

## **UM ESTUDO DOS CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DE EMPREENHIMENTOS DE APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO BIOGÁS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO**

Ivan Felipe Silva dos Santos<sup>1</sup>

Marcelo Daige Prado Leite<sup>2</sup>

Regina Mambeli Barros<sup>3</sup>

Geraldo Lúcio Tiago Filho<sup>4</sup>

### **RESUMO**

O índice de tratamento de esgoto tende a crescer com o desenvolvimento de um país. Com este, cresce também o potencial de produção de biogás, gás combustível útil a varias aplicações, inclusive a geração de energia de modo renovável e descentralizado. O uso deste gás como combustível diminui colabora com a diminuição do consumo de combustíveis fósseis. Neste contexto, o presente artigo objetiva revisar os principais componentes necessários ao aproveitamento energético do biogás gerado em estações de tratamento de esgoto (ETEs), bem como seus custos. Equações para estimativa do investimento, em ETEs anaeróbias, em função da potência também foram construídas para duas tecnologias de conversão energética do biogás, a saber, as microturbinas a gás e os motores de Ciclo Otto.

**Palavras-chave:** Estações de tratamento de esgoto, biogás, componentes, custos e energias renováveis.

### **ABSTRACT**

The wastewater treatment index grows with the country's development. With that, grows the potential for biogas production, combustible gas, able to many applications, including, the energy generation by a decentralized and renewable way. The use of this gas as fuel collaborates with a lower consumption of fossil fuels. In this context, the present paper aims to review the principal components of the biogas energy use in wastewater treatment plants (WWTP), as their costs. Equations for the capital cost estimative, in function of the installed power, also was constructed for two technologies of biogas energetic conversion, it's them, gas microturbines and Otto cycle engines.

**Keywords:** Anaerobic Wastewater treatment plants, biogas, components, costs and renewable energy.

---

<sup>1</sup>Universidade Federal de Itajubá. ivanfelipeice@hotmail.com. 3621-6935

<sup>2</sup>Universidade Federal de Itajubá. engdaige@gmail.com. 3621-6935.

<sup>3</sup>Universidade Federal de Itajubá. remanbeli@hotmail.com. 3629-1224.

<sup>4</sup>Universidade Federal de Itajubá. tiagounifei@hotmail.com. 3629-1156.

## 1. INTRODUÇÃO

O índice de coleta do esgoto tem apresentado um crescimento, mesmo que moderado, no cenário atual Brasileiro. Os últimos dados do Sistema nacional de informações sobre saneamento (SNIS) indicaram um crescimento de indicadores como: porcentagem do esgoto coletado que é tratado e percentual do índice de tratamento de esgotos urbanos, entre 2010 e 2011, respectivamente, de 68,2 para 68,8% e de 53,5 para 55,5 %. Como a geração de efluentes é contínua o aproveitamento energético destes por meio da geração de biogás se torna uma opção interessante de geração de energia renovável. A produção de energia por meio de fontes renováveis é um dos grandes desafios da economia atual em face da necessidade de diminuição das emissões gases de efeito estufa e do consumo de combustíveis fósseis.

Dentre as formas mais utilizadas de tratamentos de esgotos em cidades estão os sistemas de lodos ativados (Aeróbios) e os sistemas através de reatores anaeróbios. Em ambos os sistemas é possível a produção de biogás, sendo que no caso dos reatores anaeróbios este aproveitamento se dá juntamente com o tratamento do efluente, enquanto que nos sistemas de lodos ativados é necessária a digestão anaeróbia posterior do lodo oriundo do processo.

Campos (1999) definiu os reatores anaeróbios como reatores biológicos nos quais o esgoto é tratado na ausência de oxigênio livre (ambiente anaeróbio), ocorrendo a formação de uma biomassa anaeróbia (lodo anaeróbio) e, como um dos subprodutos principais do processamento da matéria orgânica, tem-se o biogás, composto principalmente de Metano ( $CH_4$ ) e Gás Carbônico ( $CO_2$ ). Estes podem ser de diversas configurações tais como: i) Filtro anaeróbico; ii) Reatores de leito fluidizado; iii) Reatores anaeróbios de manta de lodo (do inglês, Upflow Anaerobic Sludge Blanket - UASB); etc.

A figura 1 apresenta um esquema do funcionamento de um Reator UASB. De acordo com Chernicaró (2005) o processo que se dá nestes reatores consiste basicamente de um fluxo ascendente de esgotos através de um leito denso e de elevada atividade. O perfil de sólidos neste reator varia de muito denso e com partículas granulares de elevada capacidade de sedimentação próximas do fundo (leito de lodo) até um lodo mais disperso e leve (manta de lodo).

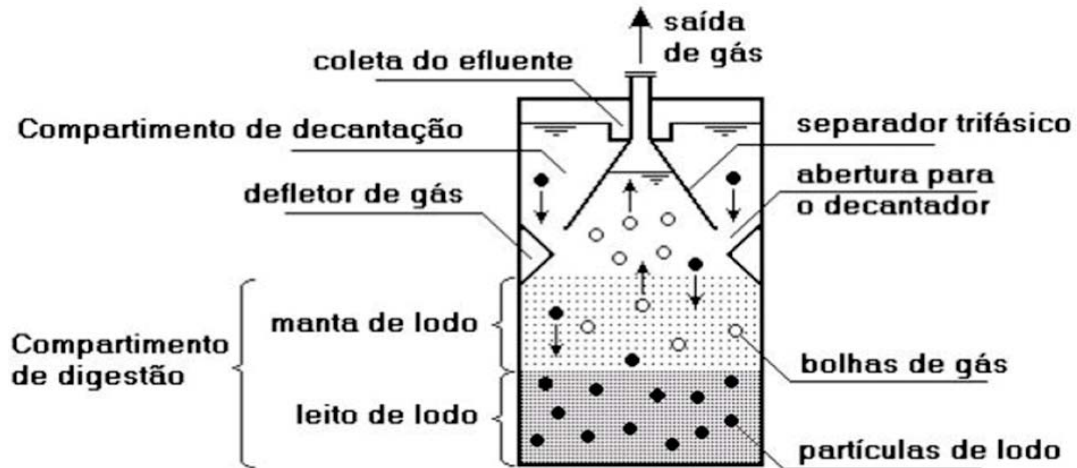


Figura 1: Esquema de um reator UASB. Fonte: Adequar (2011).

Já o sistema de lodos ativados é o mais utilizado nas grandes estações de tratamento de esgotos. Este é amplamente utilizado em nível mundial para o tratamento de despejos domésticos e industriais, em situações que são necessários uma elevada qualidade dos efluentes e reduzidos requisitos de área (Von Sperling, 2002). Ainda Segundo Von Sperling (2002) este tipo de sistema inclui um índice de mecanização superior ao de outros sistemas de tratamento, implicando em uma operação mais sofisticada e em maiores consumos de energia elétrica. As partes integrantes da etapa biológica do sistema de lodos ativados são: tanque de aeração (reator), tanque de decantação (decantador secundário) e recirculação de lodo.

Nestes sistemas a matéria orgânica é em parte convertida em biomassa bacteriana (lodo) e em parte mineralizada para  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  (Santos, 2009a). A figura 2 apresenta um resumo dos sistemas de lodos ativados. Nela, pode-se observar que a produção de biogás se dá pela posterior biodigestão anaeróbia do lodo produzido.

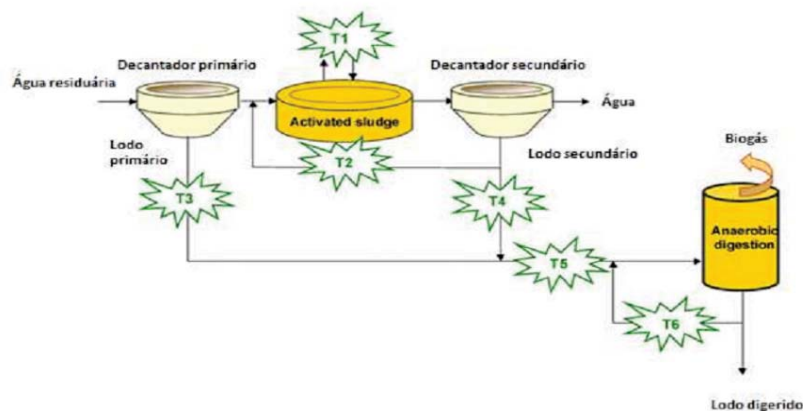


Figura 2: Digestão anaeróbia do lodo e produção de biogás em sistemas de lodos ativados. Fonte: Carrère et al. (2010).

De acordo com Salomon e Lora (2008) o potencial energético do biogás é em função da sua quantidade de metano, que determina o seu poder calorífico. Qasin (1999 apud Nuvolari, 2003) afirmou que o biogás tem um poder calorífico de 21000 a 25000 KJ/m<sup>3</sup>, sendo que o metano puro possui poder calorífico de 35800 KJ/m<sup>3</sup> e o gás natural cerca de 37300 KJ/m<sup>3</sup>.

Segundo afirmam Abatzoglou e Boivin (2009), o biogás produzido a partir da decomposição da matéria orgânica possui um valor comercial ampliado por duas razões: (i) porque sua liberação para a atmosfera contribui em grande parte para a concentração de gás de efeito estufa, com conseqüentes e significativos custos de remediação; e: (ii) porque o seu conteúdo energético é elevado, e a sua exploração significa receitas significativas ou custos evitados.

A conversão energética do biogás pode ser feita por meio de diversas tecnologias, contudo, Coelho et al. (2006) afirmou que os motores de combustão interna do tipo "Ciclo - Otto" e as turbinas a gás são as tecnologias mais utilizadas para conversão energética do biogás.

A escolha da tecnologia a ser escolhida está associada à viabilidade econômica do empreendimento, fator limitante ao seu desenvolvimento. Neste contexto, o presente artigo pretende apresentar uma análise dos custos e componentes necessários a implantação de uma central térmica movida ao biogás produzido em estações de tratamento de esgoto doméstico (ETE(s)). Equações de correlação entre o custo total (I) e a potência a ser implantada (P) foram desenvolvidas para dois tipos de tecnologias de conversão energética em ETEs anaeróbias.

## **2. COMPONENTES NECESSÁRIOS PARA APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO BIOGÁS**

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 2006) listou os principais componentes necessários para o aproveitamento energético do biogás produzido em ETEs anaeróbias. Estes estão apresentados na tabela 1, que apresenta ainda o custo de cada um destes componentes, obtidos junto ao software de modelagem de produção de gás em estações anaeróbias - BIOGÁS: Efluente e Resíduo Rural (2006), desenvolvido pela CETESB, e corrigidos para ano corrente:

Tabela 1: Componentes necessários ao aproveitamento e custo dos mesmos. Fonte: Compilada pelos autores com base em: CETESB (2006), BIOGÁS (2006), Capehart (2010), Banco Central do Brasil (2014) e Exchangesrates.org.uk (2014)

Componente	Função	Custo – Software BIOGÁS (2006)	Custo corrigido (2014) <sup>1</sup>
Gasômetro	Equipamento para armazenamento do gás.	90 [R\$/m <sup>3</sup> de gás armazenado]	144 [R\$/m <sup>3</sup> de gás armazenado]
Queimador	O queimador permite a combustão do biogás produzido (rico em metano, gás de 21 vezes mais potencial de aquecimento global que o CO <sub>2</sub> ) e não utilizado, a fim de que o CO <sub>2</sub> seja emitido para a atmosfera	10000 [R\$/unidade]	16000 [R\$/unidade]
Transporte canalizado do gás	Transportar do reator anaeróbico, ou das diversas unidades da usina, o gás para o ponto de utilização ou consumo	250 [R\$/m]	400 [R\$/m]
Compressor	Gera uma pressão positiva para o armazenamento, queima ou uso final.	500 [R\$/m <sup>3</sup> /hr]	800 [R\$/m <sup>3</sup> /hr]
Tratamento	Eliminação de impurezas como siloxinas, água, que podem afetar a vida útil dos equipamentos ou então, para aumento do percentual de metano no biogás, devido seu elevado poder calorífico.	Siloxina H <sub>2</sub> S - 0,01 [R\$/m <sup>3</sup> Resfriamento - 0,01 [R\$/m <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> - 0,01 [R\$/m <sup>3</sup> ]	Siloxina H <sub>2</sub> S - 0,016 [R\$/m <sup>3</sup> Resfriamento - 0,016 [R\$/m <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> - 0,016 [R\$/m <sup>3</sup> ]
Microturbinas a gás <sup>2</sup>	Tecnologia de conversão energética do biogás	2007 [R\$/kW] <sup>3</sup>	2509 [R\$/kW]
Motor de ciclo Otto <sup>2</sup>	Tecnologia de conversão energética do biogás.	1000 [R\$/kW]	1600 [R\$/kW]

<sup>1</sup> As correções monetárias foram realizadas por meio da calculadora do cidadão do Banco Central Brasileiro, do período de 06/06 até 01/14 ou de 09/10 até 01/14, dependendo da data da fonte de aquisição do dado em questão.

<sup>2</sup> Tanto os motores de ciclo Otto quanto as microturbinas a gás são opções para a conversão energética do biogás.

<sup>3</sup> Valor obtido em dólar e corrigido para o Real Brasileiro por meio da relação 1 US\$ = 2,23 R\$, correspondente ao dia 25/04/2014 em Exchangesrates.org.uk (2014).

A tabela 2 apresenta ainda uma comparação entre as principais tecnologias de conversão energética do gás.

Tabela 2: Comparação entre as diversas tecnologias de conversão energética do biogás. Fonte: Pecora (2006).

Tecnologia	Motores a Gás	Motores Diesel: Biogás + Diesel	Turbinas a Gás para Biogás de Pequeno – Médio Porte	Microturbinas (CAPSTONES)
Potência	Potência de 30 kW – 20 MW	-	Potência de 500 kW – 150 MW	Potência de 30 kW – 100 kW
Rendimento	Rendimento com biogás em torno de 30 a 34%	Rendimento de conversão elétrica em torno de 30 a 35%	Rendimento em torno de 20 a 30%	Rendimento em torno de 24 a 28%
Emissões de NOx:	Menores que 3.000 ppm; Motores com baixa emissão: menores que 250 ppm	Média em torno de 27 ppm	Média em torno de 35 a 50 ppm	Menores que 9ppm

No caso de o tratamento de esgoto acontecer por meio aeróbio em sistemas de lodos ativados, a digestão posterior do lodo será necessária. Neste caso também será necessário acrescentar o custo do tratamento do lodo retirado e transportado e um novo componente: O biodigestor.

No caso de o tratamento de esgoto acontecer por meio aeróbio em sistemas de lodos ativados, a digestão posterior do lodo será necessária. Neste caso também será necessário acrescentar o custo do tratamento do lodo retirado e transportado e um novo componente: O biodigestor.

### 3. ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE GÁS E DA POTÊNCIA A SER INSTALADA

Qasin (1999) apresentou a seguinte equação para estimativa de produção de gás em biodigestores:

$$V = 0,35[(E \cdot G_{DBOult}) - 1,42 \left( \frac{Y \cdot E \cdot G_{DBOult}}{1 + kd\theta c} \right)] \quad (1)$$

Onde:  $V$  = volume de metano produzido [ $m^3$ /dia],  $E$  = eficiência na utilização dos resíduos (0,6 a 0,9),  $GDBO_{ult}$  = Carga de DBO última do lodo cru afluente ao digestor,  $k_d$  = coeficiente de morte celular (0,02 a 0,04 dia<sup>-1</sup>) e  $\theta_c$  = Período de digestão.

A companhia CETESB (2006) apresentou dois modelos para o cálculo da produção de biogás em ETEs anaeróbias: um baseado na matéria total gerada pela população local (Equação 2) e outro baseado na geração de matéria orgânica (Equação 3):

$$Q_{CH_4} = \frac{d \cdot P_b \cdot Conc \cdot P(t) \cdot Mt}{\rho_{CH_4}} \quad (2)$$

$$Q_{CH_4} = \frac{(d \cdot P_i \cdot P(t) \cdot fDBO_5 \cdot MFPM \cdot Ef)}{\rho_{CH_4}} \quad (3)$$

Onde:  $Q_{CH_4}$  = Vazão de metano [ $m^3$ /ano],  $d$  = número de dias do ano com geração = 365 para o presente trabalho,  $P_b$  = produção de biogás [kg biogás /kg Mt],  $Conc$  = concentração de metano no biogás,  $\rho_{CH_4}$  = Massa específica do Metano [ $kg/m^3$ ],  $Mt$  = matéria total enviada ao esgoto por habitante a cada dia [kg],  $P_i$  = produção de biogás atividade industrial que gera o efluente (neste caso, esgotos domésticos -  $P_b$ ),  $fDBO_5$  = fator de emissão de DBO típico,  $MFPM$  = máximo fator de produção de metano [kg CH<sub>4</sub>/kg DBO<sub>5</sub>] e  $Ef$  = eficiência do tratamento.

De posse da produção de gás a equação (4) pode ser utilizada para cálculo da potência:

$$Pot = Q_{CH_4} \cdot \eta \cdot PCL \cdot k_1 \quad (4)$$

Onde:  $\eta$  = rendimento da tecnologia de conversão energética,  $PCL$  = poder calorífico do Biogás = 35,53.106 [J/ $m^3$  CH<sub>4</sub>],  $P$  = Potência disponível [kW] e  $k_1$  = coeficiente para ajuste de unidades.

#### 4. EQUACIONAMENTO PARA CÁLCULO DO INVESTIMENTO

A determinação das equações que descrevem os custos de implantação do aproveitamento energético em ETE(s) se deu pela soma dos custos dos componentes individuais que compõem a central. Como demonstra a tabela 1, estes são dados em função da potência [R\$/kW], do consumo de gás [R\$/ $m^3$  ou R\$/ $m^3$ .hr], da distância [R\$/m] ou até mesmo do número de unidades [R\$/unidade]. O cálculo do investimento pode ser realizado por meio da equação 5:

$$I = C_{CCE} \cdot P + C_{GSM} \cdot V_{arm} + n \cdot C_{QMR} + C_{CMP} \cdot Q + C_{TRP} \cdot x + C_{TTL} + C_{BDG} \quad (5)$$

Onde: CCCE = Custo do componente de conversão energética [R\$/kW], CGSM = custo do gasômetro [R\$/m<sup>3</sup>], V<sub>arm</sub> = Volume máximo que se deseja armazenar [m<sup>3</sup>], n = número de unidades queimadoras, CQMR = Custo do queimador [R\$/ unidade], CCMP = Custo do compressor [na tabela 1, R\$/m<sup>3</sup>/hr], Q = Vazão, CTRP = Custo do Transporte de gás [R\$/m], x = comprimento do gasoduto [m], CTTL = Custo do transporte e pré-tratamento de lodo e CBDG = Custo do biodigestor.

Conforme já discutido anteriormente, no caso de uma estação anaeróbia não é necessário o tratamento e biodigestão do lodo, sendo a produção de gás em fase com o tratamento do efluente. Neste caso a equação 5, se reduz a equação 6:

$$I = C_{CCE} \cdot P + C_{GSM} \cdot V_{arm} + n \cdot C_{QMR} + C_{CMP} \cdot Q + C_{TRP} \cdot x \quad (6)$$

O custo do componente para conversão energética do gás CCCE, as emissões, e o rendimento energético variam com as diversas opções tecnológicas (Vide tabelas 1 e 2).

## 5. PARAMETRIZAÇÃO DO INVESTIMENTO PARA APROVEITAMENTOS EM ETES ANAERÓBIAS:

Pela análise das equações 5 e 6 pode-se observar que, caso se fixe o número de queimadores e o comprimento do gasoduto a ser escolhido (n e x), o investimento do empreendimento estará em função da potência e da vazão de gás. Como a vazão de gás pode ser escrita em função da potência pela equação 4, tem-se que o investimento variará linearmente com a potência:

$$I = a + bP \quad (7)$$

Onde: a, b = coeficientes de ajuste da relação linear  $I = f(P)$ . Esta parametrização foi obtida em dois cenários (C1 e C2) idênticos, exceto pela tecnologia de conversão energética escolhida, a saber, C1 = Motor Ciclo Otto (MCO) e C2 = Micorturbina a gás (MTG). Em ambos cenários a produção de metano foi calculada pela equação 2, utilizando-se as seguintes constantes: d = número de dias do ano com geração = 360 para o presente trabalho, P<sub>b</sub> = produção de biogás [kg biogás /kg Mt], Conc = concentração de metano no biogás, ρ<sub>CH<sub>4</sub></sub> = Massa específica do Biogás [kg/m<sup>3</sup>], Mt = matéria total enviada ao esgoto por habitante a cada dia [kg], respectivamente iguais a: 0,001 [kg biogás / kg Mt], 60 % , 0,67 [kg/m<sup>3</sup>] e 150 [kg], conforme valores sugeridos pelo Software BIOGÁS (2006), com populações atribuídas entre 10.000 e 500.000 habitantes.

De posse da estimativa de produção de metano, a potência foi



calculada pela equação 4. Os dados de custos e rendimentos dos diversos componentes foram obtidos junto as tabela 1 e 2. O volume máximo a ser armazenado Varm foi adotado como aquele correspondente a 10 % da vazão mensal, ou seja, o volume de 3 dias de produção de gás e o comprimento  $x$  do gasoduto como sendo igual a 1 [km].

Os resultados obtidos estão apresentados na figura 3. Nesta vemos que os custos da utilização das MTG são mais elevados e que o alcance de potências destas é menor (Devido ao menor rendimento). Contudo, como demonstra a tabela, as emissões de NOx destas são muito menores que a dos motores tradicionais ( 9 ppm enquanto que a dos motores está na casa de centenas ou milhares de ppms). Desta forma, embora mais caras, as MTG são muito melhores ambientalmente durante sua operação.

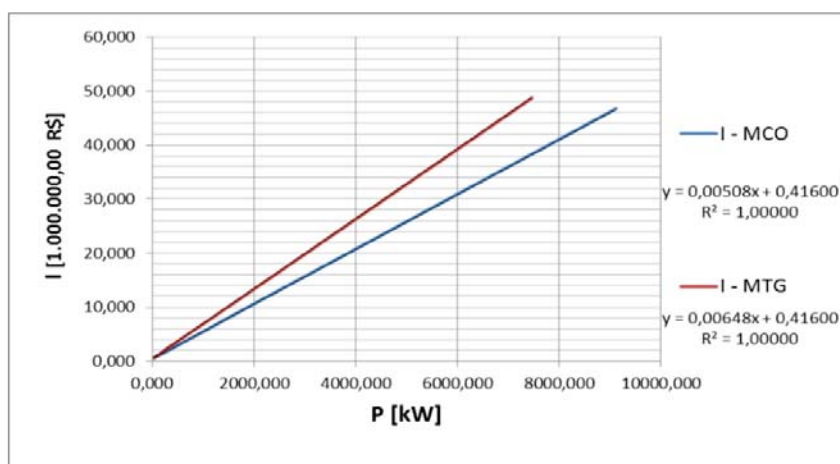


Figura 3: Curvas I X P.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho destacou os principais componentes necessários para o funcionamento de uma usina de produção de energia em estações de tratamento de esgoto (ETEs), bem como o custo destes. O equacionamento para determinação destes foi desenvolvido e aplicado a ETEs anaeróbias, tendo sido obtido como resultado as equações:  $I [106 \text{ R\$}] = 0,00508P[\text{kW}] + 0,416$  para a utilização de motores de ciclo Otto e  $I [106 \text{ R\$}] = 0,00648P[\text{kW}] + 0,416$  para a utilização de Microturbinas a gás. Estas equações podem ser utilizadas para o auxílio de estudos econômicos do aproveitamento em ETEs anaeróbias em trabalhos futuros.

Vemos nas equações anteriores que, somente o coeficiente angular destas se alterou. Como os dois cenários foram idênticos, contudo com tecnologias de conversão energética diferentes, o coeficiente linear, função dos parâmetros independentes da potência e produção de gás, não se alterou ( $x$  e  $n$ ).

Apesar das microturbinas serem mais dispendiosas e de

menor rendimento, estas possuem emissões muito menores de NOx durante a operação do que o MCO. Uma opção para viabilização destas é a conversão dos benefícios ambientais das mesmas em incentivos financeiros por meio de algum programa de desenvolvimento.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Abatzoglou, N. e Boivin, S. A review of biogas purification processes. *Biofuels, Bioprod. Bioref.* V.3, 2009, pp. 42–71.

-Adequar Licenciamentos Ambientais. 2011. Disponível em <<http://adequarliamb.blogspot.com.br/2011/07/estudo-de-viabilidade-tecnica-para.html>>. Acesso: 25/04/2014.

-Banco Central do Brasil. Calculadora do Cidadão. Disponível em <<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPUBLICO/corrigirPorIndice.do?method=corrigirPorIndice>>. Acesso: 25/04/2014.

-Biogás: Efluentes e Resíduo Rural. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB. 2006. Software disponível para download em:<<http://www.cetesb.sp.gov.br/mudancasclimaticas/biogas/Softwares/16Softwares>>. Acesso em 03/12/2013.

-Capehart, B. L. Microturbines. WBDG. Whole Building Design Guide. U.S.A. National Institute of Building Sciences, 2010. Disponível em < <http://www.wbdg.org/resources/microturbines.php>>. Acesso: 25/04/2014.

- Campos, J. R. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999.

- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB. Manual do Usuário do software Biogás: Geração e uso energético - Efluentes, versão 1.0 / CETESB, Departamento ambiental, Ministério brasileiro de ciência e tecnologia. São Paulo, 2006.

- Coelho, T., S. et al. Geração de energia elétrica a partir do biogás proveniente do tratamento de esgoto. Encontro de Energia no Meio Rural - Agrener, 2006.

- Chernicaro, C.A. L. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Reatores Anaeróbios, Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2005.

- Nuvolari, A. Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola. Capítulo 9. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

- Pecora, V. Implantação de uma Unidade Demonstrativa de Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás de Tratamento do Esgoto Residencial da USP – Estudo de Caso. 2006. 152 p. Dissertação de Mestrado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo - PIPGE.

-Portal Exchange Rates. Disponível em <<http://www.exchangerates.org.uk/currency/best-rate-search.html?from=GBP&amount=1&to=EUR&send=Compare>>. Acesso: 25/04/2014.

Qasin, S., R. Wastewater Treatment Plants – Planning design and operation. 2.a ed. Lancaster, Pennsylvania, USA Technomic Publishing Company, 1999, 1107 p.

Salomon, K., R. Lora, E. E. S Estimate of the electric energy generating potential for different sources of biogas in Brazil. Biomass e Bioenergy, v. 33, p. 1101-1107. Elsevier, 2009.

- Santos, E., V., M. Desnitrificação em sistemas de lodo ativado. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Campina Grande, PB, 2009.

-SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento. Diagnósticos de água e Esgoto. Disponível em:

<<http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=6>>. Acesso: 25/04/2014.

- von Sperling, M. Lodos Ativados. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 2º ed., 2002, 428 p.

### **Informações para Autores**

Propostas de publicações em consonância com o disposto na missão da Revista Brasileira de Energia (RBE) poderão ser enviadas ao Comitê Editorial para análise, através de link específico existente no site da Sociedade Brasileira de Planejamento Energético ([www.sbpe.org.br](http://www.sbpe.org.br)).

A formatação final para publicação ficará por conta do departamento de diagramação da RBE, porquanto os artigos deverão ser enviados em formatação simples, conforme o disposto a seguir:

- Os trabalhos devem ser editados e enviados em arquivo Word.
- Papel A4, margens 20 mm, fonte Times New Roman tamanho 12, espaçamento 1,5.
- Figuras com resolução mínima de 300 dpi.
- O nome do autor ou autores, não devem ser abreviados, e as respectivas informações de instituição, endereço, cidade, cep, estado, telefone e e-mail devem ser apresentadas.
- Todos os itens devem ser numerados sequencialmente, exceto Resumo e Abstract. Não usar numeração automática do processador de texto. Serão aceitos no máximo 3 subníveis de numeração, a partir dos quais poderão ser usadas letras como único subnível adicional.
- Títulos de figuras e tabelas, abaixo e acima das mesmas, respectivamente, sem descrição de fonte, a qual deverá ser feita ao longo do texto, muito menos a existência do termo “autoria própria”.
- Referências a trabalhos deverão ser citadas no texto com nome do autor (ou autores) e ano de publicação, entre parêntesis [Ex.: (Autor 1, 1928); (Autor 1 e Autor 2, 1928)]. Na existência de mais de dois autores, escreve-se o nome do primeiro autor seguido da expressão et al. [Ex.: (Autor 1 et al, 1928)].

### **Referências bibliográficas:**

- Somente deverão ser citados autores ou trabalhos que estejam incluídos na lista de referências bibliográficas, assim como todos os trabalhos listados nas referências bibliográficas deverão ter sido citados no texto.

- Referências a autor(es) deverão ser citadas no texto com nome do autor (ou autores) sucedida do ano de publicação entre parêntesis [Ex.: Autor 1 (1928); Autor 1 e Autor2(1928)]. Na existência de mais de dois autores, es creve-se o nome do primeiro autor seguido da expressão et al. [Ex.:Autor 1 et al (1928)].