

ANEXO V – Resumo Técnico do Projeto

P292 - Avaliação Experimental e Simulação da Produção de Hidrogênio via Tecnologia de Reforma de Biometano - Ciclo 21/22

Giovana Fernanda Dionisio¹, Antonio José Marin Neto² & Stefano Ferrari Interlenghi³

¹COMGÁS

²Hytron Energia e Gases S/A

³Instituto SENAI de Inovação – CETIQT

Palavras-chave: Biometano, Reforma à Vapor, Reformador de Biometano

Resumo - O projeto de pesquisa detalhado neste Resumo Técnico foi realizado entre a COMGÁS e as empresas Hytron e SENAI CETIQT e teve como objetivo desenvolver uma planta demonstrativa de produção de hidrogênio a partir da reforma de biometano, assim como realizar simulações para geração de um Digital Twin e Business Case. Como resultados do projeto foram desenvolvidas as etapas de Requisitos, projetos Básico e Executivo e, em função de custos levantados, optou-se pela não construção da planta de reforma, sem prejuízo da finalização do projeto com toda a documentação exigida para que num possível projeto futuro seja finalizada a construção do reformador.

Introdução

Hoje, existe no mercado uma oportunidade de descarbonizar processos químicos industriais através da utilização de hidrogênio com menor pegada de carbono, o chamado Hidrogênio Verde, normalmente obtido através da eletrólise da água utilizando geração renovável de energia elétrica. Além disso, também é uma oportunidade para o Brasil produzir hidrogênio de baixas emissões através de hidrocarbonetos renováveis como Biometano em processos de reforma.

Nesse contexto, a COMGÁS, como distribuidora de gás natural e biometano, vê no hidrogênio o potencial de ampliar essa oferta de gases como uma grande oportunidade de mercado e com elevado apelo ambiental e de sustentabilidade.

A Hytron desenvolveu tecnologias de produção de hidrogênio por eletrólise, reforma de etanol e gás natural, e hoje conta com produtos comerciais para essas rotas de produção de hidrogênio.

Ainda nesse contexto, a Hytron desenvolveu com a COMGÁS, em 2018, um reformador de gás Natural no porte de produção de 20 Nm³/h de hidrogênio e, hoje, vê como uma oportunidade de mercado desenvolver, a partir dessa tecnologia, um reformador que utiliza gás natural e biometano, permitindo, assim, uma gradativa descarbonização de processos a partir de insumo renovável como o Biometano.

Aliando a oportunidade de mercado para a COMGÁS ser uma fornecedora de hidrogênio, às expertises da Hytron nas tecnologias de produção de hidrogênio e uma parceria de desenvolvimento já estabelecida entre COMGÁS e Hytron foi desenvolvido um projeto, que será explanado neste artigo, e que originalmente objetivava:

- Implementar uma planta demonstrativa (nas instalações da Hytron) para produção de hidrogênio a partir de biometano;
- Desenvolver uma plataforma computacional que simule o sistema de produção de hidrogênio a partir do biometano com base nos dados da planta piloto no modelo de gêmeo digital (desenvolvimento a cargo do SENAI CETIQT).

Durante a fase do projeto Executivo do reformador, foi detectada a necessidade de melhorias não opcionais no projeto, e o levantamento dos custos dos materiais para construção do reformador se mostrou um valor acima do orçamento previsto no projeto e, dessa maneira, a COMGÁS e ARSESP optaram por encerrar o projeto na fase de Projeto Executivo e Lista de Aquisições.

Apesar do projeto não ter sido finalizado com a construção do protótipo, mesmo assim se justificou ter sido realizado, já que foram encerradas as fases de Projeto Executivo e lista de aquisições do reformador.

Dessa maneira, pode-se agora buscar recursos específicos para construção do reformador projetado.

A seguir, são mostradas as etapas do projeto relacionadas com o SENAI e à Hytron que se iniciam com o estabelecimento dos pré requisitos do reformador e, na sequência, os projetos Básico e Executivo desse reformador.

Desenvolvimento

A. Estabelecimento dos Pré-Requisitos

Técnicos do Sistema de Produção de H₂

O objetivo dessa etapa do projeto de pesquisa, que define os Pré-Requisitos Técnicos do Sistema de Produção de H₂, é estabelecer as bases qualitativas e quantitativas necessárias para o projeto básico e executivo de um sistema de reforma-vapor de biometano empregado na produção de hidrogênio com alto grau de pureza (99,999%; v/v), com capacidade nominal de 11,2 Nm³/h de produto (equivalente à 1 kg/h de H₂), entregando-o à pressão de 10 bar_g.

Para a parametrização pormenorizada das condições de contorno de projeto, fabricação e instalação, o sistema foi segmentado em seus aspectos mais relevantes como Suprimentos de Combustível (Biometano), de Água para Processo, de Nitrogênio para Inertizações, de Ar Comprimado de Instrumentação e, de Eletricidade para o Sistema de Produção de H₂, além de Padrão de Montagem e Filosofia de “Empacotamento”, Segurança Operacional e Supervisão e Controle do Sistema.

Da mesma maneira foi desenvolvido o Memorial Descritivo do Sistema de Produção de H₂ nos seus módulos:

- Módulo Termoquímico (Reator de Reforma-Vapor; Reatores de Shift, Forno Reformador; Integração de Recuperação de Calor; Hidrodessulfurização); de Medição e Dosagem dos Insumos de Processo; de Produção de Água de Processo e, da PSA (Pressure Swing Adsorption).

Vale destacar que, como premissa de projeto, o sistema foi dimensionado para uma capacidade de produção de até 12,3 Nm³/h de produto (equivalente à 1,1 kg/h de H₂), entregando-o à pressão de 10 bar_g.

B. Desenvolvimento dos Projetos Básico e Executivo da planta de demonstração

Uma vez definidos os pré-requisitos do Reformador de Biometano, passou-se então para a etapa do desenvolvimento do Projeto Básico e, na Figura 1, é mostrado a planta geral do PFD (Process Flow Diagram) desse reformador.

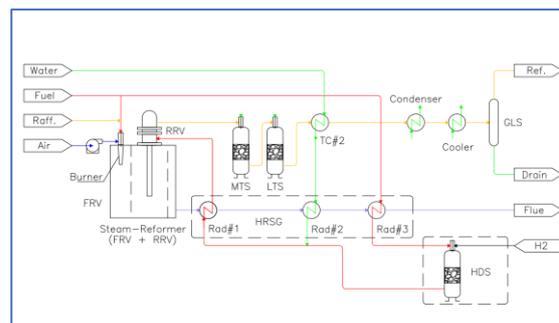


Figura 1 PFD do Reformador

Na fase de desenvolvimento do projeto executivo verificou-se a necessidade de algumas atualizações técnicas não opcionais, as quais trazem melhorias (confiabilidade operacional e redução de OPEX) a este projeto tais como:

- Solução metalúrgica para o Reator de Reforma-Vapor: Substituição de aço UNS31009 por aço com alto teor de Cromo e Carbetos secundários precipitados por Nióbio;
- Otimização dos flanges de fechamento do Reator de Reforma-Vapor, os quais permanecem sob código ASME, mas não mais ANSI;
- Alteração do padrão de juntas de vedação adotadas no Módulo Termoquímico, dentre outras.

Na figura 2 é mostrada uma vista do projeto executivo do reformador disponibilizado no Projeto

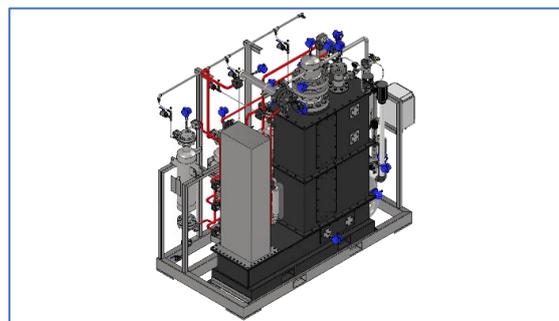


Figura 2 Projeto Executivo

C. Simulação

As etapas de simulação foram desenvolvidas pelo SENAI CETIQT e mostram os resultados desenvolvidos da análise técnico-econômica e do Digital Twin na forma de simulações dinâmicas para a planta de reforma de biometano. Para obter a análise técnico-econômica é necessário passar pela obtenção de dados técnicos, vindos do balanço de massa e de energia.

Para obter estas informações utilizou-se o software Aspen Plus v12.1 como simulador

computacional, inserindo os dados experimentais da Hytron.

Posteriormente, realizou-se a cotação dos equipamentos e com heurísticas econômicas e financeiras obteve-se os custos de instalação e de operação da planta-piloto e o preço mínimo de venda do hidrogênio produzido.

Em um segundo momento realizou-se a simulação dinâmica. Devido as características das ferramentas de simulação disponível, uma separação em dois módulos se fez necessária – uma para o processo de purificação por PSA e outro que contém o resto da planta. A partir das premissas técnicas, construiu-se a simulação, em estado estacionário, da planta piloto de reforma de biometano. Para otimizar o processo, foi realizada uma análise de sensibilidade.

A partir deste estudo chegou-se à informação que o melhor cenário, dentro das limitações operacionais, a configuração de vazão de água deionizada que segue para a reforma igual a 1,75 vezes a vazão de biometano, a matéria-prima, utilizada. Outra resposta dada foi que o excesso de ar ideal é de 20% no gás de exaustão para fornecer uma temperatura adequada no reformador. Com este cenário otimizado chegou-se a 4,00 kg de biometano necessários para produzir 1 kg de H₂.

Resultados

Os resultados do projeto foram parcialmente alcançados. Cumpriu-se totalmente as etapas de requisitos do reformador, projeto básico do reformador e projeto executivo do reformador. No entanto, na execução da etapa de aquisições foi realizada um levantamento dos recursos necessários (materiais e componentes) e posteriormente realizar a construção do equipamento e, nesse levantamento, constatou-se que seriam necessários recursos além do orçamento do projeto. Pela necessidade de recursos extras e pela avaliação do órgão regulador, decidiu-se pela interrupção do projeto sem a construção do protótipo, mas entregando a documentação completa, possibilitando a retomada no futuro, caso haja interesse das partes envolvidas.

Neste projeto, para a simulação, foram bem-sucedidas a implementação de módulos dinâmicos no Aspen Dynamics e a importação da malha de controle proposta pela Hytron. Devido à falta de dados reais de operação, os controladores foram ajustados virtualmente para obter os parâmetros iniciais de operação. Em seguida, um estudo de caso foi realizado simulando um aumento no grau de impureza da matéria-prima. A maioria dos controladores manteve os SetPoints pré-definidos, mas o

controlador de temperatura de combustão enfrentou desafios. Além disso, no contexto da PSA, a simulação dinâmica foi implementada no Aspen Adsorption, obtendo hidrogênio com especificações desejadas e ciclos equivalentes.

Assim, o "Digital Twin" está pronto para avaliações qualitativas, fornecendo uma característica de resposta confiável da planta. Uma próxima etapa seria ajustar os modelos com dados reais de operação para garantir uma performance quantitativa representativa. Essa ferramenta permite prever as respostas e identificar gargalos em caso de modificações não planejadas durante a operação

Conclusões e Contribuições

Embora o projeto não tenha cumprido parte seu objetivo, com a não construção do protótipo, toda a documentação gerada (relatório executivo do equipamento, lista de aquisições, gêmeo digital do Reformador de Biometano e Business Case) tem um alto valor tecnológico.

Com essa documentação, associada a capacidade industrial de construção de equipamentos da Hytron, será possível construir o protótipo do reformador de Biometano no porte de 30 Nm³/h de produção de Hidrogênio.

É de interesse da Hytron finalizar esse projeto com a construção do reformador e realizar sua operação assistida, para que assim o reformador de Biometano possa ser incorporado no portfólio de produtos comerciais da empresa. Da mesma maneira, os estudos desenvolvidos pelo SENAI permitem o scale-up da tecnologia possibilitando assim alcançar maiores portes do reformador.