



Núcleo de Meio Ambiente
 Universidade Federal do Pará
 Rua Augusto Corrêa, 01, Guamá
 Belém, Pará, Brasil
<https://periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas>

Caio Jander Nogueira Prates

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
 caiojander@hotmail.com

Anselmo Eloy Silveira Viana

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
 ae-viana@uol.com.br

Joice Andrade Bonfim

Instituto Federal de Educação Ciência e
 Tecnologia Baiano
 joice.bonfim@ifbaiano.edu.br

Caroline Valverde Dos Santos

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
 carolinevalsan@gmail.com

Daniele de Brito Trindade

Instituto Federal de Educação Ciência e
 Tecnologia Baiano
 daniele.trindade@ifbaiano.edu.br

DIVERSIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NA CULTURA DA MANDIOCA EM FUNÇÃO DO PREPARO DE SOLO E DA ADUBAÇÃO

RESUMO: Com objetivo de determinar a diversidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em cultivo de mandioca, sob dois métodos de preparo do solo, na presença e na ausência de adubação, foi realizado um experimento na Fazenda Bomba, município de Cândido Sales, Bahia, em delineamento em blocos casualizados, com cinco repetições, em parcelas subdivididas. Nas parcelas foram alocados os métodos de preparo do solo, manual e mecanizado e nas subparcelas, os níveis de adubação, sem e com. O plantio foi realizado em novembro de 2016 e as coletas de solo e de raízes realizadas em setembro de 2017. Feita a contagem e identificação das espécies de FMA, foi determinada a riqueza de espécies, o índice de diversidade Shannon–Wiener, o índice de dominância de Simpson, a taxa de colonização radicular, além da análise química do solo. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste F, a 5% de probabilidade. Utilizou-se ainda a análise de correlação de Spearman e a Análise de Correlação Canônica. As espécies de FMA de maior incidência foram *Glomus* sp1, *Acaulospora mellea* e *Glomus macrocarpum*. Em presença de adubação foi observado maior número de esporos de *Acaulospora mellea*, maior número total de esporos e maior colonização radicular. As espécies de FMA variaram com os diferentes teores de elementos químicos no solo.

PALAVRAS-CHAVE: Esporos, *Manihot esculenta* Crantz, Micorrização, Nutrientes, Sistemas de produção.

Recebido em: 2020-04-26
 Avaliado em: 2020-07-14
 Aceito em: 2021-02-02

DIVERSITY OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN CASSAVA CULTURE IN FUNCTION OF SOIL PREPARATION AND FERTILIZATION

ABSTRACT: With objective in determine the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in cassava cultivation, under two soil tillage methods, in the presence and absence of fertilization, was performed an experiment at Fazenda Bomba, municipality of Cândido Sales, Bahia, in a randomized block design, with five repetitions, in subplots. In the plots were allocated the methods of soil preparation, manual and mechanized and in the subplots, the fertilization levels, without and with. Planting was carried out in November 2016 and soil and root collections were carried out in September 2017. Done the counting and identifying FMA species, was determined the species richness, the Shannon–Wiener diversity index, the Simpson dominance index, the root colonization rate, in addition to the chemical analysis of the soil. The data were submitted to analysis of variance by Test F, at 5% probability. It was also used Spearman correlation analysis and Canonical Correlation Analysis. The species of FMA with the highest incidence were *Glomus* sp1, *Acaulospora mellea* and *Glomus macrocarpum*. In the presence of fertilization was observed highest number of spores *Acaulospora mellea*, greater number total spores and higher root colonization. The species of FMA varied with the different levels of chemical elements in the soil.

KEYWORDS: Spores, *Manihot esculenta* Crantz, Mycorrhization, Nutrients; Production systems.

DIVERSIDAD DE HONGOS MICORRIZALES ARBUSCULARES EN CULTIVO DE YUCA EN FUNCIÓN DE PREPARACIÓN Y FERTILIZACIÓN DE SUELOS

RESUMEN: Com objetivo de determinar la diversidad de hongos micorrízicos arbusculares (AMF) en el cultivo de yuca, bajo dos métodos de labranza del suelo, en presencia y ausencia de fertilización, fue realizado un experimento en Fazenda Bomba, municipio de Cândido Sales, Bahía, en un diseño de bloques al azar, con cinco repeticiones, en parcelas subdivididas. En las parcelas fueron asignado métodos de preparación del suelo, manual y mecanizado y en subparcelas, niveles de fertilización, sin y con. La siembra se realizó en noviembre de 2016 y las recolecciones de suelo y raíces se realizaron en septiembre de 2017. Hecho un contando e identificando especies de FMA, fue determinado una riqueza de especies, el índice de diversidad de Shannon - Wiener, el índice de dominancia de Simpson, la tasa de colonización de la raíz, además del análisis químico del suelo. Los datos se sometieron al análisis de varianza por la Prueba F, con una probabilidad del 5%. También fue utilizado Análisis de correlación de Spearman y análisis de correlación canónica. La especie de Las FMA con mayor incidencia fueron *Glomus* sp1, *Acaulospora mellea* y *Glomus macrocarpum*. En presencia de fertilización fue observado mayor número de esporas *Acaulospora*

mellea, mayor número esporas totales y superiores colonización de raíces. La especie de FMA varió con los diferentes niveles de elementos químicos en el suelo.

PALABRAS CLAVES: Esporas, *Manihot esculenta* Crantz, Micorrización, Nutrientes, Sistemas de producción.

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é considerada uma planta rústica, de boa adaptação a solos de baixa fertilidade, e está presente na maioria das propriedades familiares nas diferentes regiões do Brasil, é fonte de carboidratos na alimentação humana e animal (SCHONS et al., 2009). É um dos alimentos mais importantes nos países tropicais, no Brasil é amplamente processada como farinha, que constitui alimento básico para muitas famílias (SILVA et al., 2017).

A importância social da cultura da mandioca e sua rusticidade são uns dos motivos da sustentação desse cultivo, também tem sido a causa da dificuldade de modernizar o seu plantio. Para alcançar altos níveis de produtividade é necessário introduzir modificações nos sistemas de cultivo que vão além da história tradicional (VILPOUX et al., 2017).

O sistema de cultivo manual de mandioca mais utilizado na região Sudoeste da Bahia, é caracterizado pelas operações de: limpeza da área, através do corte da vegetação, e encoivamento, seguido da queima dos restos vegetais. Nessa mesma região, o sistema de cultivo mecanizado, ainda pouco utilizado, é caracterizado pela mecanização, geralmente, por uma aração e duas gradagens. Segundo Rini et al. (2017), práticas agrícolas aplicadas em cultivo de mandioca, como o preparo mecanizado do solo e uso de fertilizantes químicos, podem influenciar a diversidade e ocorrência dos microrganismos do solo. Assim como o cultivo manual, que através do desmatamento, seguido da queima, afeta o funcionamento do ecossistema (BARRACLOUGH; OLSSON, 2018).

Plantas de mandioca apresentam sistema radicular formado por raízes

tuberosas e raízes secundárias com poucos pelos absorventes, resultando em menor superfície específica para absorção de água e nutrientes do solo (COLOZZI; NOGUEIRA, 2007). Desta forma, torna-se de grande importância a atuação dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA), pois estes atuam como extensão do sistema radicular das plantas, potencializando o desenvolvimento e produzindo aumento do crescimento, fato atribuído ao incremento na absorção de nutrientes do solo, principalmente os de baixa mobilidade, como o fósforo, e ao melhor aproveitamento do uso da água pela planta, principalmente em condições de estresse hídrico (MOREIRA et al., 2010). Para Aliyu et al. (2019) os FMA são os principais simbioses de raízes de plantas, responsáveis por aumentar a eficiência de absorção de nutrientes das culturas, tornando o agricultor menos dependente da disponibilidade ou preço de fertilizantes minerais.

Segundo Oehl et al. (2010), existem espécies de FMA que podem ocorrer em todo o mundo e em diferentes

ecossistemas terrestres, assim como outras espécies que parecem estar restritas a ecossistemas, tipos de usos da terra, vegetação ou clima.

Pouco se sabe sobre a variação da comunidade de FMA em diferentes sistemas de cultivo de mandioca e se estas formas de cultivo interferem na diversidade de espécies desses fungos. Este trabalho teve como objetivo identificar espécies de FMA associadas ao cultivo da mandioca e a taxa de colonização em diferentes preparos de solo, na ausência e na presença de adubação.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

Este experimento foi conduzido na Fazenda Bomba, situada a 15°18'11,23" de Latitude Sul e 41°17'34,29" de Longitude Oeste, no município de Cândido Sales, região Sudoeste do estado da Bahia, com altitude média de 799 m. O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw (clima tropical com estação seca), com precipitação média anual de 767,4 mm, concentrada entre os meses de

outubro a março e temperatura média anual de 20,4 °C. A vegetação é do tipo Floresta Estacional Decidual (SEI, 2013). O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo Distrófico típico, textura argilosa e relevo plano.

TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, com cinco repetições, no esquema de parcelas subdivididas. Nas parcelas foram alocados os métodos de preparo do solo, manual e mecanizado e nas subparcelas, os níveis de adubação, sem e com.

As parcelas apresentaram 12,0 m de largura e 20,0 m de comprimento, totalizando 240,0 m², com 240 plantas úteis. As subparcelas foram compostas por 12,0 de largura e 10,0 m de comprimento, totalizando 120,0 m², com 120 plantas úteis.

No preparo de solo manual, foram reproduzidas técnicas utilizadas pela maioria dos agricultores da região. O corte da vegetação foi feito

manualmente com uso de foices e facões. Posteriormente, o material roçado foi encoivarado e queimado, procedendo-se a destoca e a abertura manual das covas. No preparo de solo mecanizado, não foi realizada queima, a destoca foi feita manualmente, já as operações de aração, gradagem e abertura de sulcos foram feitas com auxílio do trator. O solo foi arado uma vez utilizando arado de discos e gradeado duas vezes, com grade niveladora. Os sulcos foram abertos com auxílio de um escarificador de quatro linhas, espaçados de 1,0 m, com profundidade de 10,0 cm.

Nos tratamentos que receberam adubação, foram aplicados superfosfato simples, na quantidade de 444,44 kg ha⁻¹, distribuídos nas covas e recobertos com uma fina camada de solo, para evitar o contato direto com as manivas. Aos 30 dias após o plantio, foi feita adubação de cobertura com 33,33 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e 88,89 kg ha⁻¹ de ureia, conforme recomendação de Nogueira e Gomes (1999). Para correção do solo dos tratamentos que receberam adubação,

foi utilizado 1.000,00 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico, antes da operação de gradagem.

A área onde o experimento foi implantado havia sido cultivada com mandioca, por seis anos consecutivos, e manteve-se em repouso por aproximadamente dez anos. Durante o período de repouso, havia no local uma mata de sucessão, conhecida regionalmente como capoeira, formada principalmente pela Mata de Cipó (transição entre a Mata Atlântica e a Caatinga), caracterizada por árvores de médio a baixo porte em que muitas destas, perdem as folhas no período seco do ano (SANTOS NETO et al. 2015).

O primeiro plantio foi realizado manualmente em novembro de 2010, adotando-se o espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,6 m entre plantas, com população de 16.666 plantas ha⁻¹, com colheita realizada em agosto de 2012. Em novembro de 2012, o experimento foi repetido na mesma área e nas mesmas condições do anterior, mantendo-se os tratamentos na mesma localização e a colheita

realizada em agosto de 2014. Da mesma forma, foi feito o terceiro plantio, realizado em novembro de 2014, com colheita em agosto de 2016. O quarto plantio foi realizado em novembro de 2016, sendo este cultivo mantido até novembro de 2017, encerrando-se os trabalhos, pela reduzida brotação das manivas em função da seca.

Para o plantio utilizou-se a variedade Platinão, muito cultivada entre os produtores da região, explorada principalmente para extração de amido e produção de farinha (VIANA et al., 2003).

COLETAS E AVALIAÇÕES

As coletas de solos e raízes para quantificação e identificação das espécies de FMA foram realizadas em setembro de 2017, quando as plantas de mandioca tinham 10 meses de estabelecimento no campo. Em cada parcela foram selecionadas três plantas de mandioca onde foi efetuada a coleta das raízes, ao redor dessas mesmas plantas, na região da rizosfera, foi realizada a coleta de solo em três

pontos, a uma profundidade de 0,20 m, com auxílio de um trado tipo caneco, adaptado de Bonfim et al. (2016). Além disso, foram coletadas amostras de solo de uma área de vegetação nativa situada a 15°18'13,09" de Latitude Sul e 41°17'32,65" de Longitude Oeste, próximo ao experimento, utilizando os mesmos critérios de coleta descrita anteriormente, como referência. Nessas amostras foi determinada a contagem e identificação das espécies de FMA.

As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas ao Laboratório de Microbiologia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia para posterior determinação dos números de esporos, identificação das espécies de FMA nos solos e avaliação de colonização micorrízica nas raízes. A extração dos esporos foi realizada seguindo a técnica descrita por Gerdemann e Nicolson (1963), onde utilizou-se 50,0 g de solo de cada amostra e solução de sacarose (50%). Os esporos foram contados utilizando um microscópio estereoscópio com aumento de 40x. Logo depois, os esporos foram colocados em lâminas

com álcool polivinil em lactoglicerol (PVLG) sob uma lamínula e uma mistura de PVLG+Reagente de Melzer (1:1). A identificação das espécies de FMAs foi feita segundo trabalhos de descrição das espécies já identificadas, além de consulta ao site da coleção internacional de FMAs (<http://invan.caf.wvu.edu>).

Após a identificação das espécies de FMA foram determinados: a riqueza de espécies (R), avaliada pelo número de espécies presentes em 50 g de solo; o Índice de diversidade Shannon–Wiener (H'), em que $H' = -\sum (p_i \ln p_i)$, onde: $p_i = n_i / N$ (número de cada espécie de FMA / N (número total de espécies); e o Índice de dominância de Simpson (Ds), determinado por, $D_s = \sum [n_i(n_i - 1) / (N(N - 1))]$.

Para determinação da colonização radicular, foi usado o método proposto por Giovannetti e Mosse (1980), onde as raízes foram lavadas e clarificadas com solução de hidróxido de potássio 10% (KOH, 10%) e solução de peróxido de oxigênio 10% (H₂O₂, 10%). Para observar as estruturas fúngicas, as raízes, após serem clarificadas, foram coradas com solução de azul de

metileno (5%). A taxa de colonização foi determinada pelo método de intersecção das linhas cruzadas.

Também foram feitas análises dos atributos químicos do solo. O pH do solo determinado por um pHmetro. Os teores de P (fósforo) e K⁺ (potássio) por extrator Mehlich. Teores de Ca²⁺ (cálcio), Mg²⁺ (magnésio) e Al³⁺ (alumínio) por extrator KCl 1 N. Já o H⁺ (hidrogênio) por extrator CaCl₂ 0,01 M. Além disso foram obtidos os valores de SB (somadas de bases), t (CTC Efetiva), T (CTC Total), V (saturação por bases), m (saturação por Al³⁺) e Matéria orgânica. O solo analisado foi obtido a uma profundidade de 0-20 cm, nos mesmos pontos de coleta do solo para extração de esporos.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos aos testes de Lilliefors e Bartlett para verificação da normalidade e homogeneidade das variâncias, respectivamente. Posteriormente, realizado as análises de variância, segundo o esquema de parcelas subdivida, utilizando-se o Teste F, a 5% de significância. Para realização dessas

análises utilizou-se o programa SAEG, versão 9.1. Foi realizada a análise de correlação de Spearman entre os atributos químicos do solo e o número de esporos das espécies de maior incidência e análise de correspondência canônica entre as espécies de FMA e atributos químicos do solo, utilizando o programa R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se no Tabela 1 que não houve diferença entre os atributos químicos do solo nos dois métodos de preparo avaliados. Foi observado alto nível de hidrogênio (H), variando de 3,74 a 4,57 cmol_c dm⁻³ e alumínio, variando de 0,80 a 0,94 cmol_c dm⁻³, solo ácido, com pH variando de 4,41 a 4,64 e, com baixos níveis para os demais atributos químicos. Os atributos químicos do solo, dificilmente são influenciados pelas formas de preparo do solo. Já o uso da adubação influenciou a maioria dos atributos químicos do solo, proporcionando aumento dos níveis de nutrientes, com exceção da CTC e matéria orgânica (MO).

Tabela 1. Atributos químicos do solo em função do preparo de solo e adubação, em Cândido Sales, Bahia, 2020.

Atributos químicos	Preparo de solo		Adubação	
	Mecanizado	Manual	Sem	Com
pH (H ₂ O)	4,64 a	4,41 a	4,18 b	4,87 a
P disponível (mg dm ⁻³)	5,30 a	4,60 a	3,10 b	6,80 a
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,15 a	0,15 a	0,11 b	0,18 a
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,83 a	0,64 a	0,29 b	1,18 a
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,58 a	0,50 a	0,25 b	0,83 a
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,80 a	0,94 a	1,30 a	0,44 b
H ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	3,74 a	4,57 a	4,82 a	3,49 b
S.B. (cmol _c dm ⁻³)	1,55 a	1,30 a	0,65 b	2,20 a
CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³)	2,35 a	2,24 a	1,95 b	2,64 a
CTC (cmol _c dm ⁻³)	6,09 a	6,81 a	6,77 a	6,13 a
V (%)	25,80 a	20,50 a	10,00 b	36,30 a
Matéria orgânica – MO (g dm ⁻³)	8,50 a	8,70 a	8,40 a	8,80 a

Médias seguidas por uma mesma letra, na linha, dentro dos dois preparos de solo e dentro da adubação NPK e calagem, não diferem entre si, pelo teste F, a 5% de significância.

S.B. (Soma de bases trocáveis) e V (Saturação de bases).

Tanto os fatores bióticos, como a espécie da planta hospedeira, quanto os fatores abióticos, como os atributos químicos do solo, por exemplo, fertilidade do solo, umidade do solo, pH, temperatura, podem influenciar a população e a diversidade de FMA no solo (RENI et al., 2017). Desta forma, as variações dos teores de nutrientes encontrado nas diferentes formas de cultivo porém influenciar na diversidade de FMA. Oehl et al. (2017) ao estudar a diversidade de FMA de 154 diferentes solos agrícolas da Suíça, com diferentes climas, altitudes, usos da terra e parâmetros do solo,

observaram a existência de espécies de FMA específicas para diferentes condições químicas e físicas do solo, assim como diferentes condições ambientais.

Nas amostras avaliadas, foram identificadas 20 espécies de FMA, pertencentes a 7 famílias e 10 gêneros, a maioria na família Glomeraceae, com total de 111,6 esporos em 50 g de solo na área experimental. As espécies de maior incidência foram *Glomus* sp1, *Glomus macrocarpum* e *Acaulospora mellea*, com 30,6, 22,2 e 20,4 esporos em 50g de solo, respectivamente (Tabela 2). Na área com vegetação

nativa também foi observado números de esporos semelhante para essas três espécies, *Glomus* sp1 (33,0), *Glomus*

macrocarpum (21,0) e *Acaulospora mellea* (20,0).

Tabela 2. Números médios de espécies de FMA (50 g de solo), Riqueza de espécies (R), Índice de diversidade de Shannon–Wiener e de dominância de Simpson em função do preparo de solo e adubação em cultivo de mandioca e número de esporos de FMA (50 g de solo) em área de vegetação nativa, em Cândido Sales, Bahia, 2020.

Espécies de FMA	Preparo de solo Mecanizado		Preparo de solo Manual		Total de esporos de FMA	Vegetação nativa
	Sem adubação	Com adubação	Sem adubação	Com adubação		
<i>Acaulospora foveata</i>	1,0	1,6	0,4	0,8	3,8	14,0
<i>Acaulospora laevis</i>	0,4	0,4	0,2	-	1,0	2,0
<i>Acaulospora mellea</i>	2,2	14,8	0,8	2,6	20,4	20,0
<i>Acaulospora scrobiculata</i>	1,2	0,4	-	-	1,6	-
<i>Acaulospora</i> sp	-	-	1,0	0,2	1,2	1,0
<i>Acaulospora tuberculata</i>	0,8	1,4	0,4	0,2	2,8	1,0
<i>Ambispora bireticulata</i>	0,8	7,0	2,0	1,6	11,4	3,0
<i>Ambispora leptoticha</i>	-	-	0,4	0,4	0,8	-
<i>Ambispora</i> sp1	0,6	0,6	0,4	1,2	2,8	-
<i>Claroideoglomus etunicatum</i>	1,4	-	0,6	1,0	3,0	15,0
<i>Dentiscutata cerradensis</i>	-	-	0,2	-	0,2	1,0
<i>Funneliformis geosporum</i>	0,8	-	-	-	0,8	2,0
<i>Gigaspora margarita</i>	0,8	-	-	-	0,8	-
<i>Glomus macrocarpum</i>	8,4	4,8	4,0	5,0	22,2	21,0
<i>Glomus</i> sp1	6,4	10,0	3,8	10,4	30,6	33,0
<i>Glomus</i> sp2	2,0	2,2	0,6	1,6	6,4	7,0
<i>Intraornatospora intraornata</i>	0,2	-	-	0,6	0,8	-
<i>Pacispora robiginia</i>	0,2	-	-	-	0,2	-
<i>Rhizophagus clarus</i>	-	-	-	0,4	0,4	-
<i>Rhizophagus fasciculatus</i>	-	-	0,2	0,2	0,4	-
Total de esporos de FMA	27,2	43,2	15,0	26,2	111,6	120,0
Riqueza de espécies	15	10	14	14	-	12
Diversidade Shannon–Wiener	2,14	1,78	2,12	1,95	-	1,98
Dominância de Simpson	0,14	0,20	0,11	0,19	-	0,16

A maior riqueza de espécies foi encontrada no preparo de solo mecanizado sem adubação, com 15 espécies, e menor variação no preparo

de solo mecanizado com adubação, com 10 espécies. O maior índice de diversidade de espécies em áreas que não foram adubadas, tanto em

preparo mecanizado (2,14), quanto em preparo manual (2,12), demonstra maior regularidade na distribuição dos indivíduos. Já o índice de dominância apresentou maiores valores nas áreas adubadas, independentemente do tipo de preparo do solo, sendo a área com preparo de solo manual com adubação com índice de 0,20 e a área com preparo do solo mecanizado com adubação com 0,19, indicando que apesar destas áreas apresentarem poucas espécies, estas tiveram um alto número de esporos. A área com vegetação nativa apresentou valores intermediários para diversidade e dominância de espécies, quando comparado com as demais áreas, mostrando um maior equilíbrio de diversidade e dominância das espécies.

Muthuraja e Muthukumar (2019), ao estudarem a associação de fungos com as raízes de mandioca, no Sul da Índia, encontraram um total de 17 espécies, em que 8 espécies foram semelhantes as encontradas no presente trabalho, onde *Acaulospora scrobiculata*, seguida do *Glomus macrocarpum*, *Gigaspora gigantea* e *Acaulospora mellea*,

respectivamente, foram as espécies de maior frequência, em solos com P variando de 4,50 a 6,07 mg dm⁻³, semelhante aos valores encontradas nesse trabalho, que variaram de 3,10 a 6,80 mg dm⁻³.

Observa-se ainda na Tabela 2 que o menor número de espécies de FMA foi encontrado no preparo mecanizado com adubação, onde foram identificadas 10 espécies, e maior número de esporos total, 43,2 esporos, sendo as espécies *Acaulospora mellea*, *Glomus* sp1 e *Glomus macrocarpum*, as mais beneficiadas com a aeração do solo, demonstrando a maior dominância dessas espécies. Segundo Lisboa et al. (2012), no plantio mecanizado, o revolvimento do solo permite o rompimento dos agregados, dando maior aeração e promovendo maior contato entre os resíduos vegetais e o solo, fator esse que pode estimular temporariamente a ação da microbiota do solo, favorecendo algumas espécies de FMA.

Por outro lado, o menor número de esporos foi encontrado no preparo manual sem adubação, sugerindo que

o uso da queima na limpeza da área, pode prejudicar a microbiota do solo, uma vez que a maioria da biomassa de FMA é encontrada nos primeiros 10 cm do solo. Barraclough e Olsson (2018), ao estudarem o efeito do corte e queima da vegetação, como limpeza da área para cultivo de milho em Madagascar, observaram diminuição drástica da comunidade de fungos micorrízicos no solo, assim como na colonização radicular de plantas nativas.

No Tabela 3, encontra-se a média de esporos das três espécies de maior

incidência e o total de esporos de FMA em relação aos preparos de solo e a adubação. O número de esporos não variou entre os preparos de solo, entretanto, quando se utilizou adubação, a espécie *Acaulospora mellea* e o total de esporos mostraram maiores valores. Gottshall et al. (2016), ao estudarem a diversidade de FMA em diferentes tipos de manejo do solo na cultura do milho, observaram as espécies do gênero *Acaulospora* como os maiores indicadores do cultivo mecanizado com adubação.

Tabela 3. Número de esporos das espécies de FMA de maior incidência em diferentes preparos de solo e adubação em cultivo de mandioca, em Cândido Sales, Bahia, 2020.

Espécies de FMA	Preparo de solo		Adubação	
	Mecanizado	Manual	Sem	Com
<i>Acaulospora mellea</i> ¹	2,30 (8,50) a	1,06 (1,70) a	0,89 (1,50) b	2,47 (8,70) a
<i>Glomus macrocarpo</i> ¹	2,36 (6,60) a	2,02 (4,50) a	2,31 (6,20) a	2,07 (4,90) a
<i>Glomus</i> sp1	8,20 a	7,10 a	5,10 a	10,20 a
Total de esporos	35,20 a	20,60 a	21,10 b	34,70 a

Médias seguidas por uma mesma letra, na linha, dentro dos dois preparos de solo e dentro da adubação NPK e calagem, não diferem entre si, pelo teste F, a 5% de significância.

¹Valores transformados para \sqrt{x} , médias destransformadas entre parenteses.

Segundo Ji e Bever (2016), o FMA tem uma possui interação com vários nutrientes do solo, principalmente com o fósforo (P). Segundo estes autores as

raízes das plantas hospedeira fixam mais carbono (C) quando associadas ao fungo, e estes ajudam no maior fornecimento de P, contudo, essa

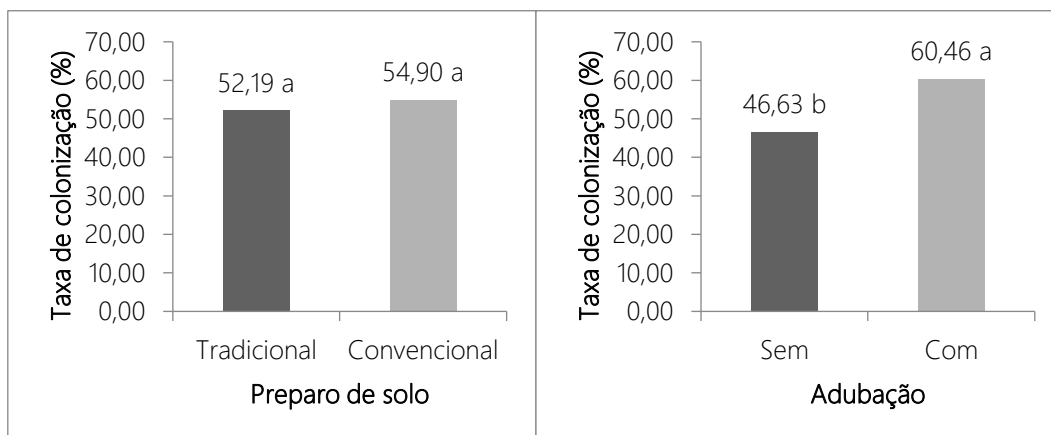
fixação diminui com o aumento da disponibilidade de P no solo, ou seja, quanto maior a quantidade de P no solo menor a fixação de C nas raízes, entretanto, para que ocorra essa associação é necessário que o solo contenha uma quantidade mínima de P, que pode variar de acordo a necessidade do fungo. No presente trabalho, observou-se que o solo não adubado apresentou P disponível de 3,10 mg dm⁻³, já com adubação, este valor foi de 6,80 mg dm⁻³, onde foi encontrado maior número de esporos para *Acaulospora mellea* e maior número total de esporos de FMA. Ou seja, essa quantidade de fósforo no solo pode ter sido o valor mínimo para que a espécie de FMA tivesse uma maior produção de esporos.

Begoude et al. (2016), ao estudarem a composição de FMA associados a adubação em uma lavoura de mandioca instalada em Camarões, observaram maior número de esporos na área não adubada, entretanto essa área apresentava 6,47 mg dm⁻³ de P disponível, valor semelhante ao deste

trabalho, quando utilizado adubação, que foi de 6,80 mg dm⁻³. Rini et al. (2017), também observaram que em uma área com P disponível de 5,87 mg dm⁻³, a quantidade de esporos de FMA foram quase duas vezes maior do que em área com 10,40 mg dm⁻³ de P, em um levantamento realizado na Tailândia. Esses estudos sugerem que pode existir uma determinada dose de fósforo que pode favorecer um maior número de esporos no solo.

A taxa de colonização radicular (Figura 1), foi maior no solo adubado, não diferindo entre os métodos de preparo. Quando se fez o uso da adubação a taxa de colonização radicular foi de 60,46%, e 46,63% quando não se utilizou calagem e adubação. Como discutido anteriormente, a quantidade de 6,80 mg dm⁻³ de fósforo encontrada na área adubada pode ter sido a dose mínima para que estimulasse uma maior produção de esporos e consequentemente maior taxa de colonização radicular.

Figura 1. Taxa de colonização micorrízica em função do preparo de solo e adubação em Cândido Sales, Bahia, 2020.



Begoude et al. (2016), ao estudarem a composição de FMA associados a diferentes cultivares de mandioca, adubação e preparo de solo, observaram diferença de colonização radicular entre as cultivares avaliadas, com maiores valores observados quando essas receberam adubação NPK, variando de 46,67% a 60%, enquanto sem adubação, a taxa de colonização foi de 26,67% a 46,67%. Nesse mesmo trabalho, os autores observaram, que as mesmas cultivares, cultivadas em outra área e utilizando as mesmas quantidades de adubo NPK, mostraram frequência de colonização radicular menor nas parcelas

fertilizadas, provavelmente em função das diferentes espécies de FMA.

Houve correlação entre a taxa de colonização micorrízica e a maioria dos atributos químicos do solo, com exceção da CTC e matéria orgânica (MO) (Tabela 4). Foi encontrada correlação positiva da colonização micorrízica com pH, P (fósforo), K⁺ (potássio), Ca²⁺ (cálcio), Mg²⁺ (magnésio), S.B. (soma de bases), CTC efetiva e V (saturação por bases). Correlação negativa da taxa de colonização radicular foi encontrada com Al³⁺ (alumínio), H (hidrogênio), CTC e m (saturação por alumínio).

Tabela 4. Coeficientes de correlação de Spearman entre os atributos químicos do solo e o número de esporos das três espécies de FMA de maior incidência, o número total de esporos e a taxa de colonização micorrízica nos diferentes preparos de solo e adubação, no cultivo de mandioca, em Cândido Sales, Bahia, 2020.

Atributos do solo	FMA				
	<i>Acaulospora mellea</i>	<i>Glomus macrocarpo</i>	<i>Glomus sp1</i>	Total de esporos	Taxa de colonização
pH (H ₂ O)	0.3720	0.0179	0.3307	0.4293	0.5421*
P disponível (mg dm ⁻³)	0.3622	-0.1694	0.3878	0.4037	0.6985**
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0.3584	-0.0346	-0.0798	0.2469	0.5956**
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0.3601	-0.0199	0.2997	0.3335	0.6116**
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0.2629	-0.1796	0.3347	0.1870	0.6387**
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	-0.3484	-0.0396	-0.2173	-0.4172	-0.6004**
H ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	-0.2180	0.2059	-0.4200	-0.3671	-0.4811*
S.B. (cmol _c dm ⁻³)	0.3262	-0.0991	0.2891	0.2641	0.6446**
CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³)	0.2759	-0.3254	0.4465*	0.1266	0.6490**
CTC (cmol _c dm ⁻³)	0.0448	0.0057	-0.3130	-0.4231	-0.0642
V (%)	0.3125	-0.1051	0.3078	0.3118	0.6275**
m (%)	-0.3314	0.0777	-0.2931	-0.3235	-0.6328**
Matéria orgânica (g dm ⁻³)	0.3085	-0.0416	-0.1308	-0.1380	0.3612

* Coeficiente de correlação significativo a 5% e ** Coeficiente de correlação significativo a 1%.

S.B. (Soma de bases trocáveis), V (Saturação de bases) e m (Saturação por alumínio).

A taxa de colonização foi influenciada pela maioria dos atributos do solo, sendo a maior taxa encontrada na correlação entre a taxa de colonização e o P disponível, com 69,85%. Segundo Liu et al. (2016), baixos teores de P no solo pode aumentar a colonização radicular e consequentemente auxiliar numa melhor absorção de outros nutrientes. Muthuraja e Muthukumar (2019), ao correlacionarem características

químicas do solo com a colonização micorrízica em raízes de mandioca, no Sul da Índia, não observaram correlação com o P, mas observaram correlação positiva com o K, que teve seu teor variando no solo de 0,18 a 0,31 cmol_c dm⁻³, sendo que no presente trabalho, mesmo dos valores menores, variando de 0,11 a 0,18 cmol_c dm⁻³, também foi encontrado correlação entre essas variáveis, demonstrando a importância de outros nutrientes no

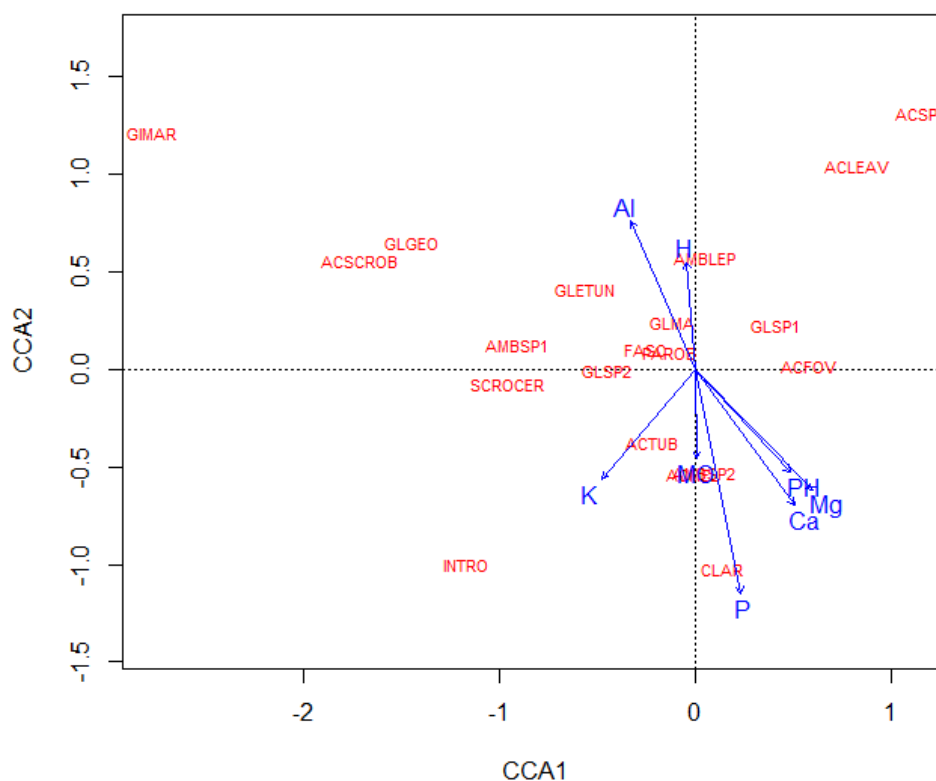
solo para associação micorrízica. Para Nicolás et al. (2015), a colonização dos FMA nas raízes de videira promoveu maior absorção de P, K e Ca, além de resultar em uma maior mobilização de reservas de amido no inverno, que possivelmente foi responsável por melhorar o desenvolvimento radicular.

Observa-se na Figura 2 que os atributos pH, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, H⁺ e MO se correlacionaram com a comunidade de espécies de FMA encontradas nos diferentes preparos de solo e adubação. A explicação total das variáveis canônicas foi de 47,39%, sendo a componente principal 1 com 27,68% e o componente principal 2 com 19,71%. O maior número de esporos das espécies, *Gigaspora margarita*, *Funneliformis geosporum*, *Acaulospora scrobiculata*, *Ambispora* sp1, *Claroideoglobus etunicatum*, *Pacispora Robiginia*, *Rhizophagus fasciculatus*, *Glomus macrocarpum* e *Ambispora leptoticha* se

correlacionaram com aumento dos valores de Al³⁺ e H⁺. As espécies *Rhizophagus clarus*, *Acaulospora mellea* e *Ambispora bireticulata* tiveram maior relação com os teores de pH, Ca, Mg, P e MO. Já as espécies *Intraornatospora intraornata* e *A. tuberculata* se relacionaram com os maiores teores de K.

Há grande variação das espécies em diferentes atributos químicos do solo com as espécies *Acaulospora mellea*, *Ambispora bireticulata*, *Intraornatospora intraornata*, *Acaulospora tuberculata* e *Rhizophagus Clarus*, que foram mais influenciadas positivamente pela adubação do que as demais espécies. De acordo a Oehl et al. (2010), as características químicas do solo e o tipo de uso podem influenciar a comunidade de FMA, com as espécies variando a depender dos teores de elementos químicos encontrado no solo.

Figura 2. Análise de correspondência canônica (CCA) entre os atributos químicos do solo e espécies de FMA encontrados no cultivo de mandioca com diferentes preparos de solo e adubação, Cândido Sales, Bahia, 2020.



Onde: Espécies de FMA: *A. foveata* (ACFOV), *A. laevis* (ACLEAV), *A. mellea* (ACMEL), *A. scrobiculata* (ACSCROB), *A. sp* (ACSP), *A. tuberculata* (ACTUB), *A. bireticulata* (AMBSP2), *A. leptoticha* (AMBLEP), *A. sp1* (AMBSP1), *C. etunicatum* (GLETUN), *D. cerradensis* (SCROCER), *F. geosporum* (GLGEO), *G. margarita* (GIMAR), *G. macrocarpum* (GLMA), *G. sp1* (GLSP1), *G. sp2* (GLSP2), *I. intraornata* (INTRO), *P. robiginia* (PAROB), *R. clarus* (CLAR) e *R. fasciculatus* (FASC).

CONCLUSÕES

O maior número de esporos de FMA foi encontrado quando utilizado o preparo mecanizado do solo, juntamente com o uso da adubação, entretanto foi o tratamento que teve a menor riqueza de espécies.

Houve maior diversidade de espécies em áreas não adubadas e

maior dominância em áreas adubadas, independente do preparo de solo.

As espécies de maior incidência na área estudada foram *Glomus sp1*, *Acaulospora mellea* e *Glomus macrocarpum*.

O uso da adubação proporcionou um maior número de esporos da espécie *Acaulospora mellea*, maior

número total de esporos de FMA e maior colonização radicular.

A maioria dos atributos químicos do solo promovem influência na colonização micorrízica radicular, sendo que os teores dos elementos químicos no solo promovem variação das espécies de FMA.

REFERÊNCIAS

- ALIYU, I. A.; YUSUF, A. A.; UYOVBISERE, E. O.; MASSOID, C.; SANDERSID, I. R. Effect of co-application of phosphorus fertilizer and in vitro-produced mycorrhizal fungal inoculants on yield and leaf nutrient concentration of cassava. **Plos One**, v.14, p.1-19, 2019. DOI: 10.1371/journal.pone.0218969.
- BARRACLOUGH, A. D.; OLSSON, P. A. Slash-and-burn practices decrease arbuscular mycorrhizal fungi abundance in soil and the roots of *Didierea madagascariensis* in the dry Tropical Forest of Madagascar. **Fire**, v.1, p.1-16, 2018. DOI:10.3390/fire1030037.
- BEGOUDE, D. A. B.; SARR, P. S.; MPON, T. L. Y.; OWONA, D. A.; KAPEUA, M. N.; ARAKI, S. Composition of arbuscular mycorrhizal fungi associated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) cultivars as influenced by chemical fertilization and tillage in Cameroon. *Journal of Applied Biosciences*, v.98, p. 9270- 9283, 2016. DOI: 10.4314/jab.v98i1.4.
- BONFIM, J. A.; VASCONCELLOS, R. L. F.; GUMIERE, T.; MESCOLOTTI, D. de L. C.; OEHL, F.; CARDOSO, E. J. B. N. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in a Brazilian Atlantic Forest Toposequence. **Microbial Ecology**, v. 71, n. 1, p. 164-77, 2016. DOI: 10.1007/s00248-015-0661-0.
- COLOZZI, A.; NOGUEIRA, M.A. Micorrizas arbusculares em plantas tropicais: café, mandioca e cana-de-açúcar. In: SILVEIRA, A.P.D.; FREITAS, S.S. (ed.) **Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental**. Instituto Agrônômico, Campinas, p.38-56, 2007.
- GERDEMANN, J.W., NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**. v.46, p.235-244, 1963. DOI: 10.1016/S0007-1536(63)80079-0.
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v.84, p.489-500, 1980. DOI: 10.1111/j.1469-8137.1980.tb04556.x.
- GOTTSHALL, C. B.; COOPERB, M.; EMERYA, S. M. Activity, diversity and function of arbuscular mycorrhizae vary with changes in agricultural management intensity. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.241, p.142-149, 2017. DOI: 10.1016/j.agee.2017.03.011.
- Jl, B.; BEVER, J. D. Plant preferential allocation and fungal reward decline with soil phosphorus: implications for

mycorrhizal mutualism. *Ecosphere*, v.7, p.1-11, 2016. DOI: 10.1002/ecs2.1256.

LISBOA, B. B.; VARGAS, L. K.; SILVEIRA, A. O. da; MARTINS, A. F.; SELBACH, P. A. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, n.1, p.45-55, 2012. DOI: 10.1590/S0100-06832012000100004.

LIU, W.; ZHANG, Y.; JIANG, S.; DENG, Y.; CHRISTIE, P.; MURRAY, P. J.; ZHANG, J. Arbuscular mycorrhizal fungi in soil and roots respond differently to phosphorus inputs in an intensively managed calcareous agricultural soil. *Scientific Report*, v.6, p.1-11, 2016. DOI: 10.1038/srep24902.

MOREIRA, F. M. de S.; FARIA, S. M. de; BALEIRO, F. de C; FLORENTINO, L. A. Bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos arbusculares em espécies florestais: avanços e aplicações biotecnológicas. In: **Biotecnologia aplicada a agricultura:** textos de apoio e protocolos experimentais. FIGUEIREDO, M. DO V. B.; BURITY, H. A.; OLIVEIRA, J. DE P.; SANTOS, C. E. DE R. S.; STAMFORD, N. P. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Instituto agrônomo de Pernambuco, 2010, p. 439-478.

MUTHURAJA, R.; MUTHUKUMAR, T. Arbuscular mycorrhizal and dark septate endophyte fungal association in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) varieties, Southern India. *Notulae Scientia Biologicae*, v.11, p.154-166, 2019. DOI: 10.15835/nsb11110397.

NICOLÁS, E.; MAESTRE-VALERO, J.; ALARCÓN, J.; PEDRERO, F.; VICENTE-SÁNCHEZ, J.; BERNABÉ, A.; FERNÁNDEZ, F. Effectiveness and

persistence of arbuscular mycorrhizal fungi on the physiology, nutrient uptake and yield of Crimson seedless grapevine. *The Journal of Agricultural Science*, v.153, p.1084-1096, 2015. DOI:10.1017/S002185961400080X.

NOGUEIRA, F. D.; GOMES, J. de C. mandioca. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª. Aproximação.** Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p. 312-313, 1999.

OEHL, F.; LACZKO, E.; BOGENRIEDER, A.; STAHR, K.; BÖSCH, R.; HEIJDEN, M. van der; SIEVERDING, E. Soil type and land use intensity determine the composition of arbuscular mycorrhizal fungal communities. *Soil Biology & Biochemistry*, v.42, p.724-738, 2010. DOI:10.1016/j.soilbio.2010.01.006.

OEHL, F., LACZKO, E., OBERHOLZER, H.-R., JANSKA, J., EGLI, S. Diversity and biogeography of arbuscular mycorrhizal fungi in agricultural soils. *Biology and Fertility of Soils*, v.53, p.777-797, 2017. DOI: 10.1007 / s00374-017-1217-x.

RINI, M. V.; SITIO, S. N. S.; HIDAYAT, K. F. Population and diversity of arbuscular mycorrhiza fungi in the rhizosphere of kasetart cassava clone grown on two different locations. *Journal of Tropical Soils*, v. 22, n. 3, p.183-189, 2017. DOI: 10.5400/jts.2017.v22i3.183-189.

SANTOS NETO, A. P.; BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; NOVAES, A. B. de, DE PAULA, A.

Produção de serapilheira em floresta estacional semidecidual e em plantios de *Pterogyne nitens* Tul. e *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake no Sudoeste da Bahia. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 633-643, 2015. DOI: 10.5902/1980509819614.

SCHONS, A.; STRECK, N. A.; STORCK, L.; BURIOL, G. A.; ZANON, A. J.; PINHEIRO, D. G.; KRAULICH, B. Arranjos de plantas de mandioca e milho em cultivo solteiro e consorciado: crescimento, desenvolvimento e produtividade. **Bragantia** v. 68, n. 1, p. 155-167, 2009. DOI: 10.1590/S0006-87052009000100017.

SEI. **Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia**. Estatística dos municípios Baianos. v. 4, 450p., 2013. Disponível em: <<http://www.sei.ba.gov.br>>. Acesso em: 15 jan 2020.

SILVA, Í. R. C. da; CARDOSO, R. de C. V.; GÓES, J. Â. W.; DRUZIAN, J. I.; VIDAL JÚNIOR, P. O. A.; ANDRADE, C. B. de. Food safety in cassava “flour houses” of Copioba Valley, Bahia, Brazil: Diagnosis and contribution to geographical indication. **Food Control**, v.72, p.97-104, 2017. DOI: 10.1016/j.foodcont.2016.07.034.

VIANA, A. E. S.; SEDIYAMA, T.; LOPES, S. C.; CECON, P. R.; SILVA, A. A. da. Estudos sobre tamanho de parcela em experimentos com mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 25, n. 2, p. 281-289, 2003. DOI: 10.4025/actasciagron.v25i2.1776.

VILPOUX, O.; GUILHERME, D. de O.; CEREDA, M. P. Cassava cultivation in Latin America. In: HERSHEY, C. H. (Ed.) **Achieving sustainable cultivation of cassava**. Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing Limited, 2017, v.1, p.149-174. DOI: 10.19103/AS.2016.0014.07.