


Desempenho operacional de lagoas de estabilização do estado de Goiás, Brasil

Susane Campos Mota Angelim, SANEAGO

Eraldo Henriques de Carvalho, UFG

Introdução

Lagoas de estabilização: sistemas amplamente utilizados no Brasil e em Goiás



- Simplicidade e baixo custo de implantação e operação
- Satisfatória eficiência de remoção de matéria orgânica
- Condições climáticas favoráveis

Viabilidade do uso (pequenas cidades)

- a) escassez de recursos financeiros;
- b) ausência de mão-de-obra especializada;
- c) disponibilidade de área.

Introdução

Panorama do estado de Goiás

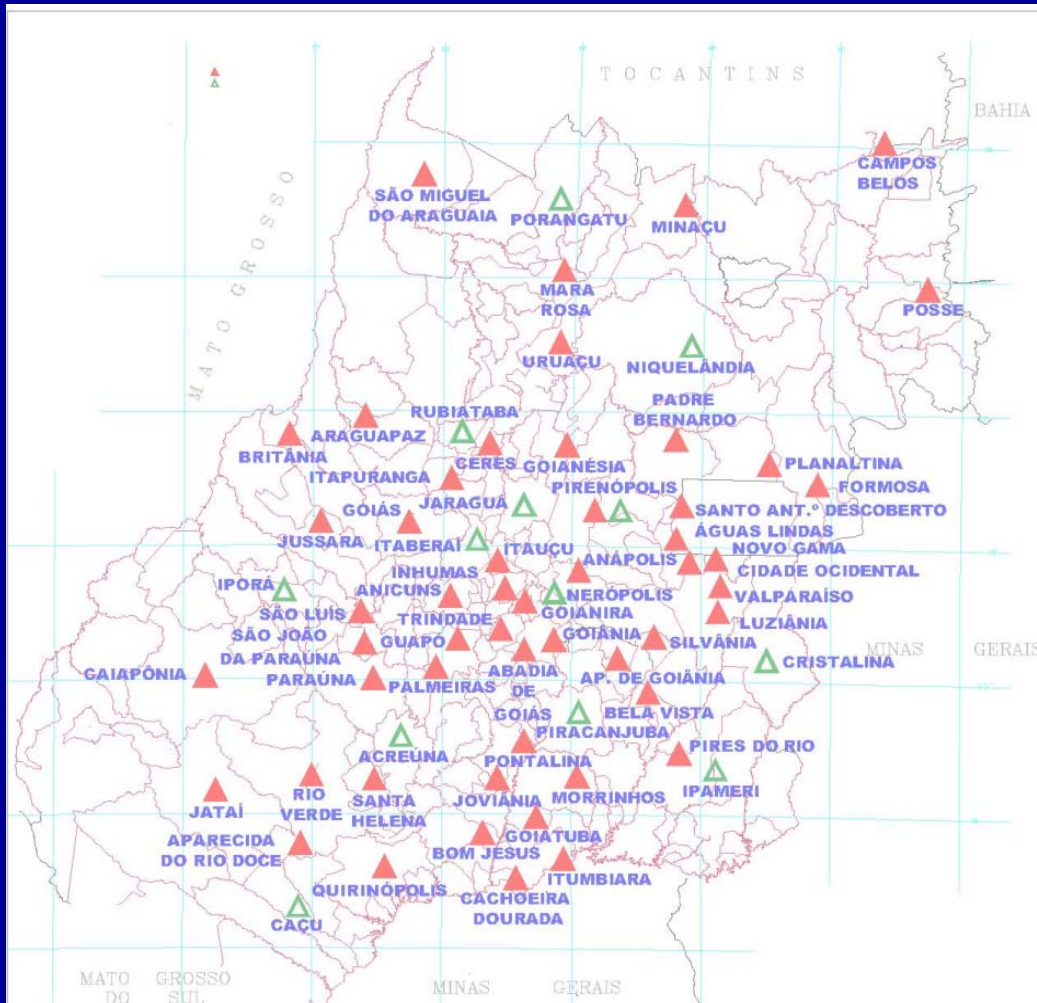


Saneamento de Goiás S/A (SANEAGO):

- ✓ Serviços de água e esgoto
- ✓ 223 dos 246 municípios goianos (91%)
- ✓ 94% dos municípios atendidos com população até 50.000 habitantes

Introdução

Panorama do estado de Goiás



▲ ETE em operação
▲ ETE em obra

Introdução

Panorama do estado de Goiás

44 ETE's operadas pela SANEAGO:

70% unicamente lagoas de estabilização

20% outros processos conjugados com lagoas de estabilização

Introdução

Importância da avaliação operacional

- Controle do desempenho
- Obtenção de parâmetros operacionais representativos para o estado obtidos em escala real
- Definição de parâmetros de projeto regionalizados



Otimização da concepção e operação dos sistemas de tratamento

Objetivo

Avaliar o desempenho operacional das lagoas de estabilização de quatro ETE's do estado de Goiás (*Anápolis, Aruanã, Cruzeiro do Sul e Parque Atheneu*), enfocando-se os principais parâmetros de projeto, de modo a balizar as referências atualmente utilizadas na região.

Metodologia

Resultados de Angelim (2005) - monografia de especialização, UFG

- **ETE's estudadas:**
Anápolis, Aruanã, Cruzeiro do Sul e Parque Atheneu
- **Tipo de resíduo:**
esgoto predominantemente doméstico
- **Período de estudo: 2000 a 2001**

Metodologia

- **Medições horárias da vazão afluente**
(Anápolis: 00:00 - 24:00; Demais: 8:00 - 18:00)
- **Análises da DBO dos esgotos mensais**
(média: 3 análises /mês)
- **Amostras de esgoto:**
tipo composta, exceto Anápolis (simples)
- **Metodologia padronizada**
(Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1998)

Metodologia

Parâmetros operacionais avaliados

- **Vazão**
- **DBO**
- **Tempo de detenção hidráulica (TDH)**
- **Taxa de aplicação superficial (TAS)**
- **Taxa de aplicação volumétrica (TAV)**
- **Eficiência de remoção de DBO (E_{DBO})**

Características das ETE's do estudo

ETE Anápolis

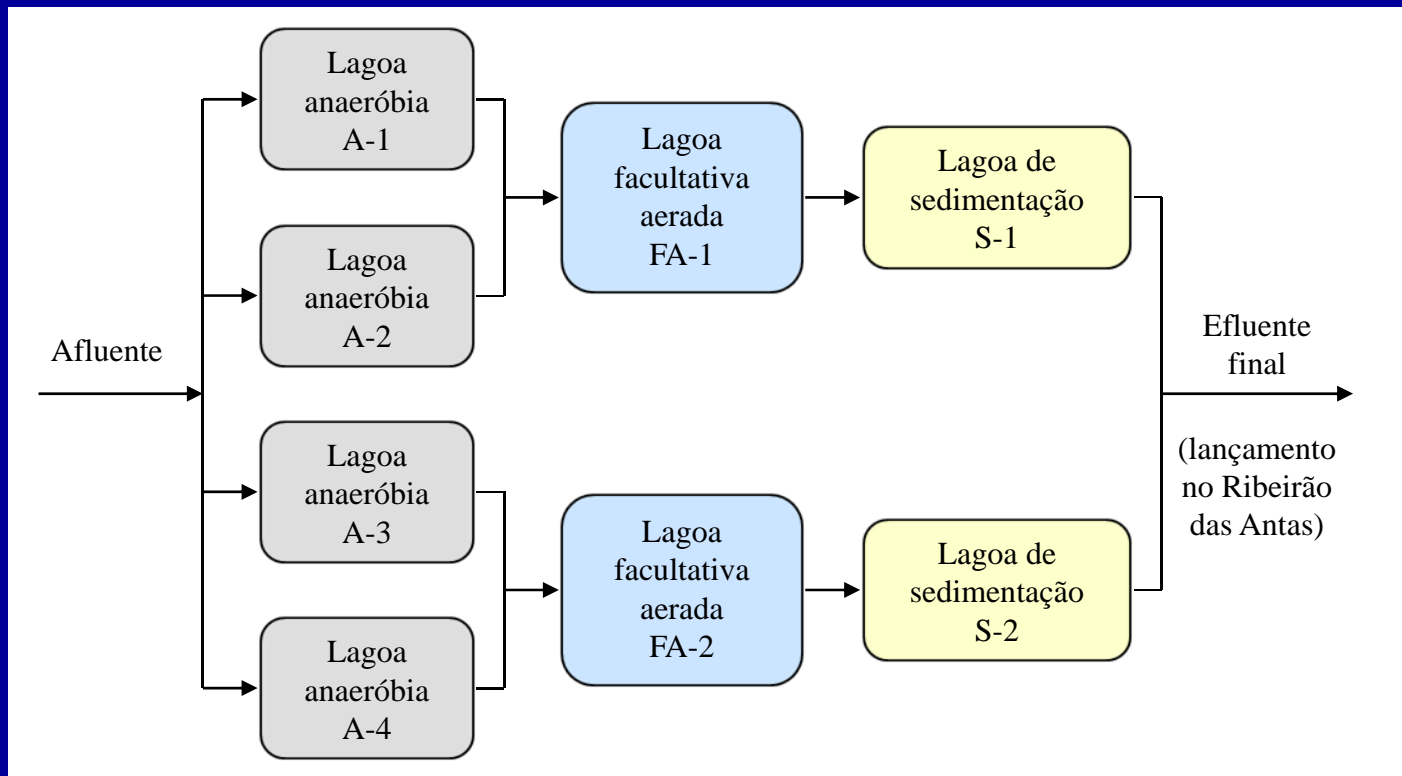
Cidade: Anápolis

Início de operação: 1988

Pop. Atual ~ 327.000 hab

Atend. Atual = 47%

$Q = 321 \text{ l/s}$



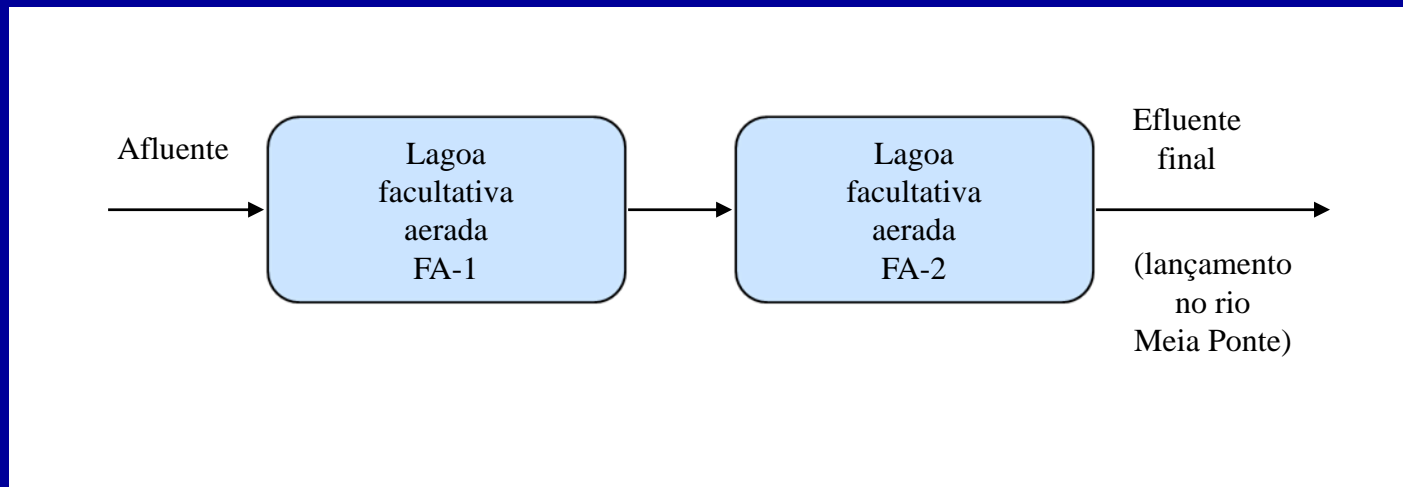
Características das ETE's do estudo

ETE Aruanã

Cidade: Goiânia
Início de operação: 1989

Pop. Atual ~ 1.300.000 hab
Atend. Atual = 1,5%

$$Q = 33 \text{ l/s}$$



Características das ETE's do estudo

ETE Cruzeiro do Sul

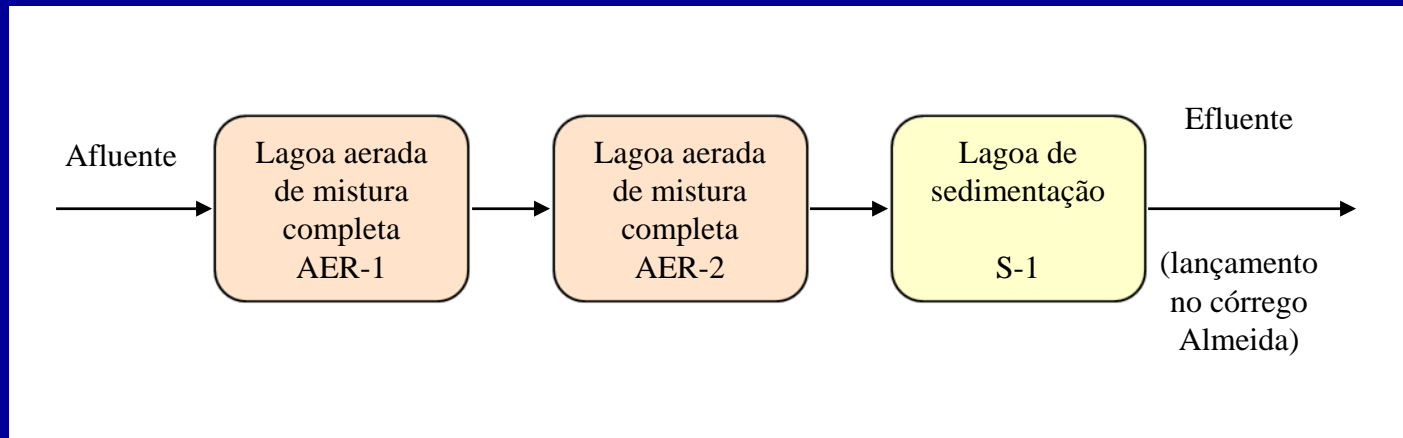
Cidade: Aparecida de Goiânia

Início de operação: 1988

Pop. Atual ~ 515.000 hab

Atend. atual = 7%

$$Q = 47 \text{ l/s}$$



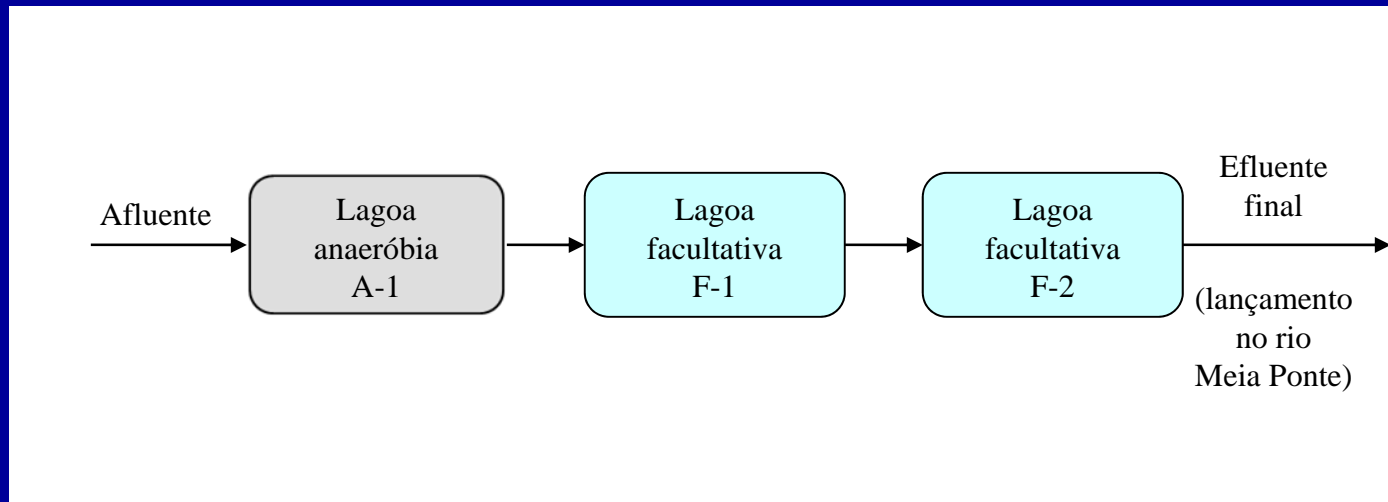
Características das ETE's do estudo

ETE Parque Atheneu

Cidade: Goiânia
Início de operação: 1984

Pop. Atual ~ 1.300.000 hab
Atend. Atual = 3%

$$Q = 68 \text{ l/s}$$



Resultados



ETE	Vazão afl. (l/s)	DBOafl (mg/l)	Lagoa	Prof. til (m)	Pot. unitária (W/m ³)	TDH (d)	TAS (kgDBO/ha.d)	TAV (kgDBO/m ³ .d)	DBOefl (mg/l)	E _{DBO} (%)	E _{DBO} acum. (%)
Anápolis ⁽¹⁾	320.8	331	A-1/2/3/4	4.0	-	6.6	1689.1	0.051	163	50.6	50.6
			FA-1/2	3.0	0.49-0.99	6.5	-	-	84	48.9	74.6
			S-1/2	3.5	-	7.7	-	-	33	55.4	89.9
Aruanã ⁽¹⁾	34.5	476	FA-1	3.5	1.83	4.1	-	-	107	76.5	76.5
	31.4	461				4.5	-	-	83	79.5	79.5
			FA-2	3.5	0.50	4.9	-	-	57	40.4	87.4
						5.4	-	-	76	28.0	85.2
Cruzeiro do Sul ⁽²⁾	49.0	447	AER-1	3.8	4.11	2.5	-	-	142	67.7	67.7
	44.1	549				2.8	-	-	194	62.5	62.5
			AER-2	2.8	4.77	1.5	-	-	85	39.2	80.4
						1.6	-	-	107	51.8	76.2
			S-1	2.8	-	1.2	-	-	65	24.6	85.1
		1.4				-	-	71	25.1	84.9	
Parque Atheneu ⁽²⁾	69.1	293	A-1	3.5	-	7.1	1215.4	0.041	86	70.3	70.3
	66.6	328				7.4	1270.1	0.043	97	65.4	65.4
			F-1	2.94	-	9.9	229.4	-	52	37.8	81.2
						10.3	254.9	-	59	36.9	77.0
						10.3	105.9	-	37	28.9	86.9
		F-2	2.26	-	10.7	118.8	-	41	26.2	85.9	

1) Tratamento preliminar: gradeamento e desarenação;

2) Tratamento preliminar: gradeamento.

LEGENDA:

A Anaeróbia
 F Facultativa
 FA Facultativa aerada
 AER Aerada de mistura completa
 S Sedimentação

 ano 2000
 ano 2001

Resultados

Lagoas anaeróbias

ETE	Vazão afl. (l/s)	DBOafl (mg/l)	Lagoa	Prof. til (m)	TDH (d)	TAS (kgDBO/ha.d)	TAV (kgDBO/m ³ .d)	DBOefl (mg/l)	E _{DBO} (%)	E _{DBO} acum. (%)
Anápolis ⁽¹⁾	320.8	331	A-1/2/3/4	4.0	6.6	1689.1	0.051	163	50.6	50.6
Parque Atheneu ⁽²⁾	69.1	293	A-1	3.5	7.1	1215.4	0.041	86	70.3	70.3
	66.6	328			7.4	1270.1	0.043	97	65.4	65.4

- TDH → 2 a 5 dias (Pessoa e Jordão, 1982)
- TAV → 0.100 a 0.400 kgDBO/m³
(Silva e Mara, 1979; Von Sperling, 1996; Mendonça, 2000)
- Possível comportamento de lagoa facultativa devido a TDH > 6 dias (Von Sperling, 1996)
- E_{DBO} elevadas, especialmente para ETE Parque Atheneu

Resultados

Lagoas anaeróbias

Melhor desempenho da ETE Parque Atheneu pode estar relacionada às características dos dispositivos de entrada:

- **> quantidade (melhor distribuição);**
- **entrada no início da lagoa (garantia do TDH);**
- **entrada pelo fundo (> contato com a biomassa).**

Resultados

Lagoas facultativas aeradas

ETE	Vazão afl. (l/s)	DBOafl (mg/l)	Lagoa	Prof. til (m)	Pot. unitária (W/m ³)	TDH (d)	DBOefl (mg/l)	E _{DBO} (%)	E _{DBO} acum. (%)
Anápolis ⁽¹⁾	320.8	331	FA-1/2	3.0	0.49-0.99	6.5	84	48.9	74.6
Aruanã ⁽¹⁾	34.5	476	FA-1	3.5	1.83	4.1	107	76.5	76.5
	31.4	461			4.5	83	79.5	79.5	
			FA-2	3.5	0.50	4.9	57	40.4	87.4
						5.4	76	28.0	85.2

- TDH → 5 a 10 dias (parâmetro de projeto usualmente adotado em Goiás)
- Lagoa primária: TDH ~ 4 dias e E_{DBO} ~ 80%
- Lagoas secundárias: > TDH e < E_{DBO}
< potência unitária
> dificuldade de remoção de matéria orgânica

Resultados

Lagoas aeradas de mistura completa

ETE	Vazão afl. (l/s)	DBOafl (mg/l)	Lagoa	Prof. til (m)	Pot. unitária (W/m ³)	TDH (d)	DBOefl (mg/l)	E _{DBO} (%)	E _{DBO} acum. (%)
Cruzeiro do Sul ⁽²⁾	49.0	447	AER-1	3.8	4.11	2.5	142	67.7	67.7
	44.1	549				2.8	194	62.5	62.5
			AER-2	2.8	4.77	1.5	85	39.2	80.4
						1.6	107	51.8	76.2

- TDH → 2 a 4 dias (Von Sperling, 1996)
TDH mínimo → 0,5 dia (White e Rich, 1976)
- E_{DBO} foram satisfatórias para TDH de até 1,5 dias.
- Esses resultados foram associados à:
 - ❖ elevada DBO afluente;
 - ❖ elevada concentração de sólidos suspensos (biomassa) (Angelim, 2005)

Resultados

Lagoas de sedimentação

ETE	Vazão afl. (l/s)	DBOafl (mg/l)	Lagoa	Prof. til (m)	L/B	TDH (d)	DBOefl (mg/l)	E _{DBO} (%)	E _{DBO} acum. (%)
Anápolis ⁽¹⁾	320.8	331	S-1/2	3.5	3.0	7.7	33	55.4	89.9
Cruzeiro do Sul ⁽²⁾	49.0	447	S-1	2.8	2.3	1.2	65	24.6	85.1
	44.1	549				1.4	71	25.1	84.9

- TDH → 1 a 2 dias (Von Sperling, 1996)
- E_{DBO} da ETE Cruzeiro do Sul comprometida
 - ❖ sobrecarga do sistema
 - ❖ lodo acumulado por cerca de 2 ano
 - ❖ previsão de desativação desta ETE
- Possivelmente a lagoa da ETE Anápolis está funcionando como facultativa (jusante de lagoa FA), com TAS = 340 kgDBO/ha.d e TAV = 0.011 kgDBO/m³.d

Resultados

Lagoas facultativas

ETE	Vazão afl. (l/s)	DBOafl (mg/l)	Lagoa	Prof. til (m)	TDH (d)	TAS (kgDBO/ha.d)	DBOefl (mg/l)	E _{DBO} (%)	E _{DBO} acum. (%)
Parque Atheneu ⁽²⁾	69.1	293	F-1	2.94	9.9	229.4	52	37.8	81.2
	66.6	328			10.3	254.9	59	36.9	77.0
			F-2	2.26	10.3	105.9	37	28.9	86.9
					10.7	118.8	41	26.2	85.9

- TDH adequado para temperatura ambiente > 23°C
- TAS → 150 a 250 kgDBO/ha.d (parâmetro de projeto)
 - 210 a 270 kgDBO/ha.d* (faixa ótima p/ lagoas secundárias do DF)
(Soares e Bernardes, 2001)

*estimada a partir da faixa em DQO

Resultados

Lagoas facultativas

ETE	Vazão afl. (l/s)	DBOafl (mg/l)	Lagoa	Prof. til (m)	TDH (d)	TAS (kgDBO/ha.d)	DBOefl (mg/l)	E _{DBO} (%)	E _{DBO} acum. (%)
Parque Atheneu ⁽²⁾	69.1	293	F-1	2.94	9.9	229.4	52	37.8	81.2
	66.6	328			10.3	254.9	59	36.9	77.0
			F-2	2.26	10.3	105.9	37	28.9	86.9
					10.7	118.8	41	26.2	85.9

- Embora estes resultados sejam conservadores, a E_{DBO} ficou abaixo de 45% , verificada para lagoas secundárias com TDH entre 4 e 10 dias (Galvão Júnior *et al.*, 1999; Athayde Júnior *et al.*, 2001; Silva *et al.*, 2001).

Conclusões

- Todos os sistemas apresentaram E_{DBO} média anual entre 85% e 90%;
- As lagoas anaeróbias apresentaram E_{DBO} entre 50% e 70%, trabalhando com TDH $\cong 7\text{d}$ e $\text{TAV} < 0,060 \text{ kgDBO/m}^3\cdot\text{d}$;
- A lagoa facultativa primária apresentou E_{DBO} média anual de quase 80%;
- As lagoas facultativas secundárias apresentaram E_{DBO} entre 26% e 38%, trabalhando com TAS da ordem de 110 kgDBO/ha.d e 240 kgDBO/ha.d, respectivamente, e TDH $\cong 10$ dias.