

II-370 – CORRELAÇÕES ENTRE A FORMAÇÃO DE BIOGÁS, VOLUME DE ESGOTO AFLUENTE E REMOÇÃO DE DQO NUMA ETE EM ESCALA REAL

Cícero Fernandes Neto⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela UFPB. Engenheiro Sanitarista pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Engenheiro Civil e Sanitarista da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN).

Felipe Ferreira de Oliveira⁽²⁾

Engenheiro Eletricista pela UFRN. Especialista em Instrumentação Elétrica pela UFPR. Engenheiro Eletricista da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN).

Paulo Eduardo Vieira Cunha⁽³⁾

Engenheiro Civil pela UFRN. Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Analista Ambiental da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN).

Danillo Luiz de Magalhães Ferraz⁽⁴⁾

Tecnólogo em Saneamento Ambiental pelo IFRN. Especialista em Engenharia Sanitária pela UFRN. Técnico Ambiental da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN). Mestrando em Engenharia Sanitária UFRN.

André Luiz Calado Araújo⁽⁵⁾

Engenheiro Civil pela UFPB. Mestre em Engenharia Sanitária pela UFPB. PhD em Engenharia de Saúde Pública pela University of Leeds. Professor do IFRN. Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária da UFRN (PPGES-UFRN).

Endereço⁽¹⁾: Avenida Governador Rafael Fernandes, S/N – ETE do Baldo – Alecrim - Natal - RN - CEP: 59040-040 - Brasil - Tel: (84) 3232-4239 - e-mail: neto.cicero@uol.com.br

RESUMO

Nos últimos anos, o número de estações de tratamento de esgoto que adotam a tecnologia combinada de tratamento anaeróbia-aeróbio vem crescendo bastante no Brasil. Entretanto, parâmetros operacionais deste tipo de sistema em escala real não se encontram plenamente difundidos. Um destes parâmetros é a produção de biogás, assim como a composição qualitativa deste gás originado a partir da degradação anaeróbia da matéria orgânica presente nos esgotos. Com este intuito, elaborou-se o presente trabalho.

O presente trabalho foi realizado na Estação de Tratamento de Esgotos do Baldo, implantada na cidade de Natal/RN, a qual foi projetada para operar com vazão média de 450 L/s é composta por duas linhas processuais em paralelo, cada uma formada por uma grade grossa, grade fina, caixa de areia, quatro câmaras de UASBs, seguidos de pós-tratamento por lodos ativados com biodiscos, após os quais o efluente é submetido a desinfecção ultravioleta.

O mesmo foi dividido em duas etapas. Na primeira foi avaliada qualitativamente a concentração do biogás produzida nos reatores anaeróbios. Na segunda, avaliou-se a produção quantitativa de biogás e sua correlação com a vazão aduzida a ETE, a remoção de carga orgânica (expressa em DQO) e fatores ambientais como a temperatura ambiente.

Quanto a análise qualitativa, verificou-se que o biogás é composto prioritariamente por metano (78%), apresentando ainda nitrogênio, dióxido de carbono, oxigênio e propano. Quanto à produção de biogás, verificou-se que a mesma é proporcional a vazão de esgoto e a remoção de DQO, apresentando uma defasagem de seis horas em relação a adução de esgoto.

A experiência da ETE do Baldo nos permite concluir que é possível se aproveitar o biogás gerado nos reatores anaeróbios, em razão da quantidade produzida, bem como das características do referido biogás (predominância de metano).

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento Anaeróbio, Produção de Biogás, Análise de Biogás, Remoção de DQO.

I. INTRODUÇÃO

Parâmetros operacionais de Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) com sistema combinado de tratamento, em escala real, ainda não se encontram plenamente difundidos no âmbito nacional da engenharia sanitária.

Apesar de existirem várias dissertações e teses sobre o assunto, no entanto, resultantes de pesquisas conduzidas por mestrandos e doutores assistidos por seus competentes orientadores.

Este trabalho objetiva disponibilizar dados sobre biogás obtido no dia a dia de uma ETE que utiliza reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo (UASB) como tratamento primário, operada por agentes treinados na própria instalação.

Pesquisou-se a produção do biogás, formado no tratamento primário, em função do esgoto afluyente à ETE apoiado na precisa rede de medidores desse gás e do esgoto processado, com a qual a planta em estudo encontra-se dotada, aliada ao bom acompanhamento da redução da DQO nas saídas dos seus reatores anaeróbios. A partir dos quantitativos de produção do biogás, foram realizadas avaliações práticas da capacidade do lodo anaeróbio em produzir metano e a caracterização da Atividade Metanogênica Específica (AME). Procurou-se realizar análises qualitativas do biogás mensalmente, porém, os custos das análises e a burocracia para efetuação dos respectivos pagamentos limitaram a uma só determinação durante o período da pesquisa.

A planta de tratamento ora apresentada localiza-se em Natal/RN, conhecida como ETE do Baldo, e pertence à Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), a qual apoiou o presente trabalho, disponibilizando suas instalações para as respectivas pesquisas. A mesma foi projetada para tratar uma vazão média de 450 L/s até o ano 2014. Entretanto, hoje já se alcança picos horários de 555 L/s, com produção de biogás sendo queimada durante períodos que variam de 12 a 72 horas.

Como um dos derivantes do objetivo principal, este trabalho poderá propiciar estudos vindouros do aproveitamento do biogás produzido nos UASBs da ETE do Baldo, já que o mesmo se apresenta quase desprovido de gás sulfídrico, uma vez que este é previamente captado através de um sistema de tratamento de odores, constando de sucção a vácuo e lavagem de gases. Os dados a serem futuramente disponibilizados poderão servir como parâmetros para elaboração de futuros projetos de ETE's, nos quais se tenha a pretensão de se utilizar o metano como fonte de energia para secagem de tortas de lodo ou acionamento de maquinário. Mesmo que não haja esta pretensão, há de se ter o cuidado no tratamento do metano produzido em tais unidades por ser este cerca de 24 vezes superior ao CO₂, no que se refere ao efeito estufa.

Outro objetivo derivante do trabalho é a apresentação de fatores intervenientes na produção do biogás, como variações de temperatura e precipitações pluviométricas por estar a ETE em estudo, inserida numa região cujo clima é considerado bastante favorável à digestão anaeróbia. Outro fator observado, como fomentador de biogás é o encaminhamento do líquido extrusado nas centrífugas de desaguamento do lodo digerido, às grades grossas do tratamento preliminar da aludida ETE e destas para os UASBs.

II. METODOLOGIA ADOTADA

A ETE em estudo dispõe de duas linhas processuais em paralelo, cada uma formada por uma grade fina, uma caixa de areia, quatro câmaras de UASBs, seguidos de pós-tratamento por lodos ativados, composto por biodiscos da Proáqua e sistema de aeração fabricado pela B&F Dias. Ambas as linhas são alimentadas por uma única Estação Elevatória de Esgoto Bruto e têm seus lodos digeridos centrifugados em Decanto Centrífugas da Pieralisi.

Os dados a seguir apresentados foram obtidos através do sistema de coleta do biogás, o qual é dotado de uma rede de medição e todos os *drivers* de acionamento das cargas eletromecânicas e instrumentos de medição de variáveis instalados na planta, comunicam-se via rede *profibus* PA e DP com CLP's afixados em cinco salas de painéis, sendo um o mestre. Dois computadores exclusivos com *software* tipo Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados em redundância da Siemens (WinCC) e uma função específica do aplicativo, permitem a geração de gráficos e tabelas com qualquer dado coletado em função do tempo.

Cada uma das oito câmaras anaeróbias coleta biogás para um sistema de condicionamento, no qual ocorre o aquecimento para evitar a condensação, o que permite uma leitura precisa pelo medidor a jusante que aponta a vazão instantânea e acumulada do biogás proveniente de cada câmara dos UASB's, em quilograma por hora.

O sistema de coleta é constituído por tubulação em aço inox, com sistema de SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas) reforçado na unidade. Existe ainda uma válvula corta chama para cada câmara, além de outra inserida no barrilete principal da tubulação que encaminha o biogás para o sistema de queimadores.

A amostra de biogás para análise foi realizada com o auxílio de uma bomba de vácuo, com a qual se consegue aumentar a pressão na linha coletora de biogás de modo a garantir a coleta em um cilindro de aço com vácuo. A realização da análise qualitativa deu-se junto à instituição local habilitada para efetuar tal serviço, qual seja o Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis (CTGÁS-ER) formado por um consórcio entre a PETROBRAS e o SENAI (www.ctgas.com.br). As referidas análises foram conduzidas sob a responsabilidade do MSc.- José Carlos do Nascimento.

O biogás coletado nos reatores anaeróbios é encaminhado para a queima em duas torres paralelas (sendo uma de reserva). Cada torre apresenta um selo hidráulico que permite a passagem do gás somente após vencer aproximadamente 30 centímetros de coluna de água (Figura 1).



Figura 1: Queimadores de biogás da ETE do Baldo em operação

O medidor de biogás adotados na estação são de fabricação da Endress-Hauser, modelo Proline t-mass 65i. Existem oito instrumentos, sendo um para cada reator anaeróbio. A linha 1 corresponde às câmaras 1, 2, 7 e 8, enquanto a 2 abrange as células 3, 4, 5 e 6. Destaca-se que o medidor da câmara 6 não está funcionando momentaneamente por problema na placa de comunicação. Logo, para efeito do presente estudo, a indicação dele será desprezada. A Figura 2 mostra parte da tubulação de coleta de biogás, bem como seus medidores de vazão.



Figura 2: Sistema de coleta de biogás da ETE do Baldo, vendo-se em primeiro plano os medidores de vazão dos gases e em segundo plano a válvula corta-chama.

A ETE vem sendo monitorada semanalmente desde junho de 2012 com base na coleta de amostras compostas, ponderadas pela vazão afluyente, tomadas a cada 4 horas, durante um ciclo de 24 horas, em 3 pontos de monitoramento: esgoto bruto (EB) e efluentes dos reatores UASB (UASB1 e UASB2). Após a coleta as amostras são preservadas com gelo e ao final do ciclo são conduzidas ao laboratório para a determinação da DQO (APHA et al., 2000).

II.i-ANÁLISE DOS DADOS DE VAZÕES

Apesar de a ETE encontrar-se em operação desde 3 de junho de 2011, o sistema de automação só salvou dados de vazão de biogás a partir de 27 de maio de 2012. Para a análise em questão, foram resgatados os dados do sistema supervisorio em forma de tabela relacionando vazão de entrada de esgoto versus saída do biogás das duas linhas processuais.

As informações para correlação acima foram transformadas em tabela menor e de mais fácil aferição. Nesta o eixo y corresponde ao momento da leitura (tempo), ocorrendo um incremento de uma hora por linha. O eixo x representa as variáveis analisadas (vazão de esgoto bruto e vazão de biogás nos reatores anaeróbios).

A seguir foi analisada graficamente a relação entre a vazão de esgoto que entra em cada linha de UASB's e a vazão de biogás produzida nestes, através de operação de planilhas. Desta forma foram gerados gráficos considerando apenas a vazão de esgoto que entra nos UASB's (75% da vazão total da planta, em virtude da existência de desvio de 25% da vazão para suprimento de matéria orgânica para as reações de desnitrificação a ocorrerem nas câmaras anôxicas) e o somatório de biogás gerado em ambas as linhas de Reatores Anaeróbios.

III. RESULTADOS

III.i-RESULTADOS ESPERADOS

A Atividade Metanogênica específica (AME) não possui um protocolo-padrão para a sua determinação, apesar de sua importância na inoculação e *start up* dos UASBs, bem como nas etapas operacionais subsequentes à esta. Destarte até o momento tal parâmetro ainda não foi determinado com afincio para controle processual,

haja vista a pouca experiência do quadro de laboratoristas da CAERN na lide com determinações dessa natureza. Mormente quando não há padronização.

Sabe-se da associação do metano produzido com a variação de DQO, que resulta na geração desse gás. Assim também pode-se expressar a AME em termos de massa de DQO removida na unidade de tempo por unidade de massa, conforme a equação básica abaixo:



Conforme a reação acima, há um consumo de 2 moles de oxigênio por mol de metano, ou, uma demanda de 64g de oxigênio por mol de metano. Tal é a demanda teórica de oxigênio que, caso removida, geraria 18g (1 mol) de metano.

Mediante essa relação, pode-se avaliar a AME dos UASBs da ETE do Baldo, uma vez conhecendo-se o percentual do metano na composição do biogás produzido naqueles reatores.

Durante o período de coletas de dados para este trabalho, maio de 2012 a fevereiro de 2013, Natal sofreu notada estiagem com característica de seca, cuja baixa precipitação pluviométrica propiciou temperaturas médias acima de 30°C durante quase todo aquele período. Assim, pode-se creditar a esse clima o favorecimento da atividade anaeróbia processada na ETE do Baldo, com consequente produção de biogás, como era de se esperar.

III.ii-RESULTADOS OBTIDOS

Biogás é uma mistura gasosa resultante da degradação anaeróbia da matéria orgânica dos resíduos sólidos depositados em aterros sanitários e dos efluentes industriais e esgotos domésticos.

O resultado de análise do biogás produzido na ETE do Baldo apresentado abaixo, demonstra que, o mesmo é composto predominantemente por metano (78%), contendo além deste gás uma pequena parcela de propano, além de dióxido de carbono e uma mistura de nitrogênio e oxigênio (Tabela 1).

Tabela 1: Análise de Biogás da Estação de Tratamento de Esgoto

Gases	% Molar
Metano	78,2
Propano	0,3
Dióxido de Carbono	8,4
Nitrogênio	12,8
Oxigênio	0,4

As Figuras 3,4 e 5 correlacionam as vazões de produção do biogás em função da vazão de esgoto bruto afluente na unidade de tempo. A primeira correlação consiste na vazão média de entrada de esgoto em ambas as linhas de UASB's e a vazão média da soma de produção de biogás, entre maio de 2012 e fevereiro de 2013.

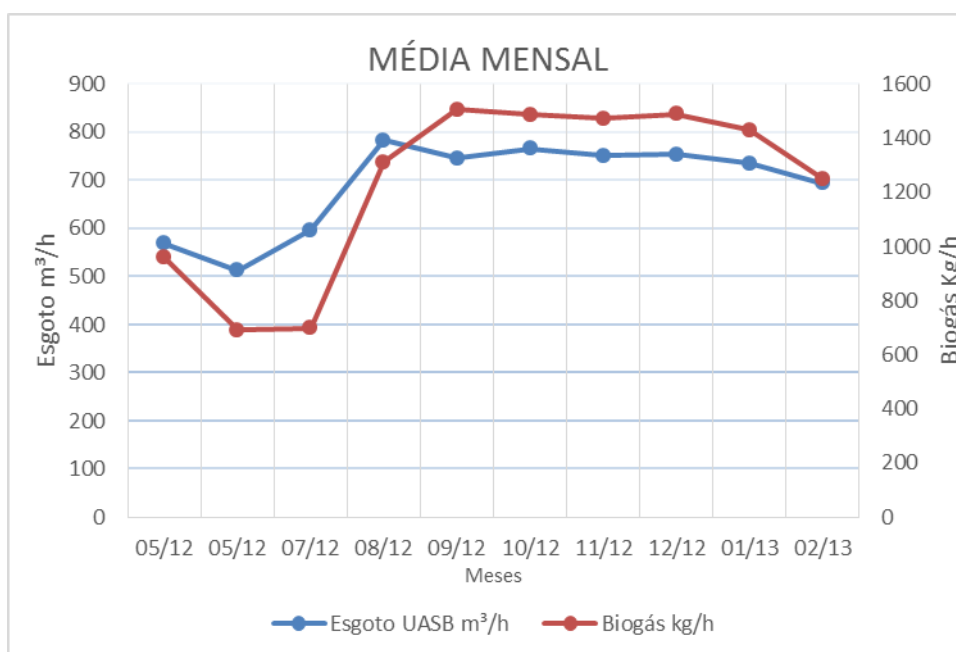


Figura 3: Gráfico vazão média de esgoto x soma da produção de biogás entre maio de 2012 e fevereiro de 2013.

A segunda correlação consiste na vazão média de entrada de esgoto em ambas as linhas de UASB's e a vazão média da soma de produção de biogás, entre a vigésima segunda (começando em 27 de maio de 2012) semana de 2012 e a décima semana de 2013 (terminando em 3 de março de 2013).

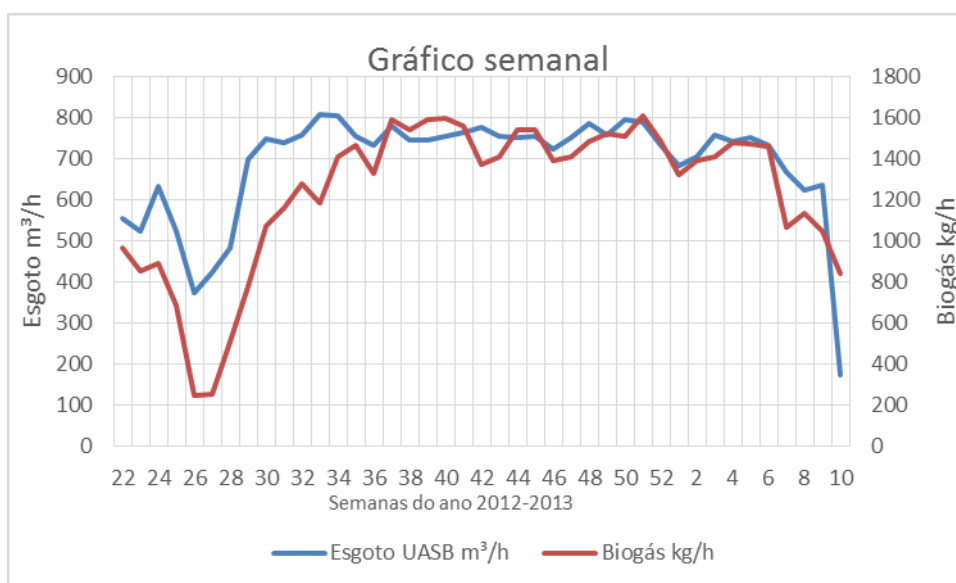


Figura 4: Gráfico vazão média de esgoto x soma da produção de biogás entre a 22ª. semana de 2012 e 10ª. de 2013.

A terceira correlação consiste na vazão média horária de entrada de esgoto em ambas as linhas de UASB's e a vazão média horária da soma de produção de biogás, média diária extraída entre 27 de maio de 2012 e 3 de março de 2013.

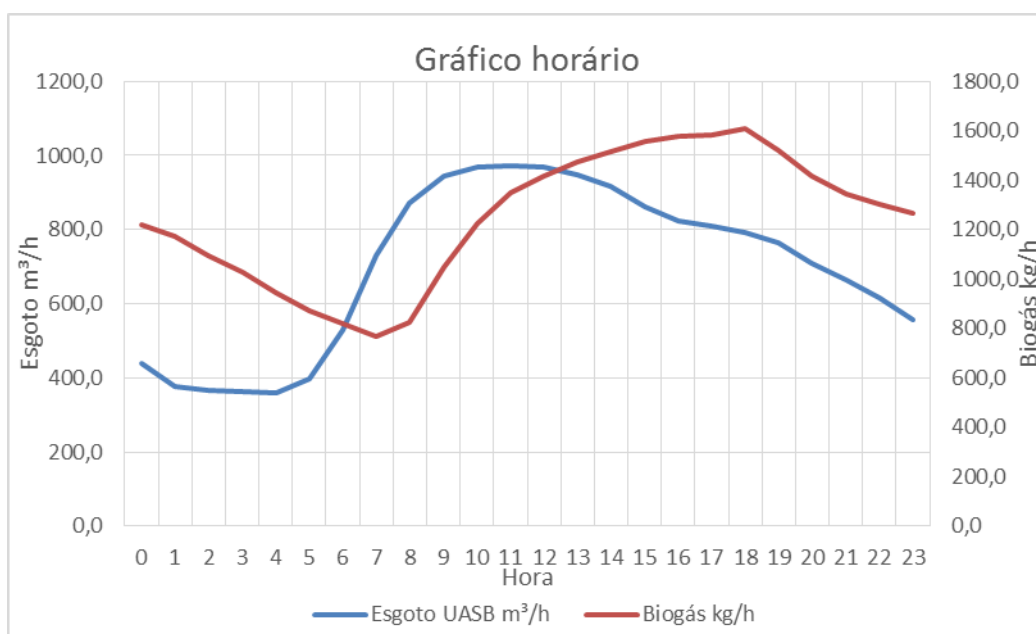


Figura 5: Gráfico vazão média horária de esgoto x geração horária média de biogás

Os dois gráficos apresentados a seguir (Figuras 6 e 7) apresentam a produção de biogás em função da DQO removida nas duas linhas de UASB's da ETE em um dia específico de cada mês avaliado (maio de 2012 até fevereiro de 2013).

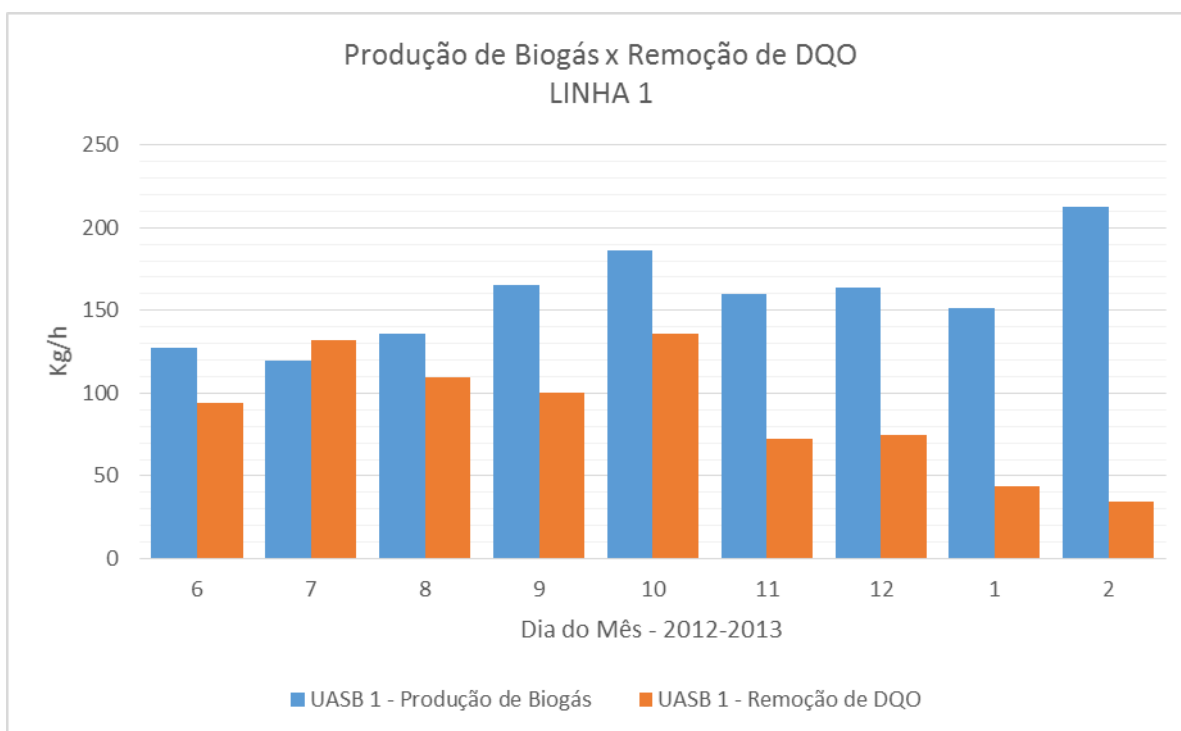


Figura 6: Correlação entre produção de biogás e remoção de DQO no UASB 1

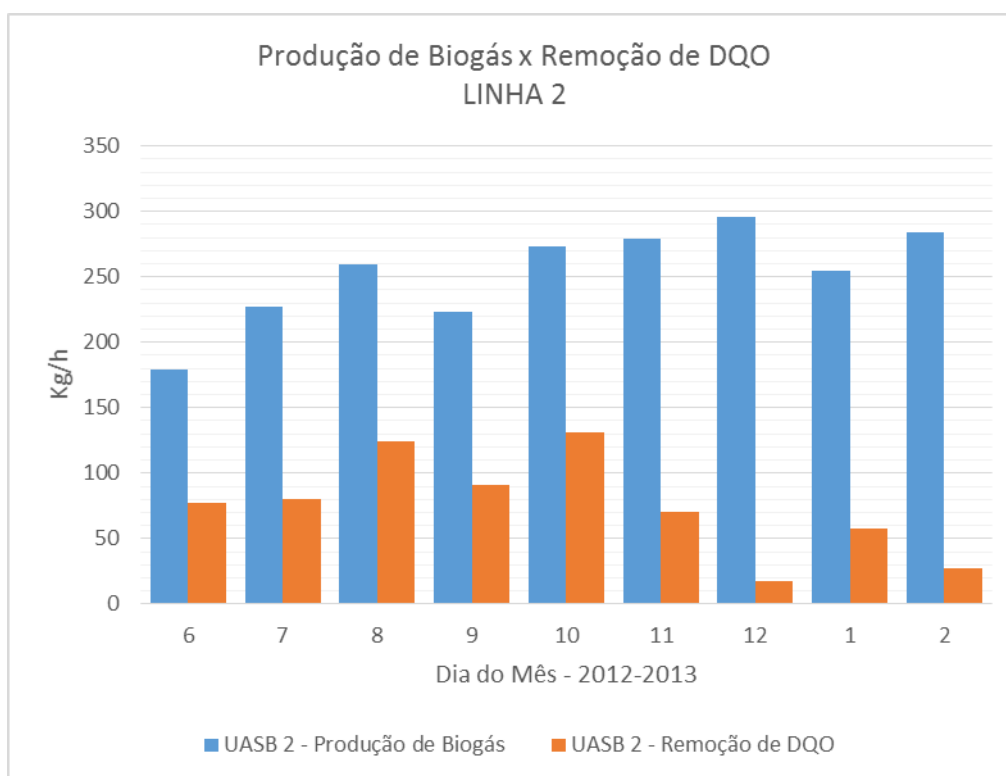


Figura 6: Correlação entre produção de biogás e remoção de DQO no UASB 2

A barra azul indica a produção média de biogás desde às 00:00:00hs até às 23:59:59hs, enquanto a barra vermelha indica a remoção de DQO que ocorreu na linha 1 e 2 respectivamente.

IV. CONCLUSÃO

O presente trabalho evidencia a produção de biogás em função da vazão de esgotos domésticos tratados em reatores anaeróbios tipo UASB. Quanto a caracterização do biogás, verificou-se que o gás predominante no mesmo é o metano com 78%, seguido por nitrogênio e dióxido de carbono.

Dos resultados obtidos pode-se inferir que significativa produção de metano estará assegurada ao longo da existência da ETE em estudo, com perspectiva de se utilizar o mesmo como fonte de energia para emprego nesta.

Conforme esperado a produção de biogás está intimamente ligada à eficiência de remoção de matéria orgânica nas linhas de UASBs, que por sua vez depende da temperatura ambiental. Neste caso verificou-se que as temperaturas observadas no local no qual se encontra inserida a ETE do Baldo são bastante adequadas a implantação de reatores anaeróbios. Existe um retardo de defasagem de seis horas na produção de biogás em relação a adução de esgoto.

A produção de biogás em algumas câmaras encontra-se acima dos valores relatados na literatura consultada, o que provavelmente se deve a estratégia operacional de se encaminhar tanto o lodo de excesso do sistema aeróbio, quanto o líquido extrusado nas decanto centrífugas para digestão nos reatores anaeróbios.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20 ed. Washington: Byrd Prepress Springfield, 2000. 1134p.
2. CHERNICHARO, C. A. L (coordenador). **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios**. 1ª ed. Belo Horizonte-Minas Gerais. . Projeto PROSAB. Belo Horizonte, 2001. 544p.

3. CERNICHARO, C. A. L (coordenador). **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 2ª ed. Belo Horizonte-Minas Gerais. Projeto PROSAB. Belo Horizonte, 2007. 380p. Projeto PROSAB.
4. SANT'ANNA JÚNIOR, G. L. **Tratamento biológico de efluentes: Fundamentos e aplicações**. 1ªed. Rio de Janeiro: Interciência. 2010.418p.