

Plataforma Tecnológica Termoquímica (Pirólise e Gaseificação)

José Dílcio Rocha¹
Emerson Léo Schultz²
Anna Leticia Montenegro Turtelli Pighinelli³

Descrição da Plataforma Tecnológica Termoquímica

A Plataforma Termoquímica é composta por uma extensa lista de processos nos quais ocorrem reações químicas e mudanças estruturais nas moléculas dos polímeros naturais que constituem a biomassa devido às altas temperaturas empregadas no processamento. A Figura 1 mostra a lista de processos termoquímicos.

A diferença entre eles está na atmosfera rica ou pobre em oxigênio, sendo que apenas a combustão acontece em atmosfera rica em oxigênio. As variáveis que diferem os processos termoquímicos são o tempo de residência, o tamanho de partículas, a pressão e conseqüentemente os produtos e suas aplicações.

Dependendo do processo, da tecnologia e das condições operacionais serão obtidos produtos

sólidos, líquidos e gasosos específicos e de interesse para as indústrias, como bioeletricidade, refinados a biocombustível, insumos químicos para indústria, fertilizantes, adesivos, inúmeras moléculas para a química fina e solventes oxigenados. A Tabela 1 mostra os processos termoquímicos como uma família de processos com suas diferenças e rendimentos.

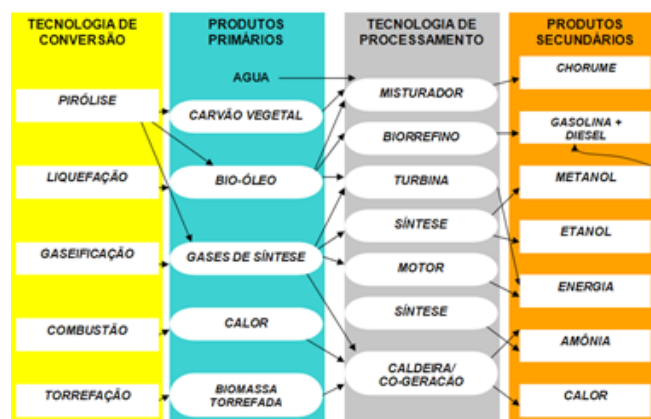


Figura 1. Processos termoquímicos de conversão de biomassa. Adaptado de Bridgwater.

¹ Engenheiro químico, doutor em Engenharia Química, pesquisador da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF, jose.rocha@embrapa.br

² Engenheiro químico, doutor em Engenharia Química, pesquisador da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF, emerson.schultz@embrapa.br

³ Engenheira agrícola, doutora em Engenharia Agrícola, analista da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF, anna.pighinelli@embrapa.br

Tabela 1. Rendimentos dos produtos típicos obtidos por meio de diferentes formas de pirólise de madeira (base seca) (BRIDGWATER, 2008).

Processo	Condições de processo	Líquido	Carvão	Gás
Pirólise rápida	Temperaturas moderadas (450-550 °C), curtos tempos de residência dos vapores (0,5-3 s) e biomassa com reduzido tamanho de partículas.	75%	12%	13%
Carbonização	Baixas temperaturas (400-450 °C), longos tempos de residência (pode ser de horas ou dias), partículas grandes. (pedaços de madeira)	30%	35%	35%
Gaseificação	Alta temperatura (900 °C) e alto tempo de residência dos vapores.	5%	10%	85%

O desenho de reator junto com as condições operacionais é uma área da engenharia de projetos que define como o processo será industrialmente executado e suas entregas de produto.

Embora seja muito estudada e usada industrialmente, a plataforma termoquímica tem grandes desafios tanto no desenvolvimento tecnológico como na análise e caracterização de produtos e nas aplicações finais. Para isso demanda projetos demonstrativos e conceituais para provar a viabilidade técnica e econômica das aplicações.

Os processos termoquímicos são muito populares nos setores industriais de combustíveis fósseis. A pirólise e a gaseificação de petróleo e suas frações, do carvão mineral e do gás natural têm vários exemplos práticos. O coque de petróleo e o coque de carvão mineral são obtidos por pirólise. O DME (dimetiléter), importante insumo e futuro combustível, é produzido comercialmente via reforma de gás natural. O gás natural (CH_4) é transformado em gás de síntese ($\text{CO} + \text{H}_2$) pela reação com vapor de água na presença de um catalisador, como $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$. Também existem inúmeras plantas de gaseificação de correntes líquidas derivadas de petróleo e de gaseificação de carvão mineral para síntese catalítica, como é o caso da empresa Sasol da África do Sul. O grande desafio no mundo é adaptar as tecnologias citadas para a biomassa em larga escala.

A Plataforma Termoquímica no Brasil

O Brasil usa exaustivamente o processo de carbonização, que é uma pirólise lenta. Seu principal produto é o carvão vegetal, que tem a maior aplicação na siderurgia e metalurgia. Segundo os dados do Balanço Energético Nacional 2013, ano base 2012, foram produzidos 7.387.000 t de carvão vegetal e para isso foram consumidas 29.043.000 t de lenha de floresta plantada e de floresta nativa. O rendimento médio é de 25% em massa. Como os produtos siderúrgicos, como aço ou ferro-ligas, são grandes fixadores de carbono, esse setor poderia ser também altamente rentável do ponto de vista dos efeitos climáticos benéficos caso aumentasse a entrada de novas tecnologias no setor.

A Figura 2 mostra os fornos tradicionalmente usados no Brasil e os fornos retangulares que estão se tornando mais comuns para a produção de carvão vegetal em larga escala.

Além do uso comercial do carvão vegetal na siderurgia e no varejo para churrasco existe também grande interesse no uso como condicionante de solo, também conhecido como *biochar*. Uma rede de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) liderada pela Embrapa Florestas desenvolve atividades com esse produto.

O bio-óleo, produto líquido da pirólise rápida, e alcatrão vegetal produzido na carbonização ainda têm grande potencial de P&D. É aplicado

Fotos: José Dilcio Rocha



(a)



(b)

Figura 2 Fornos tradicionalmente usados no Brasil (a) e os fornos retangulares (b).

como aditivo alimentar em escala comercial (*barbecue sauce*) com um fabricante no Brasil, a empresa Biocarbo. A empresa de celulose Fibria é sócia e anunciou a construção de uma unidade demonstrativa no Brasil da tecnologia da empresa canadense Ensyn, que usa leito fluidizado circulante para fazer pirólise rápida de biomassa. A Ensyn está no mercado desde 1980 e tem diversas plantas comerciais nos EUA para aditivos alimentares e geração de energia.

A gaseificação no Brasil teve muitos experimentos e é foco de trabalho de inúmeros grupos de P&D, mas ainda não houve aplicação comercial das tecnologias geradas. Um projeto do fundo *Global Environmental Facility (GEF)* do Banco Mundial financiou o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) de Piracicaba (SP) para realizar testes de gaseificação de bagaço de cana na planta de Värnamo (Suécia) com excelentes resultados, mas a segunda fase de planta demonstrativa não teve prosseguimento. Os estudos mostraram que ciclos de cogeração baseados em BIG-CC (Gaseificação de Biomassa Integrada ao Ciclo Combinado de Turbina a Gás e Turbina a Vapor) são extremamente eficientes quando comparados aos ciclos a vapor convencionais mesmo usando caldeiras de alta pressão.

Dois outros grandes projetos nessa mesma direção foram descontinuados. Já há alguns anos o Projeto SIGA-ME de gaseificação de biomassa florestal

para geração elétrica localizado em Mucuri-BA foi interrompido na etapa de terraplanagem. Mais recentemente o projeto de gaseificação com pirólise e torrefação de bagaço de cana liderado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) a ser implantado em Piracicaba-SP, financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) também foi interrompido antes do início.

É importante ressaltar que a geração em baixa potência, até 100 kW, com motores de combustão interna também pode ser viável, sendo que motores operando com ciclo diesel não podem ser completamente substituídos com o gás de síntese (syngas) ao passo que motores com ciclo Otto podem usar 100% de syngas como combustível.

Interesse mundial na Plataforma Termoquímica

Existem várias ações no mundo para promover a pirólise rápida, a pirólise lenta (carbonização para *biochar*) e a pirólise branda (torrefação) como a gaseificação para bioeletricidade em pequena e em larga escala e para síntese catalítica.

No âmbito da Agência Internacional de Energia existe o *Task 34 – Pirólise de Biomassa*, divulgado pelo site www.pyne.co.uk e que conta com a participação da Finlândia, Alemanha, Holanda,

Suécia, Reino Unido e Estados Unidos, que já contou com o Brasil no passado. Outro *Task 33* – Gaseificação Térmica de Biomassa tem site em www.ieatask33.org e membros Áustria, Dinamarca, Finlândia, Alemanha, Itália, Holanda, Nova Zelândia, Noruega, Suécia, Suíça, Turquia e Estados Unidos. O Canadá é berço de várias iniciativas e empresas de pirólise rápida como a Ensyn, a mais antiga, a Dynamotive e a Pyrovac.

Para a aplicação no solo existe o *IBI – International Biochar Initiative*, que tenta organizar as instituições e empresas que trabalham com o tema no mundo todo, com destaque para a Austrália.

Considerações

A proposição das soluções baseadas em técnicas termoquímicas deve vir a partir das aplicações de seus produtos como o carvão vegetal descrito acima como energia, biorredutor e condicionante de solos e nos produtos líquidos, como o extrato ácido (pirolenhoso) usado como inseticida natural e o bio-óleo para fertilizante de liberação lenta entre outras.

Os produtos gasosos, principalmente a partir da gaseificação, são usados para cogeração ou síntese de combustíveis, ambas de altos investimentos. A geração elétrica em baixa potência pode ser um apelo de geração distribuída, porém a opção nacional por geração centralizada é nítida.

Referências

- ABDELNUR, P. V.; VAZ, B. G.; ROCHA, J. D.; DE ALMEIDA, M. B. B.; TEIXEIRA, M. A. G.; PEREIRA, R. C. L. Characterization of bio-oils from different pyrolysis process steps and biomass using high-resolution mass spectrometry. *Energy & Fuels*, Washington, DC, v. 27, n. 11, p. 6646-6654, 2013.
- BARRETO, E. J. F. (Coord.). **Combustão e gasificação de biomassa sólida**. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, 2008. 190 p. (Soluções Energéticas para a Amazônia).
- BHATTACHARYA, S. C.; ABDUL SALAM, P. **A review of selected biomass energy technologies**: gasification, combustion and densification. Thailand: RERIC : AIT, 2006. 200 p.
- BLEY JUNIOR, C.; LIBÂNIO, J. C.; GALINKIN, M.; OLIVEIRA, M. M. **Agroenergia da biomassa residual**: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais. 2. ed. rev. Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional; Brasília, DF: FAO, 2009. 125 p.
- BRAND, M. A. **Qualidade da biomassa florestal para o uso na geração de energia em função da estocagem**. 2007. 148 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- BRIDGWATER, A. V. **Fast pyrolysis of biomass: a handbook**. Newbury: CPL Press, 2008. 223 p. v. 3.
- CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. (Org.). **Biomassa para energia**. Campinas: Unicamp, 2008. 732 p.
- GOLDEMBERG, J.; NIGRO, F. E. B.; COELHO, S. T. **Bioenergy in the state of São Paulo**: present situation, perspectives, barriers and proposals. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2008. 152 p.
- PEREZ, J. M. M.; ROCHA, J. D.; CORTEZ, L. A. B.; MEDINA, M. P.; LUENGO, C. A.; CASCAROSA, E. Fast oxidative pyrolysis of sugar cane straw in a fluidized bed reactor. *Applied Thermal Engineering*, Oxford, n. 56, n. 1-2, p. 167-175, 2013.
- NOVOTNY, E. H.; AUCCAISE, R.; VELLOSO, M. H. R.; CORREA, J. C.; HIGARASHI, M. M.; ABREU, V. M. N.; ROCHA, J. D.; KWAPINSKI, W. Caracterização da estrutura de fosfatos em "biochar" de ossos suínos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 47, n. 5, p. 672-676, 2012.
- OLIVEIRA, A. J. de; RAMALHO, J. (Coord.). **Plano Nacional de Agroenergia**: 2006 - 2011. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 110 p.
- ROCHA, J. D. **Potencial dos subprodutos da obtenção pirolíticas de coques para a siderurgia**. 1993. 68 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- ROCHA, J. D. **Bio-óleo obtido por hidropirólise de biomassa como precursor de materiais carbonosos**. 1997. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, SP.
- RODRIGUES, T. O. **Efeitos da torrefação no condicionamento de biomassa para fins energéticos**. 2009. 71 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- ROSILLO-CALLE, F.; BAJAY, S. V.; ROTHMAN, H. (Org.). **Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira**. Campinas: UNICAMP, 2005. 447 p.
- VAZ JUNIOR, S. (Ed.). **Biomassa para química verde**. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2013. 196 p.
- VIRMOND, E.; ROCHA, J. D.; MOREIRA, R. F. P. M.; JOSÉ, H. J. Valorization of agroindustrial solid residues and residues from biofuel production chains by thermochemical conversion: a review, citing brazil as a case study. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 197-229, 2013.

Comunicado Técnico, 13

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Agroenergia

Endereço: Parque Estação Biológica - PqEB s/n,
Brasília, DF

Fone: (61) 3448-4246

Fax: (61) 3448-1589

www.embrapa.br/agroenergia

1ª edição 2015



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA

Comitê de publicações

Presidente: *Marcia Mitiko Onoyama.*

Secretária-Executiva: *Lorena Costa Garcia.*

Membros: *Betânia Ferraz Quirino, Diogo Keiji Nakai, Eduardo Fernandes Formighieri, Felipe B. P. Carvalho, João Ricardo M. Almeida, Larissa Andreani Carvalho, Maria Lara Pereira Machado, Sílvia Belém Gonçalves.*

Expediente

Supervisão editorial: *Marcia Mitiko Onoyama.*

Revisão de texto: *Sérgio Saraiva Nazareno dos Anjos.*

Editoração eletrônica: *Maria Goreti Braga dos Santos.*

Normalização bibliográfica: *Maria Lara Pereira Machado.*