

II-590 - INFLUÊNCIA DE EVENTOS DE CHUVA NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS DE REATORES ANAERÓBIOS ALIMENTADOS COM ESGOTO DOMÉSTICO

Thaís Carolina Ferreira Waiss⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). Mestre em Ciências pelo Programa de Energia do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE/USP). Engenheira da Assessoria de Planejamento e Desenvolvimento Ambiental da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar).

Gustavo Rafael Collere Possetti

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Engenheiro Eletricista pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Mestre em Ciências e Doutor em Ciências pela UTFPR. Engenheiro da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar). Professor do Programa de Mestrado Profissional em Governança e Sustentabilidade do Instituto Superior de Administração e Economia do Mercosul (ISAE-FGV).

Endereço⁽¹⁾: Rua Engenheiros Rebouças 1376, Assessoria de Planejamento e Desenvolvimento Ambiental, Companhia de Saneamento do Paraná - Rebouças - Curitiba - Paraná - Brasil - CEP: 80.215-100 - Tel: +55 (41) 3330-3510 - e-mail: thaisacfw@sanepar.com.br

RESUMO

Neste artigo é apresentado um estudo sobre a quantificação, a partir de resultados de medições, da influência dos eventos de chuva nas taxas de produção de biogás em uma estação de tratamento de esgoto doméstico (ETE) de grande porte, localizada no município de Curitiba – Paraná e dotada de reatores UASB. Para tanto, realizaram-se medições de vazão de biogás em tempo real, ao longo de aproximadamente um ano, sendo os dados comparados com as precipitações pluviométricas diárias registradas para o mesmo período de investigação. Os resultados obtidos indicaram que a vazão de biogás da ETE analisada foi variável, apresentando um coeficiente de variação de 31,6%, o qual foi motivado, dentro outros fatores, por eventos de chuva. De modo geral, verificou-se uma tendência de redução nas vazões de biogás à medida que as precipitações pluviométricas tornam-se mais intensas, sobretudo para eventos acima de 10 mm. Nesse sentido, considerando que em 29% do período de análise houve precipitações pluviométricas superiores a 10 mm e que a redução média de vazão com relação ao dia anterior nesses eventos foi de 23,2%, estimou-se que os eventos de chuva diminuíram a vazão média anual de biogás da ETE em aproximadamente 3,5%. No entanto, como a ocorrência de chuvas possui caráter aleatório, esse valor pode ser maior em épocas com elevada precipitação pluviométrica. Logo, recomenda-se que a influência da chuva nas taxas de produção de biogás seja considerada no dimensionamento de plantas de recuperação energética de biogás provenientes de reatores UASB.

PALAVRAS-CHAVE: Biogás, Reator UASB, Influência de eventos de chuva.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil passa por um processo de expansão, mesmo que moderada, dos sistemas de esgotamento sanitário. Um acréscimo de 1,5 milhão de ligações (6,3%) ocorreu entre os anos de 2011 e 2012. Nesse período verificou-se um acréscimo de 423,1 milhões (8,9%) de metros cúbicos de esgoto coletado e 335,3 milhões de metros cúbicos (10,5%) de esgoto tratado [1].

Essa expansão, de modo geral, tem sido acompanhada pela consolidação do tratamento anaeróbico do esgoto, sobretudo dos reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manto de lodo (UASB - *upflow anaerobic sludge blanket*). Isso porque esses reatores tipicamente demandam pequenas áreas, reduzidos custos de implantação e baixos consumos de energia [2]. Esse tipo de tratamento ainda possui a característica de gerar o biogás, um subproduto composto majoritariamente por metano e que, portanto, possui energia química acumulada em sua composição.

Por isso, a recuperação do biogás tem-se tornado uma opção interessante de geração de energia limpa e renovável [3-4] em estações de tratamento de esgotos (ETEs). O uso do biogás para fins energéticos é

amplamente reconhecido e fundamentado na literatura. No entanto, tal prática ainda é incipiente em ETEs brasileiras.

Além disso, poucos estudos sobre quantificações das taxas de produção de biogás em reatores UASB foram relatados. Um estudo [5] de comparação, entre as estimativas de produção de biogás e os resultados de medições realizados em campo, indica que a quantidade de energia estimada pelos métodos existentes é, em média, maior que aquela realmente disponível para uso.

Adicionalmente, resultados reportados recentemente permitiram concluir que o desprendimento do biogás nos reatores UASB possui um comportamento temporal variável, periódico e não estacionário, o qual pode ser significativamente influenciado por eventos de chuva [6]. Porém, os autores não apresentaram detalhes sobre tal influência e nem abordam seu nível de significância. Logo, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos voltados para tais fins.

OBJETIVO DO TRABALHO

O presente trabalho tem como objetivo quantificar, a partir de resultados de medições, a influência dos eventos de chuva nas taxas de produção de biogás em uma ETE de grande porte dotada de reatores UASB alimentados com esgoto doméstico.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo em questão foi desenvolvido com base em dados de uma ETE localizada no município de Curitiba – Paraná, compreendendo o período de aproximadamente um ano (352 dias), entre outubro de 2011 e outubro de 2012. A ETE sob investigação foi dimensionada para tratar até 1.120 L/s de esgoto doméstico em 16 reatores UASB igualmente distribuídos em 4 linhas. Em cada uma dessas linhas há um conjunto de tubos coletores e condutores de biogás, além de um queimador aberto com ignição elétrica automática. Esses reatores possuem iguais dimensões e supostamente foram alimentados com a mesma vazão de esgoto.

As medições de vazão de biogás foram realizadas no trecho final dos tubos condutores, contemplando uma das quatro linhas existentes. Dessa forma, a vazão do biogás disponibilizada por 4 reatores UASB foram quantificadas, em condições de guiamento passivo, com um transmissor por dispersão térmica Thermathel® (TA2, Magnetrol), com resolução de $(5,6 \pm 1,0) \text{ Nm}^3/\text{h}$ e repetibilidade de 0,5% da leitura. O equipamento foi conectado a um aquisitor de dados, o qual foi configurado para ler e armazenar as taxas de produção de biogás em intervalos de 30 segundos. Na sequência, as taxa de produção de biogás obtidas foram multiplicadas por quatro, para que o resultado pudesse expressar a realidade da ETE como um todo.

Para avaliar a influência dos eventos de chuva nas taxas de produção de biogás, utilizaram-se os dados de precipitação pluviométrica diária do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa [7], os quais foram mensurados por uma estação meteorológica localizada nas proximidades da ETE e pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

O total de dias chuvosos foi classificado considerando como sendo um dia com chuva significativa aqueles com precipitação pluviométrica igual ou superior a 1 mm no decorrer de 24 horas [8], e foi enquadrado como chuvosos as precipitações pluviométricas cujo valor foi maior que 0 e inferior a 1 mm [9].

Os dados de pluviosidade e vazão de biogás foram sistematizados e tratados de forma a considerar a vazão média de biogás de um dia com chuva em comparação à vazão de biogás do dia anterior, sem chuva. Por fim, esses dados foram analisados estatisticamente com o auxílio do programa computacional Origin® 8.0.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A vazão de biogás disponibilizada pelo sistema de coleta da ETE ao longo do período de estudo foi, em média, igual a $(84,30 \pm 26,64) \text{ Nm}^3/\text{h}$. Diariamente, a distribuição das vazões médias de biogás foi dispersa,

apresentando um coeficiente de variação igual a 31,6%. Essa variação pode ser explicada por diferentes motivos, dentre os quais destaca-se a ocorrência de eventos de chuva.

Durante os 352 dias de estudo, ocorreu precipitação pluviométrica em 169 dias, ou seja, em 48% do período analisado. No entanto, em 67 dias (19% do tempo) a chuva foi classificada como chuvisco, restando, portanto, 102 dias com chuvas significativas (29% do tempo). Esses números comprovam a tendência de que a intensidade da chuva é inversamente proporcional à probabilidade de sua ocorrência [10].

A Figura 1 ilustra as precipitações pluviométricas acumuladas mensais durante o período de estudo. A precipitação pluviométrica acumulada mensal foi, em média, de $(93,48 \pm 53,55)$ mm e oscilou entre 24 mm e 198 mm.

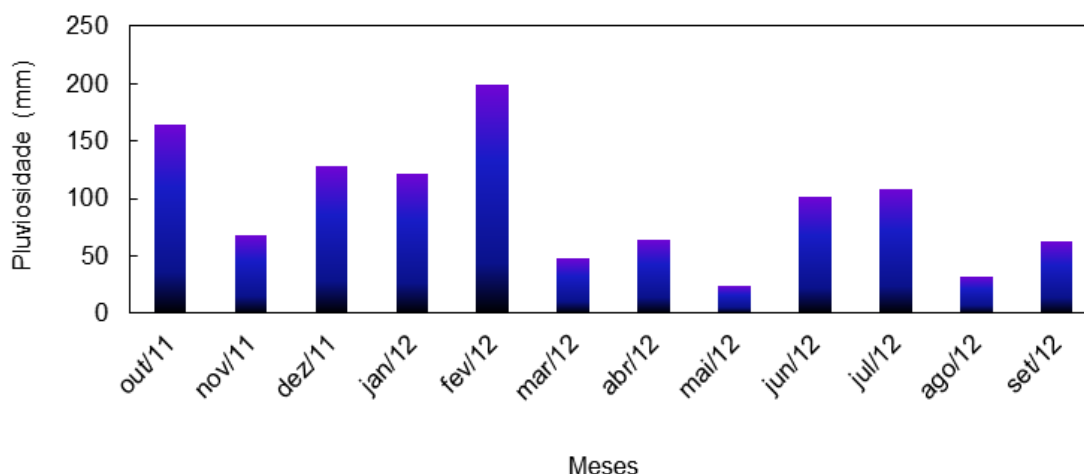


Figura 1 - Volume total de chuvas por mês, no período entre outubro de 2011 e setembro de 2012, na bacia de captação da ETE.

O maior número de dias de chuvas ocorreu em fevereiro de 2012 (15 dias de chuva), coincidindo com o mês de maior precipitação pluviométrica acumulada dentre aqueles considerados neste estudo. Já o mês com menos dias de chuva foi agosto de 2012, com apenas 2 dias de chuva. Uma distribuição de frequências absolutas do número de dias de chuva por mês está apresentada na Figura 2.

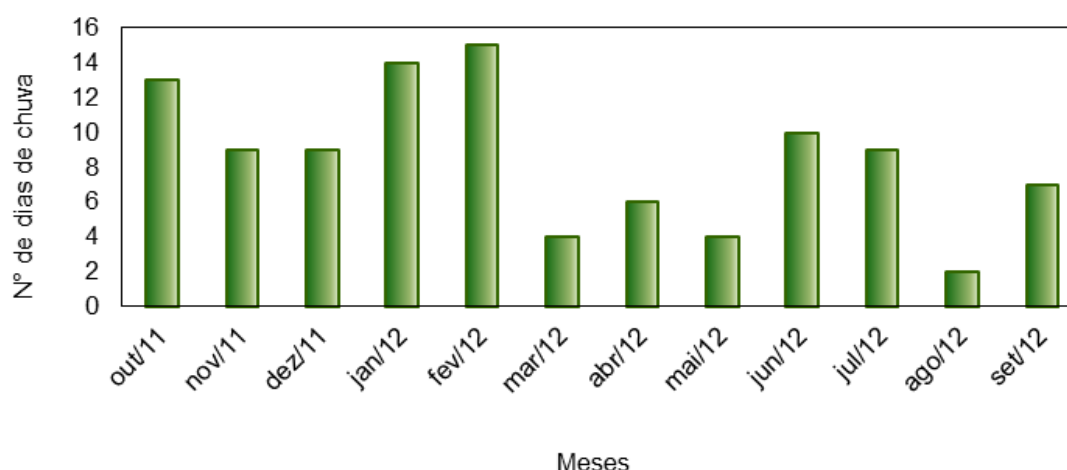


Figura 2 - Número de dias de chuva por mês, no período entre outubro de 2011 e setembro de 2012, na bacia de captação da ETE.

A Figura 3 ilustra simultaneamente as precipitações pluviométricas médias diárias e as vazões médias diárias de biogás para o período de estudo. De modo geral, há uma tendência de redução nas vazões de biogás à medida que as precipitações pluviométricas tornam-se mais intensas. Essa relação pode ser mais facilmente

visualizada na Figura 4. Cabe destacar, no entanto, que em ausência de chuva (precipitação pluviométrica igual a zero), a variação na vazão de biogás mostrou ser significativa, apresentando valores entre 28,17 e 136,52 Nm³/h. Esses resultados ratificam que, além dos eventos de chuva, existem outros fatores que influenciam as taxas de produção de biogás.

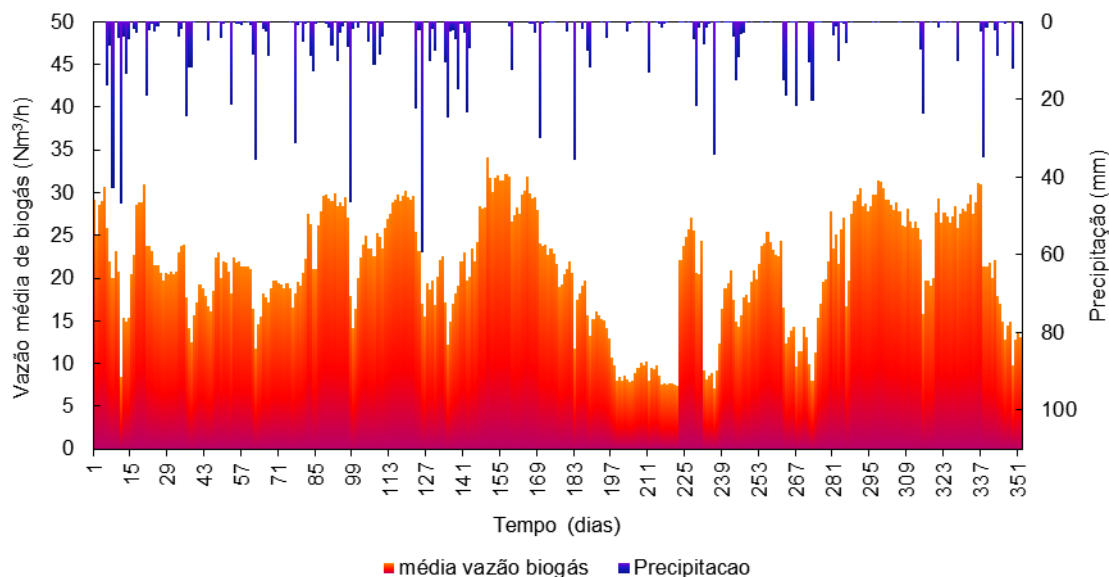


Figura 3 – Vazão média diária de biogás e precipitação pluviométrica média diária para o período entre outubro de 2011 e setembro de 2012.

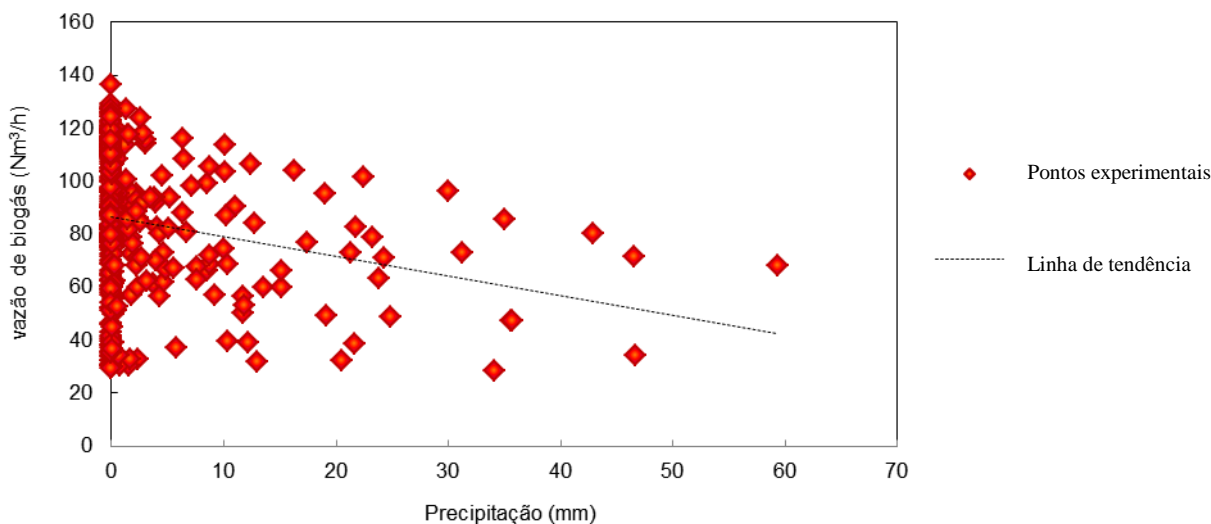


Figura 4 – Vazão média de biogás da ETE em função da precipitação pluviométrica diária para o período entre outubro de 2011 e setembro de 2012. A linha pontilhada representa a linha de tendência ajustada aos pontos experimentais.

A Figura 5 apresenta a variação percentual da vazão média diária de biogás, em relação à vazão média de biogás do dia anterior, em função da precipitação pluviométrica diária. Assim, os pontos que aparecem no eixo “y” negativo representam os dias em que houve redução de vazão de biogás em relação ao dia anterior. Já os pontos que aparecem no eixo “y” positivo indicam os dias nos quais houve aumento de vazão de biogás em relação ao dia anterior. Há um conjunto de pontos pertencentes ao eixo “y” positivo, os quais estão associados com dias sem chuva ou contendo chuveiro. Por sua vez, os pontos que integram o eixo “y” negativo estão associados com dias de chuva significativa.

De modo geral, os percentuais de variação na vazão de biogás são maiores à medida que aumenta a precipitação pluviométrica. Contudo, na ausência de chuva, como ocorreram diminuições e aumentos das vazões médias diárias de biogás, verificaram-se reduções percentuais em relação ao dia anterior de até 17,9% e incrementos percentuais de até 202%. Ressalta-se, entretanto, que esse incremento percentual elevado ocorreu após um período de vários dias de reduções consecutivas na vazão de biogás, as quais podem ser atribuídas a problemas operacionais nos reatores UASB da ETE.

Em eventos de chuva inferiores a 10 mm, é possível notar uma distribuição aleatória da variação de vazão, indicando que nesses casos, a vazão pode reduzir ou aumentar em relação ao dia anterior e que a precipitação pluviométrica influenciou pouco nesta variação. Por outro lado, nos eventos de chuva representados por precipitações pluviométricas acima de 10 mm (apenas em dois eventos, de um total de 39), foi possível verificar o aumento da vazão de biogás, o equivalente à apenas 5% dos casos. Porém, em 37 eventos de chuva houve redução de vazão média de biogás em relação ao dia anterior e essa variação foi, em média, de 23,2%.

Ao analisar esses mesmos dados, porém excluindo os eventos de ausência de chuva e separando os eventos de chuviscos, verificou-se que de um total de 67 dias, em apenas 25 houve redução de biogás em relação ao dia anterior, indicando que a influência dos eventos de chuvisco é menos representativa na variação das taxas de produção de biogás.

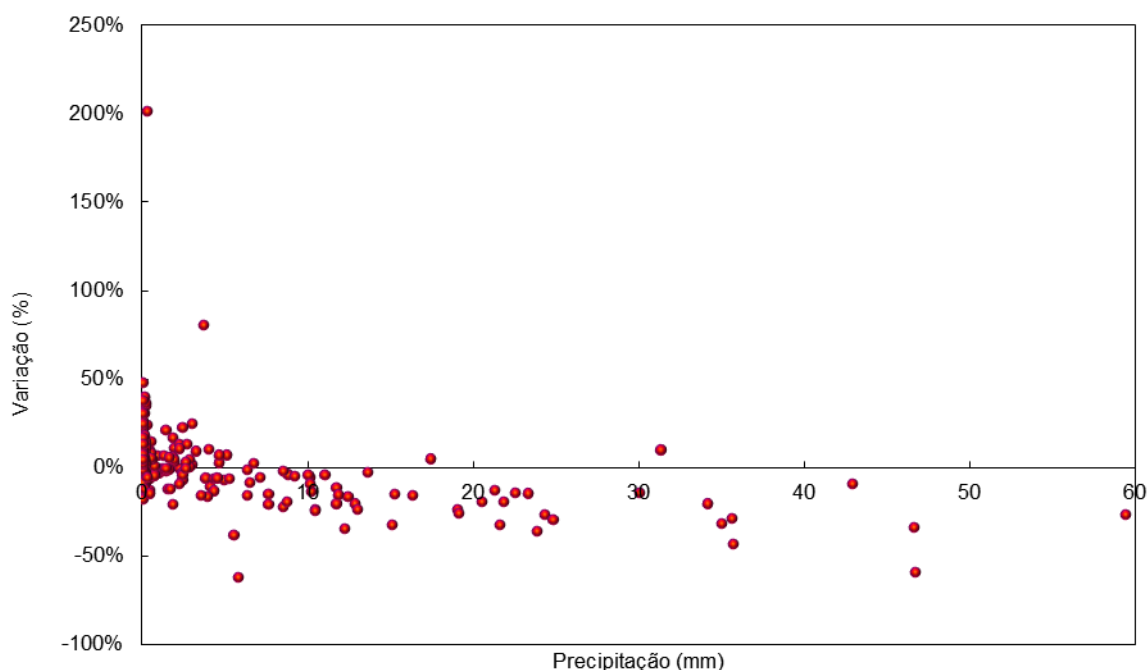


Figura 5 – Variação percentual da vazão média de biogás de um dia em relação ao dia anterior em função da precipitação pluviométrica do dia analisado, para o período entre outubro de 2011 e setembro de 2012.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitem afirmar que as taxas de produção de biogás nos reatores UASB da ETE investigada foram variáveis durante o período de análise, apresentando um coeficiente de variação de 31,6%. Além disso, verificou-se que eventos de chuva podem influenciar significativamente as taxas de produção de biogás. Constatou-se que existe uma tendência de redução nas vazões de biogás à medida que ocorre o aumento das precipitações pluviométricas, em especial para eventos acima de 10 mm.

Logo, considerando que na bacia de atendimento da ETE investigada, em 29% do período de análise houve precipitações pluviométricas superiores a 10 mm, e que a redução média de vazão de biogás com relação ao dia anterior nesses eventos foi de 23,2%, pode-se estimar que a vazão média anual de biogás da ETE pode ter sido 3,5% menores devido às chuvas. No entanto, como o evento de chuva é aleatório, esse valor pode ser maior em épocas com elevada precipitação pluviométrica. Além disso, apesar dos efeitos da chuva serem aparentemente pequenos em uma escala anual, eles podem ser significativos em uma escala diária, caso não sejam adequadamente compensados. Portanto, sugere-se que a influência dos eventos de chuvas seja considerada na concepção de projetos de aproveitamento energético de biogás de reatores UASB, sobretudo na etapa de dimensionamento de gasômetros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2012. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2014. 164 p. : il.
2. CHERNICHARO, C. A. L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; reatores anaeróbios. 1 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1997. V.5.
3. CONSTANT, M.; NAVEAU, H.; FERRERO, G. L.; NYNS, E. J. Biogás End-Use in the European Community. Elsevier Science Publisher, England, 1989.
4. SANTOS, I. F. S.; LEITE, M. D. P.; BARROS, R. M.; TIAGO FILHO, G. L. Um Estudo dos Custos de Implantação de Empreendimentos de Aproveitamento Energético do Biogás de Estações de Tratamento de Esgoto. In: Anais do IX Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 2014.
5. SILVA, T. C. F.; POSSETTI, G. R. C.; COELHO, S. T. Avaliação do Potencial de Produção de Energia a partir do Biogás Gerado no Tratamento de Esgotos Domésticos. In: Anais do IX Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 2014.
6. POSSETTI, G. R. C.; JASINSKI, V. P.; MESQUITA, N. C.; KRIGUEL, K.; CARNEIRO, C. Medições em tempo real do biogás produzido em reatores UASB alimentados com esgoto doméstico. In: Anais do 27º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2013.
7. BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>>. Acesso em Setembro de 2014.
8. SANT'ANNA NETO, J. L.; TOMMASELLI, J. T. G. O tempo e o clima de Presidente Prudente. FCT/UNESP, Presidente Prudente, 1 ed, 2009.
9. CARVALHO A. L. de, et al. Distribuição mensal e anual da ocorrência de dias secos e chuvosos na região de Rio Largo Alagoas. In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém, 2010. Disponível em: http://www.cbmet2010.com/anais/artigos/245_76960.pdf. Acesso em: 26 de julho de 2012.
10. SILVA, T. C. F. Utilização de biogás de estações de tratamento de esgoto para fins energéticos. 2015. 252 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.