

SISTEMA DE PRODUÇÃO E USO DE BIOMETANO DA ETE FRANCA: RESULTADOS DE OPERAÇÃO E MEDIDAS PARA APROVAÇÃO DO SISTEMA DE BENEFICIAMENTO E DO BIOMETANO NA ANP

Luciano Reami ⁽¹⁾

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

Rosane Ebert Miki ⁽²⁾

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

Luíza Paula C. B. B. Peixoto ⁽³⁾

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

Endereço ⁽¹⁾: Rodovia Candido Portinari, Km 394,5 – Zona Rural – Franca - SP - Brasil – CEP: 14406-000. Tel.: +55 (16) 3721-5199 - e-mail: lreami@sabesp.com.br

RESUMO

O sistema de produção e uso de biometano na Estação de tratamento de esgoto de Franca - ETE Franca, está implantado e funcionando desde abril/2018. Os resultados de desempenho do sistema atendem às condições de projeto e os de qualidade do biometano, aos limites e condições estabelecidas pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. Além disso, é realizado monitoramento do sistema por meio de inspeção diária no local de 65 itens de controle para garantir a operação do sistema de acordo com o projetado e fazer as intervenções de manutenção com base nestas inspeções. Nos 4 anos do projeto (abril/18-mar/22) foram consumidos 97.333 m³ de biometano, nos 8.812 abastecimentos realizados na frota de veículos, adaptados a gás, da Sabesp de Franca. O uso do biometano, equivale à substituição de 156.707 L de etanol, que corresponde a um custo evitado com combustível de R\$ 512.981,00. Para que o biometano possa ser comercializado, necessita de aprovado como produto pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. Neste sentido, a Sabesp contratou a elaboração de Plano de segurança, operacionalidade e controle da qualidade do biometano, para elaboração de documentação oficial – um relatório de análise de risco, a ser protocolado para ANP.

PALAVRAS-CHAVE: biometano, produto, aprovação

INTRODUÇÃO

As ETEs que utilizam processos anaeróbios produzem biogás. Desde 1997, o biogás produzido nos digestores de lodo da ETE de Franca era queimado em *flare*, representando um desperdício de energia. Em meados de 2011, surgiu a possibilidade de uma parceria com o Instituto Alemão Fraunhofer para implantação de um sistema de beneficiamento do biogás, transformando-o em biometano para uso veicular. A proposta veio ao encontro da vontade de se utilizar o biogás produzido e a sempre e necessária busca pela redução de despesas com combustíveis e atende à tendência mundial de economia circular e sustentabilidade em ETEs. Em 2015, com a assinatura da cooperação técnica Sabesp/Fraunhofer (Brasil/Alemanha), iniciou-se o planejamento efetivo das etapas, ficando Fraunhofer responsável pela assessoria técnica e doação de equipamentos do sistema de produção e abastecimento de biometano e a Sabesp pelas tratativas de importação dos equipamentos, os projetos de implantação, *layout* da disposição dos equipamentos, projeto do posto de abastecimento, projeto da linha de biogás, as licitações para execução das obras de rede e de construção civil para receber o sistema. Coube também à Sabesp de Franca a mão de obra para instalações dos equipamentos e interligações.

O projeto está implantado e funcionando desde abril de 2018 e produz biometano, com teor de metano da ordem de 98 % de metano para abastecimento de 40 veículos adaptados à GNV, da frota local da Sabesp-Franca. O biogás passa por unidades de tratamento para de remoção de umidade, de dióxido de enxofre (H_2S), de siloxanos e de outras impurezas e pelas unidades que utilizam o processo de adsorção por oscilação de pressão (PSA) para separação de metano (CH_4) do dióxido de carbono (CO_2). Para ser usado como combustível veicular, ainda é comprimido e odorado, de forma a atender a resolução ANP 685/2017, que regulamenta a qualidade do biometano oriundo de biogás de ETES e de aterros sanitários.

Sendo o biometano, um produto intercambiável com gás natural, este pode ser comercializado desde que seja aprovado como produto pela ANP. Neste sentido, a Sabesp contratou a elaboração de Plano de segurança, operacionalidade e controle da qualidade do biometano, que está sendo desenvolvido por empresa especializada. O resultado desta contratação será um relatório de risco – baseado na metodologia *HAZOP* “*Hazard and Operability Study*” e será protocolado para ANP para solicitação de aprovação do biometano de Franca como produto, conforme exigência da ANP 685/2017. As etapas deste estudo e os resultados parciais serão detalhadas ao longo deste trabalho. Além deste estudo, também estão sendo providenciadas as licenças e documentos a serem protocolados na ANP para que o sistema de biometano receba licença de instalação e operação como planta de produção de biocombustível, conforme estabelece a resolução ANP 734-2018, que regulamenta a autorização para o exercício da atividade de produção de biocombustíveis e a autorização de operação da instalação produtora de biocombustíveis. Vale ressaltar que o sistema de Franca tem a aprovação do corpo de bombeiros (AVCB), a qual foi recentemente renovada e da CETESB para operação.

Neste trabalho, serão apresentados resultados dos quatro anos de operação do sistema de beneficiamento, incluindo dados de produção e consumo de biometano, de manutenção do sistema, bem como indicadores. Também são apresentados os resultados parciais do estudo de análise e outras providências necessárias para obtenção aprovação pela ANP, do sistema de beneficiamento, como planta de biocombustível e do biometano, como produto.

OBJETIVO

Apresentar os resultados dos quatro anos de operação do sistema de beneficiamento, incluindo dados de operação e manutenção do sistema do beneficiamento, de produção e consumo de biometano, dando ênfase aos resultados de qualidade do produto usado na frota local da unidade de Franca, bem como as medidas para aprovação pela ANP, do sistema de beneficiamento, como planta de biocombustível e do biometano, como produto.

MATERIAIS E MÉTODOS

Sistema de produção e uso de biometano - exigências regulatórias e qualidade do produto

O biogás contém em sua composição além do metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), oxigênio, nitrogênio e contaminantes, como sulfeto de hidrogênio, siloxanos e amônia, bem como umidade. O principal componente a ser removido para produção de biometano é o CO_2 . Com sua redução do CO_2 e o aumento de CH_4 , diminui a densidade relativa e aumenta o poder calorífico, aumentando também o Índice de *Wobbe*, que é o parâmetro mais importante a ser monitorado quando se pretende utilizar o biometano como combustível veicular ou injetá-lo na rede de gás natural. No biogás de ETES e de aterros sanitários um dos compostos indesejáveis são os siloxanos. Estes são usados como matéria prima em aplicações industriais e domésticas, como produtos de higiene pessoal, utensílios de cozinha, selantes, lubrificantes e dispositivos biomédicos (BLETSOU et al., 2013). Durante a combustão do biogás contendo siloxanos, estes são oxidados a dióxido de silício (SiO_2), que é abrasivo e se deposita sobre os equipamentos, como queimadores, turbinas, peças de motor, células de combustível e catalisadores. Assim, precisa ser removido do biogás, em função do tipo de uso.

A seguir, a **Figura I**, o croqui do sistema de beneficiamento da ETE Franca, composto por reservatório de biogás, trocador de calor, unidade de beneficiamento, acondicionada em contêiner, sistema de compressão, armazenamento e abastecimento de biometano. No contêiner, encontram-se dispostas as unidades para compressão do biogás na pressão de 2 a 6 bar, remoção da umidade e do condensado do biogás do biogás,

remoção de H_2S do biogás em coluna de carvão ativado, remoção de siloxanos em pré-filtros de carvão ativado e separação de metano (CH_4) do dióxido de carbono (CO_2) em colunas de adsorção com peneiras moleculares de carbono. Estas, utilizam a tecnologia de adsorção por oscilação de pressão alteração - PSA (em inglês Pressure Swing Adsorption), onde o CO_2 é adsorvido e gerado biometano (em torno 97%) (adaptado de Waelkens and Sternad, 2011). Em seguida, é comprimido na unidade de compressão a 250 bar, armazenado em 32 cilindros (4.000 L) e abastecido no posto de combustível.

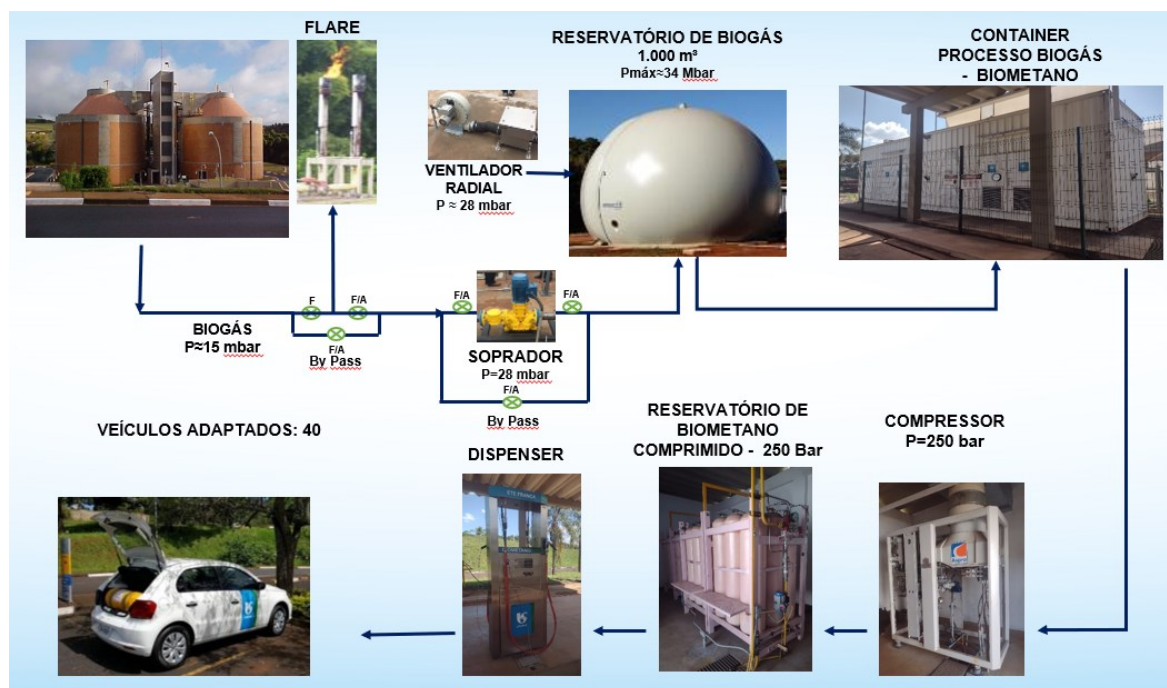


Figura I – Sistema de beneficiamento de biogás – Produção e abastecimento de biometano.

Na sequência, a Tabela I, com características e limites a serem atendidos para uso do produzido de biogás de aterros sanitários e de ETEs, de acordo com a resolução ANP 685-2017.

Tabela I - Características, limites de qualidade do biometano como biocombustível (ANP 685/2017)

Característica	Unidade	Limite (1)			Método			
		Norte	Nordeste	Centro-Oeste, Sudeste e Sul	NBR	ASTM D	ISO	NF
Poder Calorífico Superior	kJ/m3	34.000 a 38.400	35.000 a 43.000		15213	3588	6976	
	kWh/m3	9,47 a 10,67	9,72 a 11,94					
Índice de Wobbe	kJ/m3	40.500 a 45.000	46.500 a 53.500		15213		6976	
Metano, mín.	% mol.	90,0	90,0		14903	1945	6974	
Etano (2)	% mol.	anotar	anotar		14903	1945	6974	
Propano (2)	% mol.	anotar	anotar		14903	1945	6974	
Butanos e mais pesados (2)	% mol.	anotar	anotar		14903	1945	6974	
Oxigênio, máx.	% mol.	0,8	0,8		14903	1945	6974	
CO2, máx.	% mol.	3,0	3,0		14903	1945	6974	
CO2 + O2 +N2, máx.	% mol	10			14903	1945	6974	
Enxofre Total, máx.(3,4)	mg/m3	70			15631	5504	6326-3 6326-5 19739	
Gás Sulfídrico (H2S), máx.	mg/m3	10			15631	D4084 ? 07 D4323 ? 15 5504 6228	6326-3 19739	
Ponto de orvalho de água a 1atm, máx. (5)	°C	- 39	- 39	- 45	15765	5454	6327 10101-2 10101-3 11541	
Ponto de orvalho de hidrocarbonetos (6, 7)	°C	15	15	0	16338		23874	
Teor de siloxanos, máx.	mgSi/m3	0,3	0,3		16560 16561			
Clorados, máx.	mg (Cl/m3)	5,0	5,0				1911	
Fluorados, máx.	mg (F/m3)	5,0	5,0				15713	X43-304

RESULTADOS

Produção, qualidade e consumo de biometano

Para operação do sistema de produção de biometano, a equipe da ETE Franca implantou uma sistemática de funcionamento do sistema, de modo que este entre em operação e desligue de modo automático, somente no período diurno do horário comercial. Assim, por meio de programação, eliminaram a entrada automática de operação nos finais de semana e feriados, e no período noturno. Como o consumo de biometano é apenas para frota local, foi possível implantar esta melhoria e operar a planta no período onde há maior disponibilidade de equipe da área de manutenção.

O monitoramento do processo se dá por meio de inspeção diária no local de 65 itens de controle, com anotação em planilha. Além disso, o processo também é monitorado em sistema supervisório onde se verifica pressão da linha de biometano, o % de ocupação de biogás no reservatório de 1000 m³, a pressão de abastecimento (entre 190 a 250 bar), além de alarmes de possíveis falhas no funcionamento. A seguir tabela com indicação de alguns dos itens de inspeção periódica do beneficiamento de biogás.

Tabela II- Inspeção periódica de processo - Beneficiamento de biogás

Descrição	Código	Range apropriado
Sistema ligado	-	S/N
Vazão biogás	FL 01.01.04	Nm ³ h
Pressão de Biogás	PT 01.01.05	Ca 20 - 80 mbar
Temperatura do Biogás	TE 01.01.12	5 - 45 °C
Pressão de sucção do compressor de biogás	PI 02.01.16	30 - 150 mbar
Pressão de óleo do compressor de biogás	PT 02.01.21	0,6 - 0,9 bar

Temperatura de saída do compressor de biogás	TE 02.01.23	< 160 °C
Pressão do compressor de biogás	PT 02.01.25	4,5 - 6 bar
Temperatura de biogás na entrada do tanque de dessulfurização	TE 03.04.05	30 - 90 °C
Temperatura de refrigeração do biogás após o trocador de calor W 03.04.03	TE 03.04.11	3 - 12 °C
Temperatura de saída da dessulfurização	TE 04.03.44	10 - 50 °C
Diferença de pressão no filtro de biogás F 04.03.54 após a dessulfurização	PDI 04.03.53	< 500 mbar
Pressão final do PSA após ação da bomba de vácuo	PT 05.01.10	< -920 mbar
Pressão final do PSA após ação da bomba de vácuo	PT 05.04.10	< -920 mbar
Pressão de biometano após a PSA	PT 05.07.15 A + B	4,5 - 5,2 bar
Temperatura Ponto de Orvalho	QT 06.01.04	°C
Diferença de pressão no filtro de biometano F 06.01.02	PDI 06.01.23	< 500 mbar
Pressão	PI 07.04.07	Bar
Pressão após compressor de ar para instrumentação	PT 07.04.11	5,0 - 9,0 bar
Temperatura da água de resfriamento no retorno	TE 08.01.15	10 - 55 °C
Vazão de recirculação da água de resfriamento	FI 08.02.22	50 - 90 %
Temperatura de água de resfriamento na entrada	TE 08.02.23	10 - 35 °C
Pressão gás refrigeração TYLER	PI10.01.25	>8,0 bar
Temperatura de água de refrigeração na entrada	TE 10.02.06	0 - 6 °C
Temperatura de água de refrigeração na saída	TE 10.02.19	0 - 7 °C
Pressão tanque de coleta de condensado	PI 11.01.19	0 - 55 bar
Nível no tanque de condensado	LI 11.01.23	15 - 85 %
Temperatura da sala de máquinas	TE 14.30.30	10 - 40 °C
Biometano, concentração de sulfeto de hidrogênio	QT 16.02.12	< 5 ppm
Biometano, concentração de dióxido de carbono	QT 16.02.13	< 5 %
Biometano, concentração de metano	QT 16.02.16	> 95 %
Totalizador	BOMBA 01	m ³
	BOMBA 02	m ³
Nível de Óleo do Compressor ASPRO	-	Normal/Baixo
Reposição do óleo do Compressor ASPRO	-	Sim/Não
Quant. óleo repostado do Compressor ASPRO	-	Litros
Pressão dos manômetros do Compressor ASPRO	-	Dentro /Fora faixa
Purga de água Purgador <i>FLARE</i>	-	Sim/Não
Purga de água Compressor <i>FLARE</i>	-	Sim/Não
Nível de Óleo Compressor <i>FLARE</i>	-	Normal/Baixo
Purga de água Purgador PÁTIO DE LODO	-	Sim/Não
Purga de água entrada SOPRADOR RADIAL	-	Sim/Não
Purga água saída SOPRADOR RADIAL (entrada bolha)	-	Sim/Não
Purga de água saída TANQUE DE ALÍVIO DA BOLHA	-	Sim/Não
Nível de Óleo do <i>CHILLER</i>	-	Normal/Baixo
Nível de Óleo Compressor gás AUC009 BGA	-	Normal/Baixo
Nível de Óleo da BOMBA DE VÁCUO	-	Normal/Baixo
Nível de Óleo Compressor KAESER	-	Normal/Baixo
Pressão do Gás de Calibração 01 (container)	-	Bar
Pressão do Gás de Calibração 02 (container)	-	Bar
Pressão do Gás de Calibração 03 (container)	-	Bar
Pressão o Gás Nitrogênio (sala odorizador)	-	Bar

Com base nos registros da Tabela II, são monitorados e controlados o funcionamento e desempenho dos principais equipamentos de produto e uso do biometano em veículos.

O mecanismo de desempenho resume-se na produção do biometano, sem problemas de funcionamento, ou seja, o processo precisa estar pronto para operar automaticamente e tratar o biogás para que seja entregue com as características de qualidade exigidas para uso veicular. Assim, o biometano produzido no contêiner é continuamente monitorado 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). Qualquer resultado fora do padrão, durante o processo de produção, o sistema de beneficiamento instalado dentro do container deixa de entregar o biometano para a compressão e posteriormente, o *dispenser* de abastecimento.

Além destes parâmetros, são medidos: ponto de orvalho da água, que indica a umidade do biometano; diferencial de pressão na saída da coluna de remoção de H_2S , que é uma medida indireta para avaliar o grau de saturação da coluna de carvão ativado; diferencial de pressão no filtro de carvão, na saída do biometano do contêiner, que funciona como barreira microbiológica e necessita de troca ao atingir um valor limite e controlado o tempo de ciclo das colunas de PSA.

Com base nos resultados de qualidade do biometano e de funcionamento do sistema de beneficiamento, a planta opera conforme projetado e atende aos requisitos de qualidade do regulamento vigente - ANP 685/2017, conforme Tabela III. Além da composição o regulamento também limita os teores de siloxanos, expressos em sílica e halogenados, como cloretos e fluoretos. Nas campanhas de amostragem realizadas em 2021, estas características estão abaixo dos limites fixados em regulamento, conforme Tabela IV, a seguir.

Com base nos resultados, de monitoramento em linha e de campanhas de amostragem e análise por laboratório externo, o biometano produzido atende aos limites estabelecidos pela ANP 685/2017, que ainda é odorado e pressurizado, antes de ser usado na frota de Franca. Assim, o abastecimento é realizado nas mesmas condições do GNV veicular disponível em postos de combustíveis, em termos de qualidade e de pressão de trabalho.

Tabela III – Qualidade do biometano produzido e a esperada em projeto.

Característica	Biometano esperado	ANP 685-2017	Biometano medido	Gás Escape	Unidade
Temperatura	Ambiente	-----		< 60	°C
Pressão	ca. 4,0	-----	4 – 5	Atm.	Bar
Quantidade	até 72,0	-----	Até 72,00	56,0 - 72,0	Nm ³ /h
CH₄	>95	90	97,53	<5	Vol %
CO₂ + O₂ + N₂	< 5	10	2,474	-----	Vol %
CO₂	-----	3,0	1,431	>92	Vol %
N₂	-----	-----	0,841	<1	Vol %
O₂	-----	0,8	0,202	<0,5	Vol %
H₂S	< 5	10	ND	<5	mg/m ³
Ponto Orvalho atmosférico	< -60	- 45	-100 a -80	<3	°C
Poder Calorífico Superior (P. C. S)	10,5	9,72- 11,94	10,06		kWh/Nm ³
Índice Wobbe	13,8	12,92-14,87	13,29		kWh/Nm ³

Tabela IV – Resultados de qualidade do biometano produzido - Características específicas

Análise/ amostragem 2021	1	2	3	Limite ANP 685/2017
Siloxanos- biometano (mgSi/m3)	< LQ	< LQ	< LQ	0,3
Halogenados – Cloretos (mg Cl/m3)	Zero	Zero	Zero	5,0
Halogenados – Fluoretos (mg F/m3)	Zero	Zero	Zero	5,0

Em termos de consumo de biometano pela frota de Franca, que iniciou com 18 veículos adaptados em 2018 e passou para 40, a partir de 2019. Na Figura II, apresenta-se os consumos mensais de biometano pela frota local, de abril/2018 a novembro/2021. Observa-se que o maior consumo médio mensal foi no período de junho de 2019 a março de 2020, com 3.057 m³/mês, com pico de consumo de agosto/2019 de 3.696 m³. Isto equivale à operação diária do sistema de 2 a 3 horas por dia, de segunda a sexta-feira. Mesmo durante a pandemia, houve demanda pro biometano, mas somente para uso das atividades essenciais e operacionais, sem uso pela área administrativa, com consumo médio de 1.878 m³/mês de abril/2020 a novembro/2021.

O consumo de biometano acumulado no período de abril/2018 a novembro/2021 foi de 91.507 m³, que equivale a substituição de 147.341 L de etanol. Usou este combustível também renovável, como referência, pois os veículos são *flex* e usam tanto etanol como gás. São abastecidos com biometano no posto da ETE e quando este combustível acaba, rodam com etanol. Para determinar estes valores, considerou-se os registros dos volumes de biometano de todos os abastecidos, que são anotados em planilha de controle pelo responsável pelos abastecimentos na ETE. O volume equivalente de etanol é calculado usando-se a relação de que 1 m³ de biometano substitui 1,6 Litros de etanol.

O volume de etanol que deixa de ser abastecido no posto de combustível externo e os custos correspondentes, que são evitados, com o uso do biometano, são usados como constituem indicadores de geração de valor do projeto de Franca.

Para cálculo do indicador de custos evitados com o uso de biometano, necessidade de previsão de meta para o ano seguinte, considerou-se o preço do etanol, referente ao mês de agosto de cada ano para cálculo do custo. Estes valores do etanol podem ser consultados no site da ANP. Foram utilizados os valores médios dos preços de etanol praticados nos postos do município de Franca, nos meses de agosto de 2018, 2019, 2020 e 2021.

Estes são indicadores, de geração de valor, são apresentados, a seguir, na Tabela V e na Figura III.

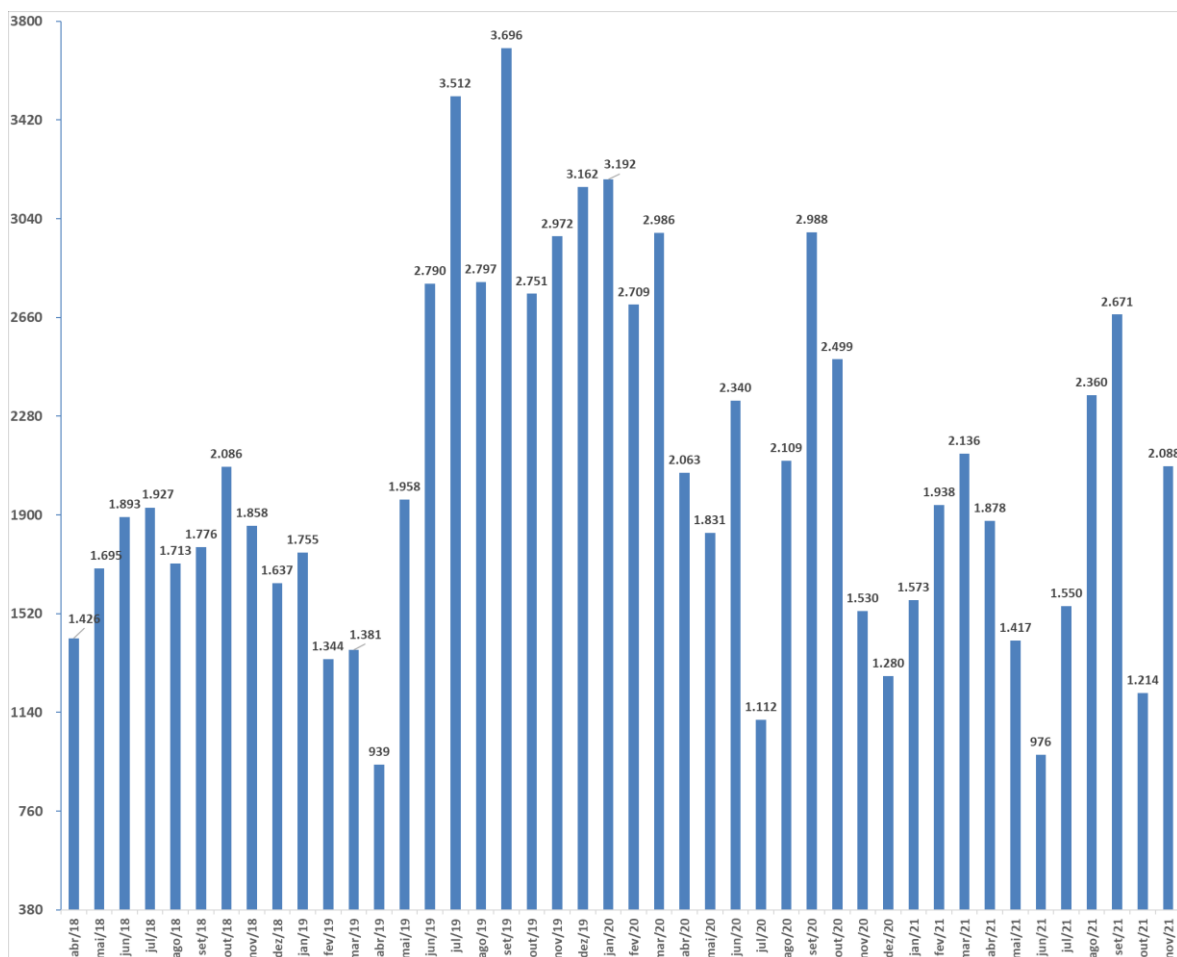


Figura II – Consumo mensal do biometano na frota de ETE Franca em quatro anos.

Tabela V– Custo evitado combustível com uso de biometano

Custo evitado com combustível	2018	2019	2020	2021	Total
Biometano consumido - Nm³/ano	16.019	29.058	26.638	19.801	91.516
Equivalente em Etanol* - l/ano	25.791	46.783	42.887	31.880	147.341
Etanol - R\$/l	2,56	2,74	2,75	4,27	-----
Economia de Etanol - R\$/ano	66.024	128.186	117.940	136.126	448.276

* https://preco.anp.gov.br/include/Resumo_Mensal_Municipio.asp

* *1 m³ de biometano substitui 1,6 litros de etanol

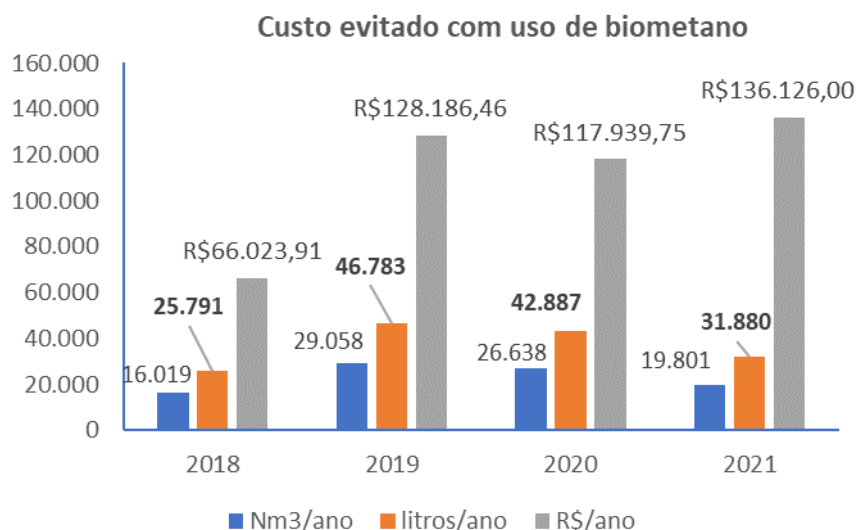


Figura III – Custo evitado com combustível por ano de uso do biometano.

Embora o consumo de biometano em 2021 tenha sido menor que no ano anterior, o custo evitado foi maior em função do aumento substancial do preço do etanol a partir de 2021, que continua a crescer em 2022, com valores superiores a R\$ 5,00/L etanol, que é um incentivo para que se amplie o uso do biometano na frota.

Para o cálculo mais preciso do custo evitado de abril/2018 a março/2022 utilizou o preço médio do etanol praticado pelos postos do município de Franca, para cada mês neste período, obtida no site da ANP (https://preco.anp.gov.br/include/Resumo_Mensal_Municipio.asp). Assim, foram contabilizados os custos mensais evitados nos 4 anos, com os 7.734 abastecimentos realizados nos veículos convertidos a gás com os 97.333 m3 de biometano consumidos pela frota local. Este volume de biometano, equivale a 156.177 litros de etanol, que deixaram de ser abastecidos em postos, representando um custo evitado de R\$ 512.980,55, nos 4 anos do projeto.

Em termos de desempenho com biometano, os veículos rodam de 13,4 a 16,4 km/m3 deste biocombustível, tendo percorrido mais de **1.300.000 km** de 4 anos (abr/2018-mar/2022).

A produção de biometano ainda é incipiente, embora o sistema de beneficiamento tenha capacidade de produzir o equivalente à substituição de 1.500-1.700 L de gasolina por dia ou o equivalente a 2.400 a 2.700 litros de etanol por dia, quando operado na capacidade plena, pois se trata de um projeto PD&I, onde foi previsto o abastecimento da frota interna e avaliação dos resultados de resposta do sistema de beneficiamento, que é importado, nas condições locais e características do biogás bruto (presença de siloxanos).

Assim, para validar a qualidade de beneficiamento do biogás, estabelecida em projeto perante o órgão regulador- ANP e obter a permissão para comercialização do biometano produzido como um produto, a Sabesp contratou a elaboração de Estudo de Análise Risco – *HAZOP*, que será detalhado a seguir.

Análise de Risco

O Estudo de Perigo e Riscos, Controle da Qualidade do Biometano e Riscos ao Meio Ambiente e Saúde Humana, contratado tem por objetivo implantar um sistema de controle e garantia de qualidade do biometano para organizar a gestão e os passos de decisão (aceitação/rechaço) no sistema produtivo. Tem por base o atendimento da ANP nº 685/2017 e demonstrar que o biometano, a ser injetado na rede de distribuição de gás natural, está em conformidade com as exigências de qualidade do produto, podendo ser utilizado com segurança nos diferentes equipamentos e que não apresenta riscos à saúde do público em geral e ao meio ambiente.

O objetivo final desta atividade é a elaboração de documentação oficial imprescindível para obtenção da licença de comercialização do biometano perante órgão competente – ANP, que utilizando a ferramenta

HAZOP, visa o estabelecimento dos requisitos para identificação e avaliação de contaminantes que podem ser nocivos à saúde humana, meio ambiente e/ou danosos a equipamentos e infraestrutura. No estudo estão sendo avaliadas a qualidade do biogás e biometano produzido no sistema, em termos de composição que incluem: poder calorífico, índice de *Wobbe*, concentrações de metano, dióxido de carbono e impurezas. Juntamente, com as amostragens para análise da composição são realizadas amostragens para determinação de componentes específicos, em menor concentração, também descritos na ANP 685 de 2017, podendo citar: siloxanos, *VOCs*- compostos orgânicos voláteis, metais e mercúrio. Estes resultados são apresentados na forma de relatórios, discutidos com a equipe da Sabesp, interpretados e acompanhados de todos os laudos de análises. Na Tabela VI, o controle de qualidade e frequência, a ser atendido de acordo com a ANP/2017.

Tabela VI – Controle de qualidade do biometano, frequência, tipo de análise

Indicador	Frequência	Medidor online	Análise laboratório externo
Oxigênio, dióxido de carbono CO₂+O₂+N₂ (gases inertes)	Medição Horária	Sim	Sim
Enxofre total		Sim	Sim
Sulfeto de Hidrogênio	Medição Horária	Sim	Sim
Ponto de orvalho de água	Medição Horária	Sim	Não
Ponto de orvalho de hidrocarbonatos	Medição Horária	Não	Não
Hidrocarbonetos (composição gás)	Medição Horária	Sim	Sim
Nitrogênio (composição gás)	Medição Horária	Sim	Sim
Poder Calorífico Superior	Medição Horária	Sim	Sim
Poder Calorífico Inferior	Medição Horária	Sim	Sim
Densidade Relativa / Absoluta	Medição Horária	Sim	Sim
Índice de <i>Wobbe</i>	Medição Horária	Sim	Sim
Metano Etano, Propano, Butano + pesados (composição do gás)	Medição Horária	Sim	Sim
Siloxanos	Monitoramento	Não	Sim
<i>VOCs</i> – orgânicos voláteis	Monitoramento	Não	Sim
HCl – cloretos	Monitoramento	Não	Sim
HF – fluoretos	Monitoramento	Não	Sim
Odorante	Medição Horária	Não	Sim
Perigos biológicos	Monitoramento	Não	Sim
Metais pesados	Monitoramento	Não	Sim

No estudo estão previstos os seguintes produtos:

- Relatório preliminar - plano de trabalho revisado, objetivos, metodologia e resultados esperados e a análise dos dados históricos operacionais sobre a composição do biogás e biometano produzido na ETE de Franca, identificando as possíveis desconformidades para atendimento da Resolução ANP nº 685/2017.
- Relatório com campanhas de amostragens e devida interpretação - As coletas são para atendimento dos componentes da Tabela VI. Estas são programadas com participação de contratada e equipe de Franca e área de pesquisa. Os resultados são discutidos e interpretados, antes do início da próxima amostragem, em comum acordo entre a SABESP e a CONTRATADA.
- A realização das quatro campanhas de coleta, que compreendem 3 amostragens/análises de Biogás e nove amostragens/análises de biometano, para caracterizarão tanto do biogás e do biometano. Desta forma, além de avaliar a qualidade do produto, avalia-se também a eficiência do sistema de produção.
- Realização de 5 (cinco) amostragens/análises adicionais para os parâmetros Siloxanos, Halogenados, Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs) e H₂S, em pontos estratégicos da planta de beneficiamento de biogás.
- Elaboração do relatório HAZOP, com a identificação de compostos potencialmente nocivos à saúde humana e ao meio ambiente, seguindo os indicadores e limites de qualidade estabelecidas na resolução ANP nº 685/2017, por equipe multidisciplinar.

Até o momento foram realizadas três das quatro campanhas e os resultados tem sido satisfatórios.

Caso o relatório aponte alguma não conformidade com relação às exigências da ANP-685 2017, impossibilitando a solicitação de comercialização do biometano produzido, ao final do estudo contratado, será fornecido relatório detalhado com os resultados analíticos das campanhas realizadas, os pontos de melhorias e as ações corretivas, para que a SABESP possa tomar as medidas necessárias para adequação do sistema de beneficiamento do biogás.

CONSIDERAÇÕES- CONCLUSÕES

O empreendimento por si é uma instalação que foi muito estudada no período de projeto e instalação, e não demanda grandes alterações. Toda e qualquer alteração, quando necessária, é registrada em um livro de ocorrências, além do compartilhamento em um grupo de WhatsApp dos responsáveis, para imediato conhecimento de todos. Dentre as melhorias efetuadas, citam-se as seguintes

- Implantação do sistema supervisorio de monitoramento do CCO, feito pelos técnicos locais do setor para permitir a integração da unidade de beneficiamento com demais unidades.
- Implantação de cobertura no sistema de troca de calor, para protegê-lo das alterações climáticas.
- Substituição de purgadores manuais de condensado por automáticos;
- Implantação da sistemática de produção, eliminando-se o funcionamento automático nos finais de semana e feriados, e no período noturno, por meio de programação, de modo a operar nos períodos de horário comercial.

Os resultados do estudo têm sido satisfatórios, permitindo o desenvolvimento das equipes, que hoje operam e exercem manutenção em um sistema de alta tecnologia, que abastece 40 veículos adaptados à GNV da unidade da Sabesp de Franca. Além disso, trouxe muito conhecimento às equipes envolvidas, que passaram a trabalhar no projeto desde a sua concepção até os dias atuais de operação e manutenção

Outro aspecto é a redução de emissão com menor volume de biogás sendo queimado no *flare* e a redução de emissões de CO, CO₂, NO_x e partículas, pelo uso de combustível com pegada negativa de carbono. A redução de Gases Efeito Estufa -GEE com o projeto no período de pesquisa (4 anos) é da ordem de 10%, mas pode chegar a 90% com o sistema de biometano operando na capacidade plena, com um aumento da frota e/ou possibilidades de comercialização.

Considerando as externalidades do uso do biometano, selos verdes, novos incentivos, a pegada negativa de carbono, este passa cada vez mais, a ser uma alternativa viável para aproveitamento de biogás, ainda que seja

necessário atender às diversas etapas para que o biometano seja considerado um produto que pode ser comercializado, ou seja, um combustível intercambiável com gás, em todos os seus usos.

Neste sentido, os resultados com a experiência da ETE Franca podem servir de referência para definição da opção de uso do biogás de outras unidades da Sabesp. Esta experiência, também abre possibilidades de novos negócios na área do saneamento, especialmente devido à grande demanda por energias renováveis pelo mercado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANP - https://preco.anp.gov.br/include/Resumo_Mensal_Municipio.asp.
2. ANP 685/2017 - Estabelece a especificação e as regras para aprovação do controle da qualidade 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 no território nacional.
3. ANP 734/2018 – Regulamenta a autorização para o exercício da atividade de produção de biocombustíveis e a autorização de operação da produtora de biocombustíveis, 2018.
4. BLETSOU, A. A. et al. Mass loading and fate of linear and cyclic siloxanes in a wastewater treatment plant in Greece. *Environmental Science and Technology*, v. 47, n. 4, p. 1824–1832, 2013.
5. DE ARESPACOHAGA, N. et al. Understanding the effects of the origin, occurrence, monitoring, control, fate and removal of siloxanes on the energetic valorization of sewage biogas-A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 52, p. 366–381, 2015.
6. Waelkens, B; Sternad, W. Memorial Descritivo do Sistema de Beneficiamento de Biogás, Fraunhofer IGB, 2011.