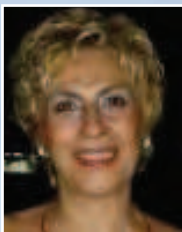


GERAÇÃO DE HIDROGÊNIO POR GASEIFICAÇÃO DE BIOMASSA EM ÁGUA SUPERCRÍTICA INTEGRADA COM UNIDADE TERMOELÉTRICA

Por: Rosa Ana Conte e Daltro Garcia Pinatti

Foto: arquivo pessoal



◀ Rosa Conte possui graduação e mestrado em Física pela Universidade Estadual de Campinas e doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais pela Universidade Federal de São Carlos.

Foto: arquivo pessoal



◀ Daltro Pinatti é Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Concluiu o mestrado e doutorado em Física pela Rice University Houston Texas - USA.

O programa Integração Total das Energias Renováveis e Fósseis – ITERF - visando a um sistema energético limpo e sustentável baseia-se na geração de H₂ por gaseificação de biomassa em água supercrítica (H₂-GBASC) de baixo custo (USD 3,00/kg H₂ = USD 21,40/MBTU, PCI = 141,7 MJ/kg), sua utilização no hidrocraqueamento (HDC) e hidrotreatamento (HDT) de petróleo, carvão mineral e outras aplicações (NH₃, gases industriais, células a combustível, etc.). A figura abaixo mostra o fluxograma da H₂-GBASC e o diagrama de fases pressão-temperatura da água para máxima

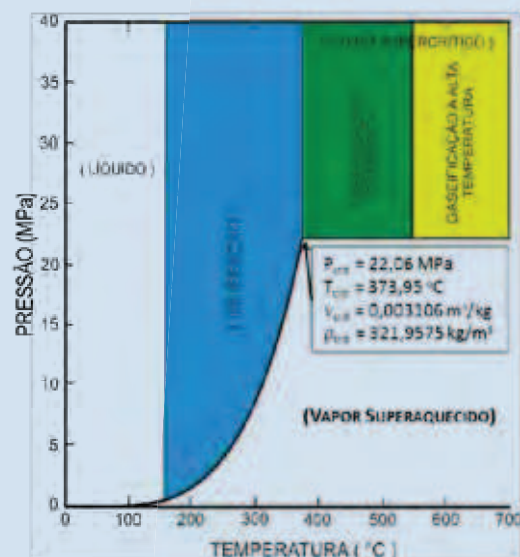
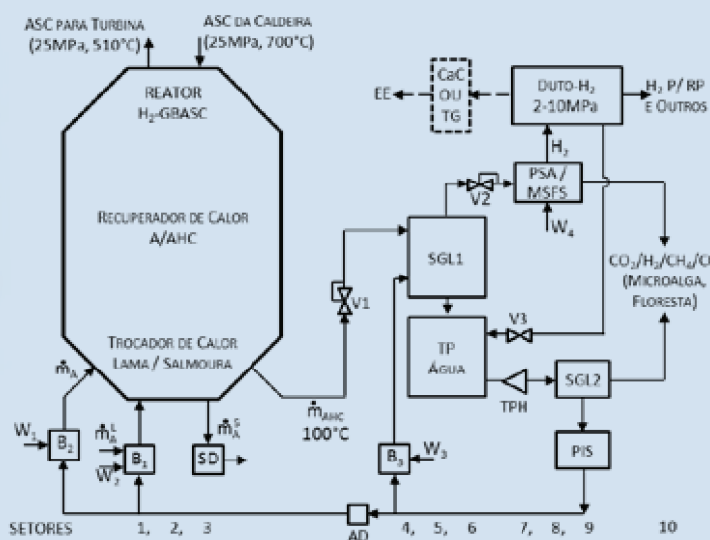
produção de H₂ (100 kg H₂/TBS), que opera com vaso de pressão (VP; 25 MPa, 700 °C) composto dos seguintes componentes:

- Anel de concreto de alto desempenho (CAD) protendido com cabo de aço;
- Isolamento térmico com concreto refratário revestido internamente com uma casca corrugada de titânio para conter a água supercrítica (ASC) e resistir à corrosão. Dentro do vaso de pressão é instalado o reator de ASC, recuperador de calor entre a água de alimentação e a saída de água/H₂/CO₂ e o pré-aquecedor da lama de biomassa esfriando

PA 3 Estudo de viabilidade da obtenção de H2 por gaseificação de biomassa por água supercrítica, integrada com geração termoelétrica (H2-GBASC/UTE)

GERAÇÃO DE H₂ POR GASEIFICAÇÃO DE BIOMASSA EM ÁGUA SUPERCRÍTICA (H₂-GBASC) E HIDROESTOCAGEM DE ENERGIA ELÉTRICA

REGIÕES DOS PROCESSOS HIDROTÉRMICOS REFERENCIADOS AO DIAGRAMA DE FASES PRESSÃO-TEMPERATURA DA ÁGUA[1]



LEGENDA
 B₁ a B₃ – BOMBAS DE ÁGUA; W₁, W₂, W₃, W₄ – CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA; m_b, m_{AHC}, m₁, m₂, m₃ FLUIDO DE ÁGUA, ÁGUA / H₂ / CO₂, LAMA DE BIOMASSA E SALMOURA; SD – SPRAY DRYER; V1, V2 – VALVULA DE EXPANSÃO; V3 – VALVULA DE PRESSURIZAÇÃO; SGL1,2 – SEPARADOR DE GÁS / LÍQUIDO DE ALTA E BAIXA PRESSÃO; TPH – TURBINA PELTON HIDRÁULICA; TP – TANQUE PRESSURIZADO DE ÁGUA E CO₂; PIS – PISCINA; AD – ÁGUA DEIONIZADA; PSA/MSFS – PRESSURE SWING ADSORPTION / MEMBRANA COM SUPRIMENTO DE FLUXO SELETIVO; CO₂, H₂, CH₄, CO – GÁS RESIDUAL (CRESCIMENTO DE MICROALGA E FLORESTA); RP – REFINARIA DE PETRÓLEO; CAC – CÉLULA A COMBUSTÍVEL; TG – TURBINA A GÁS; EE – ENERGIA ELÉTRICA; AHC – ÁGUA SUPERCRÍTICA.

SETORES: 1) H₂-GBASC, 2) BOMBAS, 3) SPRAY DRYER, 4) TURBINAS PELTON, 5) SEPARADORES (GÁS/LÍQUIDO), 6) TANQUE PRESSURIZADO, 7) PSA/MSFS, 8) DUTO DE H₂, 9) PIS, 10) DESTINO CO₂.

[1] PETERSON, A.A. ET AL THERMOCHEMICAL BIOFUEL PRODUCTION IN HYDROTHERMAL MEDIA: A REVIEW OF SUB- AND SUPERCRITICAL WATER TECHNOLOGIES, ENERGY ENVIRON. SCI. 2008, 1, F. 32-65.

Fluxograma da H₂-GBASC e diagrama p-T da água

a saída da salmoura (na ASC os orgânicos são decompostos em 30 s e os inorgânicos são cristalizados e drenados na forma de salmoura para um 'spray dryer' – SD). A ASC a 700°C é fornecida por uma caldeira e parte da água de alimentação da H₂-GBASC (25 MPa, 510 °C) vai para o turbogerador de alta e baixa pressão com reaquecimento. A água/H₂/CO₂ que sai do VP é expandida de 25 MPa para 12,5 MPa numa válvula de expansão (V1), para o separador gás líquido (SGL1), liberando apenas H₂ que, após lavagem e/ou purificação por 'pressure swing adsorption' (PSA), vai para o H₂-duto para estocagem e consumo. Fora da ponta de consumo elétrico (das 21:00 às 18:00 h do dia seguinte) a água/CO₂ é estocada em tanques pressurizados (TP) e na ponta (das 18:00 à 1:00 h), é expandido na TURBINA Pelton hidráulica (PTH) indo para uma piscina (PIS) à pressão atmosférica e liberando o CO₂. Os TPs são similares ao VP (fabricação padronizada) e formam as paredes da piscina.

A figura na página ao lado mostra o layout da planta de demonstração (PD). A água da unidade termoeletrica (UTE) é pré-aquecida a 4 MPa, 250 °C nos coletores parabólicos térmicos solares (CPTS) instalados como cobertura da PD e dos imóveis industriais, comerciais ou residenciais próximos. Ar ou gás de combustão (GC) é comprimido e aquecido em CPTS adicionais para secagem da biomassa da UTE. Esta é feita em silo-torre (ST, Ø = 7,1 m, H = 100 m), cumprindo as seguintes funções:

- Secagem de 35 % até 12 % de umidade com ar ou GC aquecido pelo CPTS nos 40 m inferiores do silo;
- Pré-secagem de 50 % para 35 % de umidade pelo GC nos 40 m intermediários;
- Filtro de mangas (FM) e dessulfuração (DGC) nos últimos 20 m;

- Turbina eólica (TE) no topo do silo-torre em regiões com potencial eólico, ou outras aplicações (antena de celulares, etc.);
- Instalações complementares de tubulações, moega de basculamentos (MB) das carretas com elevador de canecas (EC) de biomassa, roscas transportadoras (RT), e outras. Um segundo conjunto de MB, EC, RT e silo de biomassa limpa (SBL) é instalado para o cavaco de tronco de eucalipto descascado (padrão cavaco limpo de celulose) para ser moído (MBL) e formar a lama de 5% BS que é bombeada para a H₂-GBASC. O condensador do turbogerador (TG) é refrigerado por uma torre de refrigeração (TR) ao ar com gotejamento de água tratada coletada no compressor do GC e também água da chuva. A PD tem três salas de controle com suas subestações elétricas: térmica, hidráulica e eólica. As capacidades da PD são: UTE = 30 MW_e; hidráulica = 6,7 MW_e durante as 3 horas na ponta; eólica = 7,5 MW_e máximo e 1300 kg H₂/h. Considerando os diferentes fatores de carga e 8760 h/ano, os faturamentos serão: Energia elétrica = (30 MW_e x 80% + 6,7 MW_e x 12,5% + 7,5MW_ex35%)x8760h/ano x USD80.00/MWh = USD 19,245,720/ano e Hidrogênio = 1300 kg H₂/h x 8760 h/ano x 80% = USD 27,331,200/ano. O consumo de biomassa é de 8,54 kg/s (215.454 TBS/ano) na UTE e 3,61 kg/s (91.076 TBS/ano) na H₂-GBASC, totalizando 306.530 TBS/ano (7663 ha de floresta energética de curta rotação de 40 TBS/ha.ano), resultando numa taxa de geração de riqueza de USD 5495.00/ha.ano. A taxa de geração de riqueza teórica do H₂ é de 40 TBS/ha.ano x 100 kg H₂/TBS x USD 3.00/kg H₂ = USD 12,000/ha.ano. Este valor viabiliza a economia, a intermitência da energia elétrica da biomassa, solar, eólica e a estocagem de energia.◆

Lay out da planta de demonstração da H₂-GBASC/UTE

LEGENDA (SEQUÊNCIA DO SILO TORRE PARA A UTE)

- TR – TURBINA EÓLICA
- ST – SILO TORRE
- DGC – DESSULFURAÇÃO DO GÁS DE COMBUSTÃO
- CGC – COMPRESSOR COM TUBULAÇÃO DO GÁS DE COMBUSTÃO (EXCESSO SAÍ PELA CHAMINÉ, NO TOPO)
- FM – FILTRO DE MANGAS
- SP – SILO DE PRÉ-SECAGEM
- TGC – TUBULAÇÃO DE GÁS DE COMBUSTÃO
- SS – SILO DE SECAGEM
- TGF/Q – TUBULAÇÃO DE GÁS FRIO/QUENTE
- CPT/S – COLETOR PARABÓLICO TÉRMICO SOLAR
- RT – ROSCA TRANSPORTADORA
- MB – MOEGA BASCULANTE
- EC – ELEVADOR DE CANECAS
- EPC – ELEVADOR DE PESSOAS E CARGAS
- CALD – CALDEIRA DE LEITO FLUIDIZADO
- SOPR. – SOPRADOR DE AR DA CALDEIRA
- PRÉAR – PRÉ-AQUECEDOR DE AR
- SCR – “SPRAY CONTROLLED REACTOR”
- SBL – SILO DE BIOMASSA LIMPA
- MBL – MOINHO E BOMBA DE BIOMASSA LIMPA
- SDS – SPRAY DRYER DA SALMOURA; (FERLIZANTE)
- F – Fosso
- VP – VASO DE PRESSÃO
- V₁, V₂ – VÁLVULA DE EXPANSÃO
- V₃ – VÁLVULA DE PRESSURIZAÇÃO
- SGL – SEPARADOR GÁS-LÍQUIDO (1 E 2)
- TP – TANQUE PRESSURIZADO
- TPH – TURBINA PELTON HIDRÁULICA
- PIS – PISCINA
- B1 B3 – BOMBAS
- PSA/SFSM – PRESSURE SWING ADSORPTIN / SELECTIVE FLUX SURFACE MEMBRANE
- TG – TURBO GERADOR
- TR – TORRE DE REFRIGERAÇÃO AO AR COM GOTEJAMENTO DE ÁGUA
- ETA – ESTATION DE TRATAMENTO DE ÁGUA
- SC/QCD/CCM – SALA DE CONTROLE, QUADROS DE CONTROLE E DISTRIBUIÇÃO, CENTRO DE CONTROLE DE MOTORES
- T – TRANSFORMADORES
- SET – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA-TÉRMICA
- SEH – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA-HIDRÁULICA
- SEE – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA-EÓLICA
- AD – ADMINISTRAÇÃO
- R – RESTAURANTE
- P – PORTARIA
- E, S – ENTRADA E SAÍDA DE VEÍCULOS
- OBS: INSTALAÇÕES ELÉTRICAS, HIDRÁULICAS E TUBULAÇÕES NÃO ESTÃO MOSTRADAS.

