparação entre os processos, e ainda pode viabilizar a realização de novos estudos acadêmicos, auxiliando no desenvolvimento do saneamento básico do estado.

Desta forma, o presente trabalho consiste no levantamento de informações relativas às estações de tratamento de águas residuárias operantes em Goiás tais como área, população atendida pela ETE e eficiência com o intuito de elaborar uma matriz de seleção de processos para o tratamento de esgoto sanitário do Estado de Goiás.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia desta pesquisa foi dividida em três etapas com o intuito de estabelecer uma ordem cronológica na obtenção das informações para a execução do trabalho. As fases da pesquisa estão delimitadas nos subitens a seguir, correspondendo a: identificação dos processos em operação em Goiás, verificação dos requisitos de área *per capita* e a construção da matriz de seleção.

Identificação dos processos

Nesta etapa buscou-se encontrar o número de ETEs operando no Estado de Goiás, bem como a concepção adotada. A fonte principal destas de informações foi a empresa de Saneamento de Goiás (SANEAGO), já que esta possui o maior número de concessões para atuar, aglutinando, assim, uma quantidade suficiente de informações para formar um banco de dados.

Portanto, em um primeiro momento foram obtidos junto à Superintendência de Serviços do Interior (SUSEI) o número de ETEs operando no interior do estado e as concepções adotadas na maioria delas. Já os sistemas presentes na Região Metropolitana de Goiânia foram levantados a partir das informações cedidas pela Superintendência Metropolitana de Serviços e Negócios (SUMEN).

Verificação dos requisitos de área *per capita* e da eficiência dos processos

A população atendível por cada sistema implantado e a área formada pela lâmina d'água das suas respectivas unidades de tratamento foram alcançadas através de uma consulta ao material confeccionado por funcionários da SUSEI, os quais analisaram previamente os projetos executivos das estações que estão operando em Goiás.



Este documento detalha os processos implantados para cada sistema, as populações atendidas, as áreas de espelho, volume das unidades e etc. Do mesmo material, retiraram-se as áreas formadas pelo espelho d'água das unidades de tratamento de cada ETE, ou seja, as áreas destinadas para urbanização e construções prediais não foram computadas, diferentemente do apresentado pela literatura que utiliza a área total. Estes valores foram checados nos projetos executivos com o intuito de se verificar a necessidade de atualizações ou de divergências. Aquelas que apresentaram informações contraditórias entre os dois materiais consultados foram excluídas por precaução. Com isso, os dados que permaneceram coerentes puderam ser utilizados no cálculo da área *per capita* dos sistemas.

Já as eficiências dos processos foram fornecidas pela SANEAGO e são referentes às medias mensais obtidas ao longo do ano de 2007. Permaneceram no trabalho apenas as ETEs que tiveram no mínimo seis médias mensais neste ano. Optou-se por esta estratégia para manter um número considerável de ETEs na pesquisa, e ainda, obter uma média da eficiência considerável. Obviamente o ideal seria utilizar as médias mensais de todos os meses do ano para homogeneizar as informações e verificar o andamento da remoção da DBO nas diferentes estações do ano, fato este que não foi possível devido à ausência de algumas eficiências mensais no material fornecido pela SANEAGO.

Construção da matriz de seleção

Neste momento todas as informações coletadas foram organizadas em tabelas e gráficos para depois se constituir a matriz de seleção de processos. Iniciou-se esta etapa agrupando em uma tabela as ETEs por tipo de sistema implantado, dando assim o número total de estações abordadas pelo trabalho e identificando as concepções mais adotadas no estado.

Depois, todas as áreas *per capita* e as eficiências das estações foram expostas em uma tabela que mostra os seus valores máximos e mínimos para cada sistema. A partir destes resultados, foram construídos dois gráficos, sendo um referente à área *per capita* e outro à eficiência, para as concepções que apresentaram três ou mais ETEs como representantes. Os gráficos do tipo “Box and Whisker” mostram a distribuição dos valores apresentados por cada unidade implantada no estado, estabelecendo assim os máximos, os mínimos, as medianas, os percentis 25% e 75%. O passo seguinte é a criação da matriz de seleção cujos componentes são: área *per capita*, eficiência de remoção de DBO e concepção de tratamento.

Na matriz, as colunas irão representar a área *per capita* das distintas concepções. Cada uma das colunas corresponderá a um intervalo estreito de valores de modo a enquadrar cada sistema no seu respectivo intervalo de área, permitindo a visualização da discrepância da demanda de área exigida entre os principais processos identificados em Goiás. Os valores da área *per capita* aumentarão da esquerda para a direita, ou seja, quanto mais à direita maior a área necessária para se implantar o sistema.

Optou-se por utilizar na matriz os valores dos percentis 90% e 10%, respectivamente, como os máximos e mínimos tanto para a área *per capita* quanto para eficiência visando excluir os valores extremos que poderiam distorcer as informações.

RESULTADOS

Encontrou-se na pesquisa 57 ETEs em operação atualmente no Estado de Goiás sob o controle da SANEAGO que estão distribuídas em 51 cidades. A Região Metropolitana de Goiânia apresenta 10 ETEs, 18 % do total, espalhadas por 6 cidades, já o interior goiano possui 47 estações, 82 % do total, contemplando 45 cidades.

Porém uma parte significativa deste total não pode ser utilizada no trabalho devido à ausência de dados para se estabelecer a área *per capita* demandada e/ou a eficiência na remoção da DBO. A ausência de qualquer um destes dois itens foi definitiva para a exclusão das estações do universo usado no trabalho. Deste modo, 37 ETEs, ou seja, 65% das que foram encontradas, distribuídas em 25 cidades foram utilizadas conforme visualizado na tabela 1, que expõe ainda os tipos e a quantidade de concepções utilizadas.



Tabela 1 – Concepções e número de Etes em operação em Goiás

TIPO DE TRATAMENTO	Nº DE CONCEPÇÕES	Nº DE ETES
L. Anaeróbia, L. Facultativa e L. Maturação	1	13
L. Facultativa e L. Maturação	2	7
UASB e L. Facultativa	3	3
UASB e L. Maturação	4	2
L. Anaeróbia e L. Facultativa	5	2
L. Aerada, L. Decantação e L. Maturação	6	2
L. Facultativa Aerada	7	1
L. Anaeróbia, L. Aerada e L. Decantação	8	1
L. Aerada e L. Decantação	9	1
Lodo Ativado de Aeração Prolongada	10	1
UASB	11	1
L. Anaeróbia	12	1
L. Facultativa	13	1
L. Anaeróbia, L. Facultativa Aerada e L. Maturação	14	1
Total	14	37

Fonte: Saneamento de Goiás (SANEAGO)

Após se identificar os tipos de sistemas que estão operando no estado e a sua quantidade, foram encontradas as áreas formadas pela lamina d'água das unidades de tratamento de cada estação, incluído o tratamento do lodo, e suas respectivas eficiências médias. Este levantamento de dados permitiu a realização da tabela abaixo, sendo que para os sistemas que apresentaram mais de um representante foram relacionados os valores mínimos e máximos encontrados. Cabe ressaltar que a existência ou não de adversidades operacionais na ETEs e as conseqüentes reduções nos percentuais de remoção de DBO não foram consideradas na pesquisa.

Tabela 2 – Área per capita e eficiência das Etes goianas

Nº	TIPO DE TRATAMENTO	ÁREA (m²/HAB)		EFICIÊNCIA(%)		Nº DE ETES
		MÍN.	MÁX.	MÍN.	MÁX.	
1	L. Anaeróbia, L. Facultativa e L. Maturação	1.19	3.80	81.29	93.25	13
2	L. Facultativa e L. Maturação	1.75	3.10	77.13	94.68	7
3	UASB e L. Facultativa	0.39	0.78	87.30	88.95	3
4	UASB e L. Maturação	0.99	1.57	76.35	94.18	2
5	L. Anaeróbia e L. Facultativa	1.31	1.47	79.50	83.15	2
6	L. Aerada, L. Decantação e L. Maturação	2.16	3.90	89.17	91.62	2
7	L. Facultativa Aerada	0.87		76.00		1
8	L. Anaeróbia, L. Aerada e L. Decantação	0.55		84.40		1
9	L. Aerada e L. Decantação	0.39		72.40		1
10	Lodo Ativado de Aeração prolongada	0.14		84.20		1
11	UASB	0.31		76.83		1
12	L. Anaeróbia	0.44		77.80		1
13	L. Facultativa	3.43		76.79		1
14	L. Anaeróbia, L. Facultativa Aerada e L. Maturação	0.79		92.30		1
Total		-		-		37

Fonte: Saneamento de Goiás (SANEAGO)



Para os sistemas com três ou mais representantes, Lagoa Anaeróbia seguida por Lagoa Facultativa e de Maturação (LA + LF + LM), Lagoa Facultativa acompanhada por Lagoa de Maturação (LF + LM) e Reator Uasb seguido de Lagoa Facultativa (UASB + LF), construiu-se um gráfico que mostra as suas respectivas faixas de variação da área per capita (Figura 1).

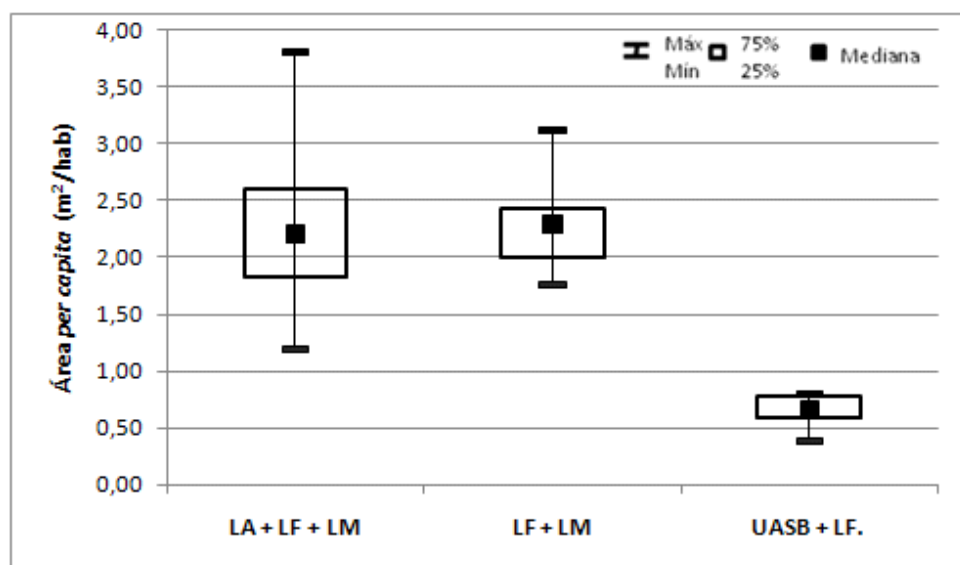


Figura 1 – Área per capita dos principais sistemas encontrados em Goiás

A Figura 2 trás um gráfico semelhante ao anterior, porém apresentando os valores obtidos para as eficiências das principais concepções encontradas em Goiás.

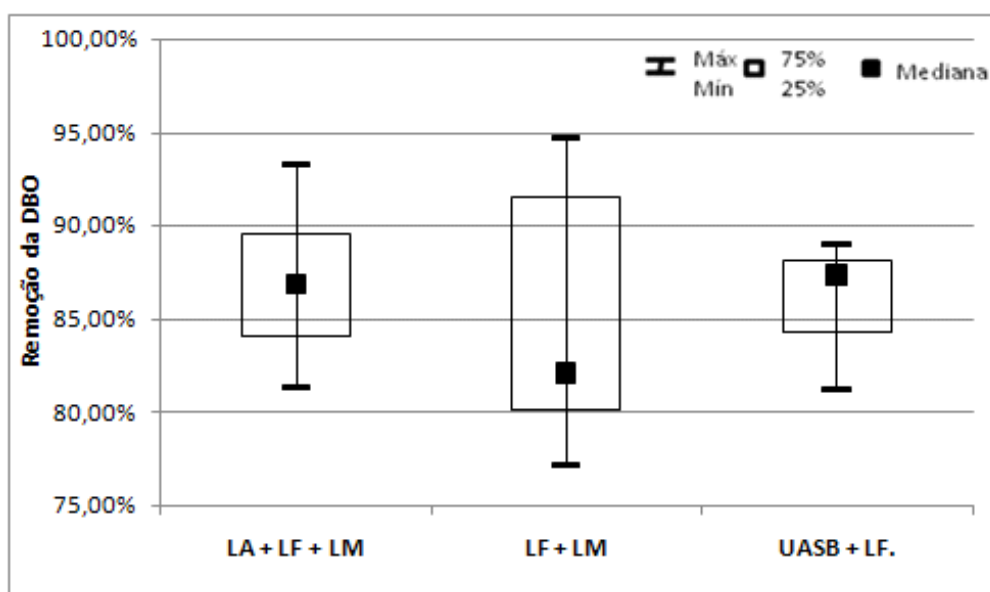


Figura 2 – Eficiências dos principais sistemas encontrados em Goiás

Por fim, foi construída a matriz de seleção de processos de tratamento de esgoto para o Estado de Goiás. São dispostas na matriz todas as concepções sendo que seis são representadas por mais de uma ETE e as demais por apenas um sistema, que no caso são representados por pontos na matriz, conforme a figura 3 que segue adiante.

Para os sistemas que possuíssem mais de dois representantes o valor máximo foi representado pelo percentil 90% e o mínimo pelo percentil 10%. Para as concepções com apenas dois valores foram traçados polígonos pontilhados que abrangem suas respectivas eficiências e áreas *per capita* para diferenciá-los.

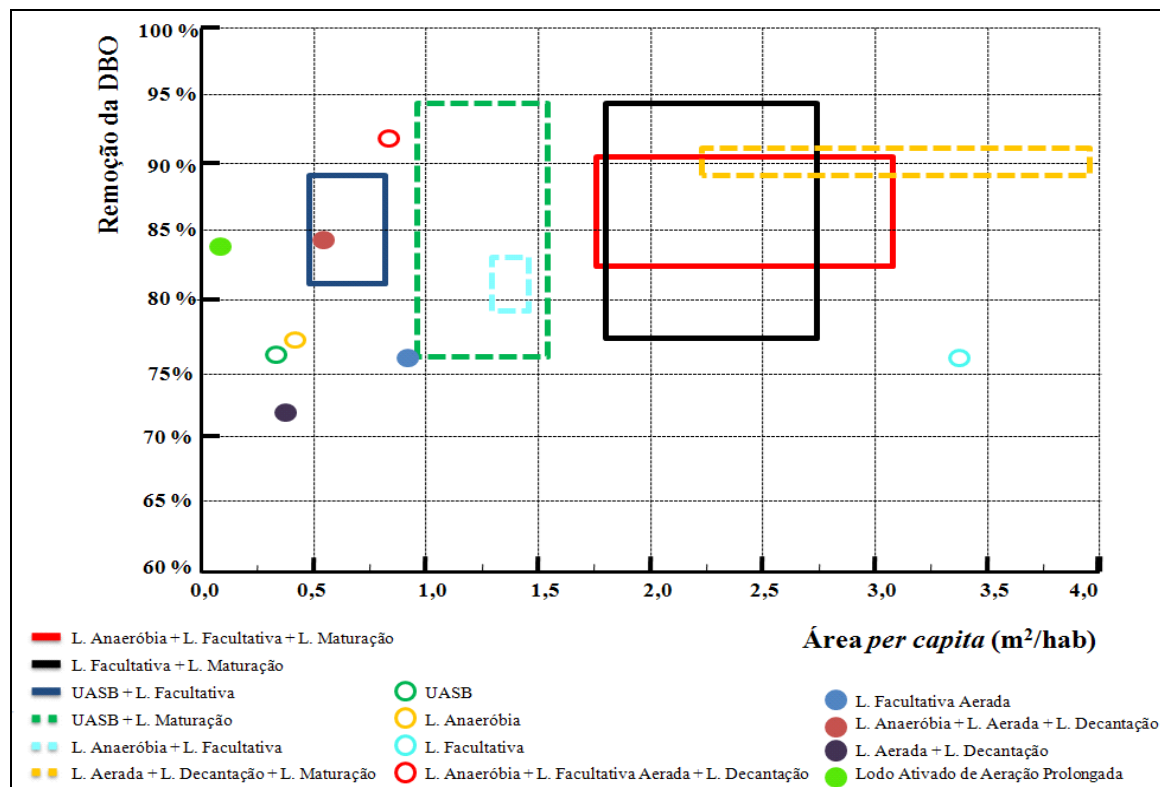


Figura 3 – Matriz de seleção de processos de tratamento de esgoto para Goiás

CONCLUSÕES

Nota-se que o uso de Lagoas Anaeróbias seguidas por Lagoas Facultativa e de Maturação se destaca no Estado de Goiás, já que das 37 ETEs analisadas, 13 utilizam este sistema, isto é, cerca de 35%. Outra concepção que se sobressai em Goiás é composta por Lagoa Facultativa e Lagoa de Maturação que corresponde a 19% do total apurado. Percebe-se também uma grande diversidade de concepções implantadas, 14 no total.

Os dois sistemas que apresentaram maior eficiência foram: reator UASB seguido de Lagoa de Maturação e Lagoa Facultativa seguida por Lagoa de Maturação. Estes resultados de eficiências, assim como outros, se encontraram fora da faixa apresentada pela literatura o que pode ser reflexo das condições de operação e do próprio projeto, fato este que pode vir a ser analisado em estudos posteriores. Todas as ETEs estudadas formadas por reator UASB seguido de Lagoa Facultativa, tal como por Lagoa Anaeróbia seguida de Lagoa Facultativa e de Maturação, e por Lagoa Aerada sucedida por Lagoa de Decantação e de Maturação, possuem as eficiências acima do que estabelece a legislação vigente, porém o primeiro sistema citado é o que apresenta menor demanda de área.

Avaliando os resultados da área per capita da matriz de seleção percebe-se que o sistema formado por Lagoa Aerada, Lagoas de Decantação e Lagoa de Maturação assume um intervalo muito amplo de valores alcançado a maior área per capita, porém, a ausência de mais sistemas semelhantes em Goiás não possibilitou a verificação da consistência desta informação restando, portanto, apenas o caráter ilustrativo. No entanto, a concepção formada por Lagoa Anaeróbia, Lagoa Facultativa e por Lagoa de Maturação, conforme o que ocorre na literatura é o que exige maior área.

Por fim, é necessário lembrar a importância de se divulgar as realidades ocorridas nas Estações de Tratamento de Esgoto goianas para que os processos possam ser melhorados a partir de uma análise crítica do que já foi implantado. Portanto, seria oportuno buscar novas informações em trabalhos futuros como o custo per capita ou até mesmo o custo por volume de esgoto tratado para a realidade goiana auxiliando, assim, na seleção de concepções futuras de tratamento e no conseqüente desenvolvimento do saneamento de Goiás e do Brasil resultando, desta forma, na melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRAGA, B. et al. Introdução a Engenharia Ambiental. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
2. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n° 357, de 17 de março de 2005. Brasil, 2005. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 20 de set. de 2007.
3. CAMPOS, J.R. (coordenador) Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: PROSAB/FINEP, 1999.
4. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/pnsb.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2007.
5. JORDÃO, E.P.; PESSÔA, C.A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 4 ed. Rio de Janeiro, 2005. 932 p.
6. METCALF & EDDY, Inc. Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse. 3rd ed. New York: McGraw-Hill Publishing Company, 1991. 1334 p.
7. SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DE GOIÁS - SEPLAN; SUPERINTENDÊNCIA DE ESTATÍSTICA, PESQUISA E INFORMAÇÃO - SEPIN. Goiás em dados 2005. Goiânia: SEPLAN, 2005. 116 p. Disponível em: <<http://portalsepin.seplan.go.gov.br/down/GoDados2005.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2007.
8. SPERLING, M. V. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005. 452 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; v. 1.)
9. SPERLING, M.V.; OLIVEIRA, S.M.A.C. Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte I – Análise de desempenho. Belo Horizonte, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v10n4/a11v10n4.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2007.