

# ESTIMATIVAS DE CUSTOS UNITÁRIOS DE IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

## **Luciano Reami<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil e Tecnólogo em Saneamento, Mestre e Doutor em Engenharia Civil pela FEC/Unicamp, Gerente do Setor de Tratamento de Esgoto da Sabesp de Franca

## **Bruno Coraucci Filho**

Engenheiro Civil, Doutor, Prof. Titular no Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rodovia Cândido Portinari, km 394,4 - CEP: 14406-000 – Franca SP, Brasil - Tel:/Fax +55 (16) 3721 5199 - e-mail: [ireami@sabesp.com.br](mailto:ireami@sabesp.com.br).

## **RESUMO**

Neste trabalho foram estimados os custos de implantação unitários obtidos de sistemas projetados ou implantados, atualizados até o ano de 2010 com base nos índices divulgados pela secretaria da Fazenda do Estado de São Paulo. Os custos das obras foram tratados na unidade de R\$/m<sup>3</sup>.d<sup>-1</sup> de capacidade. Os dados foram obtidos por meio de pesquisas junto à órgãos financiadores, autarquias estaduais e municipais, e empresas de saneamento. Os valores podem ser úteis apenas para etapa de planejamento de um empreendimento, quando não se tem o projeto elaborado. Verificou-se que para os sistemas estudados, o custo unitário de implantação diminui com o aumento da capacidade de tratamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Esgoto, tratamento, custos de implantação

## **METODOLOGIA**

Para obtenção dos valores de custos unitários de implantação foram utilizados valores de obras implantadas e de orçamentos de obras a implantar, relacionando o custo total da obra com a capacidade de tratamento em termos de "R\$/m<sup>3</sup>.d<sup>-1</sup> de capacidade".

Para composição dos custos de implantação dos foram solicitados dados de obras e projetos à Sabesp (Companhia de saneamento do estado de São Paulo), à órgãos financiadores e programas como a ANA (Agência nacional das águas), por meio do programa PRODES e ao DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo), por meio do programa "Água Limpa". Em todos os projetos e obras foi tomado o cuidado em só considerar sistemas isolados, sem interceptores, estações elevatórias de esgoto e emissários finais.

No caso da Sabesp, alguns valores foram fornecidos por meio da contabilidade da obra, ou seja, não se trata do valor exato inicialmente previsto em projeto, mas do efetivamente gasto, em razão de possíveis alterações no projeto inicialmente não previstas.

Os valores foram atualizados com base nos índices de correção de preços de obras públicas, até o ano de 2010, e publicados pela secretaria da Fazenda do Estado de São Paulo. Os índices se aplicam para mão de obra, terraplanagem, estruturas de arte em concreto, pavimentação e edificações. Baseado em projetos existentes, a aplicação de cada índice de correção baseou-se na proporção deste sobre o tipo de obra no todo.

Ao todo foram obtidos dados de 66 projetos de estações de tratamento de esgoto, porém foram selecionados e utilizados apenas 45, em 8 modalidades diferentes, por apresentarem valores inconsistentes.

Dados de projetos da região metropolitana de São Paulo também não foram considerados por apresentarem custos unitários mais elevados em relação a empreendimentos localizados em regiões não metropolitanas.

**Tabela 1 – Características das estações de tratamento de esgoto selecionadas e custos unitários de implantação**

| ETE   | População atendida (hab) | Capacidade Vazão média (L/s) | Capacidade Vazão média (m <sup>3</sup> /d) | Contribuição <i>per capita</i> (L/ hab. x d) | Custo atualizado 2010 ( R\$) | Custo unitário de implantação (R\$/ m <sup>3</sup> x d <sup>-1</sup> de capacidade) |
|---|--------------------------|------------------------------|--|--|------------------------------|---|
| <b>1 -Lodo ativado convencional</b>               |                          |                              |  |  |                              |   |
| 1A  | 1.450                    | 2,69                         | 232  | 160  | 889.335,02                   | 3.826,48  |
| 1B  | 32.200                   | 44,44                        | 3840                                       | 119  | 3.958.579,26                 | 1.030,98  |
| 1C  | 321.889                  | 619,00                       | 53482                                      | 166  | 20.136.742,47                | 376,52  |
| <b>2 -Lodo ativado com aeração prolongada</b>     |                          |                              |  |  |                              |   |
| 2A  | 3.316                    | 7,71                         | 666  | 201  | 1.883.701,58                 | 2.827,77  |
| 2B  | 10.111                   | 21,00                        | 1814                                       | 179  | 4.428.461,27                 | 2.440,73  |
| 2C  | 11.111                   | 28,00                        | 2419                                       | 218  | 4.262.089,10                 | 1.761,78  |
| 2D  | 33.833                   | 90,00                        | 7776                                       | 230  | 10.090.425,91                | 1.297,64  |
| <b>3 -RAFA + Filtro biológico aerado submerso</b> |                          |                              |  |  |                              |   |
| 3A  | 528                      | 1,11                         | 96   | 182  | 332.049,04                   | 3.462,45  |
| 3B  | 1.719                    | 3,32                         | 287  | 167  | 537.303,98                   | 1.873,44  |
| 3C  | 2.647                    | 7,88                         | 681  | 257  | 1.687.339,71                 | 2.478,35  |
| 3D  | 7.174                    | 14,59                        | 1261                                       | 176  | 3.722.476,95                 | 2.952,00  |
| 3E  | 45572                    | 80                           | 6912                                       | 152  | 9.769.577,97                 | 1.413,42  |
| <b>4 - Lagoa aerada + lagoa de decantação</b>     |                          |                              |  |  |                              |   |
| 4A  | 280.00                   | 62,80                        | 5426                                       | 194  | 7.225.571,79                 | 1.331,68  |
| 4B  | 31.148                   | 55                           | 4752                                       | 153  | 4.834.453,21                 | 1.017,35  |
| 4C  | 40.004                   | 92,90                        | 8026                                       | 201  | 2.389.987,49                 | 297,76  |
| 4D  | 79.841                   | 142,38                       | 12302                                      | 154  | 7.255.045,30                 | 589,75  |
| 4E  | 86.778                   | 240                          | 20736                                      | 239  | 6.274.663,60                 | 302,60  |
| <b>5 - Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa</b>    |                          |                              |  |  |                              |   |
| 5A  | 3.000                    | 3,22                         | 278  | 93   | 324.972,31                   | 1.168,09  |
| 5B  | 5.200                    | 8,20                         | 708  | 136  | 331.799,46                   | 468,33  |
| 5C  | 6.000                    | 14,00                        | 1209                                       | 202  | 1.385.010,80                 | 1.145,02  |
| 5D  | 8.032                    | 19,87                        | 1716                                       | 214  | 1.446.592,30                 | 842,63  |
| 5E  | 10.708                   | 26,22                        | 2265                                       | 212  | 935.070,64                   | 412,76  |
| 5F  | 8.000                    | 27,00                        | 2332                                       | 292  | 680.666,80                   | 291,78  |
| 5G  | 21.605                   | 40,37                        | 3488                                       | 161  | 1.437.233,39                 | 412,05  |
| 5H  | 19.963                   | 42,00                        | 3629                                       | 182  | 3.575.171,19                 | 985,22  |
| 5I  | 21.013                   | 43,77                        | 3781                                       | 180  | 1.051.258,13                 | 277,98  |
| 5J  | 22.812                   | 47,94                        | 4142                                       | 182  | 3.498.206,95                 | 844,57  |
| 5K  | 25.762                   | 56,69                        | 4898                                       | 190  | 1.141.866,54                 | 233,13  |
| 5L  | 29.602                   | 57,18                        | 4940                                       | 167  | 3.616.651,22                 | 732,12  |
| 5M  | 31.609                   | 70,00                        | 6048                                       | 191  | 3.007.024,85                 | 497,19  |
| 5N  | 39.515                   | 85,00                        | 7344                                       | 186  | 4.412.331,08                 | 600,81  |
| <b>6 - Lagoa Facultativa</b>                      |                          |                              |  |  |                              |   |
| 6A  | 777                      | 1,01                         | 87   | 112  | 382.196,09                   | 4.379,77  |
| 6B  | 905                      | 1,98                         | 171  | 189  | 545.125,01                   | 3.186,52  |
| 6C  | 4.482                    | 12                           | 1036                                       | 231  | 2.318.092,82                 | 2.235,81  |
| 6D  | 30.778                   | 60,3                         | 5209                                       | 169  | 7.113.659,23                 | 1.365,41  |

| ETE   | População atendida (hab) | Capacidade Vazão média (L/s) | Capacidade Vazão média (m <sup>3</sup> /d) | Contribuição <i>per capita</i> (L/ hab. x d) | Custo atualizado 2010 ( R\$) | Custo unitário de implantação (R\$/ m <sup>3</sup> x d <sup>-1</sup> de capacidade) |
|---|--------------------------|------------------------------|--|--|------------------------------|---|
| <b>7 - Lagoa Facultativa + lagoa de maturação</b>                   |                          |                              |  |  |                              |   |
| 7A  | 812                      | 1,77                         | 153  | 189  | 456.226,74                   | 2.979,93  |
| 7B  | 1.683                    | 2,48                         | 214  | 127  | 684.476,74                   | 3.194,46  |
| 7C  | 3.316                    | 7,71                         | 666  | 201  | 1.375.144,29                 | 2.064,33  |
| 7D  | 3.462                    | 4,99                         | 431  | 125  | 1.117.059,01                 | 2.590,97  |
| 7E  | 7.776                    | 15,91                        | 1375                                       | 177  | 1.479.252,78                 | 1.075,82  |
| 7F  | 9.813                    | 15,6                         | 1348                                       | 137  | 2.115.177,05                 | 1.569,31  |
| <b>8 - Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa + lagoa de maturação</b> |                          |                              |  |  |                              |   |
| 8A  | 1.331                    | 2,85                         | 246  | 185  | 1.110.904,97                 | 4.511,47  |
| 8B  | 5.367                    | 12,7                         | 1097                                       | 204  | 1.251.512,08                 | 1.140,56  |
| 8C  | 10.980                   | 23,51                        | 2031                                       | 185  | 3.130.040,49                 | 1.540,91  |
| 8D  | 23.184                   | 48,3                         | 4173                                       | 180  | 2.004.084,79                 | 480,24  |

Em razão da atualização dos custos baseados nos índices da Secretaria da Fazenda do estado de São Paulo, para que não ocorram divergências e possíveis questionamentos, optou-se pela não identificação dos projetos.

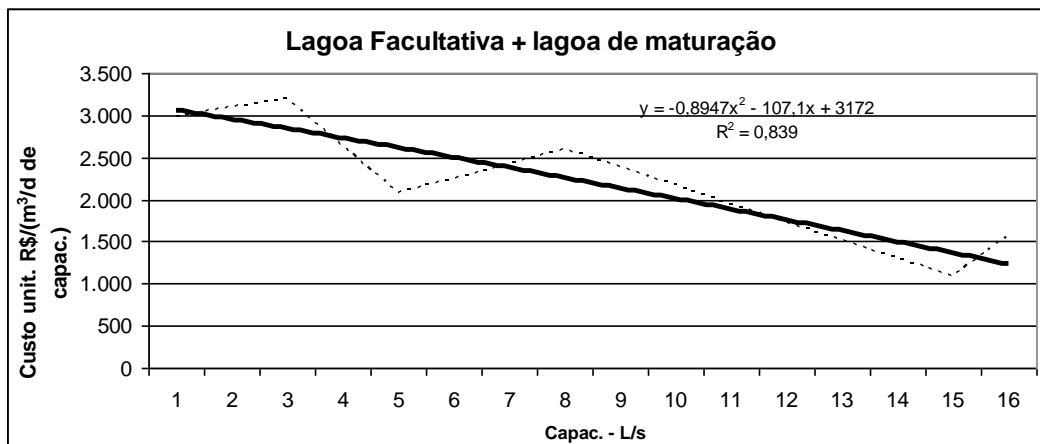
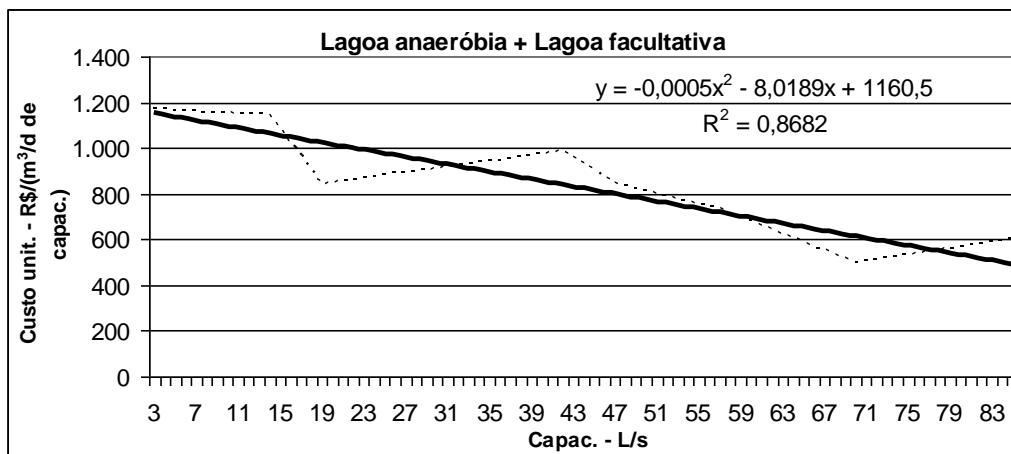
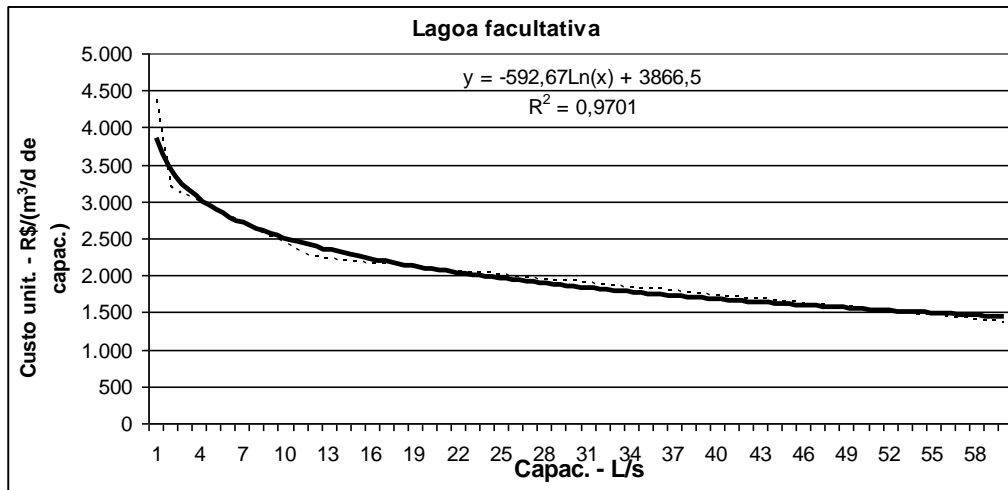
Apesar de utilizarem a mesma tecnologia, alguns projetos são mais sofisticados em relação a outros, como por exemplo, estar previsto ou não o investimento em automação, variação no acabamento de vias internas, podendo um ser apenas com aplicação de brita, outro com asfaltamento, contribuindo assim para as possíveis divergências entre custos de implantação para vazões semelhantes.

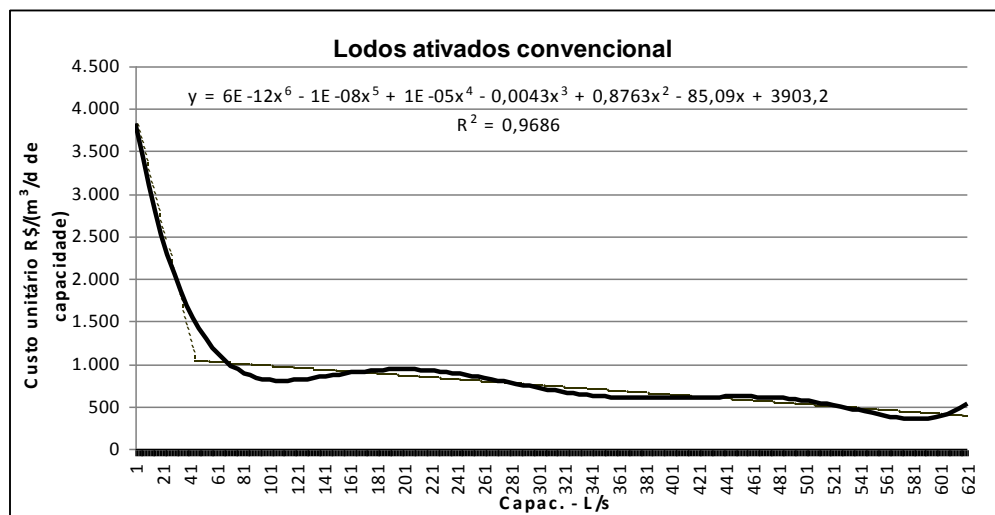
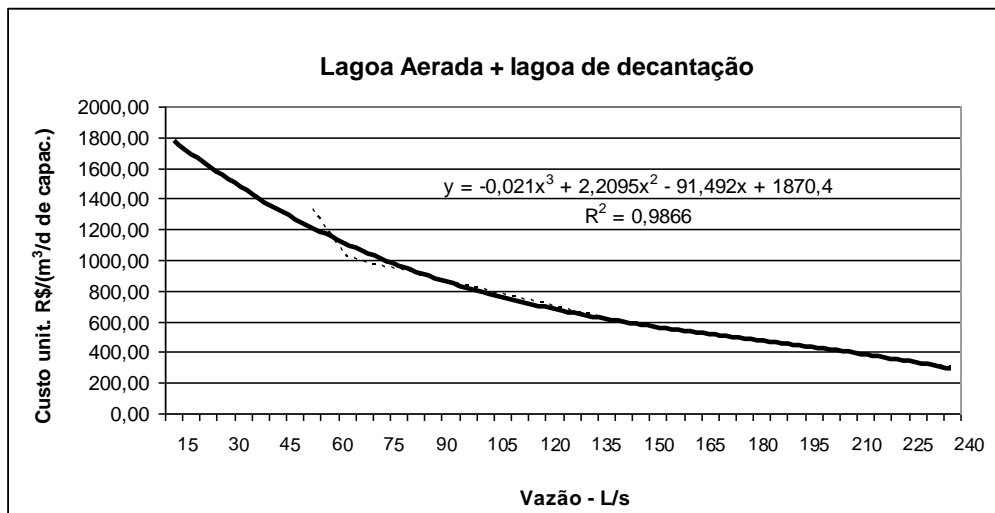
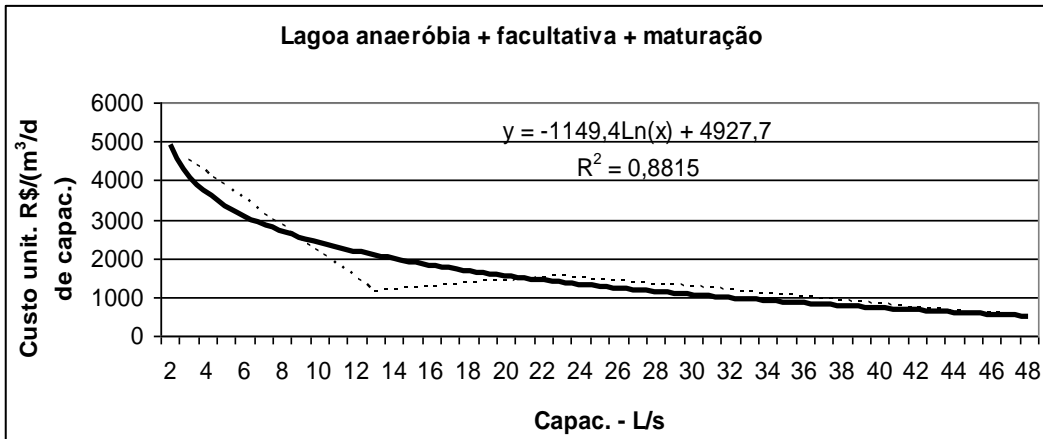
De qualquer forma, são valores aproximados, que servem apenas para a etapa de planejamento.

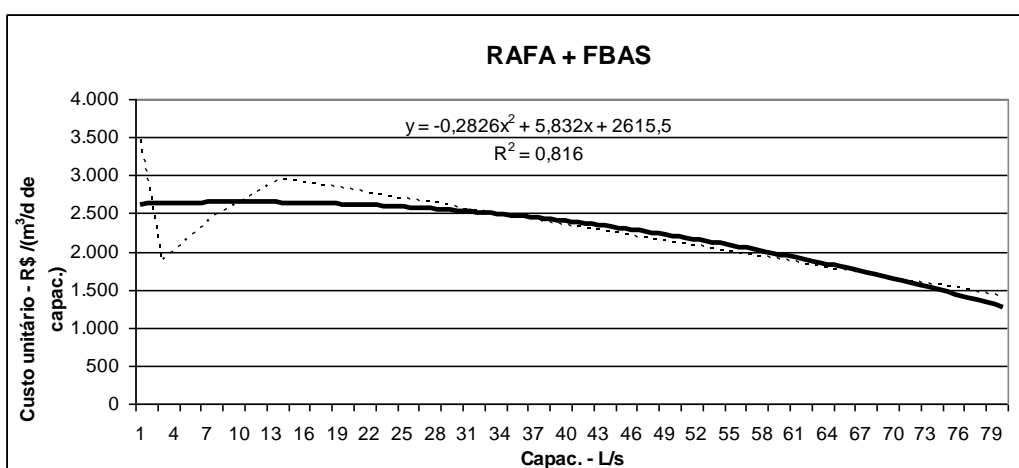
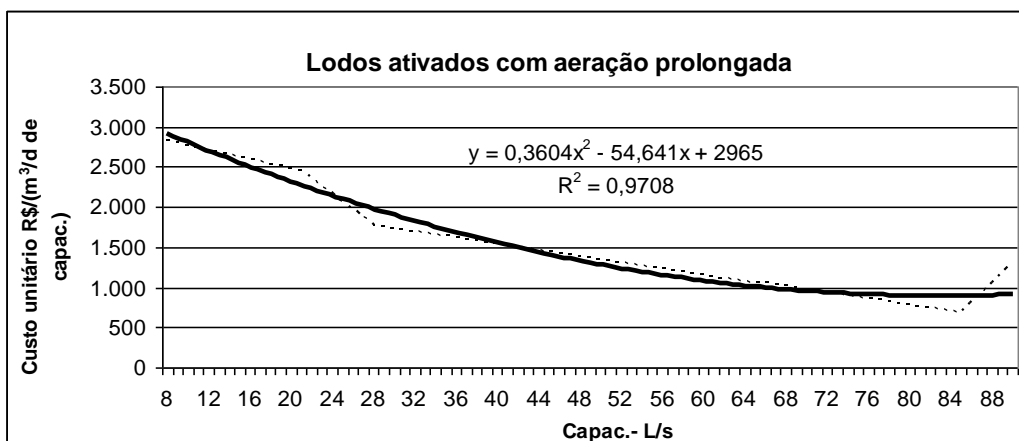
Na seqüência estão representados gráficos com o custo unitário de implantação em função da vazão para cada sistema estudado.

Os dados representados são baseados nos projetos obtidos. Por esta razão, as curvas nos gráficos não necessariamente podem apresentar concordância. O ideal seria ter o maior número possível de dados para resultar em maior consistência às curvas nos referidos gráficos.

Em cada gráfico, a linha fina pontilhada indica a plotagem dos resultados obtidos. A linha grossa representa a curva de tendência, cuja modalidade foi escolhida objetivando a relação "R<sup>2</sup>" mais próximo de um. Também estão representadas as respectivas equações para determinação do custo unitário, baseadas nas linhas de tendência de cada modalidade.







## RESULTADOS E CONCLUSÕES

A unidade adotada neste estudo para o custo unitário de implantação foi a “R\$ / m<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup> de capacidade”, tendo como vazão de referência a vazão média afluente de capacidade da ETE. Esta unidade foi escolhida por considerar que a relação de custo por habitante, conforme é divulgado em bibliografias, será tanto maior ou menor em função de alguns fatores, tais como o consumo de água per capita característico da população, que variam em função da tarifa aplicada, que se for baixa pode incentivar o consumo, e do índice de perdas de água na distribuição. Desta forma, se um município tiver um consumo “per capita” de água elevado, podendo ser devido à baixa tarifação bem como ao não corte de fornecimento em razão da falta de pagamento, um sistema de tratamento de esgoto poderá ser de grande capacidade de vazão para uma pequena população, em relação a outro, cujo consumo seja mais equilibrado, prejudicando assim a comparação entre os sistemas na unidade “R\$/habitante”.

Esta variação de geração de esgoto “per capita” pode ser comparada nos projetos utilizados para fins de composição de custos, conforme tabela 1, em que a contribuição de esgoto per capita referente à vazão de projeto, (inclusive infiltração na rede) variou entre 93 a 292 L esgoto /hab. x d. , com valor médio de 185 L esgoto / hab. x d.

Sendo assim, a unidade “R\$ / m<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup> de capacidade” conduz a possibilidade de gerar menos erros de previsão do custo total numa etapa de planejamento, quando se utiliza nesta relação de custo, pois está diretamente relacionada ao porte da obra.

Outra constatação notória e importante verificada nos gráficos representados na unidade custo “R\$ / m<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup> de capacidade” x capacidade de tratamento (L/s) é que este custo diminui na medida em que se eleva a capacidade de tratamento, ou seja, ocorre um ganho em escala. Em outras palavras, o custo unitário é variável em função da capacidade. A maioria das linhas de

tendência baseada nos dados plotados indicou redução dos custos com a elevação da capacidade de tratamento.

Por esta razão, concluí-se que quando for utilizar custos unitários de implantação, seja em R\$/habitante ou nesta unidade proposta, em “R\$ / m<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup> de capacidade” não se deve utilizar simplesmente o valor médio para qualquer vazão de projeto, mas sim encontrar aquele custo que mais se aproxima da vazão correspondente.

## **BIBLIOGRAFIA**

Chernicharo, C.A. **Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios**. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB. FINEP/CNPq/Caixa Econômica Federal. Rio de Janeiro, 2.000.

von Sperling, M. **Princípios do tratamento biológicos de águas residuárias: lagoas de estabilização**. 2. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2002. 196 p.

Libâneo P. A. C., Nunes C. M. , Soares S. R. A., **Custos unitários de implantação de estações de tratamento de esgotos a partir da base de dados do programa despoluição de bacias hidrográficas – Prodes**. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande MS, 2005.

PIVELI R. P. **Monitoramento de Sistema de Lagoas de Estabilização, Pós-Tratamento por Processo Físico-Químico, Desinfecção Final e Utilização Agrícola**. Tese de Livre-docência. Escola Politécnica da USP, EPUSP, Brasil, 2006.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios: princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: Politécnica, 2007. 379 p.