



253 - PRODUÇÃO E USO DE BIOMETANO COMO COMBUSTÍVEL VEICULAR NA ETE FRANCA: RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES DO PRIMEIRO ANO DE OPERAÇÃO

Rosane Ebert Miki ⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Santa Maria – RS em 1988. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos – USP/São Paulo em 1992. Engenheira da Sabesp desde 1994. Coordenadora de Pesquisa e Desenvolvimento, de 1997 a 1999. Gerente de Operação e Manutenção de ETEs de 1999 a 2006. Atualmente, Engenheira do Deptº de Prospecção Tecnológica e Propriedade Intelectual-TXP, da Superintendência de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação-TX.

Luciano Reami ⁽²⁾

Engenheiro Civil, Doutor pela FEC - Unicamp, Professor do Centro Paula Souza e Gerente do Setor de Tratamento de Esgoto da Sabesp de Franca.

Marcos Marcelino Cason ⁽³⁾

Engenheiro Eletricista pela Unesp, Engenheiro de Manutenção do Setor de Tratamento de Esgotos da Sabesp Franca.

Luíza Paula C. B. B. Peixoto ⁽⁴⁾

Química Industrial pela Universidade de Franca, Técnica em Sistema de Saneamento do Setor de Tratamento de Esgoto de Franca.

Endereço ⁽¹⁾: Rua Costa Carvalho, 300 - Pinheiros – São Paulo - SP - Brasil – CEP: 05429-000.

Tel.: +55 (11) 33889543 - Fax: +55(11) 33888695 - e-mail: rebert@sabesp.com.br

RESUMO

Atualmente, a maior parte do biogás produzido em estações de tratamento de esgoto- ETEs ainda é queimada em flare, do tipo aberto. Algumas iniciativas, como o projeto de beneficiamento de biogás para produção de biometano para uso veicular, da ETE Franca - São Paulo, com capacidade de produzir de 1.500 a 1.700 Nm³/h de biometano e abastecer uma frota superior a 300 veículos, vem mudando este cenário. No primeiro ano de operação foram utilizados 18 veículos adaptados da frota própria e consumidos 21.000 m³ de biometano, que correspondem a uma economia de 33.000 litros de álcool. No segundo ano, a frota passa a ter 38 veículos e espera-se consumir em torno de 45.000 m³ e absorver de 7 a 10% da capacidade de produção. A composição do biometano vem sendo monitorada por medições em tempo real e por análises laboratoriais de acordo com as exigências do órgão regulador, que no Brasil é a Agência Nacional de Petróleo, Gás e biocombustíveis – ANP. No caso do uso do biometano produzido de biogás de ETEs, as regras e condições para aprovação do controle da qualidade de biometano para fins de comercialização são estabelecidos RANP 685-2017.

PALAVRAS-CHAVE: biometano, combustível veicular, uso

INTRODUÇÃO

As prestadoras de serviço de tratamento de esgotos geram biogás em suas unidades de tratamento, seja no tratamento do lodo em biodigestores anaeróbios, seja no tratamento de esgoto em sistemas anaeróbios, como por exemplo UASB. A Companhia de Saneamento Básico do Estado –Sabesp, que atua em São Paulo- Brasil, possui um potencial de produzir em torno de 67.000 Nm³/dia de biogás em suas unidades de tratamento, considerando a capacidade instalada de digestores anaeróbios para tratamento de lodos e de sistemas anaeróbios de tratamento de esgoto. Atualmente, a maior parte deste biogás produzido, ainda é queimada em flare, do tipo aberto. No entanto, este cenário vem mudando com iniciativas de aproveitamento energético do biogás, como por exemplo: o projeto de beneficiamento de biogás para produção de biometano para uso veicular, implantando na cidade de Franca, interior de São Paulo, que será descrito a seguir, assim como de uma proposta que está sendo planejado para uma grande ETE na RMSP, que também considera o uso benéfico do biogás.

O projeto de beneficiamento de biogás, anteriormente citado, é resultado de uma parceria entre Sabesp e Instituto Fraunhofer de Stuttgart, que contou com aporte tecnológico e experiência em projetos de produção de

biometano do instituto alemão e com a experiência da Sabesp em tratamento de esgotos e implantação de projetos. Foi implantado na ETE Franca, que trata atualmente 470 L/s de esgoto, com capacidade de tratar até 750 L/s. A produção média atual de biogás em seus digestores anaeróbios de lodo (sendo 67-75% de metano) está em torno de 3.000 Nm³/dia. A unidade de beneficiamento instalada tem capacidade de tratar 120 Nm³/h de biogás (2.880 Nm³/dia) e de produzir de 1.500 a 1.700 Nm³/h de biometano, podendo abastecer uma frota superior a 300 veículos, tendo por referência a quilometragem média da frota da Sabesp de Franca. Na fase de pesquisa e certificação do produto biometano pelo órgão regulador, foram utilizados 18 veículos adaptados da frota própria no primeiro ano, que estão atualmente, estão passando para 38 veículos. No primeiro ano, de abril de abril/18 a março/19, foram consumidos 21.000 m³ de biometano e espera-se consumir em torno de 45.000 m³ ao longo do segundo ano, consumindo de 7 a 10% da capacidade de produção. A composição do biometano vem sendo monitorada por medições em tempo real para parâmetros CH₄, H₂S, CO₂, H₂, O₂, ponto de orvalho, controle de diferença de pressão na saída da coluna de remoção de H₂S e na saída do biometano e por análises laboratoriais, de acordo com as exigências do órgão regulador, que no Brasil é a Agência Nacional de Petróleo, Gás e biocombustíveis – ANP. As próximas etapas são a implantação de melhorias no sistema de odorização, a contratação de Estudo de Análise de Risco para Certificação do Biometano como Produto e aquisição de cromatógrafo para monitoramento em linha da composição, conforme exigência RANP 685-2017, a solicitação de Autorização de Exercício de Produção de Biometano e Operação da Instalação Produtora, de acordo com a RANP 734-2018 e o estabelecimento de parcerias para uso do biometano e avaliação de possibilidade de comercialização, após atendimento das resoluções anteriormente citadas.

A unidade opera em modo automático, dentro dos parâmetros definidos pelos fabricantes, Sabesp e Fraunhofer durante a fase de comissionamento e testes do sistema de beneficiamento. Em paralelo são verificadas e registradas, diariamente, durante a operação do sistema, as informações mais relevantes como: vazão, pressão, temperatura de biogás e biometano, para permitir o controle e monitoramento do sistema, além de diferencial de pressão para averiguar o bom funcionamento dos meios filtrantes (adsorventes) e a qualidade do biometano. Em termos de manutenção, são realizadas as verificações e intervenções que foram planejadas durante o comissionamento e partida do sistema com Fraunhofer/Sabesp e fornecedores, com especial atenção para aferição de sensores de detecção de gases, em função da frequência recomendada.

Neste trabalho, serão apresentados concepção do sistema de beneficiamento, custos, resultados de produção e consumo de biometano, desde o início de operação em abril de 2018 até março de 2019 e as próximas etapas do projeto de certificação do produto e ampliação das possibilidades de uso do biometano.

OBJETIVO

Apresentar a experiência brasileira de produção e uso de biometano produzido de biogás de esgoto em frota cativa da Sabesp de Franca, com ênfase nos resultados de produção de biometano, como qualidade do produto, forma de operação e manutenção, uso nos veículos e seu desempenho e nos impactos positivos, em termos ambientais e econômico-financeiros.

MATERIAIS E MÉTODOS

Sistema de Beneficiamento de Biogás: Concepção, Operação e Manutenção

O croqui da Figura 1 mostra a unidade de beneficiamento, interligada à unidade aos biodigestores através do reservatório de biogás e da linha de biogás. O sistema de beneficiamento é composto pela unidade de beneficiamento, acondicionada em contêiner, e pelo reservatório de biogás, trocador de calor, sistema de compressão, armazenamento e abastecimento de biometano. Dentro do contêiner estão: as unidades para compressão, condicionamento e desumidificação do biogás, a coluna de carvão ativado para remoção de H₂S do biogás, os pré-filtros de carvão ativado para remoção de siloxanos e outros micropoluentes presentes no biogás, e as unidades de enriquecimento do metano, que utiliza a tecnologia de PSA (em inglês Pressure Swing Adsorption), composta de quatro colunas de adsorção preenchidas com peneiras moleculares de carbono (PMC), onde o CO₂ é adsorvido neste material, de forma que um gás muito rico em metano (em torno 97%) saia da unidade de PSA. Estas colunas de adsorção estão arranjadas em série para garantir a produção contínua de metano e em condições normais de operação, cada coluna passa por um ciclo alternante de adsorção-regeneração, (adaptado de Waelkens and Sternad, 2011). O biometano segue para unidade de compressão a

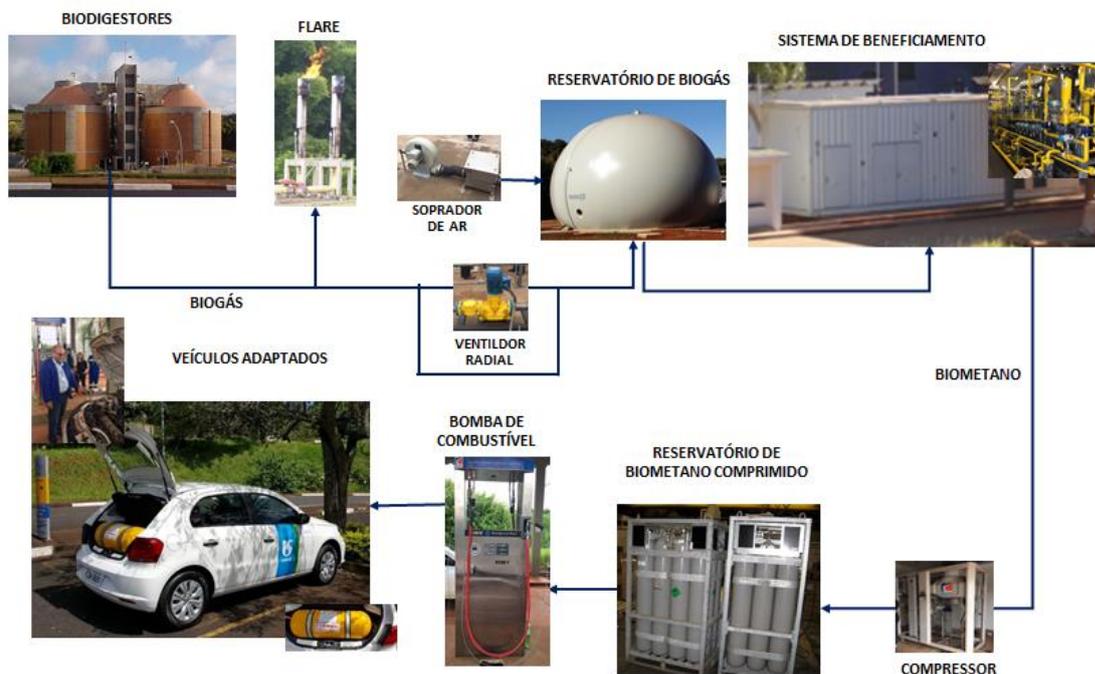


Figura 1: Sistema de Beneficiamento de Biogás Fonte: Adaptado de Waelkens and Sternad, 2011.

250 bar e é armazenado em 32 cilindros, totalizando um volume de 4.000 litros e depois para o posto de combustível para abastecimento dos veículos.

Para operação da unidade de beneficiamento, toma-se como referência manual com descritivo do funcionamento do processo de tratamento do biogás, além da apresentação das condições operacionais específicas e identificação das medidas de segurança básicas e de comportamento, em caso de emergência. As informações são registradas em planilhas de manutenção, seguindo as verificações periódicas dos equipamentos, recomendadas por cada fornecedor, assim em planilhas de operação com o registro de informações das principais unidades que compõe cada etapa do beneficiamento. Além dos dados relativos à operação e manutenção do sistema de produção de biometano, são registrados dados de produção de biometano, como vazão e qualidade, que é monitorada em linha e somente liberada para compressão se atender o nível de metano prefixado. Também são registrados todos os abastecimentos de veículos, de forma que é possível determinar ao longo do ano, o número de abastecimentos por veículo, o volume médio por abastecimento, a quilometragem rodada, e assim avaliar o desempenho individual médio da frota.

Os resultados do primeiro ano de produção e uso de biometano em veículos serão apresentados a seguir por meio de telas e gráficos do supervisório e gráficos elaborados com informações levantadas dos registros diários.

RESULTADOS

Operação e manutenção do sistema de beneficiamento

As unidades de tratamento dentro do contêiner estão programadas para trabalhar em automático, de acordo com software proprietário do fornecedor do sistema. As informações podem ser visualizadas na tela do supervisório, localizada em compartimento dentro do contêiner. Para interligação deste sistema com as demais unidades do beneficiamento, como: reservatório de biogás, sistema de compressão de biometano, sala de biogás, que registra vazão de biogás dos biodigestores e válvulas de comando para liberação de biogás para reservatório de biogás ou para queima no flare, foi desenvolvido um sistema de automação pela equipe da ETE. A figura 2 apresenta tela deste sistema de automação, indicando dados de nível de biogás no reservatório de biogás, que pode variar de 20 a 90% e de pressão no sistema de armazenamento de biometano, que pode variar de 190-250 bar e que são utilizados como referência para encio de comando unidade de beneficiamento iniciar a produção de biometano, dentro do período estabelecido para esta operar. Observa-se nesta tela que

podem ser visualizados em tempo real, vazão biogás, pressão de entrada do biogás no reservatório de biogás, nível do reservatório em % de uso, pressão nos cilindros de biometano e indicações de status do sistema de beneficiamento.

Em função da pequena demanda nesta fase de pesquisa e avaliação, a unidade de beneficiamento está programada para operar preferencialmente nos dias de semana (segunda a sexta) e dentro do horário comercial (8 às 17 horas). Neste período, um técnico faz as inspeções diárias dos equipamentos, registra informações relativa à operação e manutenção do sistema. Já o abastecimento dos veículos é efetuado em qualquer dia e horário, pois é realizado pelo próprio condutor.

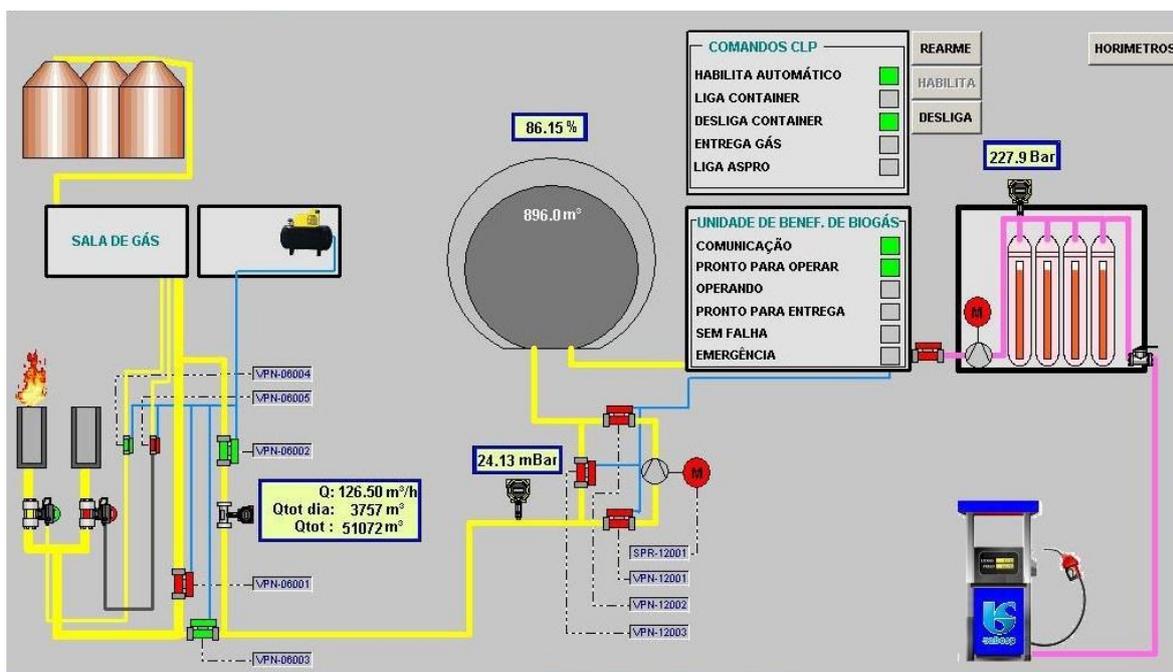


Figura 2 - Tela do supervisório do sistema de beneficiamento.

Embora as informações, relativas à operação na unidade de beneficiamento, estejam disponíveis no sistema de controle do contêiner e as do sistema de beneficiamento como um todo, que inicia na linha de biogás até o posto de abastecimento, estejam no supervisório da ETE, estas são registradas em planilhas de controle para melhor acompanhamento do processo e porque ainda não estão integrados em um único supervisório. Assim, são registrados diariamente dados de vazão e pressão do biogás de entrada no contêiner, percentual de biogás no reservatório de biogás, pressão nos cilindros de biometano, dados de operação dos principais equipamentos dentro do contêiner e do sistema de pressurização do biometano, bem como horas de operação dos principais instrumentos e equipamentos, para servir de referência para intervenções de manutenção e de futuras melhorias e adequações no sistema.

A seguir, lista de alguns monitoramentos em linha e que também são registrados em planilhas, durante inspeção diária:

- Vazão, pressão e temperatura do biogás na entrada do contêiner.
- Pressão do compressor de biogás e da temperatura do biogás saída do compressor.
- Temperatura de refrigeração do biogás após o trocador de calor para avaliar a eficiência de remoção de umidade.
- Diferença de pressão no filtro de biogás após a dessulfurização para avaliar se o filtro de carvão ativado ainda não está saturado. Quando o valor estiver se aproximando do limite máximo de diferença de pressão, significa que o carvão precisa ser trocado.
- Pressão final na coluna de PSA após ação da bomba de vácuo.
- Pressão de biometano após a PSA,
- Temperatura Ponto de Orvalho
- Diferença de pressão no filtro de biometano

- Concentração do biometano.
- Nível no tanque de condensado
- Temperatura da sala de máquinas
- Biometano, concentração de sulfeto de hidrogênio
- Biometano, concentração de dióxido de carbono
- Biometano, concentração de metano

A seguir, são apresentadas algumas telas e gráficos dos principais parâmetros monitorados, que são pontos de controle para indicar se o sistema está operando dentro do esperado, como por exemplo, a medição de diferença de pressão que indica que os filtros não estão saturados e removendo as impurezas, da concentração de CH₄ no biometano, que deve atender o limite mínimo para ser liberada para uso; tempo de ciclo em cada coluna de PSA, que junto com diferencial de pressão, indica se o meio adsorvente não está saturado.

Na figura 3, tela com dados monitorados na entrada do biogás no sistema, com registros de pressão, vazão e temperatura do biogás e na figura 4, dados do gráfico com vazão e pressão do biogás.



Figura 3 – Tela com registros de pressão, vazão e temperatura do biogás na entrada do contêiner.

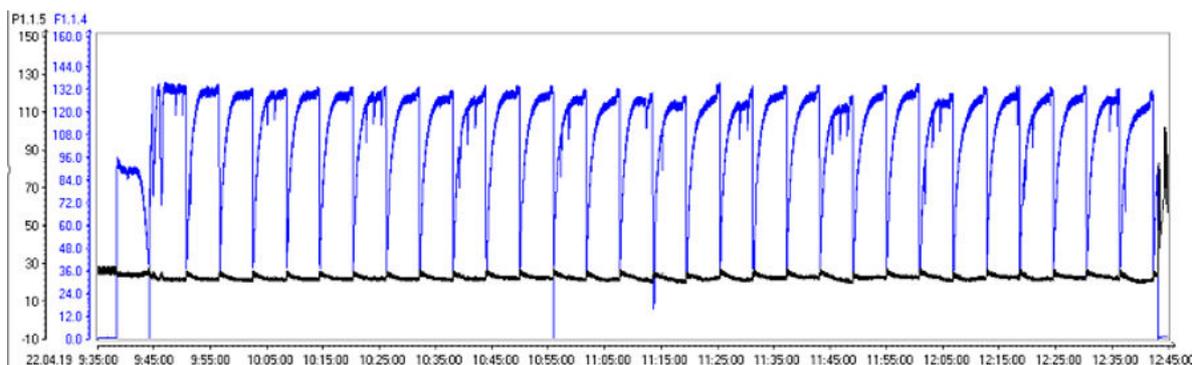


Figura 4 – Variação de vazão e pressão o biogás na entrada do sistema durante operação do sistema no dia 22/02/19 das 9h45 às 12h25min.

A variação de vazão de biogás afluyente segue o ciclo de produção de biometano, com ciclos de 6 horas em cada coluna de PSA, conforme ilustrado na figura 5. Nas duas telas extraídas do sistema supervisório, estão reproduzidos os ciclo de produção de biometano, com respectiva variação de pressão em cada uma das 4 colunas de PSA da planta, que trabalha entre dois níveis de pressão: um de alta pressão, onde ocorre a adsorção dos componentes não desejados (CO₂) e o de baixas pressões, onde ocorre a desorção (inversão da adsorção) dos componentes indesejados e a regeneração da peneria molecular de carbono com o vácuo. Assim, na primeira tela, a coluna 4 está na fase de pressurização (pressão de 0,22 bar); a coluna 3, na fase de absorção, tratando biogás (pressão de 5,08 bar); a coluna 2, na fase dessorção e redução de pressão (3,56 bar) e a coluna 1, a fase de acionamento da bomba de vácuo para regeneração da coluna (-0,20 bar). Na seqüência, na tela 2, a coluna 4 inicia a fase de absorção (pressão de 5,17 bar), que é a produção do biometano; a coluna 3, que antes estava produzindo biometano, entra na fase dessorção dos componentes indesejados (1,47 bar); a coluna 2, na fase de vácuo (-0,53 bar) e a coluna 1, a fase de pressurização (1,46 bar).

De forma a esclarecer, este comportamento, apresenta-se na figura 6, uma tela do supervisórios com comportamento de cada uma das 4 colunas, em termos de variação de pressão para produção do biometano e na figura 7, gráfico de variação de vazão e pressão do biometano na saída do contêiner, com vazão variando de 44 a 88 Nm³/h e média de 72 Nm³/h e de pressão de 4 a 6 bar, com média de 5,0 bar, seguindo o comportamento de operação das colunas de PSA, com variações a cada 6 horas.

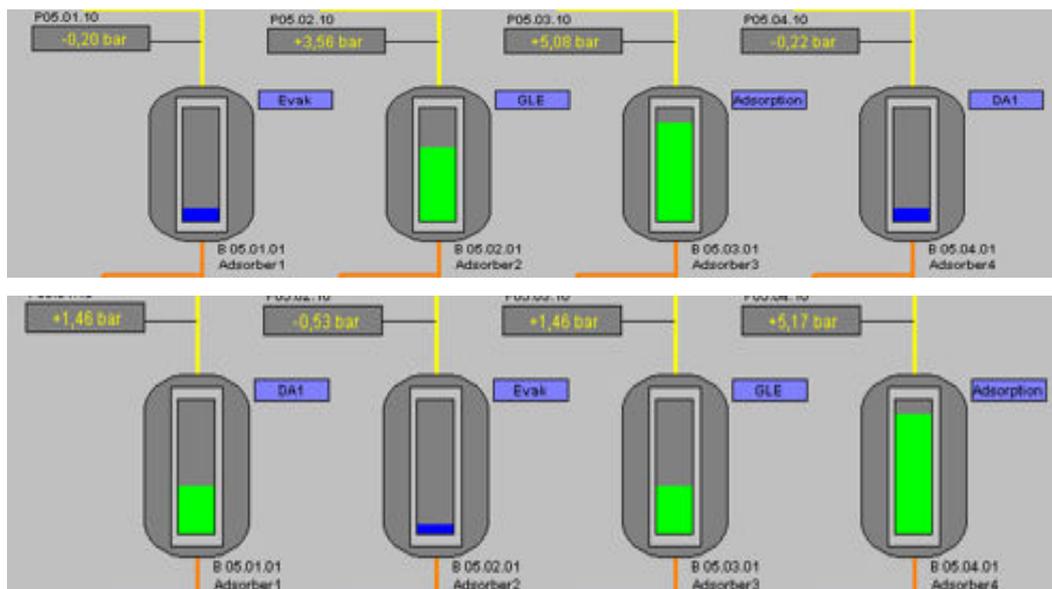


Figura 5 - Ilustração do Ciclo de PSA nas quatro colunas no período de produção de biometano

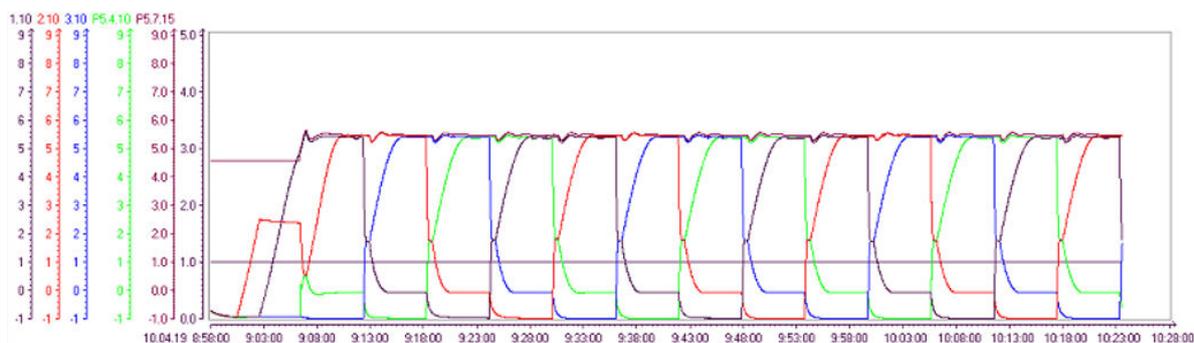


Figura 6 - Vazão de biogás e biometano - ciclos de 6 horas nas colunas de PSA

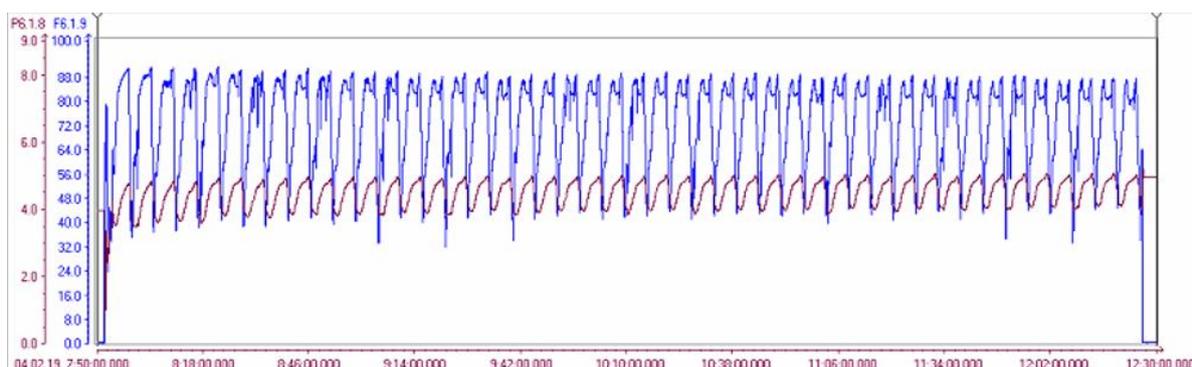


Figura 7 – Registro de vazão e pressão de biometano na saída do contêiner no dia 05/02/19 das 7h50min às 12h30min.

Na figura 8, a seguir, os registros do biometano na saída do contêiner, atestam que a planta está operando dentro do projetado, conforme, dados de diferencial de pressão (< 500 mbar), ponto de orvalho (< -60 °C), pressão (4-6 bar), vazão (valores limites de 40 a 89 Nm³/h e médios de 56 a 72 Nm³/h) e temperatura do biometano (ambiente), respectivamente.

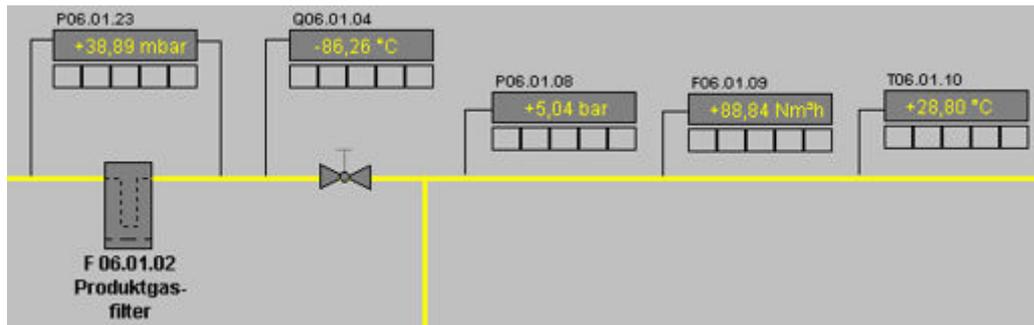


Figura 8 - Tela com dados de biometano na saída do contêiner.

Com relação à rotina de manutenção são efetuadas atividades de limpeza, troca de filtros, de óleo, inspeção visual, manutenção preventiva dos compressores, troca das válvulas de segurança, aferição e calibração de sensores de detecção de vazamentos de gases, dentre outros controles.

Ao longo de um ano de operação as falhas do sistema foram problemas de desarme de sistema influenciado por alta temperatura ambiente, desarme do sistema de beneficiamento devido a picos de energia e problemas de perda de pressão no sistema de pressurização de biometano, sendo os dois primeiros resolvidos pela equipe da planta e o último com intervenção de fornecedor do sistema.

Os dados relativos a composição do biometano são tratados a seguir no item monitoramento.

Monitoramento atual do biogás e biometano e resultados preliminares

A seguir, são apresentados resultados dos monitoramentos em linha do biometano e do monitoramento por laboratório independente do biogás e biometano, segundo critérios de exigência da ANP.

O biometano produzido no contêiner é continuamente monitorada quanto aos principais parâmetros de composição CH_4 , CO_2 , H_2S , H_2 e O_2 . A calibração da unidade de medição ocorre automaticamente a partir de três cilindros com concentrações conhecidas destes gases. A determinação da concentração de metano e dióxido de carbono baseia-se no princípio da absorção infravermelha não dispersiva (NDIR) e as medições de oxigênio, sulfeto de hidrogênio e hidrogênio são realizadas com sensores eletroquímicos (adaptado, Carbotech, 2017).

O ponto de orvalho do biometano é monitorado continuamente por meio de um transmissor de ponto de condensação eletroquímico após o PSA, que é instalado diretamente na linha de gás. Destes sensores, foram trocados os sensores de H_2S e CH_4 , em função da vida útil.

Os resultados dos monitoramentos em 2018, indicaram concentrações de CH_4 de 96 a 97,7%, atendendo o valor esperado pelo sistema, de acordo com a recomendação do fornecedor da unidade de beneficiamento ($\text{CH}_4 > 95\%$), assim como as concentrações de CO_2 da ordem de 1,2 % e de H_2S , zero. Os resultados em linha do ponto de orvalho são da ordem de -100 C , bem melhor que o limite de -60 °C .

A seguir são apresentados gráficos com dados recentes de monitoramento em linha para CH_4 , CO_2 e H_2S . Na Figura 9, são apresentados valores de CH_4 que variaram de 97,21 a 98,26 %, com média de 98,21 e os de CO_2 de 1,47 a 2,64, com valor médio de 1,65%. Na figura 10, valores de CH_4 , CO_2 e H_2S .

Além dos monitoramentos em linha do biometano, são realizados monitoramentos do biogás e biometano por laboratório independente, segundo critérios de exigência da ANP. Os resultados de análises laboratoriais da composição do biometano, realizadas no final de 2018, confirmam os valores medidos em linha, com 96,84% de CH_4 , 1,28 % de CO_2 e zero de H_2S , além de 1,49% de N_2 , 0,39 % de O_2 e poder calorífico superior de $9,9648\text{ kW/m}^3$, atendendo às exigências da RANP 685-2017, com relação à composição do biometano.

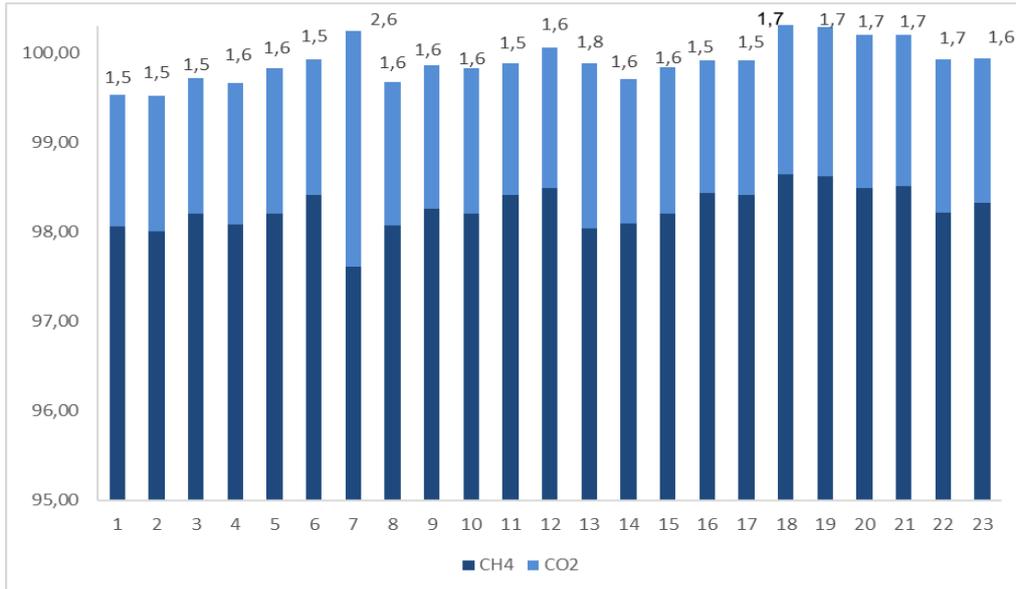


Figura 9 - Concentrações de CH₄ e CO₂ no biometano- durante 2 horas de operação (19/03/2019).

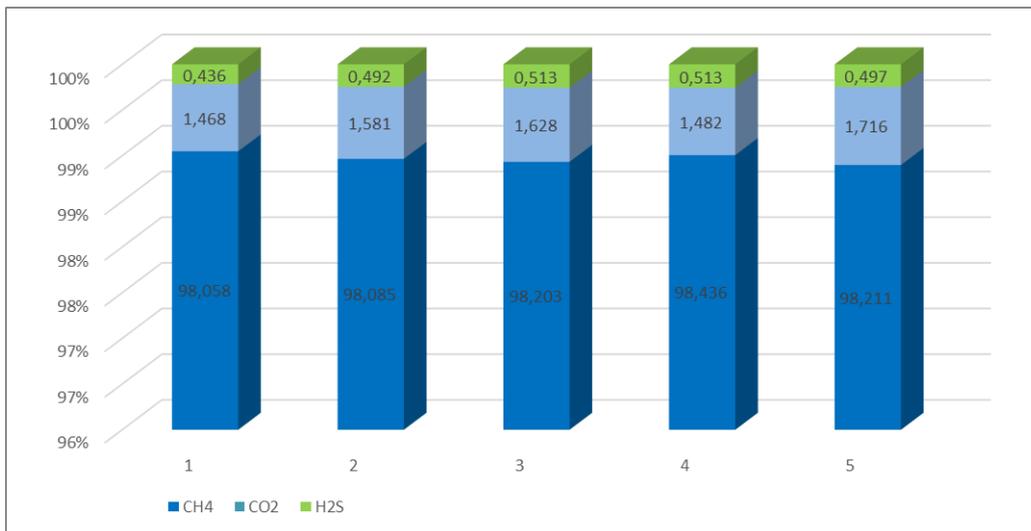


Figura 10 - Resultados de medidas em tempo real de CH₄, CO₂ e H₂S.

Ainda com relação à qualidade do biometano, apresenta-se a seguir na Tabela I, os valores limites de parâmetros esperados, segundo informações do fornecedor da tecnologia, bem como os atualmente medidos e a comparação com a resolução da ANP.

Com base nos resultados de medição em tempo real de CH₄, H₂S, CO₂, H₂, O₂, ponto de orvalho, controle de diferença de pressão na saída da coluna de remoção de H₂S e na saída do biometano, assim como controle de tempo de ciclo do PSA, observa-se que em termos de composição e funcionamento do sistema, a planta opera conforme projetado e atende aos requisitos de qualidade, em termos de composição. Com relação às características específicas como siloxanos, VOCS e halogenados, metais, estão sendo realizadas campanhas para confirmação dos limites, em função da variação em alguns parâmetros, de forma a atender às exigências da regulamentação (RANP 685-2017).

Tabela I - Características da unidade de beneficiamento, qualidade medida do biometano e valores limites da resolução.

Característica	Biometano dados esperados	Biometano medido	RANP 685-2017	Unidade
Temperatura	Ambiente		-----	°C
Pressão	ca. 4,0	4 - 5	-----	Bar
Quantidade	até 72,0	até 72,00	-----	Nm ³ /h
CH ₄	>95	97,53	90	Vol %
CO ₂ + O ₂ + N ₂	< 5	2,474	10	Vol %
CO ₂	-----	1,431	3,0	Vol %
N ₂	-----	0,841	-----	Vol %
O ₂	-----	0,202	0,8	Vol %
H ₂ S	< 5	ND	10	mg/m ³
Ponto de Orvalho atmosférico	< -60	-100 a -80	- 45	°C
Poder Calorífico Superior (P. C. S)	10,5	10,06	9,72-11,94	kWh/Nm ³
Índice Wobbe	13,8	13,29	12,92-14,87	kWh/Nm ³

Dados de consumo de biometano e economia de combustível

A produção média atual de biogás em seus digestores anaeróbios de lodo está em torno de 3.000 Nm³/dia (média de 2.018), sendo que atualmente, utiliza-se em média a produção de um dia e meio a dois desta produção para geração de biometano, pois a unidade opera de 2 a 4 horas diárias para atender a frota atual de 18 veículos. Na figura 11, a seguir, são apresentados os consumos e número de abastecimentos, ao longo dos meses de abril 2018 a fevereiro de 2019.

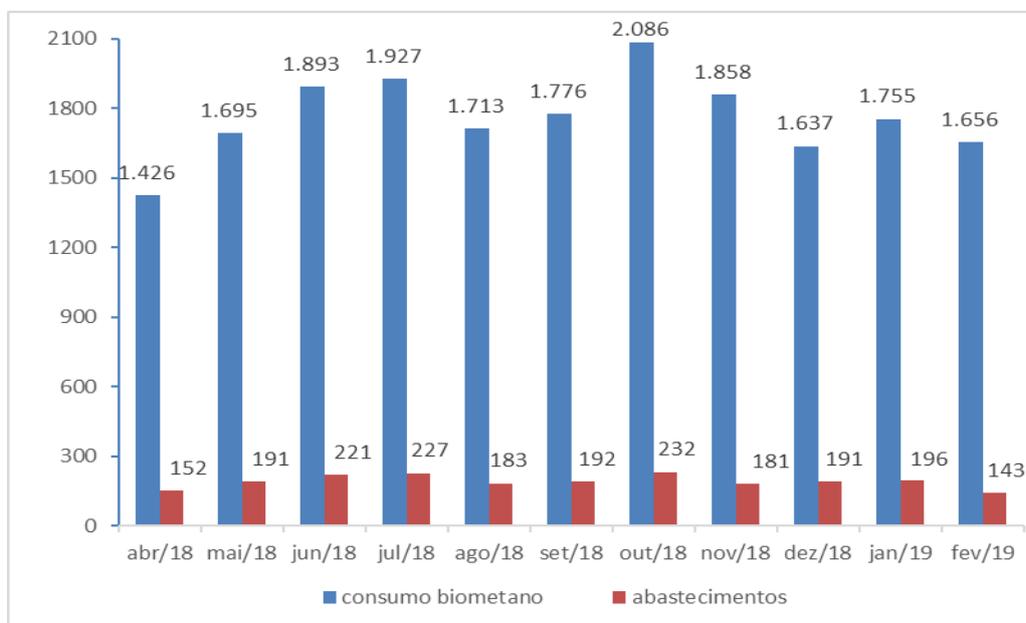


Figura 11 - Dados consumo de biometano e abastecimentos no período de abril/2018 a fevereiro/2019.

Na tabela II, a seguir são apresentados dados cumulativos de consumo de biometano, número de abastecimentos e respectivo desempenho, em termos de quilometragem percorrida, de cinco veículos da frota no período de maio a dezembro de 2018. Como o tanque tem capacidade de armazenar 15 m³ de biometano,



Tabela II - Desempenho de cinco veículos da frota de Franca usando biometano ao longo de 8 meses.

Veículos mais utilizados	Veículo 1	Veículo 2	Veículo 3	Veículo 4	Veículo 5	Média período
Biometano (m3)	1.559	1.248	2.259	924	986	1.498
Abastecimentos	214	143	301	99	115	189
m3/100Km	6,90	6,02	5,41	6,29	6,10	6,15
km/m3	14,5	16,6	18,5	15,9	16,4	16,4

comprova-se com base nestes resultados que o veículo tem autonomia de percorrer mais de 200 km, consumindo em média 6,15 m³ para percorrer 100 km, que é a forma mais comum utilizada em referências internacionais (5,6-6,6 m³/100 km) ou então 16,4 km/m³, para efeitos de comparação com outros combustíveis.

Em termos de economia de combustível, considerando um ano de produção e uso de biometano, foram consumidos 21.000 m³ de biometano, que equivale a 33.000 litros de etanol, que deixaram de ser consumidos. Em termos financeiros, uma economia da ordem de R\$ 90.000,0 no período (~R\$ 2,70 por litro de etanol).

CONCLUSÕES

Com base na quilometragem média da frota da Sabesp de Franca, seriam necessários de mais de 300 carros para absorver a capacidade de produção de biometano. A princípio, decidiu-se pelo uso do biometano em 18 veículos leves adaptados para gás natural/biometano, que ao longo do primeiro ano consumiram o equivalente a 5 % da capacidade de produção de biometano. Esta frota foi ampliada, em março de 2019, para 38 veículos, com expectativa de uso de ao menos 10% da capacidade de produção de biometano. Considerando os dados médios dos 12 meses de operação da unidade, o volume mensal de biometano produzido e abastecido foi de 1.760 Nm³, totalizando o uso de 21.000 Nm³ de biometano, que equivale à substituição de 21.000 litros de gasolina ou 33.000 de álcool.

Em termos de redução de gastos com combustível na frota, podemos considerar a substituição de 33.000 l de álcool com custo médio de R\$ 2,89/l, que equivale a R\$ 95.370,0 ou 21.000 L de gasolina, a um custo médio de R\$ 4,14, que corresponde a R\$ 86.940,00), usando 5% do potencial de biometano.

Em termos de rendimento, os veículos rodando com biometano fizeram em média 16 km/m³ de biometano, que corresponde a 344.400 km rodados.

Além dos veículos da frota cativa, o biometano de Franca foi utilizado no abastecimento de ônibus, com motor que usa biogás e veículo de passeio, que já vem de fábrica com motor para uso de gás, com resultados satisfatórios em termos de desempenho.

Com base em resultados de medição em tempo real e das análises de laboratório independente, e controles operacionais, observa-se que em termos de composição e funcionamento do sistema, a planta opera conforme projetado e atende aos requisitos de qualidade, em termos de composição. Com relação às características específicas como siloxanos, VOCS e halogenados, metais, foram realizadas campanhas para identificação dos principais compostos e que será intensificada no Estudo de Análise de Risco, que está sendo contratado, e que é uma exigência da resolução RANP 685-2017) para certificação do biometano como produto.

Estudo de Análise de Risco é necessário para que o biometano seja certificado como produto e possa ser comercializado. Neste estudo, deve conter resultados das campanhas de caracterização de biogás e biometano, de inspeção das instalações onde é produzido o biometano, comprovação da eficiência de remoção dos compostos indesejados, bem como verificação da existência das duplas barreiras técnicas exigidas para contaminantes específicos que podem causar danos à saúde ou meio ambiente. Esta análise de risco está sendo contratada, assim como providenciadas a aquisição e instalação dos equipamentos de monitoramento em linha da qualidade do biometano para todos os parâmetros exigidos pela ANP.

Os resultados da análise de risco irão indicar a necessidade ou não de adequações para solicitação da certificação do biometano como produto na ANP. Dentre as adequações necessárias está a aquisição e

instalação de cromatógrafo para monitoramento em linha da composição do biometano, de acordo com a metodologia recomendada na RANP 685-2017.

Para comercialização do biometano, além da certificação como produto, há necessidade solicitar autorização de exercício de produção de biometano e operação da instalação produtora, de acordo com a RANP 685-2018.

Para o biometano excedente, estão sendo avaliadas, a princípio ao uso em outras unidades da Sabesp e/ou entidades, via acordo de cooperação. Também estão sendo avaliadas as possibilidades de uso e/ou comercialização do biometano para uso em ônibus e/ou caminhão, indústrias locais, como cliente dedicado e injeção na rede da concessionária local de gás canalizado, que somente poderão ser concretizadas após atendimentos aos regulamentos da ANP (RANP 685-2017 e RANP 734-2018).

Como benefício direto, podemos considerar a redução de gastos com combustível. Além disso, ocorre a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), que ocorre pela substituição dos veículos movidos a combustíveis fósseis como diesel e gasolina, por biometano, que é renovável e pela eliminação das emissões no “flare” da ETE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CARBOTECH, (TRADUÇÃO WAEKENS, B.). *Manual de operação planta contêinerizada para beneficiamento de biogás*, 2017.
2. EPA- 40 CFR Part 80. Renewable Fuel Pathways II Final Rule to Identify Additional Fuel Pathways under Renewable Fuel Standard Program - Code of Federal Regulations Citation, 2016.
3. RANP - RESOLUÇÃO ANP Nº 685, DE 29.6.2017 - DOU 30.6.2017. *Estabelece as regras para aprovação do controle da qualidade e a especificação do biometano oriundo de aterros sanitários e de estações de tratamento de esgoto destinado ao uso veicular e às instalações residenciais, industriais e comerciais a ser comercializado em todo o território nacional.*
4. RANP - RESOLUÇÃO ANP Nº 734, DE 28.6.2018 - DOU 29.6.2018. *Regulamenta a autorização para o exercício da atividade de produção de biocombustíveis e a autorização de operação da instalação produtora de biocombustíveis.*
5. WAEKENS, B. AND STERNAD, W. *Memorial Descritivo do Sistema de Beneficiamento de Biogás, Fraunhofer IGB*, 2011.