

SUBMETIDO 12/08/2021

APROVADO 30/11/2021

PUBLICADO ON-LINE 20/12/2021

PUBLICADO 30/06/2023

EDITORES ASSOCIADOS

Fábio Júnior Araújo Silva e

Monaliza Mirella de Moraes Andrade Cordeiro

DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id6276>

ARTIGO ORIGINAL

Diversidade genética entre etnovariedades de mandioca cultivadas no estado de Mato Grosso, Brasil

 Auana Vicente Tiago ^[1]

 Mariellen Schmith Wolf ^{[2]*}

 Eliane Cristina
Moreno de Pedri ^[3]

 Larissa Lemes dos Santos ^[4]

 Sergio Alessandro
Machado Souza ^[5]

 Ana Aparecida
Bandini Rossi ^[6]

[1] auana_bio@hotmail.com

[2] mariellen.wolf.5@gmail.com

[3] elicmbio@gmail.com

[4] larissalemes_97@outlook.com

[5] sergio.alessandro@unemat.br

[6] anabanrossi@unemat.br

Universidade do Estado de
Mato Grosso (UNEMAT), Brasil

RESUMO: O cultivo da mandioca se destaca na agricultura brasileira pelo fácil manuseio, pela adaptação edafoclimática e pelo desempenho produtivo satisfatório. Diante disso, este trabalho teve como objetivo estimar a divergência genética entre 17 etnovariedades de mandioca e selecionar, com base no desempenho agrônômico, aquelas que possam ser utilizadas em futuros programas de melhoramento genético com a espécie. As etnovariedades de mandioca foram avaliadas com base em sete descritores agrônômicos quantitativos. Estes foram submetidos à análise de variância e agrupados pelo teste de Scott e Knott, ao nível de significância de 5% de probabilidade. A técnica de análise multivariada foi empregada para avaliar a divergência genética entre as etnovariedades, baseada na distância generalizada de Mahalanobis. Todas as análises foram realizadas com auxílio do programa Genes. A análise de variância mostrou diferença significativa, pelo teste de F, e a análise de agrupamento possibilitou a detecção de variabilidade genética entre as etnovariedades de mandioca por meio de sete características quantitativas. Portanto, houve divergência genética entre as etnovariedades de mandioca com potencial de uso em futuros programas de melhoramento com a espécie.

Palavras-chave: análises biométricas; caracteres quantitativos; macaxeira; mandioca; *Manihot esculenta*.

Genetic diversity among cassava ethnovarieties cultivated in the state of Mato Grosso, Brazil

ABSTRACT: The cultivation of cassava stands out in Brazilian agriculture due to its easy handling, wide edaphoclimatic adaptation and satisfactory productive performance. In view of these advantages, this study aimed to estimate the genetic divergence among 17 cassava landraces, and select, based on agronomic performance, the landraces that could be used in future breeding programs

*Autor para correspondência.

with this species. Cassava landraces were evaluated according to seven quantitative agronomic descriptors, which were submitted to analysis of variance F test, and grouped by the Scott and Knott test at 5% probability level of significance. The multivariate analysis technique was used to assess the genetic divergence among the landraces, based on the generalized Mahalanobis distance. All the analyzes were performed by using the Genes program. The F test showed significant differences among landraces, and the cluster analysis indicated genetic variability among them for all the descriptors evaluated. Therefore, there was genetic divergence among the cassava varieties with potential uses in future breeding programs with the species.

Keywords: biometric analysis; cassava; manihot; *Manihot esculenta*; quantitative characters.

1 Introdução

A espécie *Manihot esculenta* Crantz é um arbusto pertencente à família Euphorbiaceae, sendo a única do gênero que é cultivada comercialmente em distintas regiões brasileiras (FIALHO; VIEIRA; BORGES, 2017; VENDRAMINI *et al.*, 2011). As plantas da espécie são conhecidas popularmente como mandioca, macaxeira ou aipim, de acordo com a região de cultivo (FIALHO; VIEIRA; BORGES, 2017). O Brasil se apresenta como provável centro de origem e domesticação da mandioca, sendo o local que proporciona maior diversidade biológica (LANDAU; SILVA; ROCHA, 2020).

As raízes da planta são ricas em amido, podendo ser consumidas de distintas maneiras, conforme os costumes das diferentes regiões brasileiras, por exemplo, na alimentação humana e na animal. São comercializadas na forma *in natura* ou usadas em agroindústrias de processamento e fabricação de diversos alimentos que fornecem energia para milhões de pessoas ao redor do mundo (ALMEIDA JÚNIOR *et al.*, 2016; FRANCO *et al.*, 2020; GONÇALVES *et al.*, 2019).

O cultivo da mandioca se destaca na agricultura brasileira por ser de fácil manuseio, apresentar alta produtividade e capacidade de permanecer no campo sem sofrer grandes perdas, possibilitando a venda do produto *in natura* durante o ano todo (ALMEIDA JÚNIOR *et al.*, 2016). Ela é de grande importância para o agronegócio mundial, principalmente para os agricultores familiares, que são os principais responsáveis pelo abastecimento dos mercados alimentícios, garantindo, assim, emprego e renda para muitas famílias (FAO, 2019; RIBEIRO *et al.*, 2019).

Por ser uma planta alógama, de fácil domesticação e bastante heterozigótica, a espécie é cultivada em todo o território brasileiro, propiciando ampla diversidade genética que pode originar uma variação de novos genótipos (AFONSO; ALFREDO; SERRANO, 2020; EMBRAPA, 2020). O genótipo mais produtivo e adaptativo é um dos requisitos mais utilizados pelos programas de melhoramento para o desenvolvimento de novos materiais voltados para a cultura (AGUILERA *et al.*, 2019).

O conhecimento da variabilidade genética é crucial para a garantia das práticas de melhoramento genético, visando à seleção e à determinação de novas populações desejáveis que apresentem maior resistência a estresses bióticos e abióticos (VIEIRA *et al.*, 2008). Portanto, para se conservar a variabilidade genética existente entre as distintas etnovarietades de mandioca cultivadas pelos agricultores familiares, é

necessária a caracterização do germoplasma, e um dos métodos comumente utilizados é por meio de descritores morfológicos e agrônômicos (TIAGO *et al.*, 2016).

Diante disso, objetivou-se, neste estudo, estimar a diversidade genética entre 17 etnovariedades de mandioca e selecionar, com base no desempenho agrônômico, etnovariedades para futuros programas de melhoramento genético com a espécie.

O artigo está estruturado em diferentes sessões. Na sessão 2, são apresentados os métodos utilizados para desenvolvimento do estudo. Posteriormente, na sessão 3, são apresentados os resultados provenientes das análises estatísticas para estimar a diversidade genética e discutidos os resultados com base em trabalhos científicos já publicados. Por fim, na sessão 4, expõem-se as conclusões da pesquisa.

2 Método da pesquisa

Na pesquisa, 17 etnovariedades de mandioca, cultivadas no norte do estado de Mato Grosso, no município de Alta Floresta, foram avaliadas (Quadro 1).

Quadro 1 ►

Identificação e procedência das 17 etnovariedades de mandioca.

Fonte: dados da pesquisa

Etnovariedades	Sigla	Tempo de colheita
<i>Cacau roxa</i>	AF01	12 meses
<i>Mandioca arara</i>	AF02	8 meses
<i>Mandioca cenoura</i>	AF03	7 meses
<i>Cacau branca</i>	AF04	12 meses
<i>Cacau pinheiro</i>	AF05	12 meses
<i>Mandioca pão</i>	AF06	6 meses
<i>Vassourinha</i>	AF07	6 meses
<i>Branca comum</i>	AF08	7 meses
<i>Mandioca do ano</i>	AF09	12 meses
<i>Eucalipta</i>	AF10	6 meses
<i>Branca do baiano</i>	AF11	6 meses
<i>Cacau amarela</i>	AF12	8 meses
<i>Mandioca amarela I</i>	AF13	6 meses
<i>Mandioca amarela II</i>	AF14	6 meses
<i>Frita sem cozinhar</i>	AF15	5 meses
<i>Mandioca amarela III</i>	AF16	8 meses
<i>Mandioca da Bahia</i>	AF17	8 meses

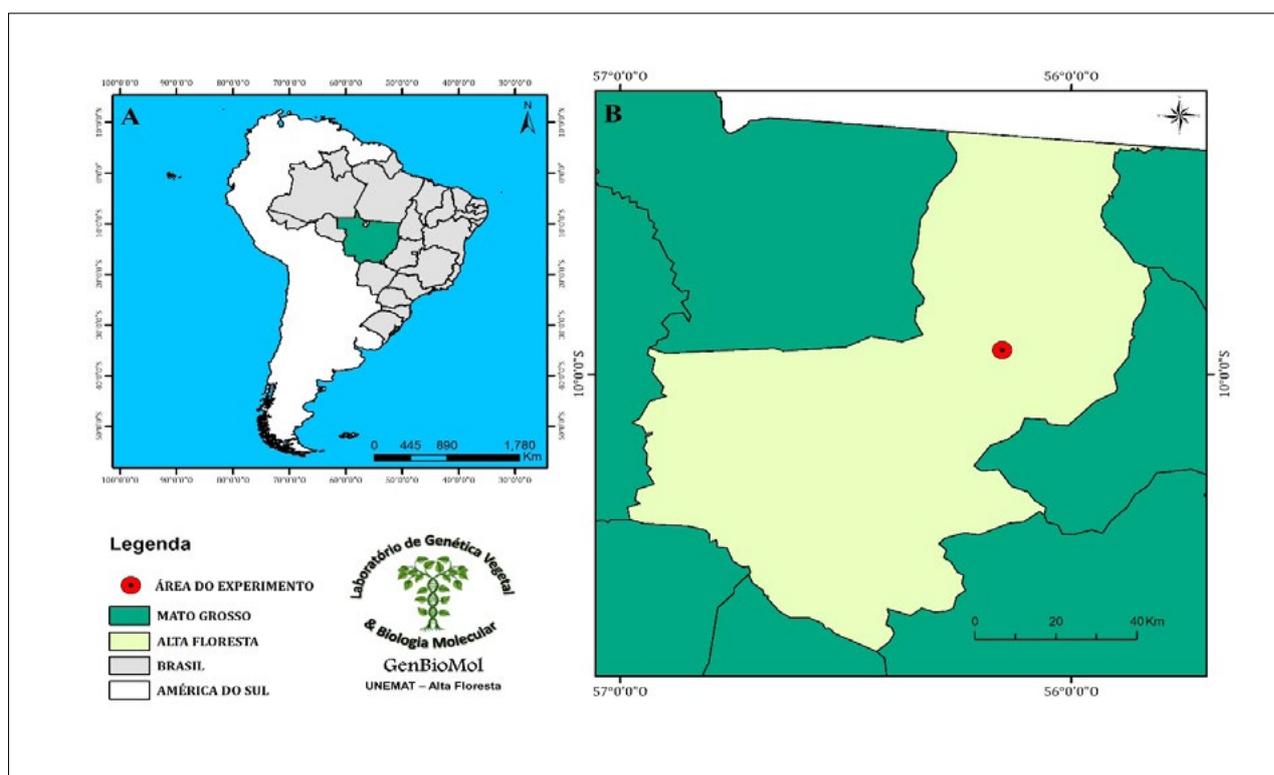
Figura 1 ▼

Localização geográfica do estado de Mato Grosso (A) e da área experimental no município de Alta Floresta (B), situado no norte do estado de Mato Grosso – Brasil.

Fonte: dados da pesquisa

O termo “etnovariedades”, utilizado nesta pesquisa, visa indicar os diversos tipos de mandioca conhecidos pelo agricultor. Portanto, define-se etnovariedades locais ou landraces como plantas ecologicamente ou geograficamente distintas devido a seleção local efetuada pelos agricultores, além da sua composição genética (BROWN, 1978).

As manivas coletadas foram plantadas no Sítio São Paulo, da Comunidade Nova Esperança, na Estrada Segunda Oeste, MT-208, na zona rural do município de Alta Floresta, no estado de Mato Grosso – Brasil (Figura 1).



O experimento foi constituído em delineamento em blocos casualizados (DBC) com 17 etnovariedades e 4 repetições. Cada repetição foi composta de uma fileira com 10 plantas, totalizando 170 plantas por bloco em espaçamento de 1,0 m entre plantas e 1,0 m entre fileiras.

Na avaliação das etnovariedades, um ano após o plantio, foram utilizados sete descritores agrônômicos quantitativos descritos por Fukuda e Guevara (1998) para a espécie *Manihot esculenta*, sendo: altura da planta (AP), altura da primeira ramificação (APR), peso da parte aérea da planta (PPA), comprimento médio da raiz (CMR), diâmetro médio da raiz (DMR), peso médio de raízes por planta (PMRP) e número médio de raízes por planta (NRP).

A análise de variância dos sete descritores agrônômicos quantitativos foi realizada com base na média de cada bloco, visando avaliar a existência de variabilidade genética significativa entre as etnovariedades. Posteriormente, para a formação dos grupos de médias entre as etnovariedades, aplicou-se o Teste de Scott e Knott (1974), ao nível de significância de 5% de probabilidade.

A técnica de análise multivariada foi empregada para avaliar a divergência genética entre as etnovariedades, baseada na distância generalizada de

Mahalanobis D_{ii}^2 (MAHALANOBIS, 1936), com posterior aplicação do método de otimização de Tocher (RAO, 1952) para agrupar os genótipos segundo suas distâncias genéticas.

A importância dos caracteres para a discriminação da divergência foi avaliada a partir da contribuição relativa de cada característica para a divergência genética, pelo método proposto por Singh (1981). As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa Genes (CRUZ, 2016).

3 Resultados da pesquisa

Tabela 1 ▼
Médias referentes ao agrupamento de Scott e Knott de 7 características quantitativas em 17 etnovariedades de mandioca avaliadas.
Fonte: dados da pesquisa

A análise de variância revelou diferença significativa, pelo teste de F ($p < 0,05$), para as características agrônômicas avaliadas, exceto para altura da primeira ramificação (APR), comprimento médio da raiz (CMR) e diâmetro médio da raiz (DMR). Dessa maneira, o comportamento diferenciado observado entre as etnovariedades aponta para a variabilidade genética existente entre o germoplasma avaliado.

A análise de agrupamento de Scott e Knott possibilitou a detecção de variabilidade genética entre as etnovariedades de mandioca por meio de sete características quantitativas, agrupando-as em até três grupos (Tabela 1).

Sigla	AP	APR	PPA	CMR	DMR	PMRP	NRP
AF01	2,91b	0,87a	3,11b	25,64a	14,29a	3,62a	9,74b
AF02	2,85b	0,61a	3,75a	24,39a	14,29a	3,16a	9,47b
AF03	2,89b	1,52a	3,76a	20,48a	12,06a	2,76a	11,72a
AF04	3,38a	0,81a	5,08a	25,15a	12,82a	3,83a	10,76b
AF05	2,99b	1,28a	3,09b	22,96a	13,52a	2,92a	9,51b
AF06	3,32a	1,41a	3,73a	25,34a	17,89a	3,57a	9,76b
AF07	2,83b	0,90a	3,13b	22,75a	13,01a	2,09a	7,44c
AF08	3,29a	1,17a	3,20b	25,35a	14,44a	2,93a	8,37c
AF09	3,12a	1,10a	3,45b	23,98a	14,13a	2,85a	7,80c
AF10	2,67b	1,00a	2,01c	22,53a	12,74a	2,16a	8,70c
AF11	3,40a	1,12a	3,46b	24,48a	13,82a	3,25a	10,00b
AF12	2,89b	1,17a	3,23b	24,35a	12,87a	2,81a	10,80b
AF13	3,01b	1,59a	4,98a	22,17a	11,93a	3,15a	12,02a
AF14	3,12a	1,24a	4,03a	21,59a	12,60a	3,01a	11,87a
AF15	2,88b	1,58a	2,76b	23,64a	14,17a	3,57a	12,32a
AF16	2,82b	0,94a	1,79c	24,63a	13,94a	1,61a	6,56c
AF17	3,16a	1,27a	4,12a	24,31a	14,09a	3,33a	10,12b

AP – Altura da planta (m); APR – Altura da primeira ramificação (m); PPA – Peso da parte aérea da planta (kg); CMR – Comprimento médio da raiz (cm); DMR – Diâmetro médio da raiz (cm); PMRP – Peso médio de raízes por planta (kg); NRP – Número de raízes por planta. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott e Knott.

A característica altura da planta (AP) formou dois grupos que diferiram estatisticamente entre si, apresentando média de 3,03 m. Resultados diferentes foram encontrados por Paz (2019), em cujo estudo com seis cultivares de mandioca a característica altura da planta apresentou a formação de três grupos distintos, com média de 1,92 m.

Na característica altura da primeira ramificação (APR), houve a formação de um único grupo, em que as etnovariedades AF15 (*Frita sem cozinhar*) e AF13 (*Mandioca amarela I*) foram as que apresentaram maior comprimento, sendo 1,58 m e 1,59 m, respectivamente, com média de 1,15 m. De acordo com Paz *et al.* (2020), muitas ramificações e a altura muito próxima ao solo podem dificultar os tratamentos culturais e a colheita. Sendo assim, as características AP e APR, avaliadas no presente estudo, apresentam grande importância para a seleção das etnovariedades, já que estão relacionadas com a arquitetura da planta.

No descritor quantitativo peso da parte aérea (PPA), observou-se diferença significativa entre as etnovariedades de mandioca, havendo a formação de três grupos distintos, com valores que variaram de 1,79 kg a 5,08 kg para as etnovariedades AF16 (*Mandioca amarela III*) e AF4 (*Cacau branca*), respectivamente. A produção da parte aérea é um fator importante para a mandiocultura, pois, além de ser utilizado na propagação da espécie, é também utilizado para a alimentação animal, por apresentar altos valores de proteínas, açúcares, vitaminas e minerais (FERNANDES *et al.*, 2017; LEONEL, 2001; SILVA *et al.*, 2011).

O CMR variou entre 20,48 cm e 25,64 cm, e o DMR, entre 11,93 cm e 17,89 cm, apresentando médias de 23,7 cm e 13,6 cm, respectivamente. Para ambas as características, as 17 etnovariedades foram alocadas em um único grupo. Assim também ocorreu com o descritor quantitativo PMRP, o qual apresentou valores que variaram entre 1,61 kg e 3,83 kg, com média de 2,97 kg.

O emprego de caracteres quantitativos na caracterização de variedades de mandioca é essencial para os melhoristas na seleção de caracteres de interesse agrônomo (SILVA, 2010). As características que agrupam as etnovariedades em apenas um grupo não são as que possuem maior relevância para os estudos de melhoramento e divergência genética, já que não apresentam diferença significativa entre si. Portanto, é importante que sejam estudadas e avaliadas para que se conheça melhor o seu potencial produtivo e os aspectos que influenciam essas características (GRIGOLO *et al.*, 2018).

No descritor quantitativo NRP, houve a formação de três grupos distintos, apresentando média de 9,82. Resultados semelhantes foram descritos por Giles (2017), que avaliou 12 genótipos de *Manihot esculenta* utilizando 12 características morfoagronômicas, o que também resultou na formação de três grupos distintos para a característica NRP, porém apresentando média de 7,95.

Na análise de agrupamento pelo método de Tocher, houve a formação de três grupos distintos, sendo que o grupo I destacou-se com o maior número de etnovariedades do que os demais (Quadro 2). Segundo Figueredo *et al.* (2019), é normal que o maior número de genótipos esteja exibido nos primeiros grupos e os com menores números ou agrupados isoladamente estejam nos outros grupos, possibilitando, assim, a identificação de genótipos geneticamente dissimilares. Esse fato pode ser observado neste estudo, uma vez que os grupos II e III apresentaram o menor número de etnovariedades.

Quadro 2 ▼

Agrupamento pelo método de Tocher das 17 etnovariedades de mandioca, com base na dissimilaridade estimada por meio da distância generalizada de Mahalanobis em relação a sete características quantitativas agrônômicas.
Fonte: dados da pesquisa

Grupos	Genótipos
I	AF03, AF14, AF12, AF05, AF17, AF11, AF08, AF02, AF10, AF09, AF01, AF16, AF06, AF07
II	AF04, AF13
III	AF15

As etnovariedades AF04 (*Cacau branca*) e AF13 (*Mandioca amarela I*), alocadas no grupo II, aparecem entre as etnovariedades de mandioca de maior destaque pela análise de Scott e Knott (Tabela 1), em relação a duas características das sete avaliadas, AP e PPA, diferindo-se apenas quanto à NRP, em que a etnovariedade AF13 também está entre as etnovariedades de maior produção de número de raízes. Para a etnovariedade AF15 (*Frita sem cozinhar*), observou-se seu isolamento no grupo III, indicando uma possível dissimilaridade comparada às demais etnovariedades avaliadas. O isolamento pode ser justificado devido ao fato de a etnovariedade se apresentar entre os grupos I e II pelo teste de médias de Scott e Knott para as características de baixa AP e PPA e alta produção de número de raízes.

Assim, observa-se que os caracteres AP, PPA e NRP podem ter influenciado o isolamento das etnovariedades AF04, AF13 e AF15 nos grupos II e III, respectivamente, diferindo-as do grupo I, no qual se encontra o maior número de etnovariedades avaliadas.

A técnica de distância de Mahalanobis permite quantificar a importância relativa de características para a diversidade genética, e, conforme Martins (2020), corresponde a medidas amplamente utilizadas em análise de agrupamento. No presente estudo, a diversidade genética estimada por meio da distância de Mahalanobis demonstra uma maior dissimilaridade entre as etnovariedades AF13 (*Mandioca amarela I*) e AF15 (*Frita sem cozinhar*), com magnitude de 38,11, enquanto a menor dissimilaridade foi detectada entre AF03 (*Mandioca cenoura*) e AF14 (*Mandioca amarela II*), com magnitude de 1,32.

A utilização de técnicas multivariadas facilita a interpretação dos dados, possibilitando sugerir cruzamentos entre indivíduos de grupos distintos, analisando a média do grupo de acordo com as características desejáveis (Tabela 2).

Tabela 2 ▼

Médias dos grupos de discriminação das etnovariedades de mandioca por meio do algoritmo de Tocher, relativas a sete características agrônômicas.
Fonte: dados da pesquisa

Características fenotípicas	Médias dos grupos (*) formados pelo algoritmo de Tocher		
	I (*)	II (*)	III (*)
AP	3,02	3,20	2,88
APR	1,11	1,20	1,58
PPA	3,28	5,03	2,76
CMR	23,77	23,66	23,64
DMR	13,84	12,38	14,17
PMRP	2,86	3,49	3,57
NRP	9,42	11,39	12,32

Para a redução do porte da planta sem perda de produtividade, sugere-se o cruzamento entre as etnovariedades dos grupos I e III (Quadro 2 e Tabela 2). Esses grupos exibiram as menores médias para a característica altura da planta, sem, contudo, comprometer a produção. Ao contrário, cruzamentos entre etnovariedades dos grupos I e II podem ser promissores se o objetivo do programa for obter plantas com maior porte (Quadro 2 e Tabela 2).

Quando se deseja obter plantas com raízes de maiores comprimentos e diâmetros, sugere-se o cruzamento entre os grupos I e III, já que esses apresentaram boa produtividade (Quadro 2 e Tabela 2).

Para a seleção de etnovariedades com base no desempenho agrônômico do PMRP e NRP, sugere-se cruzamento entre as etnovariedades dos grupos II e III, por serem mais promissoras, apresentando maior peso do que as etnovariedades do grupo I (Quadro 2 e Tabela 2).

O método de Singh (1981), utilizado para avaliar a contribuição relativa das características para a diversidade genética, demonstrou que as que mais contribuíram foram o PPA e o NRP, com 38,69% e 29,40%, respectivamente. Já as características que menos contribuíram para a diversidade genética foram o PMRP e o CMR, com 5,50% e 3,03%, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 ►

Contribuição relativa dos caracteres para diversidade genética de acordo com os critérios de Singh (1981), baseada na distância generalizada de Mahalanobis.

Fonte: dados da pesquisa

Variáveis	S.j. (%)
Altura da Planta (AP)	8,1619
Altura da primeira ramificação (APR)	5,8834
Peso da parte aérea (PPA)	38,6937
Comprimento médio da raiz (CMR)	3,0335
Diâmetro médio da raiz (DMR)	9,3118
Peso médio das raízes por planta (PMRP)	5,5063
Número médio de raízes por planta (NRP)	29,4094

S. j.: valor estimado da estatística de Singh (1981)

Diferentes resultados foram encontrados no trabalho de Pedri *et al.* (2021), ao serem estudadas 71 etnovariedades de mandioca no norte de Mato Grosso, em que o comprimento médio da raiz e o comprimento do pecíolo (65,70% e 14,44%, respectivamente) foram os descritores que mais contribuíram para a diversidade das etnovariedades. No entanto, assim como neste estudo, a variável altura da primeira ramificação também apresentou baixa contribuição relativa. Essa diferença na contribuição relativa dos descritores pode estar relacionada ao número de etnovariedades avaliadas em cada estudo, bem como às diferenças fenotípicas encontradas nos grupos de etnovariedades de mandioca avaliados.

Essa diversidade evidenciada entre as etnovariedades de mandioca deve-se ao papel que os agricultores familiares desempenham na conservação *on farm* da mandioca, pois conservam, em suas roças, distintas etnovariedades, além de promoverem a troca de material propagativo (manivas) entre si, contribuindo para o aumento da diversidade (FIGUEREDO *et al.*, 2019; TIAGO *et al.*, 2019).

4 Conclusão

Há divergência genética entre as 17 etnovariedades de mandioca cultivadas pelos agricultores familiares no município de Alta Floresta, em Mato Grosso.

As etnovariedades *Cacau roxa* (AF01) e *Cacau branca* (AF04) são potencialmente úteis para futuros programas de melhoramento genético com a espécie, pois se destacaram com maior média de produtividade de raízes.

Três grupos são sugeridos para futuros cruzamentos entre as etnovariedades de mandioca de acordo com as características desejáveis pelos agricultores. O peso da parte aérea e o número de raízes por planta foram os descritores mais importantes para a diferenciação das etnovariedades, sendo responsáveis por 68,09% da diversidade.

De acordo com as informações obtidas, podemos inferir que essas etnovariedades estão aptas para comporem estudos que visem definir períodos de colheita das etnovariedades, bem como posteriormente incorporá-las a um programa de melhoramento participativo com agricultores da região e, assim, selecionar as etnovariedades que possam satisfazer as necessidades dos agricultores e, ao mesmo tempo, conservá-las junto a seus acervos pessoais.

Financiamento

Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT).

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

AFONSO, S. D. J.; ALFREDO, T. J. C.; SERRANO, L. R. P. Diversidade genética em variedades de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) nas condições agroecológicas de Malanje. **Redel – Revista Granmense de Desarrollo Local**, v. 4, p. 527-540, 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Sandra-Afonso-4/publication/341988222>. Acesso em: 10 dez. 2020.

AGUILERA, J. G.; BARROS, P. P. V.; ZUFFO, A. M.; MARTÍNEZ, L. A.; REZENDE, J. R. M.; TAVEIRA, A. C.; MARTINS, W. C.; ABREU, M. S. Caracterização e diversidade genética de germoplasma de mandioca-de-mesa da região urbana de Chapadão do Sul, MS. In: ZUFFO, A. M.; AGUILERA, J. G.; OLIVEIRA, B. R. (org.). **Ciência em Foco**. Nova Xavantina: Pantanal Editora, 2019. Cap. 2, p. 14-29. *E-book*. DOI: <http://dx.doi.org/10.46420/9786581460006cap2>.

ALMEIDA JÚNIOR, J. J.; SANTOS, G. A.; PEROZINE, A. C.; MATOS, F. S. A.; SMILJANIC, K. B. A.; MARTINS FILHO, M. B. Custo de implantação da cultura da mandioca (*Manihot esculenta*, L), no Sudoeste goiano, município de Mineiros estado de Goiás. In: COLÓQUIO ESTADUAL DE PESQUISA MULTIDISCIPLINAR, 1.; CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA MULTIDISCIPLINAR, 1., 2016, Mineiros. **Anais [...]**. Mineiros: Unifimes, 2016. Disponível em: <https://www.unifimes.edu.br/ojs/index.php/coloquio/article/view/23>. Acesso em: 10 dez. 2020.

BROWN, A. H. Isozymes, plant population genetic structure and genetic conservation. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 52, n. 4, p. 145-157, 1978. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00282571>.

CRUZ, C. D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asagr/a/sLvDYF5MYv9kWR5MKgxb6sL/abstract/?lang=en>. Acesso em: 10 dez. 2021.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Mandioca**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/mandioca>. Acesso em: 10 dez. 2020.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Production. *In*: FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAOSTAT**: Data. 2019. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em: 21 fev. 2021.

FERNANDES, F. D.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A. Mandioca na alimentação animal. *In*: FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A.; BORGES, A. L. **Cultivo da mandioca para a Região do Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2017. p. 71-72. (Sistema de Produção, 8). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1081020>. Acesso em: 21 fev. 2021.

FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A.; BORGES, A. L. **Cultivo da mandioca para região do cerrado**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2017. 95 p. Versão eletrônica. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1081020>. Acesso em: 10 dez. 2020.

FIGUEREDO, P. E.; TIAGO, A. V.; ZANETTI, G. T.; PINTO, J. M. A.; ROSSI, A. A. B.; HOOGERHEIDE, E. S. S. Diversidade genética de mandiocas na região periurbana de Sinop, Mato Grosso, Brasil. **Revista Magistra**, v. 30, p. 143-153, 2019. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1113281>. Acesso em: 10 dez. 2020.

FRANCO, P. C. I.; FARIA, M. L.; BILCK, A. P.; SOARES, E. A. Atividade antimicrobiana e caracterização de filmes de amido de mandioca/quitosana, reforçados com fibras de cana-de-açúcar. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 8766-8779, 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/7105/6221>. Acesso em: 10 dez. 2020.

FUKUDA, W. M. G.; GUEVARA, C. L. **Descritores morfológicos e agrônômicos para a caracterização de mandioca** (Manihot esculenta Crantz). Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1998. 38 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/638631>. Acesso em: 10 dez. 2020.

GILES, J. A. D. **Estudos genéticos em populações de Coffea canephora e Manihot esculenta**. 2017. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical). – Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/handle/10/8216>. Acesso em: 10 dez. 2020.

GONÇALVES, K. Y.; LERMEN, F. H.; MATIAS, G. S.; COELHO, T. M. Modelo paramétrico para avaliar a cinética de hidratação de amido natural de mandioca. *In*: ENCONTRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 8., 2019, Campo Mourão. **Anais [...]**. Campo Mourão: EEPA, 2019. Disponível em: <http://www.dep.uem.br/gdct/index.php/simeprod/article/view/1682>. Acesso em: 10 dez. 2020.

GRIGOLO, S.; FIOREZE, A. C. C. L.; DENARDI, S.; VACARI, J. Implicações da análise univariada e multivariada na dissimilaridade de acessos de feijão comum. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 3, p. 351-360, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811711732018351>.

LANDAU, E. C.; SILVA, G. A.; ROCHA, M. S. Evolução da produção de mandioca (*Manihot esculenta*, Euphorbiaceae). In: LANDAU, E. C.; SILVA, G. A.; MOURA, L.; HIRSCH, A.; GUIMARÃES, D. P. (ed.). **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas: produtos de origem vegetal**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 2, cap. 30, p. 981-1008. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1122683/evolucao-da-producao-de-mandioca-manihot-esculenta-euphorbiaceae>. Acesso em: 21 fev. 2021.

LEONEL, M. Uso dos subprodutos da industrialização da mandioca na alimentação animal. In: CEREDA, M. P. (coord.) **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. p. 229-239.

MAHALANOBIS, P. C. On the generalized distance in statistics. **Proceedings of the National Institute of Science of India**, v. 2, n. 1, p. 49-55, Apr. 1936. Disponível em: http://library.isical.ac.in:8080/jspui/bitstream/10263/6765/1/Vol02_1936_1_Art05-pcm.pdf. Acesso em: 10 dez. 2020.

MARTINS, M. P. C. **Técnicas multivariadas na determinação da dissimilaridade genética entre populações anãs de tomateiro do tipo saladete**. 2020. 21 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/29740>. Acesso em: 10 dez. 2020.

PAZ, R. B. O. **Adubação potássica e desempenho agrônômico de cultivares de mandioca de mesa em ambiente de cerrado**. 2019. 50 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2019. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/9779>. Acesso em: 10 dez. 2020.

PAZ, R. B. O.; COSTA, C. H. M.; VIEIRA, E. A.; COELHO, M. V.; CRUZ, S. C. S.; MACHADO, L. B. Desempenho agrônômico de cultivares de mandioca de mesa em ambiente do cerrado. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n. 3, p. 37-47, 2020. Disponível em: <https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/3127>. Acesso em: 10 dez. 2021.

PEDRI, E. C. M.; SANTOS, L. L.; WOLF, M. S.; TIAGO, A. V.; CARDOSO, E. S.; HOOGERHEIDE, E. S. S.; ROSSI, A. A. B. Diversidade genética entre etnovarietades de mandioca cultivadas no norte do estado de Mato Grosso por meio de descritores morfoagronômicos. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, e25410514871, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14871>.

RAO, C. R. **Advanced statistical methods in biometrics research**. New York: Wiley, 1952. 389 p.

RIBEIRO, F. W.; RODRIGUES, C. C.; ARAÚJO, M. S.; SILVA, A. C.; MATOS, F. S. Custos de produção e rentabilidade econômica do cultivo da mandioca em Goiás. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 1, p. 104-110, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v14i1.5961>.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 1, p. 507-512, Sept. 1974. DOI: <https://doi.org/10.2307/2529204>.

SILVA, B. S. **Caracterização botânica e agrônômica da coleção de trabalho de mandioca da Embrapa Acre**. 2010. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2010. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/737056>. Acesso em: 23 out. 2021.

SILVA, M. A.; COSTA, B. M.; TAVARES, J. T.; OLIVEIRA, G. J. C.; JAEGER, S. M. P. L.; STRADA, E. S. O. Variação nos teores de compostos cianogênicos durante o processo de fenação de ramas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Magistra**, v. 23, n. 3, p. 149-153, 2011.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 41, n. 2, p. 237-245, 1981. Disponível em: <http://www.isgpb.org/documents/archive/ijgpb-41-2-010.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2020.

TIAGO, A. V.; HOOGERHEIDE, E. S. S.; PEDRI, E. C. M.; ROSSI, F. S.; CARDOSO, E. S.; PINTO, J. M. A.; PENA, G. F.; ROSSI, A. A. B. Genetic diversity and population structure of cassava ethno-varieties grown in six municipalities in the state of Mato Grosso, Brazil. **GMR – Genetics and Molecular Research**, v. 18, n. 4, gmr18357, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.4238/gmr18357>.

TIAGO, A. V.; HOOGERHEIDE, E. S. S.; ROSSI, A. A. B.; MORENO, E. C.; CABRAL, J. C.; PAULA, R. P. Descritores morfológicos na caracterização de etnovarietades de mandioca no município de Alta Floresta, MT. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 4., 2016, Curitiba. **Anais [...]**. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos, 2016. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1060047>. Acesso em: 10 dez. 2020.

VENDRAMINI, J. M.; NEVES, L. G.; BARELLI, M. A. A.; ELIAS, J. C. F.; LUZ, P. B. Otimização do uso dos descritores morfo-agronômicos de mandioca em análise multivariada. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 4, p. 906-913, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000400012>.

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.; SANTOS FILHO, M. O. S.; SILVA, K. N. Divergência genética entre acessos açucarados e não açucarados de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1707-1715, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008001200010>.