

## Artigo

# POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOMASSA E ETANOL CELULÓSICO A PARTIR DE PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO

Jackson Eduardo Schmitt Stein, Andersson Daniel Steffler, Eduardo Canepelle, Darlan Weber da Silva<sup>2</sup>, Marciel Redin

Aluno Curso Agronomia Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), [jackson.s.stein@hotmail.com](mailto:jackson.s.stein@hotmail.com)

Aluno Curso Agronomia Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS),

Professor orientador de Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS).

## RESUMO

O petróleo, recurso natural não renovável, é atualmente uma das principais fontes energéticas mundiais. Pesquisas por fontes renováveis e sustentáveis de produção energética, são evidentes. Deste modo, surge a utilização de plantas de cobertura do solo de duplo propósito, que não só atendam a prática de proteção do solo, mas também possam ser utilizadas em biorrefinarias para a produção de bioenergia. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a produção de biomassa de diferentes plantas de cobertura do solo de estação primavera/verão, e posteriormente, realizar uma análise literária da viabilidade do uso destas cultivares para a produção de energia em biorrefinarias. As plantas de cobertura de solo foram conduzidas em delineamento de blocos ao acaso com 6 tratamentos e 3 repetições; *Canavalia ensiformis*, *Cajanus cajan*, *Crotalaria spectabilis*, *Penisetum glaucum*, *Crotalaria juncea*, e *P. glaucum* + *C. juncea*. As espécies foram semeadas manualmente, em condições naturais de clima e solo, sem controle de pragas e doenças. A determinação de biomassa foi realizada no pleno florescimento das espécies. A análise da viabilidade do uso das cultivares para a produção de energia em biorrefinarias foi feita através de uma análise literária disponível, utilizando modelos teóricos de produção de etanol. A produtividade de biomassa seca foi maior no consórcio entre *P. glaucum* + *C. juncea*, produzindo 13.872 kg/ha, as espécies de *C. juncea*, *P. glaucum* e *C. cajan* produziram respectivamente, 13.113 kg/ha, 8402 kg/ha e 7573 kg/ha e, não diferiram estatisticamente. A avaliação da produção teórica de etanol celulósico foi maior no tratamento com as espécies de *Crotalaria juncea* + *Penisetum glaucum*, rendendo 1.804 litros de etanol/ha. A utilização de algumas destas espécies pode ser potencialmente relevante em biorrefinarias para a produção de energia.

**Palavras-chave.** Energia, Bioenergia, Biorrefinaria, Sustentabilidade

Nos últimos anos a população brasileira está em crescimento, juntamente com o consumo energético aliado a renda per capita (EPE, 2017). Atualmente, o petróleo destaca-se como a principal fonte energética mundial, no entanto, é considerado um recurso não renovável e por este motivo surge novas pesquisas com objetivo de descoberta de fontes renováveis e sustentáveis de produção energética. Existe um número crescente de trabalhos relacionados a utilização de tecnologias já existentes em equipamentos de refinarias de petróleo, para a possível conversão e utilização nas chamadas biorrefinarias (Pervaiz & Correa, 2009) que serão usadas na produção de combustíveis, energia e produtos químicos basebio e, utilizam biomassa vegetal ou animal para a produção de energia.

Neste sentido, os sistemas agrários buscam cada vez mais utilizar os recursos disponíveis (água, luz solar e nutrientes) com eficácia e agregar os 3 pilares da sustentabilidade, socialmente justo, economicamente viável e ecologicamente correto (Sontag et al., 2016). A produção de plantas alternativas, conhecidas como plantas de cobertura de solo (palhada), são escolhidas por características peculiares como a grande produção de biomassa, rusticidade as adversidades edafoclimáticas (Ferreira, 2018), e também as suas características físico-químicas que compõe sua biomassa vegetal (Redin, 2010). Além disso, buscam-se plantas que possam ser utilizadas no período de entressafra.

No entanto poucas pesquisas dentro da região Celeiro no Rio Grande do Sul remetem a utilização de plantas de cobertura do solo de duplo propósito, ou seja, que não só atendam a produção de cobertura do solo e seus múltiplos benefícios na agricultura, mas também possam ser utilizadas em biorrefinarias para a produção de bioenergia. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a produção de biomassa de diferentes plantas de cobertura do solo de estação primavera/verão, e posteriormente realizar, incluindo uma revisão literária, uma projeção do rendimento de etanol em biorrefinarias.

## **Material e Métodos**

O experimento foi realizado em condições de campo na estação de primavera/verão de 2018 no município de Bom Progresso – RS, na área experimental da Escola Técnica Estadual Celeiro (ETEC). O solo da área experimental é caracterizado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2013). O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com seis tratamentos e três repetições: feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), guandu anão (*Cajanus cajan*), crotalária espectabilis (*Crotalaria spectabilis*), milheto (*Penisetum glaucum*), crotalária juncea (*Crotalaria juncea*), e milheto (*P. glaucum*) + crotalária juncea (*C. juncea*). As espécies foram semeadas manualmente, em condições naturais de clima e solo, sem controle

de pragas e doenças. As plantas de crescimento espontâneo foram controladas com capinas manuais (quinzenais).

A determinação de biomassa aérea das plantas foi realizada no pleno florescimento das espécies. Para tal, foram cortados dois segmentos de linhas centrais de 50 cm cada. No consórcio entre milho e crotalária juncea, foi realizada a separação do material de cada uma das cultivares para análise individual de suas respectivas biomassas. As amostras coletadas foram colocadas em estufa a 65°C até atingirem peso constante. Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância (Anova) os tratamentos que apresentaram diferença estatística foram submetidos ao teste Tukey a 5%. A análise da viabilidade do uso das cultivares para a produção de energia em biorrefinarias foi feita através dos resultados encontrados neste trabalho em consonância aos da literatura. Para calcular a rentabilidade em litros de etanol produzidos por hectare foi utilizado o modelo proposto por Santos (2012), adotando os seguintes rendimentos: hidrólise: 1,11 g/g, fermentação: 0,51 g/g e densidade do Etanol: 0,79. Foram realizadas as conversões da produtividade dos compostos celulósicos encontradas na literatura para uma mensuração teórica da produtividade de etanol em litros por hectare (L/ha)

## **Resultados e discussão**

A produtividade de biomassa seca foi estatisticamente maior no tratamento consorciado entre milho e crotalária juncea chegando na produção total de 13872 kg/ha, 57% deste peso equivale a cultura do milho, os outros 43% são da cultura da crotalária juncea (Tabela 1).

Seguido dos melhores desempenhos em produção de biomassa seca, as espécies de crotalária juncea, milho e feijão de porco produziram respectivamente, 13113,50 kg/ha, 8402,04 kg/ha e 7573,21 kg/ha e, não diferiram estatisticamente (Tabela 1). As menores produções de biomassa foram das espécies de feijão de porco, guandu anão e crotalária *espectabilis*, que produziram respectivamente 7573,21 kg/ha, 6160,64 kg/há e 2078,94 kg/ha, não houve diferença estatística no entanto a menor média foi encontrada no tratamento com crotalária *espectabilis* (Tabela 1).

No início dos anos 1960 até os meados dos anos 1990 a crotalária juncea era utilizada para a produção de celulose na indústria do papel, elencada pelos trabalhos de Medina et al. (1961) e, Azzini et al. (1981). O resultado destes estudos foi de que a produção de fibras de crotalária juncea pode chegar a 3t/ha rendendo até 60% desta massa em celulose e, o potencial produtivo na indústria é reduzido quando estas plantas são cultivadas num período de permanência no campo menor que 90 dias. Os valores encontrados referentes a estas pesquisas estão sujeitos ao ano da pesquisa e condições edafoclimáticas do local e tipo de solo. Neste sentido, é importante analisar as características da época do estudo em relação as perspectivas futuras, os anos

de 1960 a 1980 foram caracterizados pelo início da indústria da celulose no Brasil (Silva et al., 2014), que remetem a utilização da espécie referida somente para a produção de celulose/papel, são raros os estudos que remetam a quantificação química da biomassa das espécies estudadas com o propósito de sua devida utilização em biorrefinarias.

O trabalho de Carvalho et al. (2010), realizou uma análise dos teores médios de hemicelulose, celulose e lignina em diferentes espécies de plantas de cobertura, encontrando uma produção de 3,14 t/ha de biomassa seca em crotalaria juncea, equivalente a 18,57% de celulose (tabela 2).

Além disso, considerando o rendimento da biomassa seca em floração encontrada nas espécies de *Crotalaria juncea* e *Penisetum glaucum* avaliadas neste trabalho em comparação as mesmas espécies avaliadas no estudo de Carvalho et al. (2010), (tabela 2), é possível notar um aumento significativo da biomassa seca em floração de *C. juncea* e *P. glaucum* de 317% e 28%, respectivamente. O rendimento de um modelo teórico da produção de etanol celulósico foi descrito no trabalho de Santos (2012) e, pode ser utilizado neste trabalho remetendo as informações encontradas sobre a produtividade de biomassa seca de crotalaria juncea e milho no rendimento de etanol celulósico, descritos na tabela 3.

O maior rendimento de etanol celulósico foi encontrado no consórcio entre milho e crotalaria juncea, com o valor de 1.804 litros de etanol/ha, supõe-se que esta produção esteja relacionada com a maior produtividade de biomassa encontrada no consórcio, considerando que as cultivares podem ser utilizadas na estação primavera--verão no período de entressafra são alternativas a ser utilizadas como fonte de renda extra aos produtores.

Tabela 1. Produtividade de matéria seca das espécies de plantas de cobertura de solo.

Espécies	Nome científico	Matéria seca (kg/ha)	CV %
Feijão de porco	<i>Canavalia ensiformis</i>	7.573 bed	27.20
Guandu anão	<i>Cajanus cajan</i>	6160 cd	25.16
Crotalaria espectralis	<i>Crotalaria spectabilis</i>	2.078 d	27.52
Milho	<i>Penisetum glaucum</i>	8.402 abc	5.27
Crotalaria juncea	<i>Crotalaria juncea</i>	13.113 ab	36.62
Milho + Crotalaria juncea	<i>P. glaucum</i> + <i>C. juncea</i>	13.872 a	4.35

\*Letras diferentes representam a diferença estatística entre os tratamentos. CV geral: 26,46.

Tabela 2: Produção de matéria seca, teores médios de hemicelulose, celulose e lignina em diferentes espécies de plantas de cobertura, Planatina, DF, 2009. Adaptado de Carvalho et al., (2010).

Plantas de cobertura	Matéria Seca	Hemicelulose	Celulose	Lignina
	T/ha Floração   Maturação			
<i>Crotalaria juncea</i>	3,14   3,10	14,43	18,57	4,34
<i>Penisetum glaucum</i>	6,56   2,80	30,20	17,82	3,40

Tabela 3: Rendimento teórico de etanol produzido por hectare utilizando o modelo descrito por Santos (2012). Adotando os seguintes rendimentos: Hidrólise: 1,11 g/g, Fermentação: 0,51 g/g e Densidade do Etanol: 0,79.

Espécies	Biomassa seca (Kg/ha)	Rendimento de celulose (Kg/ha)	Rendimento de Etanol L/ha
<i>Crotalaria juncea</i> ( <i>Crotalaria juncea</i> )	13.113	2.435	1.745
Milheto ( <i>Penisetum glaucum</i> )	8.402	1.497	1.073
Milheto + <i>Crotalaria juncea</i> ( <i>P. glaucum</i> + <i>C. juncea</i> )	13.872	2.517	1.804

## Conclusões

O consórcio de *Crotalaria juncea* + *Penisetum glaucum* apresenta maior produção de biomassa seca da parte aérea, equivalente a 13872,00 kg/ha.

A biomassa da parte aérea de *Crotalaria juncea* + *Penisetum glaucum* apresenta, entre as espécies estudadas, o maior potencial teórico de produção de etanol celulósico, 1804,00 litros de etanol/ha.

## Referências Bibliográficas

AZZINI, Anísio; SALGADO, Antonio Luiz de Barros; TEIXEIRA, João Paulo F. Curva de maturação da *Crotalaria juncea* L. em função da densidade básica do caule. *Bragantia*, Campinas, 1981 v. 40, n. 1, p.1-10. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87051981000100001&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87051981000100001&lng=en&nrm=iso)>. Acessado em 22abr. 2019.

CARVALHO, A. M.; DANTAS, R.A.; COELHO, M. C.; LIMA, W. M.; SOUZA, J. P. S. P.; FONSECA, O. P. & GUIMARÃES JÚNIOR, R. 2010.

Teores de hemiceluloses, celulose e lignina em plantas de cobertura com potencial para sistema plantio direto no Cerrado. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 15 p - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. EMBRAPA

–

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2013 Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Produção de Informação. 353p. FERREIRA, Paula Santos. Plantas de cobertura no controle de *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica*. 2018. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.777>. Acesso em: 17 Mai, 2019.

FIGUEIREDO, E. A. P. de; SOARES, J. P. Sistemas orgânicos de produção animal: dimensões técnicas e econômicas. In: REUNIÃO ANUAL

DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012, Brasília, DF. Anais eletrônicos... Brasília, DF: SBZ, 2012. 31 p. Disponível em: . Acesso em: 22 Abr. 2019.

MEDINA, Júlio César; CIARAMELLO, Dirceu; PETINELLI, Armando. Resultados experimentais com a cultura da *Crotalaria juncea* L. L., como planta produtora de celulose para papel. *Bragantia*, Campinas, 1961 v. 20, n. unico, p. 659-668, Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87051961000100026&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87051961000100026&lng=en&nrm=iso)>. Acessado em: 25 abr. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87051961000100026>.

NASCIMENTO, Claudio Augusto Oller; MORO, Lincoln Fernando Lautenschlager. Petróleo: energia do presente, matéria-prima do futuro? *May* 2011. *Rev. USP*, São Paulo, n. 89. Disponível em <[http://rusp.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-99892011000200007&lng=en&nrm=iso](http://rusp.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-99892011000200007&lng=en&nrm=iso)> . Acesso em: 29 abril. 2019.

PERVAIZ, Muhammad; CORREA, Carlos A. Biorefinaria: desenvolvimento de plataformas químicas através de tecnologias integradas de biomassa. *Polímeros*, 2009. São Carlos, v. 19, n. 1, p. E9-E11, Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-14282009000100005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282009000100005&lng=en&nrm=iso)> . Acesso em: 22 abr. 2019.

REDIN, Marciel., COMPOSIÇÃO BIOQUÍMICA E DECOMPOSIÇÃO DA PARTE AÉREA E RAÍZES DE CULTURAS COMERCIAIS E PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO, 2010. Universidade Federal De Santa Maria Centro De Ciências Rurais Programa De Pós-Graduação em ciência do solo. Dissertação de Mestrado.

SANTOS, Fernando A. et al. Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. *Quím. Nova*, São Paulo, v. 35, n.5, p. 1004-1010, 2012.

Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422012000500025&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422012000500025&lng=en&nrm=iso)>. Acessado em 30 abr. 2019.

SILVA, Carlos, A.F., BUENO, Jefferson, M., NEVES, Manoel, R.. A INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL NO BRASIL., 2014 – Guia ABTCP.

Disponível em:

[http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015\\_ABTCP\\_Panorama\\_Setorial.pdf](http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_ABTCP_Panorama_Setorial.pdf)

Acesso em: 22 abr. 2019.

SONTAG, A. G.; DA SILVA, E.; HOFER, E. - ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE NO MEIO RURAL:

ESTUDOS PUBLICADOS NO BRASIL DE 2005 A 2014. Revista de Gestão Social e Ambiental; São Paulo Vol. 10, Ed. 2, (May-Aug 2016): pg 70-86.