



Culturas energéticas perenes, é a melhor opção?

Potencial energético de culturas perenes

Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/>

A biomassa para energia renovável pode se originar de várias fontes, e prevê-se que as culturas energéticas tenham a maior contribuição no futuro. Atualmente, espécies e cultivares são selecionadas e desenvolvidas para se adaptarem a condições específicas e para fins específicos na produção de energia (J. XU *et al.*, 2017).. Entretanto há um grande desafio e preocupação: o cultivo de culturas energéticas possa reduzir a disponibilidade de terras para a produção de alimentos para animais, principalmente, devido uma grande parte da culturas energéticas serem de uso alimentício (RIBEIRO *et al.*, 2017).

A utilização de culturas perenes para produção de energia torna-se uma alternativa muito viável para atender a demanda energética, ao invés das culturas anuais, pois as culturas perenes trariam menos riscos a cadeia de alimento, sem prejudicar a produção de energia. Além disso, há uma série de fatores que comprovam uma maior eficiência destas plantas para produção de energia, quando comparadas as culturas anuais.

Além disso, estudos demonstram que, em geral, as culturas perenes tem um balanço energético melhor do que as culturas anuais, sendo que o balanço energético de culturas perenes como salgueiro (16-55), miscanthus (12-66) e o capim-bravo (8-54) (culturas muito cultivadas em outros países como suécia, Dinamarca, Alemanha) é superior ao do milho (1,4-3,8), colza (1,38-2,21), trigo (1,0-2,8) e triticale (2,46-3,07). Além disso, o poder calorífico na biomassa das culturas lignocelulósicas como álamo, Salgueiro, Eucalipto é mais alto que o grão de amido de milho, trigo, triticale, centeio (J. Xu *et al.*, 2017).

Culturas energéticas perenes x culturas energéticas anuais

Devido aos diferentes padrões de crescimento de espécies anuais e perenes, o desenvolvimento das plantas, a produtividade, o uso de recursos e a energia armazenada na biomassa podem variar consideravelmente. As plantas perenes precisam de mais mão-de-obra e capital durante o estágio inicial de crescimento. Uma vez estabelecidos, os insumos serão relativamente baixos e a produção estável por um determinado período (J Xu *et al.*, 2017) . Além disso as

plantas perenes são geralmente capazes de reciclar nutrientes da queda das folhas e armazenar os nutrientes durante o inverno para reutilizá-las na próxima estação; portanto, sua eficiência no uso de nutrientes deve ser maior do que a das culturas anuais. (ALBERS *et al.*, 2019). De acordo com um estudo de avaliação do ciclo de vida, as gramíneas perenes miscanthus, junco gigante, capim-bravo e cynara apresentaram obviamente cargas ambientais mais baixas do que as culturas anuais:

sorgo, milho, trigo, colza, girassol. Além disso, a adubação e a preparação do solo podem afetar significativamente a eficiência energética. Como exemplo, rendimentos de culturas anuais, como milho e trigo, estão dependentes de uma significativa quantidade de fertilizantes de nitrogênio no solo. Por outro lado, culturas perenes e arbóreas, podem alcançar maior produção biomássica com níveis mais baixo deste mesmo fertilizante (WEIH, 2010). O preparo do solo também é uma parte crítica da otimização do processo agrícola para a produção de culturas energéticas, pois está intimamente relacionado ao balanço de C do solo, e o preparo intensivo do arado de aiveca é altamente consumo de energia. Os sistemas de

Exigem preparo do solo apenas no primeiro ano de estabelecimento, diferentemente das culturas anuais que exigem maior utilização de preparo do solo e conseqüentemente maior gasto de energia. (J Xu *et al.*, 2017). Culturas energéticas perenes também levam a menos emissões de gases de efeito estufa. Em comparação com as culturas anuais, como os cereais, haverá uma queda nas emissões de N₂O igual a 0,27 - 0,73 toneladas de equivalente CO₂ por hectare. Mais importante, as culturas energéticas perenes garantirão o armazenamento (sumidouros) de carbono de 1.565 toneladas de CO₂ - equivalente por hectare (AGOSTINI *et al.*, 2015).



Salgueiro

Ensaios e pesquisas mostraram que o salgueiro como cultura energética perene reduzirá a lixiviação de nitrogênio e fósforo com 30-45 quilos de nitrogênio e 8-12 quilos de fósforo por hectare em comparação com as culturas anuais, como cereais. Isso levará a uma queda de até 70% na lixiviação de nitrogênio.

Fonte: https://en.mfv.dk/fileadmin/user_upload/ENGLISH_FV_M.DK/Themes/Bioenergy/Perennial_energy_crops.pdf



As culturas energéticas perenes têm menos riscos ambientais relacionados à poluição de N e menos problemas de solo relacionados a lavouras sucessivas.

Ensaio de campo durante 12 anos revela maior rendimento de colheita de culturas perenes energéticas comparadas com anuais

Escrito por J. Xu, M. Gauder, S. Gruber e W. Claupein, 2017

Os sistemas de bioenergia com culturas perenes geralmente parecem ser mais produtivos do que as sistemas com culturas anuais, especialmente com baixos

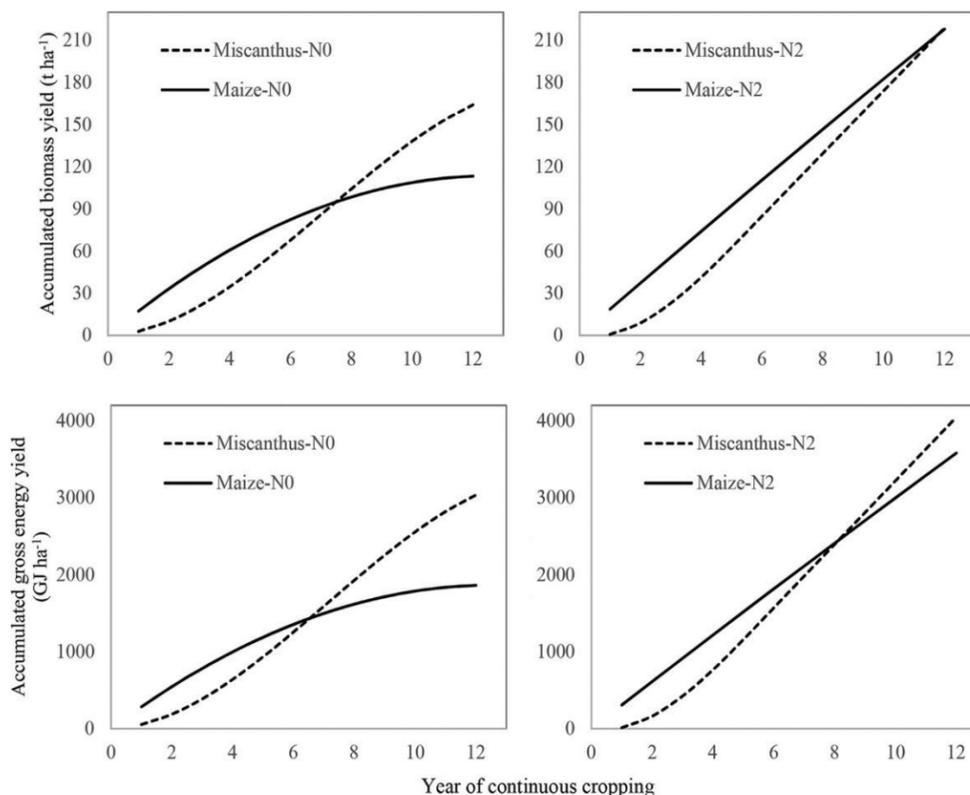
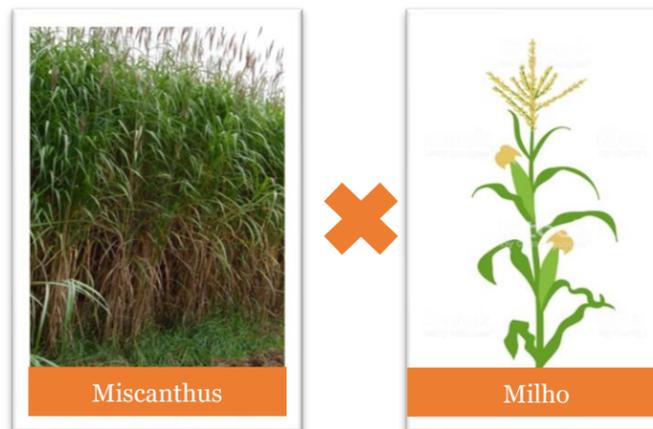
níveis de N. Eles podem ser uma maneira de baixo insumo para produzir bioenergia, principalmente porque o cultivo é necessário apenas no ano de estabelecimento.

Culturas perenes tem melhor rendimento energético sem adubação nitrogenada

Hoje, as colheitas anuais, como o cultivo de milho e trigo, contribuem muito para a bioenergia em todo o mundo, mas o rendimento dessas culturas é altamente dependente de altos insumos de N nos solos. Entretanto, gramíneas perenes e culturas arbóreas, podem alcançar rendimentos de biomassa mais altos, com insumos

relativamente mais baixos de fertilizantes nitrogenados e por isso são considerados culturas mais eficientes na utilização de nitrogênio. Essa diferença afeta muito o balanço energético, ou seja, a entrada de energia por colheita, porque a produção de fertilizantes nitrogenados é muito intensiva em energia. O rendimento acumulado de energia bruta de miscanthus superou significativamente o do

milho, o que enfatizou sua superioridade em relação ao milho. Especialmente baixos níveis de N, o rendimento energético bruto acumulado de miscanthus precisou de apenas 7 anos de cultivo para superar o milho, o que foi ainda mais curto do que aquele para superar o rendimento de biomassa do milho.



Fonte: J. Xu et al., 2017

Maior eficiência de uso água por culturas perenes

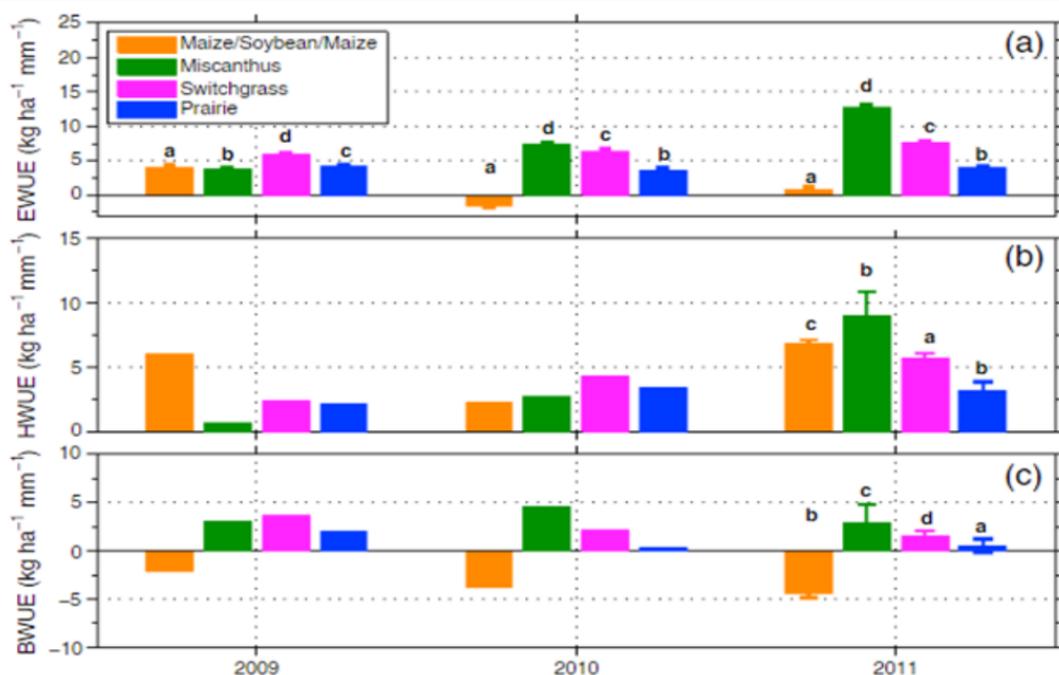
Estudo realizado pela Universidade de Illinois em Urbana-Champaign, EUA comprovam maior eficiência no uso água de culturas perenes quando comparadas as culturas anuais.



Revista JGR biogeosciences

Uma planta pode acumular carbono acima e abaixo do solo e esses dois componentes têm benefícios ecológicos e econômicos. O carbono alocado abaixo do solo contribui para a fertilidade do solo e sequestro de carbono, entre outros benefícios. A biomassa acima do solo, que inclui o grão e o material vegetal, pode ser usada para produção de alimentos ou biocombustíveis. Uma planta ideal para a produção de biocombustível seria aquela que maximizasse os dois benefícios enquanto usava menos água.

Com isso, foi investigada a eficiência no uso da água de quatro culturas de bioenergéticas por três anos após o estabelecimento. As culturas foram milho, soja, miscanthus, capim-arroz e uma mistura de espécies nativas da pradaria. O cálculo da eficiência do uso da água revela que benefícios econômicos ou ecológicos podem ser obtidos tanto no cultivo de milho e soja, quanto nas gramíneas perenes, dependendo das condições climáticas, como secas ou do estágio de desenvolvimento das plantas perenes. No entanto, quando ambos os benefícios são combinados na produtividade, as culturas de bioenergia perene têm um desempenho melhor do que as culturas milho ou soja (ZERI et al, 2013).



Legenda: Eficiência no uso da água - (a) EWUE-produktividade líquida do ecossistema vs. ET, (b) HWUE - biomassa colhida vs. ET, (c) BWUE- colheita vs. ET, de gramíneas perenes e uma rotação convencional de culturas em linha (milho em 2009 e 2011, soja em 2010) de 2009 a 2011. Valores negativos indicam que o ecossistema era uma fonte líquida de C (isto é, NEP negativo para EWUE; C colhido excedia NEP para BWUE). Os testes de ANOVA para HWUE e BWUE foram realizados apenas em 2011, quando várias amostras de biomassa colhida estavam disponíveis. Fonte: ZERI et al., 2013



MACAÚBA É UMA ESPÉCIE POTENCIAL PARA BIODIESEL NAS REGIÕES TROPICAS ?

Uma nova matéria-prima de bioenergia na América Latina? Potencial de cultivo de *Acrocomia aculeata* sob condições climáticas atuais e futuras

A palmeira oleaginosa *Acrocomia aculeata* (Jacq.), também conhecida como macaúba, tem recebido muita atenção dos agricultores, devido matéria-prima de biocombustível de forma mais sustentável em relação as culturas anuais. As maiores populações naturais de macaúba encontra-se no Brasil, principalmente no centro norte e sul de Minas Gerais, oeste de São Paulo,

Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (CÉSAR *et al.*, 2015). Dentre as suas vantagens, as principais incluem uma ampla gama de produtos agrícolas de alto valor agregado e o uso tradicional pronunciado já existente pelas comunidades locais. As principais mercadorias são o óleo de polpa produzido no mesocarpo e o óleo de semente produzido no endosperma. O óleo de *A. aculeata* exibe propriedades semelhantes ao óleo da palma africana (Dendê) e, portanto, pode permitir utilizações semelhantes para a síntese de biocombustíveis, para insumos nas indústrias cosmética e de alimentos, bem como para aplicações técnicas (PLATH *et al.*, 2016). Além disso endocarpo possui alto valor calorífico e é adequado como combustível ou para a produção de carvão ativado. A produção agrícola de macaúba exige alta empregabilidade, devido a colheita manual dos frutos e sua produtividade pode atingir 6 ton de óleo ha¹ e é muito semelhante ao Dendê. *A. aculeata* se destaca entre outras oleaginosas disponíveis para a produção de biodiesel, porque se adapta a solos marginais e promove a recuperação de áreas degradadas, inclusive pode ser cultivada em consórcio (CÉSAR *et al.*, 2015). Há uma redução de aproximadamente 10t ha¹ de CO₂ para cada hectare plantado com macaúba.

Esse valor é maior que o da soja (que absorve 3,52 t ha¹) e menor que o dendê (29,3 t ha¹) (CÉSAR *et al.*, 2015). A respeito do aspecto ambiental a macaúba desenvolve papel importante à fauna, servindo de alimento para

animais ruminantes e pássaros” e não possui substâncias tóxicas e é rica em nutrientes, além de ser uma boa fonte de óleo saudável. Sua polpa e sua amêndoa também são comestíveis (PLATH *et al.*, 2016).



Produtos da macaúba

“Pesquisadores apresentam a viabilidade econômica das únicas culturas comerciais brasileiras de *A. aculeata*”

César *et al* (2015)

Ao adotar um modelo semelhante ao Agriannual 2008 que publica anualmente principalmente as principais informações para as principais culturas, foi apresentada uma planilha de custos detalhada considerando o período de 20 anos - como a Agriannual faz para o dendezeiro, o custo da cultura comercial da macaúba ficou em torno de R \$ 100,00 / tonelada em 2009 e R \$ 130,57 em 2011.

Esse valor pode ser considerado muito competitivo em comparação com outras culturas, como o pinhão manso (R \$ 250,00 / tonelada), Mamona (R\$ 805,00 / tonelada) e soja (R \$ 420,49). O custo do plantio de palma no Brasil em 2014 era de R \$ 277,85. Nesse sentido, *A. aculeata* ainda é uma opção muito boa para fornecer cadeia de biodiesel (CÉSAR *et al.*, 2015).

MACAÚBA É APOSTA DE PESQUISADORES E EMPRESAS PARA GERAÇÃO DE RENDA E ENERGIA

“Empresa privada pretende investir cerca de 50 milhões em pacotes tecnológicos para o cultivo da macaúba”



De acordo com o diretor da empresa, eles irão montar um pacote tecnológico, buscando informações com a cadeia do dendê, do coco e de outras espécies. A macaúba chama a atenção porque suas taxas de produtividade são semelhantes ao dendezeiro, 4-6 toneladas toneladas de óleo.ha⁻¹. Além disso, essa cultura não é usada como fonte de alimento e, portanto, seu óleo pode ser usado para a produção de biodiesel como produto primário.

Fonte: <http://www.cenarioagro.com.br/macauaba-e-aposta-de-pesquisadores-e-empresas-para-geracao-de-renda-e-energia/>

“Resultados promissores são encontrado para o cultivo de dendê”

Tabela 2. Entradas de energia na produção de dendê por hectare no Brasil.

Fator	Dendê	
	Quantidades	Mcal
Mão-de-obra	85 homens/dia	6800
Maquinário	4.400 kg	230
Combustível	70 lts	700
Nitrogênio	80,3 kg	1.280,4
Fósforo	21,4 kg	88,3
Potássio	162 kg	525,4
Boro	6 kg	22
Sementes de Puerária	1,5 kg	12
Sementes	1 kg	8
Herbicidas	2,5 kg	272,5
Inseticidas	1,2 kg	120
Transporte	110 km	90
Cachos	25.000 kg	-
Total de entradas	-	10.172,6
Saída	-	-

Tabela 3. Saídas de energia do sistema de produção.

Fator	Dendê	
	Quantidade	Mcal
Óleo ⁴	5.500 kg	49.500
Casca ⁴	1.250 kg	5.525
Fibras ⁴	3.000 kg	13.260
Torta de palmiste ⁴	875 kg	3.500
*	14.375 kg	*
Total	25.000 kg	71.785
Entrada	Agrícola	10.151
Balanço Óleo	5.500 kg	39.349 (1:4,8)
Balanço Geral	10.625 kg	61.634 (1:7)

* dado indisponível na literatura pesquisada

Fonte: Borges *et al.* (2008)

Referências Bibliográficas

AGOSTINI, F.; GREGORY, A. S.; RICHTER, G. M. Carbon sequestration by perennial energy crops: is the jury still out?. **Bioenergy research**, v. 8, n. 3, p. 1057-1080, 2015.

ALBERS, A., AVADÍ, A., BENOIST, A., COLLET, P., & HÉLIAS, A. Modelling dynamic soil organic carbon flows of annual and perennial energy crops to inform energy-transport policy scenarios in France. **Science of The Total Environment**, p. 135-278, 2019.

BORGES, JLB *et al.* **Balanço energético na cultura do dendê para produção de biodiesel-Parte agrícola**. In: Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, Londrina. Resumos expandidos... Londrina: Embrapa Soja, 2008.

CÉSAR, A., DE AZEDIAS ALMEIDA, F., DE SOUZA, R. P., SILVA, G. C., & ATABANI, A. E. The prospects of using *Acrocomia aculeata* (macaúba) a non-edible biodiesel feedstock in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 49, p. 1213-1220, 2015.

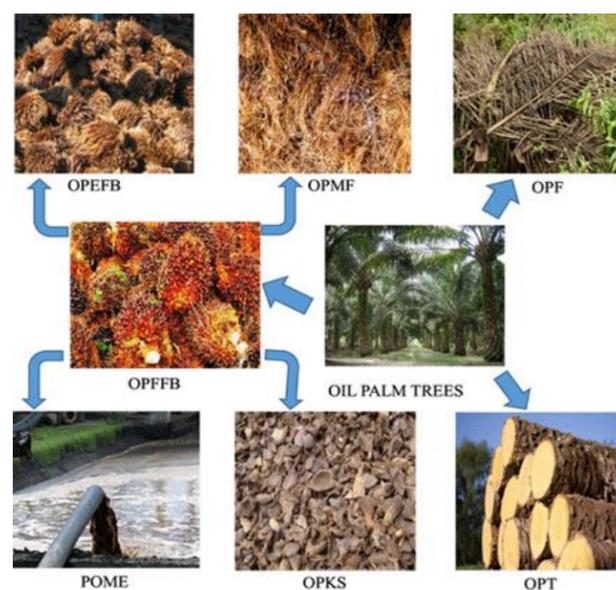
FEROLDI, M., CREMONEZ, P. A., & ESTEVAM, A. Dendê: do cultivo da palma à produção de biodiesel. **Revista Monografias Ambientais**, v. 13, n. 5, p. 3800-3808, 2014.

Jiang, W., Jacobson, M. G., & Langholtz, M. H. A sustainability framework for assessing studies about marginal lands for planting perennial energy crops. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 13, n. 1, p. 228-240, 2019.

PLATH, Mirco *et al.* A novel bioenergy feedstock in Latin America? Cultivation potential of *Acrocomia aculeata* under current and future climate conditions. **Biomass and Bioenergy**, v. 91, p. 186-195, 2016.

O dendzeiro tem um alto teor de óleo nos frutos, de 55% a 58 %, e a produtividade é, em média, 3,7 t de óleo por ha

O dendê (*Elaeis guineensis*) tem sua origem na África Ocidental, onde era considerada uma planta nativa útil para diferentes propósitos, e agora sua plantação tem se espalhado amplamente, principalmente nos continentes sul-americano e asiático. A palmeira de óleo cresce bem em clima tropical com alta quantidade de chuvas (ONOJA *et al.*, 2019). A cultura do dendzeiro é praticada com baixo nível de agressão ambiental, estabelecendo rapidamente uma cobertura arbórea e protegendo o solo contra a lixiviação e a erosão. Constitui-se de uma atividade economicamente viável que assegura bons preços nos mercados nacional e internacional, apresentando ainda, baixo custo de produção, estimado em US\$ 250,00 por tonelada de óleo. A cultura dessa oleaginosa absorve mão-de-obra pouco qualificada, perfil da maior parte da população rural da região Amazônica. Ainda segundo os autores, esta é uma cultura perene que começa a produzir comercialmente 3 anos após o plantio, atingindo a produtividade máxima entre os 7 e 12 anos. Produz-se com viabilidade econômica por cerca de 25 anos, quando a coleta dos frutos torna-se inviável, devido à altura alcançada pela palma (BORGES *et al.*, 2008). A região Norte do Brasil é a que apresenta as características climáticas ideais para o cultivo de dendê, sendo os estados do Pará, Amazonas e Amapá, os mais promissores. O Pará já é o maior produtor de óleo de palma do Brasil, concentrando mais de 80 % da área plantada (BORGES *et al.*, 2008). É importante ressaltar que o óleo de palma representa apenas 10% da árvore, enquanto a maior parte da palmeira de óleo (90%) é predominantemente considerada como biomassa. Com isso para evitar o descarte inadequado da biomassa de dendzeiros, várias pesquisas foram realizadas para converter essa biomassa prontamente disponível e renovável em produtos de valor agregado com aplicações variadas. Portanto, eles podem ser usados como fontes renováveis de materiais para produzir produtos de valor agregado, como celulose e papel, móveis, como na figura abaixo (ONOJA *et al.*, 2019).

Fonte: Onoja *et al.* (2019)

WEIH, M. Perennial energy crops: growth and management. Crop and Soil Sciences. In: Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford, UK. [http://www.eolss.net/Sample-Chapters C](http://www.eolss.net/Sample-Chapters/C), v. 10, 2010.

XU, J., GAUDER, M., GRUBER, S., & CLAUPEIN, W. Yields of annual and perennial energy crops in a 12-year field trial. **Agronomy Journal**, v. 109, n. 3, p. 811-821, 2017.

ZERI, M., HUSSAIN, M. Z., ANDERSON-TEIXEIRA, K. J., DELUCIA, E., & BERNACCHI, C. J. Water use efficiency of perennial and annual bioenergy crops in central Illinois. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, v. 118, n. 2, p. 581-589, 2013.



Autora: Cláudia Eduarda Borges - Doutoranda em Produção Vegetal da UFVJM- Diamantina MG, Mestre em Forragicultura e Bacharel em Agronomia.

Informativo elaborado por exigência da disciplina Culturas Energéticas, ministrada pelo prof. Anderson Barbosa Evaristo.