

## Caracterização morfológica de clones elite de mandioca de mesa amarelos biofortificados

<sup>1</sup> Elisiane Fuhrmann, <sup>1</sup> Eduardo Alano Vieira, <sup>2</sup> Fábio Gelape Faleiro, <sup>2</sup> Josefino de Freitas Fialho, <sup>3</sup> Luiz Joaquim Castelo Branco Carvalho

<sup>1</sup> Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, CEP 70910-900, Brasília, DF, Brasil. E-mails: elisifuhrmann@gmail.com, eduardo.alano@embrapa.br

<sup>2</sup> Embrapa Cerrado, Km 18, BR-020, CEP 73310-970, Brasília, DF, Brasil. E-mails: fabio.faleiro@embrapa.br, josefino.fialho@embrapa.br

<sup>3</sup> Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, STN, CEP 70297-400, Brasília, DF, Brasil. E-mail: luiz.castelo@embrapa.br

**Resumo:** A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma das culturas mais importantes na alimentação humana dos trópicos e fonte de renda estimada para 500 milhões de pessoas, principalmente para populações carentes. O estudo teve como objetivo caracterizar por meio de descritores morfológicos clones elite de mandioca de mesa com coloração da polpa das raízes amarelas biofortificados. Foram caracterizados 13 clones de mandioca, em comparação com a variedade testemunha IAC 576-70, avaliados em experimentos conduzidos na Embrapa Cerrados por duas safras. Foram obtidos 40 descritores morfológicos qualitativos para cada clone. Com base na distribuição de frequência dos genótipos nas diferentes classes fenotípicas foi calculado o coeficiente de entropia para cada descritor no programa Multiv v.2.3. A matriz de dissimilaridade genética entre os clones foi calculada com base no coeficiente de coincidência simples das classes fenotípicas e a partir dessa matriz foi realizada a análise de agrupamento via dendrograma nos programas Genes e NTSYS pc 2.1. Os resultados evidenciaram as diferenças morfológicas entre os clones, demonstrando que nenhum par de genótipos apresentou 100% de similaridade. O fator ano/safra não influenciou a expressão fenotípica dos caracteres aferidos. Dentre os caracteres aferidos, os que apresentaram maior entropia foram coloração da epiderme externa, forma do lóbulo central da folha e cor do córtex da raiz. Entre os clones avaliados, verificou-se clones com potencial para recomendação para cultivo comercial (497/08, 272/08 e 273/08) com base nos caracteres morfológicos desejáveis do ponto de vista agrônomo.

**Palavras chave:** *Manihot esculenta*, Melhoramento genético, Macaxeira.

### Morphological characterization of elite clones of sweet yellow cassava biofortified

**Abstract:** Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is an of the most important crops in food of the tropics and source of income estimated 500 million people, especially for needy populations. The study aimed to characterize elite clones of sweet cassava with yellow pulp roots biofortified using morphological descriptors. Thirteen elite clones of cassava were characterized, including the IAC 576-70 cultivar as control. The experiments were conducted at Embrapa Cerrados for two seasons. Forty qualitative morphological descriptors were obtained for each clone. Entropy coefficient has been calculated for each descriptor based on the frequency distribution of the genotypes in different phenotypic classes with program Multiv v.2.3. The genetic dissimilarity between clones was calculated using the coefficient of phenotypic classes coincidence with program Genes. Cluster analysis via dendrogram was performed from the dissimilarity matrix with program NTSYS 2.1. The results showed the morphological differences among clones, demonstrating that no clones showed 100% similarity with others clones. The factor year/season did not influence the phenotypic expression of the measured characters. Among the measured characters, those with the highest entropy were staining of external epidermis, form of the central lobule leaf and color of the root cortex. It was verified that different elite clones have potential for commercial cultivation (497/08, 272/08 e 273/08) based on morphological characters of agronomic desirable traits.

**Key Words:** *Manihot esculenta*, Genetic breeding, Sweet cassava.

## Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma das culturas mais importantes na alimentação humana dos trópicos, principalmente para populações de baixa renda. A produção mundial da mandioca foi estimada pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação [FAO] (2011) em 257 milhões de toneladas de raízes e segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE] (2013), a produção nacional dessa cultura foi de 23 milhões de toneladas em 2012. A principal contribuição social da mandioca reside na alimentação de 700 milhões de pessoas que consomem de 200 a 1.000 calorias diárias, sendo a mandioca a sua principal fonte de carboidratos.

A mandioca é muito importante em países em desenvolvimento, principalmente em função da sua rusticidade e da capacidade que apresenta de produzir razoavelmente bem em condições em que outras culturas sequer sobreviveriam. Tal habilidade advém de a espécie ser tolerante a solos ácidos e à seca, e ao mesmo tempo oferecer flexibilidade de colheita (Ceballos et al., 2004).

A região do Cerrado que ocupa em torno de 23% do território brasileiro (Ratter et al., 1997 & Klink; Machado, 2005) apresenta características de clima e de solo favoráveis ao cultivo de mandioca (Fialho et al., 2013). Apesar de todo o potencial da região do Cerrado brasileiro para o cultivo de mandioca, atualmente apenas 10% da área plantada e 10% da produção nacional da mandioca estão localizadas na Região, com uma produtividade média de apenas 13 t ha<sup>-1</sup> em uma área colhida de 242.528 ha (IBGE, 2013).

A baixa produtividade de raízes de mandioca na região pode ser explicada pelo baixo profissionalismo dos produtores, que normalmente não seguem as recomendações para o cultivo por desconhecimento ou por dificuldades financeiras. Além disso, para aumentar a produtividade da mandioca na região são necessárias ações de pesquisa e desenvolvimento em sistemas de produção e na seleção de variedades adaptadas às condições locais, além de trabalhos sistemáticos de transferência de tecnologia.

O cultivo de mandioca de mesa apresenta potencial para expansão na região do Cerrado, em especial nos cinturões verdes das grandes

cidades, em razão da elevada rentabilidade da atividade. A carência de variedades adaptadas, produtivas e de alta qualidade nutricional evidencia a necessidade de avaliação de constituições genéticas com elevado potencial agrônomico e com a coloração das raízes amarelas (biofortificadas) adaptadas à região do Cerrado.

A espécie apresenta potencial para ser uma excelente fonte de carotenóides na alimentação humana, em especial de  $\beta$ -caroteno, precursor da vitamina A, o qual é encontrado em grande quantidade nas raízes de coloração amarela (Iglesias et al., 1997 & Mezette et al., 2009). Nesse contexto, a possibilidade da mandioca não ser apenas fonte de calorias para a população, mas também uma fonte de vitamina A é uma das formas de melhorar a nutrição da população e ao mesmo tempo agregar valor a variedades destinadas ao consumo humano (Welch & Graham, 2002).

A caracterização morfológica por meio de descritores categóricos é importante para a caracterização e diferenciação dos genótipos para fins de proteção de cultivares e também para estudos de variabilidade genética, possibilitando assim o desenvolvimento e a disponibilização de genótipos superiores de mandioca de mesa para os produtores e consumidores. Os descritores morfológicos são de fácil aferição, menor custo de avaliação e menos influenciados pelo ambiente. Este trabalho teve como objetivo caracterizar por meio de descritores morfológicos clones elite de mandioca de mesa com coloração da polpa das raízes amarelas biofortificados.

## Material e métodos

O trabalho foi conduzido no campo experimental e no Laboratório de Raízes e Tubérculos da Embrapa Cerrados (CPAC), em Planaltina-DF, entre outubro de 2010 e outubro de 2011 e entre novembro de 2011 e novembro de 2012.

No estudo foram caracterizados treze clones elite de mandioca de mesa gerados e selecionados para as condições do Cerrado pelo programa de melhoramento genético de mandioca da Embrapa Cerrados (Tabela 1). Como testemunha foi utilizada a variedade de mandioca de mesa IAC 576-70, conhecida popularmente na região do Cerrado como

Japonesinha, que no Banco de Germoplasma de Mandioca do Cerrado (BGMC) está identificada como BGMC 753 e que é indicada para o cultivo na região (Fialho et al., 2009).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com três repetições, sendo que cada parcela foi composta por 4 linhas de 10 plantas, com espaçamento de 0,80 m entre plantas e 1,20 m entre linhas. No processo de caracterização foram utilizadas as 16 plantas centrais de cada parcela, sendo que as avaliações foram feitas em 2010/2011 e repetidas em 2011/2012. A seleção do material de propagação e os tratos culturais seguiram as recomendações do sistema de produção de mandioca para a região do Cerrado (Fialho et al., 2013 & Fialho, Vieira, 2013).

Os descritores morfológicos foram avaliados no local dos experimentos nos dois anos, seguindo as instruções para a execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de mandioca do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2010) e de Fukuda e Guevara (1998). Os 40 descritores qualitativos avaliados foram: 1) coloração da folha apical; 2) pubescência do broto apical; 3) forma do lóbulo central da folha; 4) coloração do pecíolo; 5) coloração do córtex do caule; 6) coloração da epiderme externa do caule; 7) comprimento da filotaxia; 8) coloração da película da raiz; 9) coloração do córtex da raiz; 10) coloração da polpa da raiz; 11) textura da epiderme da raiz; 12) presença de floração; 13) coloração da folha desenvolvida; 14) número predominante de lóbulos nas folhas; 15) coloração da epiderme interna do caule; 16) hábito de crescimento do caule; 17) coloração dos ramos terminais nas plantas adultas; 18) constrições da raiz; 19) coloração da nervura central da folha; 20) posição do pecíolo; 21) proeminência das gemas foliares; 22) comprimento das estípulas; 23) margem das estípulas; 24) hábito de ramificação; 25) sinuosidade do lóbulo foliar; 26) forma da raiz; 27) tipo de planta; 28) comprimento médio da raiz; 29) diâmetro médio da raiz; 30) destaque da película da raiz; 31) destaque do córtex da raiz; 32) coloração das sépalas; 33) coloração do disco da flor; 34) coloração do estigma; 35) coloração do ovário; 36) coloração das anteras; 37) presença de estames nas flores femininas; 38) presença de pólen; 39) formação de frutos e 40) rugosidade do exocarpo do fruto. As avaliações relativas a folhas e pecíolo foram realizadas aos seis meses após o plantio enquanto que as

avaliações relativas a caule e raízes foram efetuadas aos doze meses após o plantio. Já as avaliações relacionadas às flores foram realizadas quando 50% das plantas haviam florescido. Os descritores morfológicos foram fotodocumentados e foram aferidos por dois anos.

Com base na distribuição de frequência dos clones nas diferentes classes fenotípicas, foi estimada a entropia para cada descritor por meio do coeficiente de entropia de Renyi, utilizando a fórmula:

$$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i, \text{ onde:}$$

H = entropia de n genótipos em s classes fenotípicas do descritor considerado;

$p_i = f_i/n$  sendo:  $p_1 = f_1/n$  e  $(p_1 + p_2 + \dots + p_s = 1)$  desde que  $(n = f_1 + f_2 + \dots + f_s)$ , onde  $f_1, f_2, \dots, f_n$ , correspondem ao número de genótipos em cada uma das classes fenotípicas (s) do descritor considerado.

O cálculo da estimativa da entropia foi realizado com o auxílio do programa Multiv v.2.3 (Pillar, 1997). A entropia de um determinado descritor será tão maior quanto maior for o número de classes fenotípicas desse e quanto mais equilibrada for a distribuição de frequência dos acessos nas diferentes classes fenotípicas. Ou seja, para um descritor morfológico com duas classes fenotípicas, a maior entropia ocorrerá quando ambas as classes apresentarem 50% dos genótipos avaliados.

A matriz de dissimilaridade genética entre os 14 genótipos, com base nos 22 marcadores morfológicos que evidenciaram polimorfismo, foi estimada por meio do complemento do índice de coincidência simples com auxílio do programa computacional Genes (Cruz, 2001). Com base na matriz de dissimilaridade foi realizada a análise de agrupamento dos genótipos via dendrograma, utilizando como critério o método da ligação média entre grupos não ponderado, mais conhecido como UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Averages*) que utiliza as médias aritméticas (não ponderadas) das medidas de dissimilaridade. O ajuste entre a matriz de dissimilaridade e o dendrograma foi estimado pelo coeficiente de correlação cofenética (r), conforme Sokal e Rohlf (1962), com o auxílio do programa computacional NTSYS pc 2.1 (Rohlf, 2000).

## Resultados e discussão

Dentre os 40 descritores utilizados na caracterização, 22 (55%) foram polimórficos, sendo úteis na diferenciação dos genótipos (Tabelas 2 e 3). Esta utilidade dos descritores já havia sido reportada em mandioca em trabalhos anteriores (Nick et al., 2008, Albuquerque et al., 2009, Vieira et al., 2011, Vieira et al., 2013 & Cardoso et al., 2014). Os resultados obtidos evidenciaram que os descritores morfológicos de mandioca selecionados para o estudo foram eficientes na determinação de diferenças morfológicas entre os genótipos avaliados, uma vez que nenhum par de genótipos apresentou 100% de similaridade (Figura 1). Estes resultados evidenciam a utilidade destes descritores para fins de ensaios visando à caracterização de genótipos e à proteção de cultivares de mandioca. Todos os descritores obtidos em 2010/2011 foram validados em 2011/2012 evidenciando que o fator ano/safra, não influenciou a expressão fenotípica dos caracteres aferidos.

Quanto aos caracteres que apresentaram variação entre os clones, os que exibiram o maior número de classes fenotípicas distintas foram forma do lóbulo central da folha e coloração da epiderme externa do caule ambos com cinco classes (Tabelas 2 e 3). A maioria dos caracteres apresentaram duas classes fenotípicas. Os genótipos avaliados não foram diferentes entre si para 18 (45%) caracteres, apresentando os seguintes fenótipos: coloração do pecíolo verde avermelhado, textura da epiderme da raiz rugosa, presença de floração, coloração da folha desenvolvida verde escura, hábito de crescimento

do caule reto, poucas ou nenhuma constrições na raiz, coloração da nervura central da folha verde, pecíolo na posição horizontal, proeminência de gemas foliares, destaque fácil da película e do córtex da raiz, coloração do estigma branco ou creme, coloração do ovário verde, coloração das anteras amarelas, ausência de flores femininas com estames, presença de pólen, presença de frutos e exocarpo do fruto rugoso.

Com base na análise visual da Figura 1 foi possível verificar a formação de três grupos de similaridade: i) BGMC 753, Clone 446/08 e Clone 215/08; ii) Clone 26/08, Clone 90/08, Clone 246/08, Clone 91/08, Clone 83/08, Clone 272/08, Clone 94/08, Clone 273/08, Clone 450/08; e iii) Clone 259/08 e Clone 497/08. O coeficiente de correlação cofenética do dendrograma ( $r = 0,80$ ) revelou elevado ajuste entre a representação gráfica e a matriz de dissimilaridade, o que permite a realização das inferências por meio da avaliação visual da Figura 1. Esta clara subdivisão dos genótipos em diferentes grupos de similaridade não foi verificada nos trabalhos realizados por Duputié et al. (2009) e Vieira et al. (2011). Estes autores não encontraram clara estruturação da diversidade genética, o que pode ser explicado pelo fato de haver uma constante troca de genótipos entre os produtores de diferentes regiões, gerando fluxo gênico e dificuldades na identificação da origem exata dos acessos.

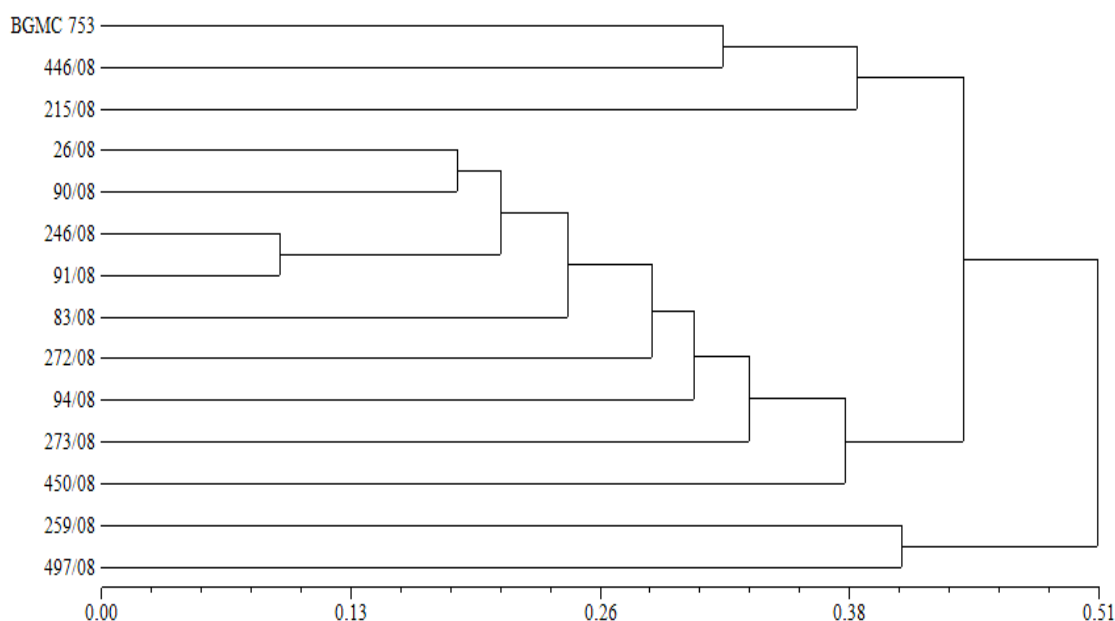
**Tabela 2** - Caracterização morfológica dos clones de mandioca com base nos caracteres coloração da folha apical (CFA), pubescência do broto apical (PBA), forma do lóbulo central da folha (FLC), coloração do córtex do caule (CCC), coloração da epiderme externa do caule (CEC), comprimento da filotaxia (CF), coloração da película da raiz (CER), coloração do córtex da raiz (CCR), coloração da polpa da raiz (CPR), número predominante de lóbulos nas folhas (NL) e coloração da epiderme interna do caule (CEpC).

Clone	Descritores morfológicos										
	CFA	PBA	FLC	CCC	CEC	CF	CER	CCR	CPR	NL	CEpC
BGMC 753	verde arroxeadado	ausente	oblongo-lanceolada	verde escuro	prateado	médio	marrom escuro	branca/creme	creme	sete	marrom claro
26/08	verde arroxeadado	presente	lanceolada	verde claro	marrom claro	curto	marrom claro	amarela	amarela	sete	marrom claro
215/08	verde arroxeadado	ausente	obovada-lanceolada	verde claro	marrom escuro	médio	marrom claro	amarela	amarela	sete	marrom claro
246/08	verde arroxeadado	presente	lanceolada	verde claro	marrom claro	médio	marrom claro	amarela	amarela	sete	marrom claro
259/08	roxo	ausente	reta/ linear	verde claro	marrom claro	médio	marrom claro	amarela	creme	sete	creme
272/08	verde arroxeadado	presente	oblongo-lanceolada	verde claro	prateado	médio	marrom claro	amarela	amarela	sete	marrom claro
273/08	verde arroxeadado	presente	oblongo-lanceolada	verde claro	verde amarelado	médio	amarela	branca/creme	amarela	sete	marrom claro
446/08	verde arroxeadado	ausente	linear-pandurada	verde claro	laranja	médio	marrom claro	branca/creme	creme	sete	marrom claro
450/08	verde arroxeadado	presente	lanceolada	verde claro	prateado	curto	marrom claro	amarela	amarela	cinco	marrom claro
497/08	roxo	ausente	lanceolada	verde escuro	marrom escuro	médio	marrom claro	rosada	amarela	sete	marrom claro
83/08	verde arroxeadado	presente	obovada-lanceolada	verde claro	marrom claro	médio	marrom claro	amarela	amarela	cinco	marrom claro
90/08	verde arroxeadado	presente	oblongo-lanceolada	verde claro	marrom claro	médio	marrom claro	branca/creme	amarela	sete	marrom claro
91/08	verde arroxeadado	presente	lanceolada	verde claro	marrom claro	médio	marrom claro	branca/creme	amarela	sete	marrom claro
94/08	verde arroxeadado	ausente	lanceolada	verde claro	prateado	médio	marrom claro	branca/creme	amarela	sete	marrom claro

**Tabela 3** - Caracterização morfológica dos clones de mandioca com base nos caracteres coloração dos ramos terminais nas plantas adultas (CRT), comprimento das estípulas (CE), margem das estípulas (ME), hábito de ramificação (HR), sinuosidade do lóbulo foliar (SLF), forma da raiz (FR), tipo de planta (TP), comprimento médio da raiz (CMR), diâmetro médio da raiz (DMR), coloração das sépalas (CS) e coloração do disco da flor (CD).

Clone	Descritores morfológicos										
	CRT	CE	ME	HR	SLF	FR	TP	CMR	DMR	CS	CD
BGMC 753	verde	longas	laciniada	dicotômico	sinuoso	cilíndrica	compacta	intermediária	intermediária	verde	laranja
26/08	verde-arroxeadado	curtas	laciniada	tricotômico	sinuoso	cônico-cilíndrica	compacta	longa	finas	verde	laranja
215/08	verde	longas	inteira	dicotômico	sinuoso	cônica	compacta	intermediária	intermediária	verde	laranja
246/08	verde	longas	laciniada	tricotômico	sinuoso	cônico-cilíndrica	compacta	longa	intermediária	verde	laranja
259/08	verde-arroxeadado	curtas	laciniada	tricotômico	liso	cônico-cilíndrica	guarda sol	longa	intermediária	verde	roxo
272/08	verde-arroxeadado	longas	laciniada	dicotômico	sinuoso	cônico-cilíndrica	compacta	longa	intermediária	verde	laranja
273/08	verde	longas	inteira	tricotômico	sinuoso	cônico-cilíndrica	compacta	longa	intermediária	verde	vermelha
446/08	verde-arroxeadado	longas	laciniada	dicotômico	sinuoso	cilíndrica	compacta	intermediária	finas	branca/creme	laranja
450/08	verde-arroxeadado	longas	laciniada	tricotômico	sinuoso	cilíndrica	compacta	intermediária	intermediária	verde	vermelha
497/08	verde-arroxeadado	curtas	laciniada	dicotômico	liso	cônico-cilíndrica	compacta	longa	intermediária	verde	laranja
83/08	verde-arroxeadado	curtas	laciniada	tricotômico	sinuoso	cônico-cilíndrica	compacta	intermediária	intermediária	verde	laranja
90/08	verde-arroxeadado	curtas	laciniada	dicotômico	sinuoso	cônico-cilíndrica	compacta	longa	finas	verde	laranja
91/08	verde	curtas	laciniada	tricotômico	sinuoso	cônico-cilíndrica	compacta	longa	intermediária	verde	laranja
94/08	verde	curtas	laciniada	dicotômico	sinuoso	cônico-cilíndrica	compacta	intermediária	finas	verde	laranja

**Figura 1** - Análise de agrupamento de 14 clones de mandioca, obtido pelo método de agrupamento UPGMA, com base na matriz de dissimilaridade genética obtida por meio do complemento do índice de similaridade de coincidência simples, utilizando 22 descritores morfológicos qualitativos. O valor do coeficiente de correlação cofenética ( $r$ ) é de 0,80.



A matriz de dissimilaridade genética entre os acessos evidenciou que os clones geneticamente mais próximos foram o 246/08 e o 91/08 com uma dissimilaridade de 0,09 (Figura 1), os quais apresentam a mesma genealogia

(Tabela 1). A maior distância genética foi observada entre os clones 259/08 com coloração da polpa da raiz amarela e BGMC 753 variedade recomendada para o plantio na região do Cerrado brasileiro, com uma dissimilaridade de 0,68.

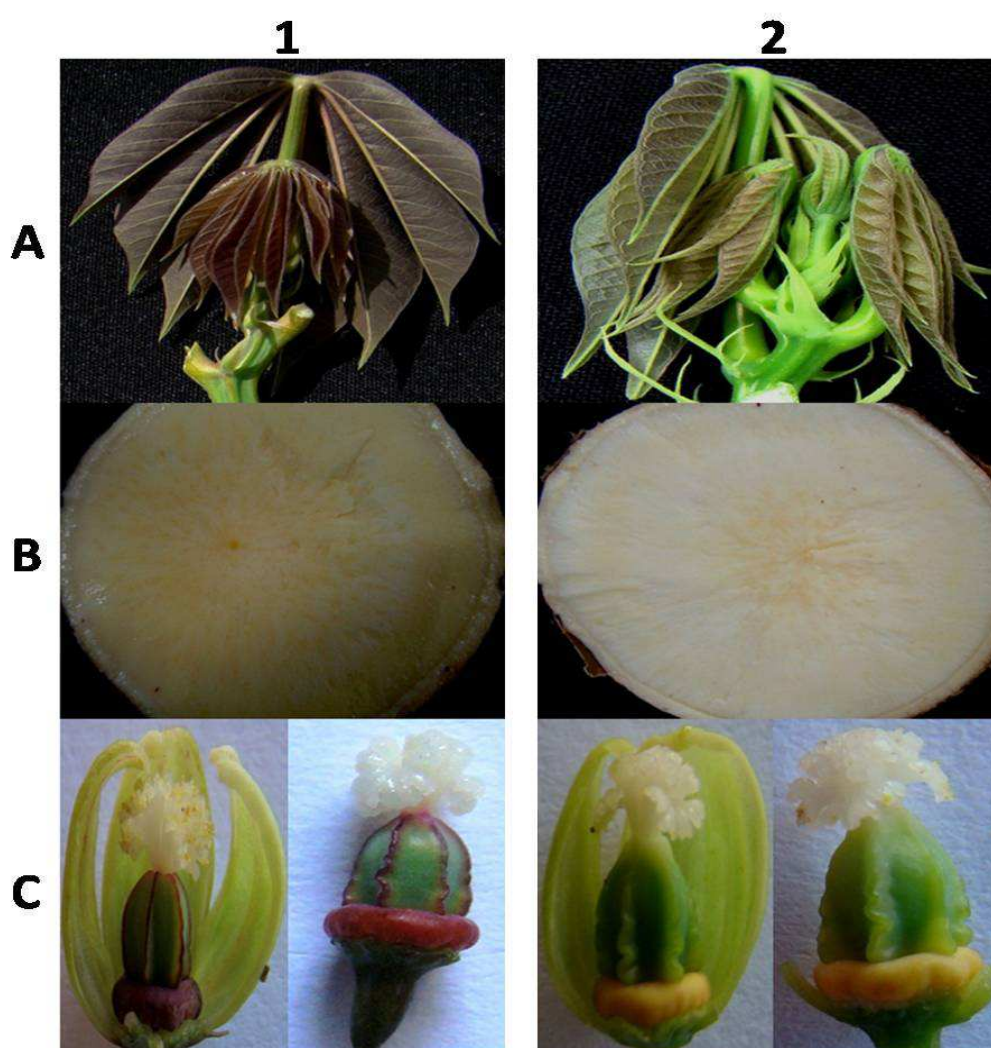
**Tabela 1** - Relação dos clones de mandioca do programa de melhoramento de mandioca do Cerrado avaliados com respectivos códigos, genealogia e identificação da testemunha com respectivo código do Banco de Germoplasma de mandioca do Cerrado (BGMC).

Ordem	Clones	Genealogia dos clones
1	26/08	BGMC 751 X BGMC 753
2	83/08	BGMC 751 X BGMC 753
3	90/08	BGMC 751 X BGMC 753
4	91/08	BGMC 751 X BGMC 753
5	94/08	BGMC 751 X BGMC 753
6	215/08	BGMC 751 X BGMC 753
7	246/08	BGMC 751 X BGMC 753
8	259/08	BGMC 1289 X BGMC 753
9	272/08	BGMC 1289 X BGMC 753
10	273/08	BGMC 1289 X BGMC 753
11	446/08	BGMC 1218 polinização aberta
12	450/08	BGMC 1218 polinização aberta
13	497/08	BGMC 1218 polinização aberta
14	BGMC 753 (IAC 576-70)	-

A maior dissimilaridade genética entre os clones 259/08 e o BGMC 753 é corroborada pelas diferenças desses dois genótipos em vários descritores: coloração da folha apical, forma do lóbulo central da folha, coloração do córtex do caule, coloração da epiderme externa do caule, coloração da película da raiz, coloração do córtex da raiz, coloração da epiderme interna do caule, coloração dos ramos terminais nas plantas adultas, comprimento das estípulas, hábito de ramificação, sinuosidade do lóbulo foliar, forma da

raiz, tipo de planta, comprimento médio da raiz, e coloração do disco da flor. Na Figura 2 destacamos alguns desses caracteres que diferenciam os clones 259/08 e BGMC 753. No trabalho de Mkumbira et al. (2003), relata-se que os agricultores tradicionais apresentam elevada acurácia na diferenciação das cultivares de mandioca-brava e mansa que mantêm sob cultivo, utilizando caracteres morfológicos mais detalhados intuitivamente para diferenciar as plantas.

**Figura 2** - Comparação de dissimilaridade entre o clone 259 (1) e a testemunha BGMC 753 (2) com relação à coloração das folhas apicais (A), coloração da polpa da raiz (B) e coloração do disco da flor (C).



Dentre os caracteres aferidos, alguns se destacaram em função de expressarem elevada entropia: coloração da epiderme externa (1,47); forma do lóbulo central da folha (1,34) e cor do

córtex da raiz (0,90) (Tabela 4). Estes caracteres apresentam em comum o fato de serem pouco relacionados com caracteres agrônômicos de interesse o que provavelmente fez com que estes



fossem pouco visados durante o processo de seleção realizado tanto pelos melhoristas como

pelos produtores no início da domesticação da espécie (Vieira et al., 2008).

**Tabela 4** - Caracteres avaliados, classes fenotípicas, frequência de clones em cada uma das classes.

Caracteres	Classes fenotípicas	Frequência dos genótipos (%)	Entropia (H)
Coloração da folha apical	verde arroxeado	86	0,41
	roxo	14	
Pubescência do broto apical	ausente	43	0,68
	presente	57	
Forma do lóbulo central da folha	oblongo-lanceolada	29	1,34
	lanceolada	43	
	linear	7	
	linear-pandurada	7	
	obovada-lanceolada	14	
Coloração do córtex do caule	verde claro	86	0,41
	verde escuro	14	
Coloração da epiderme externa do caule	laranja	7	1,47
	verde amarelado	7	
	marrom claro	43	
	prateado	29	
	marrom escuro	14	
Comprimento da filotaxia	curto (< 8 cm)	14	0,41
	médio (8-15 cm)	86	
Coloração da película da raiz	amarelo	7	0,51
	marrom claro	86	
	marrom escuro	7	
Coloração do córtex da raiz	branco ou creme	43	0,90
	amarelo	50	
	rosado	7	
Coloração da polpa da raiz	creme	21	0,52
	amarela	79	
Número predominante de lóbulos nas folhas	cinco	14	0,41
	sete	86	
Coloração da epiderme interna do caule	creme	7	0,26
	marrom claro	93	
Coloração dos ramos terminais nas plantas adultas	verde	43	0,68
	verde-arroxeado	57	
Comprimento das estípulas	curtas	50	0,69
	longas	50	
Margem das estípulas	laciniada	86	0,41
	inteira	14	
Hábito de ramificação	dicotômica	50	0,69
	tricotômica	50	
Sinuosidade do lóbulo foliar	liso	14	0,41
	sinuoso	86	
Forma da raiz	cônica	7	0,76
	cônica-cilíndrica	72	
	cilíndrica	21	
Tipo de planta	compacta	93	0,26
	guarda sol	7	
Comprimento médio da raiz	intermediária (20-30 cm)	43	0,68
	longa (> 30 cm)	57	
Diâmetro médio da raiz	finas (< 5 cm)	29	0,60
	intermediária (5-8 cm)	71	
Coloração das sépalas	branca/creme	7	0,26
	verde	93	
	roxo	7	
Coloração do disco da flor	laranja	79	0,66
	vermelha	14	

Dentre os caracteres avaliados, alguns são de grande importância para o melhoramento, como a coloração da polpa da raiz que é de grande importância comercial para a mandioca de mesa na região do Cerrado, uma vez que os agricultores e consumidores têm preferência por cultivares com coloração da polpa amarela. A coloração amarela da polpa está diretamente relacionada com a presença de compostos com atividade de pró-vitamina A, destacando-se os genótipos com coloração da polpa amarela com maior concentração de  $\beta$ -caroteno (Mezette et al, 2009 & Carvalho et al., 2012). Dentre os genótipos avaliados, 79% dos clones apresentaram cor da polpa das raízes amarela e 21% apresentaram cor creme.

Quanto às restrições nas raízes, os programas de melhoramento genético objetivam cultivares com poucas restrições e, fortuitamente, 93% dos acessos expressaram esse fenótipo desejável. Outro caráter de importância é o comprimento médio das raízes, uma vez que os consumidores de mandioca têm preferência por cultivares com raízes de tamanho médio. Entre os genótipos avaliados, 43% expressaram esse fenótipo desejável. Outros caracteres também apresentam fenótipos desejáveis como: i) tipo de planta, o ideal é o fenótipo com forma da planta compacta, o qual está intimamente relacionado à facilidade de práticas culturais, sendo observado em 93% dos genótipos avaliados, ii) coloração da película da raiz, sendo que o ideal para a produção de mandioca de mesa são as mandiocas com coloração externa da raiz marrom, o que foi observado em 71% dos genótipos.

Esses resultados obtidos no trabalho sugerem que no grupo de genótipos avaliados há genótipos com potencial para recomendação para cultivo comercial, uma vez que os clones 497/08, 272/08 e 273/08 apresentaram caracteres desejáveis do ponto de vista agrônomo. Trabalhos complementares de desempenho agrônomo e também de análise das qualidades nutricionais estão sendo realizados em várias regiões do Cerrado, tendo como objetivo finalístico o desenvolvimento e disponibilização de cultivares melhoradas para a região.

### Conclusões

Os descritores morfológicos utilizados no trabalho foram eficientes na diferenciação dos

genótipos de mandioca, indicando a utilidades desses descritores para fins de ensaios de caracterização de genótipos visando à proteção de cultivares de mandioca.

No grupo de genótipos avaliados, há genótipos com potencial para recomendação para cultivo comercial, uma vez que os clones 272/08, 272/08 e 497/08 apresentaram caracteres morfológicos desejáveis do ponto de vista agrônomo e comercial, como coloração da polpa das raízes amarela, planta tipo compacta e raízes cônico-cilíndricas.

### Agradecimentos

À Embrapa, à Fundação Banco do Brasil, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico [CNPq] e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior [CAPES] pelo apoio financeiro

### Referências

Albuquerque, J. A. A., Sediya, T., Silva, A. A. da, Sediya, C. S., Alves, J. M. A., & Neto, F. A. (2009). Caracterização morfológica e agrônoma de clones de mandioca cultivados no Estado de Roraima. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 4 (4), 388-394.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2010). *Proteção de cultivares*.

Brasília, DF. Recuperado em 16 fevereiro, 2010, de <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/registros-autorizacoes/protecao-cultivares/formularios-protecao-cultivares>.

Carvalho, L. J. C. B., Lipolis, J., Chen, S., Souza, C. R. B., Vieira, E. A., & James, V. A. (2012). Characterization of carotenoid-protein complexes and gene expression analysis associated with carotenoid sequestration in pigmented cassava (*Manihot Esculenta* Crantz) Storage Root. *The Open Biochemistry Journal*, 6 (1), 116-130.

Ceballos, H., Iglesias, C. A., Pérez, J. C., & Dixon, A. G. O. (2004). Cassava breeding: opportunities and challenges. *Plant Molecular Biology*, 56 (4), 503-516.

- Cardoso, A. D., Viana, A. E. S., Muniz, W. F., Andrade, J. S., Moreira, G. L. P., & Cardoso Jr., N. S. (2014). Avaliação de variedades de mandioca tipo indústria. *Magistra*, 26 (4), 461-470.
- Cruz, C. D. (2001). *Programa genes: aplicativo computacional em genética e estatística* [Programa de computador]. Viçosa: UFV.
- Duputié, A., Massol, F., David, P., Haxaire, C., & Mckey, D. (2009). Traditional ameridian cultivators combine directional and ideotypic selection for sustainable management of cassava genetic diversity. *Journal of Evolutionary Biology*, 22 (6), 1317-1325.
- Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (2011). *Maiores produtores mundiais de mandioca*. Recuperado em 15 janeiro, 2011, de <http://apps.fao.org/egibin/nphdb.pl2005>.
- Fialho, J. F., Vieira, E. A., Silva, M. S., Paula-Moraes, S. V., Fukuda, W. M. G., Santos Filho, M. O. S., & Silva, K. N. (2009). Desempenho de variedades de mandioca de mesa no Distrito Federal. *Revista Brasileira de Agrociência*, 15 (1-4), 31-35.
- Fialho, J. F., Sousa, D. M. G., & Vieira, E. A. (2013). Manejo do solo no cultivo de mandioca. In: Fialho, J. F., & Vieira, E. A. (Ed.). *Mandioca no Cerrado: orientações técnicas* (2 ed., pp.39-60). Planaltina: Embrapa Cerrados.
- Fialho, J. F., & Vieira, E. A. (2013) Manejo e tratamentos culturais da mandioca. In: Fialho, J. F., & Vieira, E. A. (Ed.). *Mandioca no Cerrado: orientações técnicas* (2 ed., pp.61-88). Planaltina: Embrapa Cerrados.
- Fukuda, W. M. G., & Guevara, C. L. (1998). *Descritores morfológicos e agrônômicos para a caracterização de mandioca (Manihot esculenta Crantz)*. Cruz das Almas: CNPMF.
- Iglesias, C., Mayer, J., Chavéz, L., & Calle, F. (1997). Genetic potential and stability of carotene content in cassava roots. *Euphytica*. 94 (3), 363-373.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2013). Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA (Versão 2011). [Programa de computador]. Recuperado em 15 outubro, 2013, de <http://www.sidra.ibge.gov.br/>.
- Klink, C. A., & Machado, R. B. (2005). Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology*, 19 (3), 707-713.
- Mezette, T. F., Carvalho, C. R. L., Morgano, M. A. Silva, M. G., Parra, E. S. B., Galera, J. M. S. V., & Valle, T. L. (2009). Seleção de clones-elite de mandioca de mesa visando a características agrônômicas, tecnológicas e químicas. *Bragantia*, 68 (3), 601-609.
- Mkumbira, J., Chiwona-Karlton, L., Langercrantz, U., Mahungu, N.M., Saka, J., Mhone, A., Bokanga, M., Brimer, L., Gullberg, U., & Rosling, H. (2003). Classification of cassava into 'bitter' and 'cool' in Malawi: From farmers perception characterisation by molecular markers. *Euphytica*, 132 (1), 7-22.
- Nick, C., Carvalho, M., Assis, L. H. B., & Carvalho, S. P. (2008). Genetic dissimilarity in cassava clones determined by multivariate techniques. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 8 (2), p.104-110.
- Pillar, V. P. (1997) Multivariate exploratory analysis and randomization testing using Multiv. *Coenoses*, 12 (2-3), 145-148.
- Ratter, J. J., Ribeiro, J. F., & Bridgewater, S. (1997). The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany*, 80 (3), 223-230.
- Rohlf, F. J. (2000). *NTSYS-pc: numerical taxonomy and multivariate analysis system* (Version 2.1.) [Software]. New York: Exeter Softwamos.
- Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. (1962). The comparison of dendrograms by objective methods. *Taxon*, 11 (2), 30-40.
- Vieira, E. A., Fialho, J. F., Faleiro, F. G., Bellon, G., Fonseca, K. G., Carvalho, L. J. C. B., Silva, M. S., Paula-Moraes, S. V., Oliveira, C. M., & Denke, M. L. (2011). Characterization of sweet cassava accessions based on molecular, quantitative and

qualitative data. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 11 (3), 232-240.

Vieira, E. A., Fialho, J. F., Silva, M. S., Fukuda, W. M. G., & Faleiro, F. G. (2008). Variabilidade genética do banco de germoplasma de mandioca da Embrapa Cerrados acessada por meio de descritores morfológicos. *Científica*, 36 (1), 56-67.

Vieira, E. A., Fialho, J. F., Faleiro, F. G., Bellon, G., Fonseca, K. G., Silva, M. S., Paula-Moraes, S. V., & Carvalho, L. J. C. B. (2013). Caracterização fenotípica e molecular de acessos de mandioca de indústria com potencial de adaptação às condições do cerrado do Brasil Central. *Semina: Ciências Agrárias*, 34 (2), 567-582.

Welch, R. M. & Graham, R. D. (2002). Breeding crops for enhanced micronutrient content. *Plant and Soil*, 245 (01), 205-214.

Recebido em: 21/01/2015  
Aceito em: 20/06/2017