

Foto: Luis Antonio Milesi Delaye



Biochar a partir de biomassa de miscanthus e quebracho, produzido em forno tubular em sistema aberto e sob fluxo de nitrogênio

Luis Antonio Milesi Delaye¹
Claudia Maria Branco de Freitas Maia²

Biochar é o nome dado ao material carbonizado, após tratamento térmico de biomassa, vegetal ou animal, para uso agrícola (NOVOTNY et al., 2015). Este material vem sendo usado principalmente como condicionador e como um meio de armazenar carbono nos solos (LEHMANN et al., 2014). Neste último aspecto, o biochar pode ser um eficiente agente de mitigação das emissões de gases estufa e, portanto, do processo de aquecimento global, devido à alta estabilidade e resistência à degradação de sua estrutura carbonácea. Além disto, seu uso pode melhorar as propriedades físicas e químicas do solo, levando ao aumento de produtividade agrícola (LEHMANN; JOSEPH, 2009; NOVOTNY et al., 2015). O biochar pode ser produzido a partir de uma grande diversidade de biomassas e de condições de pirólise, o que resulta em materiais com características físico-químicas muito diferentes e desempenho agrônômico variável.

A Argentina vem estudando o capim miscanthus e a madeira do quebracho como alternativas para a produção de biomassa para a indústria de bioenergia e de biochar. Embora de cultivo ainda incipiente naquele país, o híbrido *Miscanthus x giganteus* tem elevada capacidade fotossintética e produtividade,

mesmo em solos pobres e baixas temperaturas como as que ocorrem no Pampa argentino. Este híbrido estéril, originário da Ásia, necessita 87% menos de área para produzir a mesma quantidade de biomassa produzida em uma área de pastagem mista com baixa entrada de insumos. Além disto, a planta apresenta baixo poder invasivo (híbrido estéril), alta eficiência de uso de água e nutrientes e impacto positivo sobre a biodiversidade (BLANCO-CANQUI, 2010; CADOUX et al., 2014; HEATON et al., 2010; MIGUEZ & MIGUEZ, 2008).

O quebracho branco, ou simplesmente quebracho (*Aspidosperma quebracho-blanco*), é uma espécie de madeira dura (0,87 g cm⁻³), nativa do Parque Chaqueño, que se estende pela Argentina, Bolívia, Paraguai e Uruguai. É considerada uma das espécies de maior importância comercial desta região (GIMÉNEZ & MOGLIA, 2003), tendo sido extraídos, em 2002, cerca de 2,5 Mt desta madeira, principalmente para lenha e carvão (ARGENTINA, 2005). O carvão de quebracho é produzido em fornos de carvoaria convencionais, com rendimento médio de 32% (base seca) e 74% de carbono fixo (ANUARIO..., 1997).

¹ Engenheiro-agrônomo, Pesquisador do INTA, Pergamino, Buenos Aires

² Engenheira-agrônoma, Doutora em Química Inorgânica, Pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Os fornos convencionais adotam a pirólise lenta como técnica de carbonização, onde temperaturas entre 400 a 450 °C são atingidas, por um longo tempo de residência, que varia de horas a dias. A eficiência da carbonização depende, entre outros fatores, do controle da atmosfera de pirólise (reativa ou inerte). Assim, a presença de oxigênio (atmosfera reativa), embora possa favorecer a primeira etapa da pirólise (endotérmica), resulta em maior perda de massa e maior produção de cinzas na etapa de carbonização propriamente dita (exotérmica). Portanto, níveis restritos de oxigênio aumentam a qualidade da pirólise, uma vez que diminuem a combustão da biomassa e formação de cinzas.

Neste estudo, avaliamos as diferenças de rendimento em biochar e seus teores elementares de carbono (C), hidrogênio (H), nitrogênio (N), enxofre (S) e oxigênio (O), obtidos pela pirólise de miscanthus e quebracho, em forno tubular, em três diferentes temperaturas finais de carbonização, sob atmosfera ambiente e sob fluxo de N₂.

A análise química dos materiais *in natura* revelou um teor de 6% e 2% de cinzas, de 26% e 34% de lignina, de 2,5% e 0,9% de extrativos e de 65% e 63% de holocelulose (celulose + hemiceluloses) para miscanthus e quebracho, respectivamente. Ververis et al. (2004) relataram a variação do teor de lignina em miscanthus, de acordo com a altura do colmo e encontraram valores entre 26,7 e 28,5% com os maiores valores na base do colmo. Quanto ao quebracho branco, Della Rocca et al. (1999) relataram teor de 29% de lignina nesta madeira, sem informar a idade ou a origem da amostra analisada.

O programa de pirólise seguiu com uma taxa de aquecimento de 10 °C.min⁻¹, a três diferentes temperaturas finais de carbonização: 350, 450 e 550 °C, por 1 h de tempo de residência (Figura 1). O processo de pirólise foi conduzido em forno tubular (EDG FT HV, Figura 2a). As pirólises foram conduzidas em sistema aberto (sob atmosfera) e sob fluxo constante de N₂ (Figura 2b).

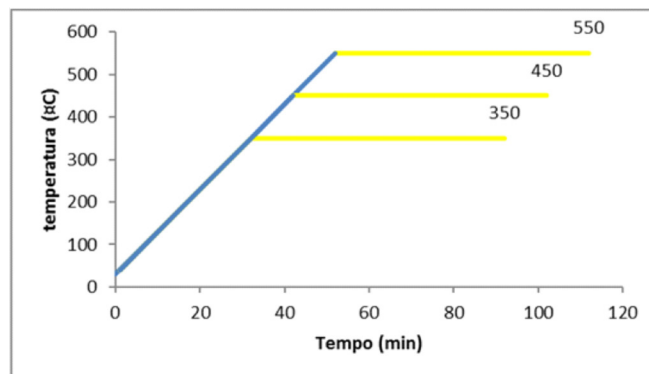


Figura 1. Curva representativa das condições de pirólise.



Figura 2. Forno tubular laboratorial (a) e detalhe da adaptação do forno para fluxo de N₂ (b).

Cada fornada sem fluxo de N₂ contou com duas repetições (duas navículas dispostas simetricamente no tubo de combustão) a cada temperatura. Sob fluxo de N₂, foram feitas quatro fornadas, de modo a obter-se 8 repetições para cada biomassa (quatro fornadas). Foram medidos os rendimentos em sólidos (biochar, Tabela 1). Todas as amostras foram submetidas à análise elementar em analisador Vario Macro Cube Elementar, medindo-se as porcentagens em C, H, N e S e de O por diferença (Tabela 2). As razões atômicas H/C e O/C foram calculadas para todas as amostras, mas somente nas produzidas sob fluxo de N₂, os cálculos foram feitos considerando a massa livre de cinzas.

Os rendimentos em sólidos das pirólises efetuadas sob fluxo de N₂ foram, em média, 172% maiores do que os rendimentos das pirólises efetuadas sem fluxo de nitrogênio, variando de 32 (quebracho a 350 °C) a 450% (quebracho a 450 °C). As amostras

de biochar produzidas sob fluxo de nitrogênio também apresentaram as maiores concentrações de C e menores concentrações de O, levando a menores razões O/C (Tabela 2). A razão atômica O/C relaciona-se diretamente com o teor de grupos funcionais orgânicos oxigenados (carboxilas, hidroxilas, etc.) presentes na matriz carbonácea, ou seja, quanto menor a razão O/C, menor a funcionalização do carvão e maior sua estabilidade.

As amostras produzidas sob fluxo de N₂ mostraram também menor razão H/C. A razão H/C relaciona-se com o grau de aromatização das estruturas de carbono. Quanto menor esta razão, maior a aromatização e condensação da matriz orgânica e

maior a estabilidade química. As amostras produzidas a 550 °C apresentaram os menores valores para este índice.

Assim, amostras de biochar produzidas sob atmosfera de N₂ apresentaram maior estabilidade química e térmica, em função da menor presença de grupos funcionais oxigenados. Sob as mesmas condições de pirólise, o aumento da temperatura de carbonização resultou em menor conversão em biochar, pois quanto maior a temperatura, maior é a quantidade de material volátil despreendido durante a pirólise, tais como gases condensáveis, não condensáveis e água, restando uma maior concentração de carbono no resíduo sólido (Tabela 2).

Tabela 1. Média do rendimento (g.100 g⁻¹) em sólidos da pirólise de miscanthus e quebracho.

Atmosfera	Matéria prima	Temperatura °C	n	Média %	D.E.
N ₂	Miscanthus	350	8	39,19	2,00
N ₂	Miscanthus	450	8	32,54	0,73
N ₂	Miscanthus	550	8	29,16	0,81
N ₂	Quebracho	350	8	38,13	1,40
N ₂	Quebracho	450	8	31,05	0,58
N ₂	Quebracho	550	8	28,03	1,31
sem N ₂	Miscanthus	350	2	29,05	1,77
sem N ₂	Miscanthus	450	2	12,95	1,06
sem N ₂	Miscanthus	550	2	14,15	0,92
sem N ₂	Quebracho	350	2	28,85	2,90
sem N ₂	Quebracho	450	2	5,65	0,35
sem N ₂	Quebracho	550	2	7,85	0,64

Tabela 2. Análise elementar de amostras de biochar produzidas a 350, 450 e 550 °C, a partir da biomassa de colmo de miscanthus e lenho de quebracho.

Biochar/Temperatura	N	C	H	S	O	H/C	O/C
<i>% sem fluxo de N₂</i>							
Miscanthus / 350	0,65	48,55	2,83	0,129	47,84	0,70	0,74
Miscanthus / 450	0,90	34,92	2,80	0,133	61,25	0,96	1,32
Miscanthus / 550	0,59	36,74	2,74	0,142	59,79	0,89	1,22
Quebracho / 350	1,12	57,43	3,29	0,048	38,12	0,69	0,50
Quebracho / 450	2,82	46,46	2,82	0,177	47,73	0,73	0,77
Quebracho / 550	1,55	51,72	3,07	0,147	43,51	0,71	0,63
<i>% com fluxo de N₂*</i>							
Miscanthus / 350	0,53	60,50	4,96	0,118	33,89	0,98	0,42
Miscanthus / 450	0,48	61,71	3,74	0,109	33,97	0,73	0,41
Miscanthus / 550	0,52	69,34	3,18	0,117	26,85	0,55	0,29
Quebracho / 350	0,78	67,20	5,11	0,085	26,82	0,91	0,30
Quebracho / 450	0,80	71,97	4,23	0,083	22,92	0,71	0,24
Quebracho / 550	0,88	79,13	3,58	0,082	16,33	0,54	0,15
<i>% Matéria prima*</i>							
Miscanthus <i>in natura</i>	0,50	44,96	7,36	0,017	47,17	1,96	0,79
Quebracho <i>in natura</i>	0,32	42,69	7,43	0,016	49,55	2,09	0,87

* Livre de cinzas

Conclusões

As características químicas do biochar produzido em atmosfera inerte diferem grandemente do biochar pirolisado em presença de oxigênio. Em sistemas abertos, como nos fornos tubulares, estas diferenças refletem-se diretamente nos rendimentos em sólidos, nos teores de carbono total e na estabilidade química do biochar produzido. Além disto, a temperatura final de carbonização também influencia significativamente as propriedades do biochar. Quando se utiliza temperatura mais elevadas, para a carbonização, os rendimentos são menores com a porcentagem de materiais voláteis de carbono fixo no resíduo.

Agradecimentos

À Embrapa pelos recursos e ao INTA pela bolsa de Luis A. Milesi Delaye.

Referências

ANUARIO de Estadística Forestal. Buenos Aires: Dirección de Recursos Forestales Nativos, 1997.

ARGENTINA. Ministerio de Salud de la Nación. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. **Primer inventario nacional de bosques nativos**: proyecto de bosques nativos y áreas protegidas. Buenos Aires, 2005. p. 166. (Informe Regional Parque Chaqueño, 2005).

BLANCO-CANQUI, H. Energy crops and their implications on soil and environment. **Agronomy Journal**, Madison, v. 102, n. 2, p. 403, mar. 2010.

CADOUX, S.; FERCHAUD, F.; DEMAY, C.; BOIZARD, H.; MACHET, J.-M.; FOURDINIER, E.; PREUDHOMME, M.; CHABBERT, B.; GOSSE, G.; MARY, B. Implications of productivity

and nutrient requirements on greenhouse gas balance of annual and perennial bioenergy crops. **GCB Bioenergy**, v. 6, n. 4, p. 425–438, 12 jul. 2014. DOI: 10.1111/gcbb.12065.

DELLA ROCCA, P. A.; CERRELLA, E. G.; BONELLI, P. R.; CUKIERMAN, A. L. Pyrolysis of hardwoods residues: on kinetics and chars characterization. **Biomass and Bioenergy**, v. 16, n. 1, p. 79–88, Jan. 1999. DOI: 10.1016/S0961-9534(98)00067-1.

GIMÉNEZ, A.; MOGLIA, J. **Árboles del Chaco argentino**: guía para el reconocimiento dendrológico. Santiago del Estero: Universidad Nacional de Santiago del Estero y Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2003. 306 p.

HEATON, E. A.; BOERSMA, N.; CAVENY, J. D.; VOIGT, T. B.; DOHLEMAN, F. G. **Miscanthus (Miscanthus x giganteus) for biofuel production**. 2014. Disponível em: <<http://articles.extension.org/pages/26625/miscanthus-miscanthus-x-giganteus-for-biofuel-production>>. Disponível em: 22 fev. 2016.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. **Biochar for environmental management science and technology**. London: Earthscan, 2009. p. 16–17.

LEHMANN, J.; RILLIG, M. C.; THIES, J.; MASIELLO, C. A.; HOCKADAY, W. C.; CROWLEY, D. Biochar effects on soil biota: a review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 43, p. 1812–1836, 2011. DOI: 10.1016/j.soilbio.2011.04.022.

MIGUEZ, F.; MIGUEZ, F. Biocombustibles (Biofuels). In: GIUFFRÉ, L. (Ed.). **Agrosistemas: impacto ambiental Y sustentabilidad**. Buenos Aires: UBA, 2008. p. 33–56.

NOVOTNY, E. H.; MAIA, C. M. B. de F.; CARVALHO, M. T. de M.; MADARI, B. E. Biochar: pyrogenic carbon for agricultural use: a critical review. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 39, n. 1, p. 321–344, 2015. DOI: 10.1590/01000683rbc20140818.

VERVERIS, C.; GEORGHIOU, K.; CHRISTODOULAKIS, N.; SANTAS, P.; SANTAS, R. Fiber dimensions, lignin and cellulose content of various plant materials and their suitability for paper production. **Industrial Crops and Products**, v. 19, n. 3, p. 245–254, May, 2004.

Comunicado
Técnico, 375

Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA

Embrapa Florestas
Endereço: Estrada da Ribeira Km 111, CP 319
Colombo, PR, CEP 83411-000
Fone / Fax: (0**) 41 3675-5600
www.embrapa.br/florestas
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

1ª edição
Versão eletrônica (2015)

Comitê de
Publicações

Presidente: *Patrícia Póvoa de Mattos*
Secretária-Executiva: *Elisabete Marques Oaida*
Membros: *Elenice Fritzsos, Giselda Maia Rego, Ivar Wendling, Jorge Ribaski, Luis Cláudio Maranhão Froufe, Maria Izabel Radomski, Susete do Rocio Chiarello Pentead, Valderes Aparecida de Sousa*

Expediente

Supervisão editorial: *Patrícia Póvoa de Mattos*
Revisão de texto: *Patrícia Póvoa de Mattos*
Normalização bibliográfica: *Francisca Rasche*
Editoração eletrônica: *Luciane Cristine Jaques*