

Diferenciação genética entre variedades de mandioca com a mesma nomenclatura coletadas na Amazônia Brasileira



ISSN 1983-0483

Fevereiro, 2017

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Amazônia Oriental
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 113

**Diferenciação genética entre
variedades de mandioca com a
mesma nomenclatura coletadas
na Amazônia Brasileira**

*Elisa Ferreira Moura
João Tomé de Farias Neto*

Embrapa Amazônia Oriental
Belém, PA
2017

Disponível no endereço eletrônico:

<https://www.embrapa.br/amazonia-oriental/publicacoes>

Embrapa Amazônia Oriental

Tv. Dr. Enéas Pinheiro, s/n.

CEP 66095-903 – Belém, PA.

Fone: (91) 3204-1000

Fax: (91) 3276-9845

www.embrapa.br

www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicação

Presidente: *Silvio Brienza Júnior*

Secretário-Executivo: *Moacyr B. Dias-Filho*

Membros: *Orlando dos Santos Watrin*

Eniel David Cruz

Sheila de Souza Correa de Melo

Regina Alves Rodrigues

Supervisão editorial e revisão de texto: *Narjara de F. G. da Silva Pastana*

Normalização bibliográfica: *Regina Alves Rodrigues*

Edição eletrônica: *Euclides Pereira dos Santos Filho*

Foto da capa: *Elisa Ferreira Moura*

1ª edição

Publicação digitalizada (2017)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Amazônia Oriental**

Moura, Elisa Ferreira.

Diferenciação genética entre variedades de mandioca com a mesma nomenclatura coletadas na Amazônia Brasileira / Elisa Ferreira Moura, João Tomé de Farias Neto. – Belém, PA : Embrapa Amazônia Oriental, 2017.

20 p : il. ; 15 cm x 21 cm. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Amazônia Oriental, ISSN 1983-0483; 113).

1. Mandioca. 2. *Manihot esculenta* 3. Diversidade genética. 4. Melhoramento Genético. I. Farias Neto, João Tomé de. II. Título. III. Série.

CDD (21. ed.) 664.23

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	10
Resultados e Discussão	13
Conclusões	18
Referências	19

Diferenciação genética entre variedades de mandioca com a mesma nomenclatura coletadas na Amazônia Brasileira

Elisa Ferreira Moura¹

João Tomé de Farias Neto²

Resumo

Os bancos ativos de germoplasma (BAG) de mandioca representam uma fonte de variabilidade genética da espécie para emprego em programas de melhoramento genético. O BAG de mandioca da Embrapa Amazônia Oriental é constituído principalmente por etnovariedades coletadas na região Norte, especificamente no Estado do Pará. No BAG, há acessos com nomes iguais dados por diferentes agricultores de diferentes locais de coleta, os quais visualmente apresentam diferenças entre si. Assim, o objetivo do trabalho foi utilizar caracteres morfológicos para mensurar a diversidade genética entre acessos de mandioca com nomes iguais, porém coletados em locais e épocas diferentes. Para isso, foram utilizados os dados de caracterização morfológica com base em oito caracteres de 30 acessos do BAG. Foi utilizado coeficiente de dissimilaridade para variáveis multicategóricas qualitativas e, a partir da matriz de distâncias, foi obtido o dendrograma pelo método UPGMA. Verificou-se que há variação genética considerável dentro dos acessos com o mesmo nome. Além disso, essas variedades não se agruparam de acordo com a sua nomenclatura no dendrograma. Assim,

¹Bióloga, doutora em Genética e Melhoramento, pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA.

²Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA.

conclui-se que as denominações dadas pelos agricultores não devem servir como base para excluir coletas em diferentes locais e que os agricultores devem ser orientados quanto à identificação das variedades recomendadas por programas de melhoramento.

Termos para indexação: *Manihot esculenta*, variedades, diversidade genética, variáveis multicategóricas discretas.

Genetic differentiation among cassava varieties with the same nomenclature collected in Brazilian Amazon

Abstract

The cassava germplasm banks (CGB) represent a source of genetic variability of the species to be used in genetic breeding programs. The CGB from Embrapa Amazônia oriental is composed mainly by landraces sampled in the North region, more specifically in the State of Pará. In the CGB, there are accessions with same names given by farmers from different collection sites but visually different from each other. Thus, the aim of this work was to use morphological characters to measure the genetic diversity among cassava accessions with same names, but sampled in different locations and times. The morphological data characterization was based on eight characters of 30 accessions from the CGB. The dissimilarity coefficient for qualitative multicategorical variables was used and a dendrogram generated based on the distance matrix and clusters formed by the UPGMA method. Results show considerable genetic variation within accessions with the same name. Furthermore, the accessions did not cluster according to the names in the dendrogram. Thus, it can be concluded that names given by farmers cannot be a parameter to exclude samples of cassava

accessions from different places and that farmers may be guided as to correctly identify landraces recommended by cassava genetic breeding programs.

Index terms: *Manihot esculenta*, landraces, genetic divergence, discrete multicategorical variables.

Introdução

Tradicionalmente, o cultivo da mandioca (*Manihot esculenta*) assume um papel importante no Brasil, tanto como fonte de alimento, quanto como gerador de emprego e renda. Há indícios de que a mandioca tenha sido domesticada ao longo da borda sul da Bacia Amazônica (OLSEN; SCHAAL, 2001; LEOTARD et al., 2009), e que provavelmente isto ocorreu a partir de espécies silvestres. Aparentemente, a espécie evoluiu como uma espécie cultivada por seleção do homem, tanto que não ocorre na forma silvestre. A propagação vegetativa da mandioca, que é sua principal forma de multiplicação, ajudou a fixar características diversificadas e distintas e a manter determinados genótipos pelos agricultores. Dessa forma, a mandioca deve boa parte de sua variabilidade genética à manutenção de diferentes etnovariedades pelos agricultores de diversas regiões. No modelo de dinâmica evolutiva da mandioca, mencionado por Sambatti et al. (2001), a manutenção de genótipos por propagação vegetativa ocorre em conjunto com a geração de novos genótipos por cruzamentos entre diferentes clones e possivelmente também por hibridação interespecífica. Os agricultores sabem diferenciar materiais gerados por semente e podem vir a selecionar os novos genótipos gerados de acordo com a sua aplicação.

Uma forma de se mensurar a variabilidade genética da mandioca é pela diversidade de nomenclaturas das etnovariedades. Os agricultores tendem a nomear as variedades de acordo com seus caracteres visuais (BOSTER, 1985; SAMBATTI et al., 2001; EMPERAIRE; PERONI, 2007), como a cor do pecíolo (exemplos: variedades “Roxinha” e “Vermelhão”), a cor do broto apical (variedades “Olho Roxo” e “Olho Verde”), a forma das gemas do caule (variedade “Zolhuda”), entre outros. Além disso, características de cozimento e palatabilidade das macaxeiras podem denominar a variedade, como nas macaxeiras/aipins “Manteiga” e “Água Morna”. As macaxeiras ou aipins são um tipo de mandioca que possui menores teores de glicosídeos cianogênicos, e

que por isso são utilizadas no consumo direto. Já foi mencionada a baixa acurácia dos agricultores na diferenciação de algumas variedades mantidas em seus próprios terrenos (SAMBATTI et al., 2001) e, como eles tendem a nomear variedades com base em poucas ou uma característica da planta, é provável que muitos genótipos distintos venham recebendo a mesma nomenclatura por diferentes grupos de agricultores em diferentes regiões.

O Banco de Germoplasma de Mandioca da Embrapa Amazônia Oriental mantém cerca de 470 acessos, a maioria deles coletados na Amazônia, mais precisamente no Estado do Pará. O BAG adota para o acesso a nomenclatura dada pelo agricultor na área de coleta, e é comum a existência de vários acessos com o mesmo nome. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi verificar se existe concordância entre os genótipos com a mesma nomenclatura utilizando caracteres de fácil mensuração e com alta herdabilidade.

Material e Métodos

Foram avaliados 30 acessos de mandioca pertencentes ao Banco Regional de Germoplasma de Mandioca da Embrapa Amazônia Oriental, localizado na sua sede, em Belém, PA. Destes acessos, 20 correspondem a mandiocas-bravas e 10 correspondem a macaxeiras ou aipins. Os acessos foram coletados em anos distintos, em diferentes locais (Tabela 1). A região possui clima tropical úmido, com temperatura média anual de 22 °C. A precipitação média anual é de 2 mil milímetros. Os materiais genéticos foram escolhidos para a análise por apresentarem nomes semelhantes dados por produtores de diferentes locais.

Tabela 1. Acessos de mandioca pertencentes ao Banco de Germoplasma da Embrapa Amazônia Oriental utilizados na análise.

Código do acesso	Acesso	Local de coleta	Ano de coleta
CPATU 060	Milagrosa 1	Desconhecido	1970
CPATU 030	Milagrosa 2	Desconhecido	1960
CPATU 344	Milagrosa 3	Santarém, Pará	2001
CPATU 257	Pretinha 1	Abel Figueiredo, Pará	2000
CPATU 258	Pretinha 2	Bom Jesus do Tocantins, Pará	2000
CPATU 261	Pretinha 3	Santarém, Pará	2001
CPATU 128	Pretinha 4	São Domingos do Capim, Pará	1993
CPATU 313	Olho Roxo 1	Santarém, Pará	2001
CPATU 158	Olho Roxo 2	Altamira, Pará	1995
CPATU 188	Olho Roxo 3	Porto Grande, Amapá	1996
CPATU 028	Olho Verde 1	Bragança, Pará	1960
CPATU 315	Olho Verde 2	Santarém, Pará	2001
CPATU 068	Olho Verde 3	Alenquer, Pará	1970
CPATU 358	Olho Verde 4	Castanhal, Pará	2001
CPATU 183	M. Manteiga 1	Pedra Branca do Amapari, Amapá	1996
CPATU 320	M. Manteiga 2	Santarém, Pará	2001
CPATU 341	M. Manteiga 3	Santarém, Pará	2001
CPATU 019	M. Manteiga 4	Ilha do Mosqueiro, Pará	1950
CPATU 280	M. Manteiga 5	Dom Eliseu, Pará	2000
CPATU 069	M. Amarela 1	Santana do Araguaia, Pará	1970
CPATU 070	M. Amarela 2	Santana do Araguaia, Pará	1970
CPATU 306	M. Água Morna 1	Santarém, Pará	2001
CPATU 307	M. Água Morna 2	Santarém, Pará	2001
CPATU 268	M. Água Morna 3	Rondon do Pará, Pará	2000
CPATU 304	Bentivi 1	Santarém, Pará	2001
CPATU 350	Bentivi 2	Santarém, Pará	2001
CPATU 033	Boi 1	Santarém, Pará	1960
CPATU 317	Boi 2	Belterra, Pará	2001
CPATU 385	Caravela 1	Castanhal, Pará	2002
CPATU 265	Caravela 2	Rondon do Pará, Pará	2000

Os acessos estão dispostos em linhas de 1,0 m x 1,0 m, com repetições de nove plantas. Os acessos vêm sendo avaliados quanto a 29 caracteres morfológicos, conforme sugerido por Fukuda e Guevara (1998), e destes, oito que são pouco influenciados pelo ambiente foram selecionados como descritores de mandioca (BIOVERSITY INTERNATIONAL, 2009). Os oito caracteres são do tipo qualitativos, de fácil mensuração e foram considerados na análise como variáveis multicategóricas discretas. Foram utilizadas as classes sugeridas pelo Bioversity, sendo adicionada a cor vermelha para cor de pecíolo. As classes fenotípicas que não tiveram nenhuma ocorrência foram retiradas da análise, reduzindo o número de classes por caráter (Tabela 2). Alguns desses caracteres foram citados como utilizados na diferenciação de variedades pelos agricultores (EMPERAIRE; PERONI, 2007).

Tabela 2. Caracteres usados como variáveis qualitativas multicategóricas discretas na caracterização de 30 acessos de mandioca do BAG da Embrapa Amazônia Oriental.

Caráter	Classes
Cor da folha apical	- verde-claro - verde-escuro - verde-arroxeadado - roxo
Forma do lóbulo central	- oblanceolada - lanceolada - linear
Cor do pecíolo	- verde-claro - vermelho - verde
Cor externa do caule	- marrom-claro - prateado - marrom-escuro
Cor externa da raiz	- branco - creme - marrom-claro - marrom-escuro
Cor do córtex da raiz	- branco ou creme - amarelo - rosa - roxo
Cor da polpa da raiz	- creme - amarela
Cor da folha desenvolvida	- verde-claro - verde-escuro - verde-arroxeadado

Os dados foram codificados para sistema binário, em que as múltiplas categorias de uma variável foram representadas por diferentes colunas da matriz, sendo 1 utilizado na classe correspondente e 0 nas demais (CRUZ, 2008). Após a codificação da matriz de dados, as dissimilaridades genéticas entre cada par de acessos foram estimadas de acordo com as seguintes informações:

a_j : número de concordâncias do tipo 1-1 para a j -ésima variável.

b_j : número de discordâncias do tipo 1-0 para a j -ésima variável.

c_j : número de discordâncias do tipo 0-1 para a j -ésima variável.

O índice de dissimilaridade ($d_{ii'}$) foi obtido pela expressão:

$$d_{ii'} = \frac{1}{v} \sum_{j=1}^v \frac{(b_j + c_j)}{(a_j + b_j + c_j)}$$

Em que v representa o número de variáveis avaliadas.

Foram consideradas duplicatas somente os materiais com distância genética igual a 0,0. Com base na matriz de dissimilaridade, o dendrograma foi obtido pelo método hierárquico da média das distâncias genéticas (UPGMA). Foi calculado o coeficiente de correlação cofenética (CCC) entre a matriz das dissimilaridades genéticas e a matriz dos valores cofenéticos, para verificar a consistência dos agrupamentos. As análises foram realizadas no programa estatístico Genes (CRUZ, 2008).

Para verificar a variação genética dentro de cada grupo de mandiocas com mais de dois acessos, foram estimadas a média e a variância das dissimilaridades genéticas entre cada par de acessos do mesmo grupo.

Resultados e Discussão

A análise de diversidade genética com variáveis multicatóricas mostrou que acessos de mandioca com o mesmo nome, coletados em diferentes locais do Estado do Pará, em épocas distintas, não correspondem necessariamente ao mesmo genótipo. As dissimilaridades

genéticas variaram de 0,0 a 1,0, com média de 0,56. Quatro pares de acessos apresentaram distâncias igual a 0,0: os pares de acessos Boi e Boi 29 e Macaxeira Amarela 1 e Macaxeira Amarela 2, além dos genótipos Pretinha 1 e M. Água Morna 1 e Pretinha 2 e M. Manteiga 3. Dois pares de duplicatas foram identificados entre uma macaxeira e uma mandioca, o que pode ter sido efeito do pequeno número de caracteres avaliados. Isso é esperado quando se avalia um pequeno número de caracteres.

Foram considerados apenas oito caracteres, correspondentes a caracteres de alta herdabilidade e de fácil identificação, procurando chegar próximo do que os agricultores utilizam na identificação e diferenciação das variedades. Além disso, a lista de descritores sugerida pelo Bioversity desconsidera muitas das classes que são consideradas por Fukuda e Guevara (1998) para alguns dos caracteres. A lista do Bioversity certamente reduz o poder de distinguibilidade entre os genótipos, além de subestimar a variação genética da mandioca, porém reduz os erros na classificação, principalmente no que se refere a caracteres associados à coloração. Mesmo assim, foi possível identificar genótipos completamente dissimilares: a variedade Macaxeira Manteiga 1 foi totalmente dissimilar ($d_{ii}' = 0,0$) das Macaxeiras Amarela 1 e 2 (consideradas iguais), assim como a variedade Milagrosa 3 foi totalmente dissimilar das variedades Olho Verde 1 e Pretinha 4 (que não são iguais, $d_{ii}' = 0,25$).

O dendrograma (Figura 1; $r = 0,71^{**}$) obtido a partir das dissimilaridades entre os 30 acessos mostra que não existe agrupamento claro de acordo com o nome das variedades. Isso indica que provavelmente as denominações foram dadas de forma independente pelos agricultores de diferentes locais e que nem sempre variedades com o mesmo nome são aparentadas. Isso também pode ser verificado pela média de distâncias por grupo de mandiocas, em que as mandiocas com nomes "Pretinha", "Olho Roxo" e "Olho Verde" apresentaram média um pouco inferior à média geral (Tabela 3), indicando pouca semelhança

entre os genótipos com mesmo nome. Sambatti et al. (2001), em levantamento realizado com produtores da região de Ubatuba, SP, verificaram que os agricultores tendem a diferenciar as variedades com base em poucos caracteres, especialmente aqueles da parte aérea da planta, e verificaram também que algumas variedades eram claramente nomeadas por caracteres visuais. Isso pode ser observado nas variedades com o nome “Olho Roxo”, em que a cor do broto apical geralmente é verde-escura ou roxa. Outras variedades com nomes menos óbvios, como “Bentivi”, também não apresentaram todos os caracteres em comum, não correspondendo ao mesmo genótipo. As duas variedades “Bentivi” foram coletadas no mesmo local (Santarém, Pará), porém de diferentes agricultores. Talvez por se basearem em poucos caracteres para nomear as variedades, os agricultores podem considerar genótipos distintos como pertencentes à mesma variedade (SAMBATTI et al., 2001).

Tabela 3. Média e variância das dissimilaridades genéticas por grupo com mais de dois acessos de mandiocas do BAG da Embrapa Amazônia Oriental.

Grupo de variedades	Média e variância de distância genética
Milagrosa	0,46 ± 0,04
Pretinha	0,54 ± 0,04
Olho Roxo	0,54 ± 0,07
Olho Verde	0,50 ± 0,006
M. Manteiga	0,52 ± 0,03
M. Água Morna	0,38 ± 0,05
Média geral	0,56 ± 0,04

O dendrograma não mostrou tendência de diferenciação entre mandiocas e macaxeiras, conforme sugerido em trabalhos com marcadores moleculares (ELIAS et al., 2004; PERONI et al., 2007). Isso pode ocorrer por causa do pequeno número de caracteres avaliados, e pelo fato de esses poucos caracteres serem controlados por poucos genes, não representando uma quantidade significativa do genoma. Entretanto, Vieira et al. (2008), ao avaliar um número bem maior de acessos de mandioca com base em caracteres quantitativos e qualitativos, também não verificaram a separação de mandiocas e macaxeiras. Há relatos de que os agricultores tendem a diferenciar os dois grupos com base em determinados caracteres (BOSTER, 1985; EMPERAIRE; PERONI, 2007), entre os quais a cor do córtex da raiz seria um deles. De fato, na amostragem avaliada no estudo, 78% das macaxeiras apresentaram córtex da raiz da cor rosa ou roxa. Entretanto, 16% das mandiocas-bravas também apresentaram essa característica, mostrando que não se trata de um marcador muito consistente. A distinção pelos agricultores entre macaxeiras e mandiocas deve variar de acordo com a região de ocorrência ou entre comunidades e, por isso, a baixa consistência quanto a um marcador. No entanto, isso merece ser investigado em estudos mais detalhados.

O uso de oito descritores, apesar de ser considerado pouco frente ao que vem sendo utilizado na caracterização da mandioca (FUKUDA; GUEVARA, 1998; VIEIRA et al., 2008), mostrou-se adequado para distinguir as variedades com a mesma denominação, já que apenas dois pares de acessos com o mesmo nome tiveram $d_{ij} = 0,0$ de dissimilaridade genética e houve acessos que não compartilharam nenhum dos caracteres, tendo $d_{ij} = 1,0$ de dissimilaridade.

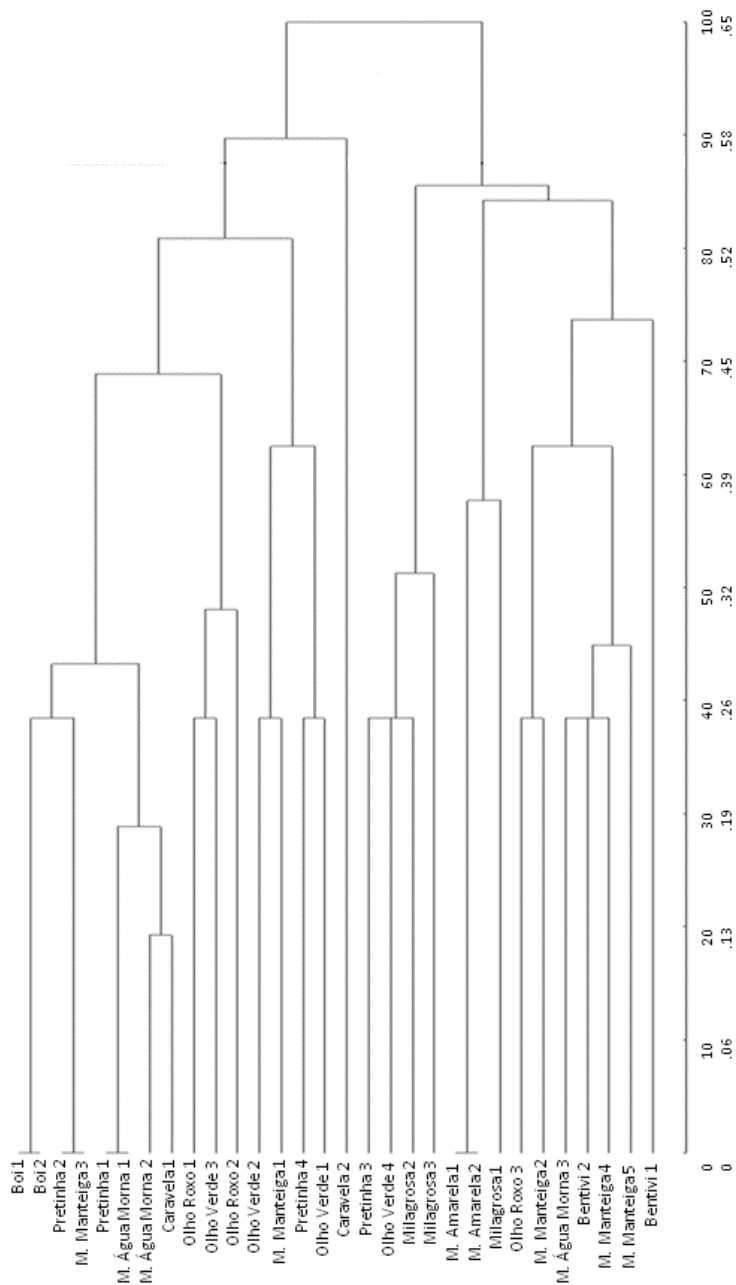


Figura 1. Dendrograma entre 30 acessos de mandioca pertencentes ao BAG de mandioca da Embrapa Amazônia Oriental, obtido a partir de oito caracteres considerados como variáveis multicategóricas discretas. O valor cofenético do dendrograma foi igual a 0,71.

Conclusões

O trabalho mostra que não se pode confiar somente na nomenclatura designada pelos agricultores, sendo importante a caracterização por meio de marcadores morfológicos de alta herdabilidade para diferenciar materiais. Isso é importante quando se considera a coleta de materiais em diferentes locais para composição de bancos de germoplasma.

O descarte de materiais duplicados com base na nomenclatura deve ser evitado, sendo necessária uma caracterização prévia antes de se descartar a coleta. Além disso, o uso de nomes semelhantes para genótipos distintos por agricultores de uma mesma região deve ser considerado ao se realizar a recomendação de uma variedade, sendo importante não menosprezar o treinamento dos agricultores em identificar a variedade que foi recomendada.

Referências

BIOVERSITY INTERNATIONAL. **Key access and utilization descriptors for cassava genetic resources**. Rome, 2009. Disponível em: http://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/publications/pdfs/1314.pdf >. Acesso em: 20 dez. 2016.

BOSTER, J. S. Classification, cultivation, and selection of Araguaçu cultivars of *Manihot esculenta* (Euphorbiaceae). **Advances in Economic Botany**, v. 1, n. 1, p. 34-47, 1985.

CRUZ, C. D. **Programa GENES: diversidade genética**. Viçosa: Editora UFV, 2008. 278 p.

ELIAS, M.; MÜHLEN, G. S.; McKEY, D.; ROA, A. C.; THOME, J. Genetic diversity of traditional South American landraces of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) an analysis using microsatellites. **Economic Botany**, v. 58, n. 2, p. 242-256, 2004.

EMPERAIRE, L.; PERONI, N. Traditional management of agrobiodiversity in Brazil: a case study of manioc. **Human Ecology**, v. 35, p. 761-768, 2007.

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. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Documentos, 78).

LÉOTARD, G.; DUPUTIÉ, A.; KJELLBERG, F.; DOUZERY, E. J. P.; DEBAIN, C.; GRANVILLE, J. J.; MCKEY, D. Phylogeography and the origin of cassava: new insights from the Northern rim of the Amazonian basin. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 53, p. 329-334, 2009.

OLSEN, K. M.; SCHAAL, B. A. Microsatellite variation in cassava (*Manihot esculenta*, Euphorbiaceae) and its wild relatives: further evidence for a Southern Amazonian origin of domestication. **American Journal of Botany**, v. 88, n. 1, p. 131-142, 2001.

PERONI, N.; KAGEYAMA, P. Y.; BEGOSSI, A. Molecular differentiation, diversity, and folk classification of "sweet" and "bitter" cassava (*Manihot esculenta*) in Caiçara and Caboclo management systems (Brazil). **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 54, p. 1333-1349, 2007.

SAMBATTI, J. B. M.; MARTINS, P. S.; ANDO, A. Folk taxonomy and evolutionary dynamics of cassava: a case study in Ubatuba, Brazil. **Economic Botany**, v. 55, n. 1, p. 93-105, 2001.

VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; SILVA, M. S.; FUKUDA, W. M. G.; FALEIRO, F. G. Variabilidade genética do banco de germoplasma de mandioca da Embrapa Cerrados acessada por meio de descritores morfológicos. **Científica**, v. 36, n. 1, p. 56-67, 2008.



Amazônia Oriental

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



CGPE 13328