

Juiz de Fora, MG / Fevereiro, 2025

OBJETIVOS DE  
DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVELOBJETIVOS DE  
DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL

## Desenvolvimento de clones de capim-elefante de duplo propósito Potencial forrageiro e bioenergético

Juarez Campolina Machado<sup>(1)</sup>, Antônio Vander Pereira<sup>(1)</sup>, Francisco José da Silva Ledo<sup>(1)</sup>, Anderson Carlos Marafon<sup>(2)</sup>, Carlos Eugênio Martins<sup>(1)</sup> e Francisco Duarte Fernandes<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Pesquisadores, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG. <sup>(2)</sup>Pesquisador, Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE. <sup>(3)</sup>Pesquisador, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

### Embrapa Gado de Leite

Rua Eugênio do Nascimento, 610  
- Bairro Dom Bosco  
36038-330 Juiz de Fora, MG  
<https://www.embrapa.br/gado-de-leite>  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

### Comitê Local de Publicações

Presidente  
*Jorge Fernando Pereira*  
Secretário-executivo  
*Carlos Renato Tavares de Castro*  
Membros  
*Cláudio Antônio Versiani Paiva,  
Deise Ferreira Xavier, Edna  
Froeder Arcuri, Fausto de Souza  
Sobrinho, Fernando César  
Ferraz Lopes, Francisco José  
da Silva Ledo, Frank Ângelo  
Tomita Bruneli, Heloisa Carneiro,  
Jackson Silva e Oliveira, Juarez  
Campolina Machado, Leovegildo  
Lopes de Matos, Luiz Ricardo  
da Costa, Márcia Cristina de  
Azevedo Prata, Marta Fonseca  
Martins, Pérsio Sandir D'Oliveira,  
Rui da Silva Vermeque, Virgínia  
de Souza Columbiano e William  
Fernandes Bernardo*

### Edição executiva

*Juarez Campolina Machado*

### Revisão de texto

*Carlos Renato Tavares de Castro*

### Normalização bibliográfica

*Rosângela Lacerda Castro (CRB-6/2749)*

### Projeto gráfico

*Leandro Sousa Fazio*

### Diagramação

*Luiz Ricardo da Costa*

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados à Embrapa.

**Resumo** – O aumento da demanda global por alimentos e energia exige tecnologias para intensificar a produção de forma sustentável. Nesse contexto, o capim-elefante se destaca pelo seu potencial forrageiro e bioenergético. O presente trabalho teve como objetivo selecionar clones de capim-elefante com duplo propósito de utilização: forrageiro e produção de bioenergia. Os experimentos foram conduzidos no campo experimental da Embrapa Gado de Leite, em Coronel Pacheco, MG. Foram avaliados clones provenientes de cruzamentos em esquema dialélico para uso forrageiro ou cruzamentos direcionados para uso bioenergético, utilizando a metodologia BLUP individual simulado (BLUPIS). Os clones foram avaliados em três experimentos: 1) Avaliação preliminar de clones selecionados dentro das melhores famílias; 2) Avaliação preliminar dos melhores clones selecionados exclusivamente para produção de bioenergia; e 3) Avaliação preliminar dos melhores clones para duplo propósito de uso (forrageiro e bioenergético). As características avaliadas foram: altura média, relação folha:colmo, biomassa verde total, biomassa seca total, teores de fibra em detergente neutro, lignina e proteína bruta. Existe variabilidade genética para um conjunto de características forrageiras e bioenergéticas que permitem a seleção de genótipos de capim-elefante com características desejáveis para duplo propósito de uso. A recombinação de clones superiores permitiu a geração de novas combinações gênicas desejáveis, favorecendo a seleção de híbridos superiores.

**Termos para indexação:** *Cenchrus purpureus*, bioenergia, alimentação animal, melhoramento genético.

## Development of dual-purpose elephant grass clones: forage and bioenergy use

**Abstract** – The increasing global demand for food and energy requires technologies to intensify production sustainably. In this context, elephant grass stands out for its forage and bioenergy potential. This study aimed

to select elephant grass clones with a dual-purpose: forage and raw material for bioenergy production. The experiments were carried out at the Embrapa Dairy Cattle experimental field in Coronel Pacheco, MG, Brazil. Clones derived from diallel crosses for forage use or crosses directed towards bioenergy use were evaluated by using the simulated individual BLUP methodology (BLUPIS). The clones were evaluated in three experiments: 1) Preliminary evaluation of clones selected within the best families; 2) Preliminary evaluation of the best clones selected exclusively for bioenergy production; and 3) Preliminary evaluation of the best clones for dual-purpose (forage and bioenergy). The traits evaluated were: average height, leaf:stem ratio, total green biomass, total dry biomass, neutral detergent fiber, lignin, and crude protein content. There is genetic variability for a set of forage and bioenergy traits that allows the selection of elephant grass genotypes with desirable characteristics for dual-purpose use. Recombination of superior clones allowed the generation of new desirable gene combinations, favoring the selection of superior hybrids.

**Index terms:** *Cenchrus purpureus*, bioenergy, animal feed, plant breeding.

## Introdução

A demanda global por alimentos aumentará nas próximas décadas em consonância com o crescimento da população mundial (Dijk et al., 2021), estimada em 9,5 bilhões de pessoas em 2050. Essa tendência será a mesma para produtos pecuários, com crescente demanda por carne (Malafaia et al., 2021) e leite (Rao et al., 2015; OECD-FAO, 2024).

Da mesma forma, a demanda global por energia deverá dobrar até 2050 (Brasil, 2020). Após cair em 2020, em função da pandemia de Covid-19, o consumo mundial cresceu 5% em 2021 e 4% em 2022 (International Energy Agency, 2024). Vale destacar que a procura por combustíveis fósseis, apesar de ter se mantido forte nos últimos anos, tem mostrado sinais de mudança de direção para uma matriz energética sustentável e renovável (He et al., 2022). A consolidação da transição energética exigirá políticas eficazes, cooperação internacional, e sobretudo investimentos em pesquisa e inovação em energias limpas (International Energy Agency, 2024).

Portanto, haverá forte demanda por tecnologias para intensificação sustentável da produção de alimentos em consonância com novas fontes de energia renovável. Culturas energéticas perenes, como *Panicum virgatum* L. e *Miscanthus* spp, têm sido defendidas como matéria-prima para a produção de biocombustíveis avançados nos EUA e em países da Europa, visto que podem trazer benefícios ambientais (Xu et al., 2017; Roozeboom et al., 2019; Sahoo et al., 2022). Entretanto, essas espécies não são adequadas para alimentação de animais (como forragem) devido a seus atributos nutricionais (Burner et al., 2017).

Entre as espécies forrageiras, o capim-elefante tem recebido atenção nos últimos anos visando à produção de bioenergia, devido à sua alta eficiência no uso de insumos e elevado potencial de produção de biomassa energética comparado a outras espécies (Ra et al., 2012; Johannes et al., 2024). Além do mais, o capim-elefante apresenta elevada qualidade nutricional, palatabilidade, vigor e persistência (Negawo et al., 2017; Pereira et al., 2021).

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo selecionar cultivares de capim-elefante com duplo propósito de utilização: uso forrageiro (forragem fresca, feno e silagem) e matéria-prima para geração de bioenergia.

O conteúdo dessa publicação vai ao encontro dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) contidos na Agenda 2030, proposta pela Organização das Nações Unidas, da qual o Brasil é signatário, sobretudo nos seguintes objetivos específicos/metabolismos: ODS 2: Fome Zero e Agricultura Sustentável, Meta 2.4: Garantir práticas de produção alimentares sustentáveis e resilientes, uma vez que o desenvolvimento de clones de capim-elefante de duplo propósito promove práticas agrícolas sustentáveis, ao oferecer uma alternativa de cultivo que pode melhorar a segurança alimentar e para a transição energética; ODS 7: Energia Acessível e Limpa, Meta 7.2: Aumentar a proporção de energia renovável na matriz energética global, pois os clones de capim-elefante de duplo propósito têm potencial para a produção de bioenergia, o que pode contribuir para o aumento da proporção de energia renovável na matriz energética. A utilização do capim-elefante como biomassa pode auxiliar na redução da dependência de combustíveis fósseis e na melhoria da eficiência energética, alinhando-se às metas de promoção de energia limpa e renovável.

## Material e métodos

### Ambiente de avaliação

Os experimentos foram realizados no Campo Experimental José Henrique Bruschi, propriedade da Embrapa Gado de Leite, localizado no município de Coronel Pacheco, MG, Brasil (21°33'18"S, 43°15'51"W, a 417 m de altitude), adotando o manejo de corte recomendado para cada um dos usos do capim-elefante. Para adubação de manutenção foi utilizada a dose de 100 Kg/ha/ano de nitrogênio, sendo realizada após cada um dos cortes de avaliação. Os demais tratos culturais foram os recomendados para a cultura do capim-elefante. Após a fase de estabelecimento, 30 dias após a data de implantação do experimento, as parcelas foram cortadas a 0,30 m da superfície do solo (corte de uniformização), procedendo-se, assim, o início da coleta de dados.

Os genótipos foram avaliados em três experimentos: 1) Avaliação preliminar de clones selecionados dentro das melhores famílias a partir de cruzamentos dialélicos para uso forrageiro ou cruzamentos direcionados para uso energético; 2) Avaliação preliminar dos melhores clones selecionados exclusivamente para produção de bioenergia; e 3) Avaliação preliminar dos melhores clones para duplo propósito de uso (forrageiro e energético).

### Avaliação preliminar de clones selecionados dentro das melhores famílias a partir de cruzamentos dialélicos ou cruzamentos direcionados para uso energético

Para seleção dos clones a serem avaliados nos experimentos, foi adotado o procedimento descrito por Resende e Barbosa (2006). Essa estratégia de seleção utiliza a metodologia BLUP individual simulado (BLUPIS) que promove a distribuição dinâmica dos indivíduos selecionados em cada família de irmãos-completos simples ou obtidas de cruzamentos dialélicos, usando BLUP como base para os efeitos genotípicos da família e para os efeitos de parcela. Ademais, indica o número de indivíduos a ser selecionado por família e o número total de clones a ser avançado (Tabela 1). O ensaio para avaliação dos clones foi implantado em 25 de novembro de 2016, sendo a parcela constituída de uma planta de cada clone, com espaçamento de 1,5 m entre plantas. O delineamento experimental

utilizado foi o de blocos ao acaso com duas repetições, tendo como testemunhas as cultivares BRS Capiáçu, BRS Canará e BRS Kurumi. Foram realizados dois cortes de avaliação, o primeiro em 10 de abril de 2017 e o segundo em 11 de novembro de 2017.

### Avaliação preliminar dos melhores clones selecionados exclusivamente para produção de bioenergia

A partir dos clones que se destacaram no experimento anterior, foram selecionados 23 com foco em características desejáveis para produção de bioenergia (alta produção de biomassa energética, florescimento intermediário ou tardio, caule espesso, altura de plantas elevada e alto vigor fenotípico). Esses clones foram avaliados utilizando o delineamento de blocos aumentados, com as testemunhas BRS Capiáçu e BRS Canará repetidas a cada cinco clones. A parcela foi constituída de uma linha de 4 m de comprimento e espaçamento de 1 m entre linhas. O experimento foi instalado em 09 de novembro de 2018. Foram realizados dois cortes de avaliação, o primeiro em 10 de outubro de 2019 e o segundo em 02 de junho de 2021.

### Avaliação preliminar dos melhores clones para duplo propósito de uso

A partir dos clones que se destacaram no experimento preliminar de avaliação de clones, foram selecionados 24 com foco na maior produção de matéria-seca e em características desejáveis para produção de bioenergia e para uso forrageiro (duplo propósito de uso): alta produção de biomassa, florescimento intermediário ou tardio, colmos intermediários a espessos, alta proporção de folhas e alto vigor fenotípico). Da mesma forma que o experimento anterior, esses clones foram avaliados utilizando o delineamento de blocos aumentados, com as testemunhas BRS Capiáçu e BRS Canará repetidas a cada cinco clones. A parcela foi constituída de uma linha de 4 m de comprimento e espaçamento de 1 m entre linhas. O experimento foi instalado em 23 de janeiro de 2019. Foram realizados seis cortes de avaliação, sendo quatro cortes representativos do período chuvoso (24 de abril de 2019; 08 de janeiro de 2020; 23 de abril de 2020; 06 de janeiro de 2021) e dois cortes representativos do período seco do ano (10 de outubro de 2019; 28 de outubro de 2020).

**Tabela 1.** Número de clones selecionadas das melhores famílias e seus respectivos cruzamentos obtidos a partir de esquema dialelo ou cruzamentos direcionados para uso energético.

Família	Número de plantas selecionadas	Cruzamento
T_44	20	CNPGL 91-6-3 x CNPGL 96-27-3
T_14	19	BAGCE 30 x CNPGL 91-6-3
T_12	18	BAGCE 30 x BAGCE 38
T_35	17	Pioneiro x CNPGL 91-6-3
T_55	16	CNPGL 96-27-3 x CNPGL 92-38-2
T_27	15	BAGCE 37 x CNPGL 92-38-2
T_41	14	CNPGL 91-6-3 x BRS Kurumi
T_25	13	BAGCE 37 x BRS Capiáçu
T_45	12	CNPGL 91-6-3 x CNPGL 92-38-2
T_24	11	BAGCE 37 x BRS Canará
T_5	10	BAGCE 21 x CNPGL 91-6-3
T_30	9	BAGCE 38 x BRS Kurumi
T_23	8	BAGCE 37 x BRS Kurumi
T_33	7	BAGCE 38 x CNPGL 96-27-3
T_11	7	BAGCE 30 x BAGCE 37
T_46	7	BRS Kurumi x BRS Canará
T_26	6	BAGCE 37 x CNPGL 96-27-3
T_51	6	BRS Canará x CNPGL 96-27-3
T_8	5	BAGCE 21 x BRS Capiáçu
T_47	5	BRS Kurumi x BRS Capiáçu
T_HE1	1	BRS Capiáçu x BAGCE 6
T_HE2	1	BRS Capiáçu x BAGCE 62
T_HE3	1	BRS Capiáçu x BAGCE 91
T_HE4	1	CNPGL 91-6-3 x BAGCE 6
T_HE5	1	CNPGL 91-6-3 x BAGCE 62
T_HE7	1	CNPGL 91-6-3 x BAGCE 91
T_HE10	1	BRS Canará x BAGCE 64
T_HE11	1	BRS Canará x BAGCE 91
T_HE12	1	CNPGL 91-06-03 x BAGCE 57
T_HE14	1	BRS Capiáçu x BAGCE 66
T_HE15	1	BRS Canará x BAGCE 66
T_HE16	1	ND
T_HE17	1	ND
T_HE18	1	ND
T_HE21	1	ND

### Características avaliadas

As características avaliadas foram:

- Características morfoagronômicas: altura média (m) – foi obtida a partir da média aritmética da altura de três plantas tomadas ao acaso, em cada parcela, medindo-se desde o nível do solo até curvatura da última folha completamente expandida; relação folha:colmo – obtido pela razão entre a matéria seca de folha e colmos; biomassa verde total (Mg/ha/ano) – obtida pela pesagem das parcelas em balanças digitais; porcentagem de biomassa seca (%) – obtida pela amostragem de plantas inteiras de cada parcela, que, após pesagem (peso verde), foram secadas em estufa até estabilização do peso. As amostras foram novamente pesadas (peso seco) e, então, determinada a porcentagem de biomassa seca, pela razão entre peso seco e peso verde; biomassa seca total (Mg/ha/ano) – quantificada pela multiplicação da biomassa verde e a porcentagem de biomassa seca;

- Características de qualidade da biomassa: após cada corte das parcelas experimentais, foram retiradas amostras aleatórias de plantas inteiras provenientes do campo, as quais foram secadas a uma temperatura de 56 °C sob circulação de ar por 72 horas. Após a secagem, as amostras foram moídas (1 mm) em moinho tipo Willey e enviadas ao laboratório de análise de alimentos para realização das análises químicas descritas a seguir: teores de fibra em detergente neutro - FDN (%) e lignina (%) - conforme metodologia de Goering e Van Soest (1967); proteína bruta (%) - conforme metodologia proposta pela Association of Official Analytical Chemists (1975). Porcentagem de biomassa seca (%) - obtida pela amostragem de plantas inteiras de cada parcela, que, após pesagem (peso verde), foram secadas em estufa até estabilização do peso. Esse caractere foi utilizado como denominador comum para se estimar a composição química. No ensaio preliminar de clones selecionados dentro das melhores famílias, apenas o peso de biomassa verde total (Mg/ha) foi avaliado.

### Análises estatísticas

Foram realizadas as análises de deviance para cada variável em cada corte. Em seguida foi realizada a análise conjunta, na qual foram estimados os valores genotípicos preditos utilizando a metodologia de modelos lineares mistos. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa R (R Core Team, 2015).

## Resultados e discussão

### Avaliação preliminar de clones selecionados dentro das melhores famílias

Foram selecionados 240 clones, provenientes de cruzamentos realizados em esquema dialélico para uso forrageiro ou cruzamentos direcionados para uso energético oriundos de 35 diferentes famílias (Tabela 1), de acordo com o procedimento descrito por Resende e Barbosa (2006). Essa estratégia de seleção é um mecanismo importante nos estágios iniciais do desenvolvimento de cultivares de espécies de propagação vegetativa como o capim-elefante. A estratégia utiliza a metodologia BUPLIS que promove a distribuição dinâmica dos indivíduos selecionados em cada família de irmãos-completos simples ou obtidas de cruzamentos dialélicos (Resende; Barbosa, 2006). Por meio dessa estratégia, foi possível determinar o número de indivíduos a serem selecionados por família, o número total de clones a serem avançados e o número de famílias a contribuir com indivíduos selecionados (Tabela 1).

A produção de biomassa verde e a acurácia dos clones selecionados estão apresentados na Tabela 2. Foram selecionados apenas clones que superaram a testemunha BRS Canará. Os valores genotípicos preditos para produção de biomassa verde nos clones selecionados variaram de 72,942 a 49,971 Mg/ha, com acurácias variando de 0,582 a 0,432. Com base nessas informações, foram selecionados os clones para compor os experimentos de seleção com características de destaque para produção de bioenergia e para duplo propósito de uso. As famílias T\_12 (BAGCE 30 x BAGCE 38), T\_41 (CNPGL 91-6-3 x BRS Kurumi) e T\_51 (BRS Canará x CNPGL 96-27-3) foram as que tiveram maior número de clones entre os selecionados, com quatro clones cada.

Vale destacar que a seleção se baseou primeiramente no potencial de produção de biomassa. Dos clones selecionados, dez superaram a testemunha BRS Capiçu e todos superaram a testemunha BRS Canará. O segundo fator de seleção foi o ideótipo de planta para cada um dos propósitos de uso, sendo que para uso energético, o ideótipo considerado foi: florescimento intermediário ou tardio, caule espesso, altura de plantas elevada e alto vigor fenotípico (Lédo; Machado, 2013; Rocha et al., 2017, 2018). Em relação aos materiais de duplo propósito, o ideótipo de planta considerado foi florescimento intermediário ou tardio, colmos intermediários a espessos, alta proporção de folhas e alto vigor fenotípico (Rocha et al., 2017, 2018).

**Tabela 2.** Valores genotípicos preditos (u+g) para produção de biomassa verde (Mg/ha) dos cruzamentos obtidos a partir de esquema dialélico ou cruzamentos direcionados para uso energético.

Clone	Acurácia	Produção de biomassa verde (Mg/ha)
T_41.3	0,549	72,942
T_44.13	0,571	70,030
T_44.8	0,534	69,244
T_44.7	0,570	69,009
T_HE4	0,517	67,371
T_41.4	0,582	64,680
T_25.5	0,578	64,561
T_25.11	0,548	64,309
T_41.2	0,582	64,205
T_8.4	0,557	64,103
T_25.1	0,577	63,700
T_5.3	0,561	62,981
T_35.3	0,578	62,950
T_41.14	0,550	62,913
T_47.4	0,577	62,632
T_47.1	0,575	62,604
T_HE3	0,506	62,560
T_23.2	0,567	62,231
T_35.11	0,577	62,091
T_HE7	0,468	61,973
T_35.17	0,576	61,828
T_23.3	0,567	61,815
T_5.9	0,563	61,664
T_HE1	0,448	61,466
T_23.1	0,568	60,948
T_HE5	0,461	57,913
T_HE14	0,448	56,631
T_HE2	0,439	56,614
T_HE11	0,515	56,182
T_51.3	0,528	55,162
T_33.7	0,532	55,106

Continua...

Continuação.

Clone	Acurácia	Produção de biomassa verde (Mg/ha)
T_12.9	0,567	55,021
T_51.1	0,561	54,544
T_51.4	0,523	54,482
T_51.5	0,523	54,363
T_HE12	0,517	53,979
T_33.2	0,532	53,915
T_12.15	0,571	53,342
T_45.9	0,544	52,836
T_12.12	0,570	52,565
T_12.8	0,536	51,189
T_HE10	0,445	50,545
T_HE21	0,432	49,971

#### **Avaliação preliminar dos melhores clones selecionados exclusivamente para produção de bioenergia**

Foram selecionados 23 clones para compor o ensaio preliminar para produção de bioenergia, considerando o ideótipo previamente descrito para esse uso. Nas análises individuais por corte para a característica produção de biomassa seca, não foram detectadas diferenças significativas entre os genótipos pelas análises de deviance no primeiro corte de avaliação. No segundo corte se destacaram os clones T\_HE10, T\_33.2 e T\_12.9, superando as testemunhas BRS Capiáçu e BRS Canará.

Na análise conjunta, foram detectadas diferenças significativas entre os genótipos pela análise de deviance para todas as características avaliadas. Os valores genotípicos preditos para produtividade de biomassa seca variou de 83,547 a 23,776 Mg/ha/ano. Para essa característica, os clones T\_33.2, T\_HE10 e T\_HE14 se destacaram, superando as testemunhas BRS Capiáçu e BRS Canará (Tabela 3). Nesse experimento foi adotado o manejo de cortes de um a dois cortes anuais. Essa estratégia é indicada para o uso do capim-elefante para combustão, otimizando a produtividade e as características de qualidade da biomassa (Marafon et al., 2019).

Em relação às características de qualidade, os valores variaram de 3,92 a 1,52% para proteína bruta, de 12,76 a 8,36% para lignina e de 83,96 a 73,48% para FDN (Tabela 3). É importante ressaltar que a avaliação de qualidade da biomassa foi realizada apenas no primeiro corte. Os maiores valores para proteína bruta foram obtidos pelos clones T\_HE10, T\_HE14, T\_12.8, T\_HE21 e T\_HE11, e os menores valores obtidos pelos clones T\_44.13, T\_HE7, T\_51.5, T\_33.2 e T\_HE5. Para lignina, os maiores valores foram obtidos pelos clones T\_33.2, T\_12.9, T\_HE3, T\_12.12 e T\_51.3 e os menores valores foram obtidos pelos clones T\_51.1, T\_51.4, T\_HE10, T\_12.15 e T\_33.7. Em relação à FDN, os maiores valores foram obtidos pelos clones T\_HE14, T\_51.3, T\_HE21, T\_12.9 e T\_44.13 e os menores valores foram obtidos pelos genótipos T\_HE11, T\_HE10, T\_51.5, T\_12.15 e T\_51.4 (Tabela 3).

Considerando o conjunto dos caracteres, os clones selecionados para seguir no programa de melhoramento ou para compor o bloco de cruzamentos visando geração de variabilidade genética são: T\_33.2, T\_HE10, T\_HE14, T\_12.9, T\_51.5, T\_33.7, T\_HE5 e T\_HE7.

**Tabela 3.** Valores genotípicos preditos (u+g) para produção de biomassa seca (Mg/ha/ano), proteína bruta (%), lignina (%) e Fibra em Detergente Neutro (%) em clones selecionados a partir de cruzamentos obtidos em esquema dialelo ou cruzamentos direcionados para uso energético.

Clone	FDN (%)	Lignina (%)	Proteína bruta (%)	Produtividade de biomassa seca (Mg/ha/ano)
T_33.2	77,82	12,76	1,58	83,547
T_HE10	75,33	9,01	3,92	81,205
T_HE14	83,96	10,79	2,59	70,298
BRS Capiaçú	79,34	11,01	2,16	67,264
BRS Canará	81,62	11,14	1,87	66,876
T_51.3	83,06	11,58	2,24	63,220
T_33.7	77,86	8,36	2,26	60,738
T_HE5	81,03	9,66	1,52	53,113
T_51.1	78,20	9,12	2,02	49,604
T_45.9	80,70	9,92	1,76	47,632
T_12.12	79,78	11,64	2,25	46,837
T_HE3	79,09	11,88	1,79	42,742
T_12.9	82,28	11,91	2,07	41,372
T_12.8	77,36	10,33	2,57	41,279
T_51.5	74,37	9,56	1,70	40,579
T_HE21	82,33	10,39	2,54	39,674
T_12.15	74,20	8,91	1,94	39,003
T_HE4	78,00	10,89	1,88	38,608
T_HE7	79,24	10,54	1,70	37,595
T_HE11	75,41	9,16	2,43	35,570
T_44.13	81,32	11,02	1,70	33,563
T_HE2	77,10	9,61	1,97	31,262
T_HE1	76,06	10,34	1,85	27,013
T_51.4	73,48	9,11	2,02	25,336
T_HE12	80,52	10,11	2,15	23,776

### Avaliação preliminar dos melhores clones para duplo propósito de uso

Foram selecionados 24 clones para compor o ensaio preliminar de duplo propósito de uso, considerando o ideótipo descrito anteriormente. Nas análises individuais por corte para a característica produção de biomassa seca, foram detectadas diferenças significativas entre os genótipos no primeiro (período chuvoso), terceiro (período chuvoso) e quinto (período seco) cortes de avaliação considerando as análises de deviance. No primeiro corte, destacaram-se para a característica produção

de biomassa seca, os clones T\_23.2, T\_5.3, T\_23.3, T\_41.1 e T\_23.1. No terceiro corte, os clones mais produtivos foram T\_47.1, T\_44.8, T\_23.2, T\_HE18 e T\_23.1. Já no quinto corte, os clones de maior produção de biomassa seca foram T\_23.1, T\_5.3, T\_HE17, T\_47.1 e T\_41.3.

Na análise conjunta, foram detectadas diferenças significativas entre os genótipos pela análise de deviance para todas as características avaliadas. Os valores genotípicos preditos para produção de biomassa seca variou de 83,440 a 16,713 Mg/ha/ano. Os clones T\_23.1, T\_5.3, T\_47.1,

T\_41.2, T\_23.2, T\_41.4, T\_25.11, T\_41.3, T\_25.5 e T\_25.1 se destacaram, superando as testemunhas BRS Capiapu e BRS Canará. Nesse experimento foi adotado o manejo de cortes indicado para produção de silagem (Pereira et al., 2021; Silveira et al., 2021).

As características de qualidade da biomassa foram avaliadas em dois cortes, sendo um representativo do período chuvoso e outro corte representativo do período seco. Na média das avaliações, os valores genotípicos preditos variaram de 5,35 a 2,76% para proteína bruta, de 10,32 a 6,22% para lignina e de 83,40 a 74,80 % para FDN. Para a relação folha:colmo, os valores variaram de 1,15 a 0,48.

Considerando os valores genotípicos preditos para cada característica, os maiores valores para proteína bruta foram obtidos pelos clones T\_44.7, T\_HE17, T\_44.8, T\_23.1 e T\_HE18, e os menores valores obtidos pelos clones T\_HE15, T\_41.3, T\_47.4, T\_25.11 e T\_25.5. Para lignina, os maiores

valores foram obtidos pelos clones T\_47.4, T\_25.5, T\_41.4, T\_8.4 e T\_41.14, e os menores valores foram obtidos pelos clones T\_HE16, T\_25.1, T\_44.7, T\_44.8 e T\_5.9. Em relação à FDN, os maiores valores foram obtidos pelos clones T\_35.17, T\_41.4, T\_HE17, T\_HE15 e T\_41.3, e os menores valores pelos clones T\_23.3, T\_25.5, T\_5.9, T\_25.1 e T\_47.1. Considerando a relação folha:colmo, se destacaram os clones T\_25.11, T\_HE18, T\_5.3, T\_HE15 e T\_44.7, com os maiores valores, e os clones T\_23.3, T\_HE16, T\_41.3, T\_47.1 e T\_23.1, com os menores valores.

Analisando o conjunto dos caracteres, os clones selecionados para seguir no programa de melhoramento para duplo propósito de utilização ou para compor o bloco de cruzamentos para continuidade da geração de variabilidade genética são: T\_23.1, T\_5.3, T\_47.1, T\_41.2, T\_23.2, T\_25.11, T\_41.3, T\_44.7, T\_47.4, T\_5.9, T\_35.17 e T\_23.1.

**Tabela 4.** Valores genotípicos preditos (u+g) para produção de biomassa seca (Mg/ha/ano), proteína bruta (%), lignina (%), FDN (%) e relação folha:colmo (RFC) em clones selecionados a partir cruzamentos obtidos em esquema dialelo ou cruzamentos direcionados para uso energético.

Clone	FDN (%)	Lignina (%)	Proteína bruta (%)	RFC	Produtividade de biomassa seca
T_23.1	80,88	8,36	3,96	0,48	83,440
T_5.3	79,74	7,96	3,00	0,84	82,349
T_47.1	74,80	7,95	3,16	0,49	76,930
T_41.2	80,47	8,86	3,42	0,53	71,700
T_23.2	79,61	8,96	3,51	0,55	62,910
T_41.4	83,31	9,94	2,95	0,63	60,468
T_25.11	78,18	9,16	2,76	1,15	58,511
T_41.3	81,72	9,21	2,91	0,49	58,387
T_25.5	77,61	10,04	2,76	0,71	54,213
T_25.1	76,17	6,85	3,52	0,70	52,670
BRS_Capiapu	79,25	8,36	3,32	0,79	51,834
T_23.3	77,97	8,70	3,74	0,51	48,713
T_41.14	80,03	9,58	3,36	0,52	47,983
T_47.4	79,66	10,32	2,78	0,64	45,551
BRS_Canará	79,08	8,54	2,84	0,64	45,536
T_8.4	79,80	9,82	3,13	0,72	43,329
T_44.8	80,33	6,53	4,70	0,64	39,741
T_HE17	82,51	8,19	4,72	0,70	39,491
T_35.17	83,40	8,44	3,50	0,54	38,640
T_HE16	78,82	7,60	3,61	0,50	35,920

Continuação.

Clone	FDN (%)	Lignina (%)	Proteína bruta (%)	RFC	Produtividade de biomassa seca
T_5.9	76,86	6,22	3,58	0,64	34,960
T_35.11	79,83	8,26	3,76	0,53	30,700
T_35.3	81,45	8,60	3,40	0,60	28,771
T_HE18	78,34	7,92	3,92	0,94	27,314
T_44.7	80,36	6,76	5,35	0,77	24,332
T_HE15	81,98	9,48	2,94	0,77	16,713

## Considerações finais

Existe variabilidade genética para um conjunto de características forrageiras e energéticas que permitem a seleção de genótipos de capim-elefante com características desejáveis para duplo propósito de uso.

A recombinação de clones superiores permitiu a geração de novas combinações gênicas desejáveis, favorecendo a seleção de genótipos superiores.

Foram selecionados os clones T\_33.2, T\_HE10, T\_HE14, T\_12.9, T\_51.5, T\_33.7, T\_HE5, T\_HE7, T\_23.1, T\_5.3, T\_47.1, T\_41.2, T\_23.2, T\_25.11, T\_41.3, T\_44.7, T\_47.4, T\_5.9, T\_35.17 e T\_23.1 para avançar no programa de melhoramento para duplo propósito (uso forrageiro e bioenergético), e também para continuidade da geração de variabilidade genética no programa de melhoramento de capim-elefante da Embrapa.

## Referências

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists**. 12. ed. Washington, D.C., 1975. 1094 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2050**. Brasília, DF, 2020.

BURNER, D. M.; ASHWORTH, A. J.; POTE, D. H.; KINIRY, J. R.; BELESKY, D. P.; HOUX III, J. H.; CARVER, P.; FRITSCHI, F. B. Dual-use bioenergy-livestock feed potential of giant miscanthus, giant reed, and miscane. **Agricultural Sciences**, v. 8, n. 1, p. 97-112, 2017. DOI: <http://doi.org/10.4236/as.2017.81008>.

DIJK, M. van; MORLEY, T.; RAU, M. L.; SAGHAI, Y. A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010-2050. **Nature Food**, v. 2, p. 494-501, 2021. DOI: <http://doi.org/10.1038/s43016-021-00322-9>.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. **Forage fiber analysis**: apparatus, reagents, procedures and some applications. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture, 1967. (Agricultural Handbook, 379).

HE, J.; YANG, Y.; LIAO, Z.; XU, A.; FANG, K. Linking SDG 7 to assess the renewable energy footprint of nations by 2030. **Applied Energy**, v. 317, p. 119167, 2022. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119167>.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World energy outlook 2023**. Paris, 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>. Acesso em: 9 ago. 2024.

JOHANNES, L. P.; MINH, T. T. N.; XUAN, T. D. Elephant grass (*Pennisetum purpureum*): a bioenergy resource overview. **Biomass**, v. 4, n. 3, p. 625-646, 2024. DOI: <http://doi.org/10.3390/biomass4030034>.

LÉDO, F. J. S.; MACHADO, J. C. Construindo um ideótipo de gramínea para produção de bioenergia. In: SOUZA, F. H. D. de; MATTA, F. de P.; FÁVERO, A. P. (org.). **Construção de ideótipos de gramíneas para usos diversos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. v. 1, p. 227-235.

MALAFAIA, G. C.; MORES, G. V.; CASAGRANDA, Y. G.; BARCELLOS, J. O. J.; COSTA, F. P. The Brazilian beef cattle supply chain in the next decades. **Livestock Science**, v. 253, 104704, 2021. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104704>.

MARAFON, A. C.; MACHADO, J. C.; AMARAL, A. F. C.; GUIMARÃES, V. S.; SANTOS, J. P. **Frequência de corte em genótipos de capim-elefante na produção de biomassa para fins energéticos**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2019. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 146).

NEGAWO, A. T.; TESHOME, A.; KUMAR, A.; HANSON, J.; JONES, C. S. Opportunities for Napier grass (*Pennisetum purpureum*) improvement using molecular genetics. **Agronomy**, v. 7, n. 2, article 28, 2017. DOI: <http://doi.org/10.3390/agronomy7020028>.

OECD; FAO. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2024-2033**. Paris; Roma, 2024. 333 p. DOI: <https://doi.org/10.1787/4c5d2cfb-en>.

PEREIRA, A. V.; LIRA, M. de A.; MACHADO, J. C.; GOMIDE, C. A. de M.; MARTINS, C. E.; LÉDO, F. J. da S.; DAHER, R. F. Elephantgrass: a tropical grass for cutting and grazing. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 16, n. 3, e9317, 2021. DOI: <http://doi.org/10.5039/agraria.v16i3a9317>.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2015.

RA, K.; SHIOTSU, F.; ABE, J.; MORITA, S. Biomass yield and nitrogen use efficiency of cellulosic energy crops for ethanol production. **Biomass and Bioenergy**, v. 37, p. 330-334, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.12.047>.

RAO, I.; PETERS, M.; CASTRO, A.; SCHULTZE-KRAFT, R.; WHITE, D.; FISHER, M.; MILES, J.; LASCANO, C.; BLÜMMEL, M.; BUNGENSTAB, D.; TAPASCO, J.; HYMAN, G.; BOLLIGER, A.; PAUL, B.; HOEK, R. van der; MAASS, B.; TIEMANN, T.; CUCHILLO, M.; DOUXCHAMPS, S.; VILLANUEVA, C.; RINCÓN, A.; AYARZA, M.; ROSENSTOCK, T.; SUBBARAO, G.; ARANGO, J.; CARDOSO, J.; WORTHINGTON, M.; CHIRINDA, N.; NOTENBAERT, A.; JENET, A.; SCHMIDT, A.; VIVAS, N.; LEFROY, R.; FAHRNEY, K.; GUIMARÃES, E.; TOHME, J.; COOK, S.; HERRERO, M.; CHACÓN, M.; SEARCHINGER, T.; RUDEL, T. LivestockPlus - The sustainable intensification of forage-based agricultural systems to improve livelihoods and ecosystem services in the tropics. **Tropical Grassland - Forrajes Tropicales**, v. 3, n. 2, p. 59-82, 2015. DOI: [http://doi.org/10.17138/TGFT\(3\)59-82](http://doi.org/10.17138/TGFT(3)59-82).

RESENDE, M. D. V. de; BARBOSA, M. H. P. Seleção via BLUP individual simulado baseado em efeitos genotípicos familiares em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 421-429, 2006. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000300008>.

ROCHA, J. R. A. S. C.; MACHADO, J. C.; CARNEIRO, P. C. S.; CARNEIRO, J. C.; RESENDE, M. D. V. de; PEREIRA, A. V.; CARNEIRO, J. E. de S. Elephant grass ecotypes for bioenergy production via direct combustion of biomass. **Industrial Crops and Products**, v. 95, p. 27-32, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.10.014>.

ROCHA, J. R. A. S. C.; MACHADO, J. C.; CARNEIRO, P. C. S. Multitrait index based on factor analysis and ideotype-design: proposal and application on elephant grass breeding for bioenergy. **Global Change Biology Bioenergy**, v. 10, n. 1, p. 52-60, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1111/gcbb.12443>.

ROOZEBOOM, K. L.; WANG, D.; MCGOWAN, A. R.; PROPHESTER, J. L.; STAGGENBORG, S. A.; RICE, C. W. Long-term biomass and potential ethanol yields of annual and perennial biofuel crops. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 1, p. 74-83, 2019. DOI: <http://doi.org/10.2134/agronj2018.03.0172>.

SAHOO, K.; KHATRI, P.; KANWAR, A.; SINGH, H. P.; MANI, S.; BERGMAN, R.; RUNGE, T.; KUMAR, D. Integrated environmental and economic assessments of producing energy crops with cover crops for simultaneous use as biofuel feedstocks and animal fodder. **Industrial Crops and Products**, v. 179, 114681, 2022. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114681>.

SILVEIRA, T. C.; RIBEIRO, K. G.; ROSEIRA, J. P. S.; ALVES, W. S.; ANJOS, A. J.; COUTINHO, D. N.; FREITAS, C. A. S.; PEREIRA, O. G. Cutting time and regrowth age affect the quality of elephant grass silage. **Journal of Agricultural Studies**, v. 9, n. 3, p. 64-83, 2021. DOI: <http://doi.org/10.5296/jas.v9i3.18566>.

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. DOI: <http://doi.org/10.2134/agronj2015.0501>.