

CIRCULAR TÉCNICA

50

Planaltina, DF  
Março/2021

# Biomassa de Forrageiras Tropicais: potenciais teórico de produção de energia elétrica e etanol

Marcelo Ayres Carvalho  
Francisco Duarte Fernandes  
Allan Kardec Braga Ramos  
Gustavo José Braga



# Biomassa de Forrageiras Tropicais: potenciais teórico de produção de energia elétrica e etanol<sup>1</sup>

A bioeconomia pode ser definida como a economia cuja a produção de alimentos, fármacos, fibras, produtos industriais, bens, serviços e energia baseia-se na utilização de recursos renováveis de maneira sustentável. A bioeconomia pode contribuir com o fortalecimento da relação entre agricultura e indústria, tornando-as parte do mesmo processo, e resultando em maior valor adicionado para a agricultura. Assim, a bioeconomia pode ser compreendida como uma oportunidade para a agricultura brasileira utilizar e aprimorar todo o seu potencial de multifuncionalidade, ou seja, sua ampla capacidade de produção de alimentos, fibras, energia, prestação de serviços ambientais e ecossistêmicos, química verde e novos insumos (Embrapa, 2018). O uso e a transformação da biomassa possuem papel central, resultando em menor dependência de fontes fósseis. Nesse contexto, o uso intensivo de novos conhecimentos científicos e tecnológicos, advindos das áreas de biotecnologia, genômica, biologia sintética, bioinformática e engenharia genética, é fundamental.

O Brasil tem uma série de vantagens que o qualificam a assumir papel de destaque na bioeconomia, liderando a agricultura baseada no uso de biomassa e da produção bioenergia em escala mundial. Uma das possibilidades é dedicar novas terras à produção de biomassa, sem a necessidade de reduzir a área utilizada na agricultura de alimentos. Além disso, em muitas áreas do país, é possível fazer múltiplos cultivos sem irrigação em 1 ano.

Dessa forma, em uma perspectiva de médio e longo prazo, será estratégico para o Brasil utilizar biomassa lignocelulósica nos processos de produção de combustíveis e geração de energia. Toda biomassa vegetal é constituída de lignocelulose, composto de um conjunto de três polímeros: celulose, hemi-

---

<sup>1</sup> **Marcelo Ayres Carvalho**, engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF; **Francisco Duarte Fernandes**, engenheiro-agrônomo, mestre em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF; **Allan Kardec Braga Ramos**, engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF; **Gustavo José Braga**, zootecnista, doutor em Ciência Animal e Pastagens, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

celulose e lignina. Adicionalmente, o uso de biomassa pode contribuir para o desenvolvimento de novos bioprodutos, compostos químicos e polímeros.

A caracterização de matérias primas e o desenvolvimento de sistemas de produção para biomassa dedicada são fundamentais para o rápido avanço e a adoção de alternativas de biomassa a serem incorporados por novos processos agroindustriais para o desenvolvimento de diversos bioprodutos com potencial de uso em diferentes setores da economia. Esses esforços podem contribuir para: (a) aumento da produção de energia renovável; (b) manutenção da competitividade do agronegócio brasileiro; (c) ampliação da oferta de tecnologias, produtos, processos e serviços; (d) redução de impactos ambientais; (e) geração de emprego e renda; e (f) aumento de exportações e do ingresso de divisas no país.

Nesse sentido, as gramíneas forrageiras tropicais são consideradas fontes alternativas de biomassa importantes para a produção de energia e biomateriais. As estatísticas oficiais estimam as áreas ocupadas com pastagens cultivadas na região do Cerrado, em cerca de 65 milhões de hectares (Parente et al., 2017). Fatores como a grande quantidade de biomassa produzida por algumas espécies; a ampla adaptação climática e aos solos; a demanda relativamente baixa por insumos; a perenidade das culturas e, é claro, a possibilidade de seu uso na produção de produtos, como carne e leite, fazem com que assumam um papel importante nesse novo cenário da bioeconomia. Assim, as gramíneas tropicais podem ser cultivadas como uma cultura de uso múltiplo, permitindo grande flexibilidade aos produtores, que podem usar seus campos para pecuária e biomassa, de acordo com a conveniência ou o valor de mercado de cada produto.

Entre as gramíneas tropicais, *Brachiaria brizantha*, *Panicum maximum* e *Pennisetum purpureum* são consideradas as espécies mais promissoras para serem utilizadas como cultivo energético dedicado, principalmente devido à sua alta produtividade de biomassa e ampla adaptabilidade. No Brasil, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) conduz, há vários anos, programas de melhoramento genético dessas espécies, sendo responsável pelo desenvolvimento e liberação comercial de diversos cultivares. Adicionalmente ao desenvolvimento de cultivares, práticas agronômicas relacionadas ao preparo e à fertilização do solo, métodos e formas de semeadura,

tratamento de sementes, controle de pragas e doenças resultam em pacotes completos de tecnologia para estabelecer grandes áreas dessas gramíneas.

Apesar de muitas informações estarem disponíveis sobre o potencial produtivo de muitas espécies e cultivares, características químicas e nutricionais e manejo da produção, essas informações foram estabelecidas para o uso como fonte de alimento para nutrição animal. Assim, utilizando um manejo de culturas para permitir a máxima produtividade de biomassa e conteúdo de matéria seca, foram avaliadas as características químicas associadas ao potencial como matéria-prima no processo de produção de etanol de segunda geração e cogeração de energia das produtividades de biomassa de três espécies de gramíneas forrageiras tropicais, na Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

Três experimentos diferentes foram conduzidos na Embrapa Cerrados, localizada em Planaltina, DF (15° S, 43° W, 1000 m.a.s.l.), em que oito genótipos de *Brachiaria brizantha*, seis de *Panicum maximum* e oito de *Pennisetum purpureum* foram avaliados. O desenho experimental, nestes experimentos, foi de blocos casualizados, com três repetições, com parcelas medindo 4 m x 3 m (12 m<sup>2</sup>), com seis linhas espaçadas de 0,5 m. O solo da área é classificado como latossolo vermelho escuro. Em novembro de 2010, as parcelas foram cortadas a 20 cm de altura e fertilizadas com 60 kg/ha de N, 60 kg/ha de K<sub>2</sub>O e 60 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. A produtividade de biomassa foi estimada em agosto de 2011, quando as plantas apresentaram cerca de 9 meses de crescimento (altura de corte de 20 cm). Análises químicas foram realizadas em amostras para estimar valores de poder calorífico superior (PCS) e conteúdo de carboidratos. Esses parâmetros foram usados para estimar a produção de energia por hectare por ano (Gcal) e os potenciais teóricos anuais de produção de energia elétrica (MW/hora) e de etanol (toneladas e litros).

A produção teórica de energia elétrica foi calculada com base na seguinte equação: PTE (MW/hora) = Energia (Gcal/ha/ano) x 1,1622. Não é considerado no cálculo do PTE a eficiência de conversão do processo de cogeração.

A produção teórica potencial de etanol (PTEtoH) foi calculada com base nos rendimentos de biomassa (MS kg/ha). Considerou-se, pela equação de Gay Lusac, o valor estequiométrico da conversão de carboidrato em etanol de 0,511 g/g. Assim, multiplicou-se a massa de carboidratos (ou produtividade

de carboidratos/ha) por 0,511. O valor estequiométrico é massa:massa. Para realizar a conversão de volume para peso, foi utilizada a densidade média do etanol, que é 0,789 kg/L (ou tonelada/m<sup>3</sup>), dividindo o resultado por 0,789. A PTEtoH foi expressa em toneladas por hectare (t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) e também em litros por hectare (L ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>). Não foi considerado no cálculo do PTE a eficiência de conversão dos processos de hidrólise e fermentação.

Os cultivares de *Brachiaria brizantha* apresentaram rendimento médio de matéria seca de 24 t/ha/ano, energia por hectare ano de 94,13 Gcal, produção teórica de energia elétrica por hectare por ano de 109 MWh, produção de etanol de 4,3 t/ha/ ano ou 5.490 L/ha/ano.

**Tabela 1.** Produção de biomassa seca (MS) e potenciais teóricos de produção de energia elétrica (PTE) e etanol (PTEtoH) em genótipos de *Brachiaria brizantha*.

Cultivar	MS (t/ha)	PCS* (kcal/kg)	Energia/ha/ano (Gcal)	Produção teórica de energia (MWh)
Arapoty	21,64	3.900	84,41	98,15
Capiporã	32,23	3.900	125,71	146,18
CPAC 3451	16,79	3.900	65,49	76,15
Marandú	22,85	3.900	89,11	103,62
Paiaguás	17,53	3.900	68,38	79,51
Piatã	25,67	3.900	100,10	116,40
Xaraés	26,39	3.900	102,91	119,66
Ybaté	29,97	3.900	116,89	135,92

  

Cultivar	MS (t/ha)	Carboidrato (t/ha)	PTEtoH (t/ha/ano)	PTEtoH (L/ha/ano)
Arapoty	21,64	5,67	2,90	3.670
Capipora	32,23	11,29	5,77	7.313
CPAC 3451	16,79	4,52	2,31	2.928
Marandu	22,85	7,89	4,03	5.109
Paiaguás	17,53	5,16	2,64	3.343
Piata	25,67	10,72	5,48	6.945
Xaraés	26,39	9,66	4,93	6.254
Ybaté	29,97	12,92	6,60	8.369

\*Poder calorífico superior (PCS): dados de literatura.

Os cultivares de *Panicum maximum* apresentaram rendimento médio de matéria seca de 15 t/ha/ano, energia total de 59,18 Gcal/ha/ano, produção teórica de energia elétrica por hectare por ano de 69 MWh, produção de etanol de 5 t/ha/ano ou 5.839 L/ha/ano.

**Tabela 2.** Produção de biomassa seca (MS) e potenciais teóricos de produção de energia elétrica (PTE) e etanol (PTEtoH) em genótipos de *Panicum maximum*.

Cultivar	MS (t/ha)	PCS* (kcal/kg)	Energia/ha/ano (Gcal)	Produção teórica de energia (MWh)
Quênia	16,98	4.050	68,78	79,97
PM 34	15,62	4.050	63,28	73,58
Zuri	12,13	4.050	49,17	57,15
Milenio	18,45	4.050	74,74	86,91
Mombaça	11,98	4.050	48,51	56,41
PM 39	12,50	4.050	50,63	58,88
Cultivar	MS (t/ha)	Carboidrato (t/ha)	PTEtoH (t/ha/ano)	PTEtoH (L/ha/ano)
Quênia	16,98	10,60	5,42	6.867
PM 34	15,62	9,50	4,86	6.155
Zuri	12,13	7,44	3,80	4.818
Milenio	18,45	11,08	5,66	7.176
Mombaça	11,98	7,39	3,78	4.786
PM 39	12,50	8,08	4,13	5.233

\*Poder calorífico superior (PCS): dados de literatura.

Os cultivares de *Pennisetum purpureum* apresentaram rendimento médio de matéria seca de 34 t/ha/ano, energia total de 161,23 Gcal/ha/ano, produção teórica de energia elétrica por hectare por ano de 187 MWh, produção de etanol de 12 t/ha/ano ou 15.297 L/ha/ano.

**Tabela 3.** Produção de biomassa seca (MS) e potenciais teóricos de produção de energia elétrica (PTE) e etanol (PTEtoh) em genótipos de *Pennisetum purpureum*.

Cultivar	MS (t/ha)	PCS* (kcal/kg)	Energia/ha/ano (Gcal)	Produção teórica de energia (MWh)
CNPGL-91-25-1	29,90	4.440	132,77	154,37
CNPGL-92-38-2	30,60	4.461	136,51	158,73
CNPGL-93-41-1	39,30	4.492	176,53	205,27
CNPGL-94-13-1	33,20	4.447	147,64	171,67
Canará	38,00	4.468	169,78	197,42
NAPIER	35,60	4.428	157,41	183,04
Cultivar	MS (t/ha)	Carboidrato (t/ha)	PTEtoh (t/ha/ano)	PTEtoh (L/ha/ano)
CNPGL-91-25-1	29,90	20,8	10,60	13.493
CNPGL-92-38-2	30,60	23,4	12,00	15.178
CNPGL-93-41-1	39,30	27,7	14,20	17.967
CNPGL-94-13-1	33,20	22,7	11,60	14.703
Canará	38,00	27,0	13,80	17.457
NAPIER	35,60	23,8	12,20	15.406

\*Poder calorífico superior (PCS).

Considerando que a cana-de-açúcar é a principal fonte de matéria-prima para a produção de etanol no Brasil e que seu bagaço também é usado na cogeração de energia, esses números podem ser comparados com a produção de etanol de cana e o uso do bagaço para cogeração. O rendimento médio da cana-de-açúcar no Brasil é de 75 t/ha, o que rende em média 6,5 mil litros por hectare por ano de etanol. Em termos de bagaço, esses números rendem em média 14 t/ha, com 50% de teor de água. O bagaço de cana apresenta valor de poder calorífico superior (PCS) de 4 mil quilocalorias por quilo (CONAB, 2018). Assim, os valores obtidos para algumas das cultivares avaliadas nessa pesquisa poderiam ser considerados semelhantes aos números da cana-de-açúcar, quando analisados os resultados da produção de etanol de primeira geração e cogeração, sugerindo que essas fontes de matéria-prima poderiam ser alternativas para os processos de produção de etanol de segunda geração e cogeração de energia.

## Referências

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**: safra 2018/2019. Brasília, DF, 2018.

EMBRAPA. **Visão 2030**: o futuro da agricultura brasileira. Brasília, DF, 2018. 212 p. il. color.

PARENTE, L.; MESQUITA, V.; MIZIARA, F.; BAUMANN, L.; FERREIRA, L. Assessing the pasturelands and livestock dynamics in Brazil, from 1985 to 2017: a novel approach based on high spatial resolution imagery and Google Earth Engine cloud computing. **Remote Sensing of Environment**, 232, 2019.

Exemplar desta publicação  
disponível gratuitamente no link:  
<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br>  
(Digite o título e clique em Pesquisar)

**Embrapa Cerrados**  
BR 020 Km 18 Rod. Brasília/Fortaleza  
Caixa Postal 08223  
CEP 73310-970, Planaltina, DF  
Fone: (61) 3388-9898  
Fax: (61) 3388-9879  
[www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

**1ª edição**  
1ª impressão (2021):  
30 exemplares

Impressão e acabamento  
*Embrapa Cerrados*



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações

Presidente

*Lineu Neiva Rodrigues*

Secretária-executiva

*Alexandra Duarte de Oliveira*

Secretária

*Alessandra Silva Gelape Faleiro*

Membros

*Alessandra Silva Gelape Faleiro;*

*Alexandre Specht; Edson Eyji Santo;*

*Fábio Gelape Faleiro; Gustavo José Braga;*

*Jussara Flores de Oliveira Arbues;*

*Klebson Worsley Souza;*

*Maria Madalena Rinaldi;*

*Shirley da Luz Soares Araujo*

Supervisão editorial

*Jussara Flores de O. Arbues*

Revisão de texto

*Jussara Flores de O. Arbues*

Normalização bibliográfica

*Shirley da Luz Soares Araujo (CRB 1/1948)*

Projeto gráfico da coleção

*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica

*Wellington Cavalcanti*

Foto da capa

*Marcelo Ayres Carvalho*

CGPE 016809