



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE DE COMPONENTES AGRONÔMICOS E FÍSICO-QUÍMICOS DE FEIJÃO-MACUCO (*Pachyrhizus* spp.) EM TERRA FIRME E VÁRZEA NA REGIÃO METROPOLITANA DE MANAUS-AM

EDINEI SANTOS DA SILVA

MANAUS, AM

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

EDINEI SANTOS DA SILVA

INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE DE COMPONENTES AGRONÔMICOS E FÍSICO-QUÍMICOS DE FEIJÃO-MACUCO (*PACHYRHIZUS* SPP.) EM TERRA FIRME E VÁRZEA NA REGIÃO METROPOLITANA DE MANAUS-AM

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Faculdade de Ciências Agrárias - UFAM, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Agronomia Tropical, área de concentração Produção Vegetal.

Orientador: Dr. André Luiz Atroch

MANAUS, AM

2019

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S586i Silva, Edinei Santos da
Interação genótipo x ambiente de componentes agronômicos e físico-químicos de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) em terra firme e várzea na região metropolitana de Manaus-Am / Edinei Santos da Silva. 2019
81 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: André Luiz Atroch
Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Hortaliça negligenciada. 2. Segurança alimentar. 3. Diversidade. 4. Planta alimentícia não convencional. 5. Hortaliça tuberosa. I. Atroch, André Luiz II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

Folha de aprovação com membros da banca

EDINEI SANTOS DA SILVA

INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE DE COMPONENTES AGRONÔMICOS E FÍSICO-QUÍMICOS DE FEIJÃO-MACUCO (*Pachyrhizus* spp.) EM TERRA FIRME E VÁRZEA NA REGIÃO METROPOLITANA DE MANAUS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como requisitos parciais para obtenção do título de Doutor em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

Aprovada em 28 de fevereiro de 2019

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. André Luiz Atroch, Presidente
Embrapa Amazônia Ocidental



Prof. Dr. Aldenir de Carvalho Caetano, Membro
Instituto Federal do Amazonas - CMZL



Prof. Dr. Rinaldo Senna Fernandes, Membro
Instituto Federal do Amazonas - CMZL



Prof. Dr. Aildo da Silva Gama, Membro
Instituto Federal do Amazonas - CMZL



Prof. Dra. Rosana Antunes Palheta, Membro
Instituto Federal do Amazonas - CMZL

Ofereço

A **Deus**, que sempre esteve comigo nessa longa jornada,
permitindo esta vitória em minha vida.

Dedicatória

Aos meus pais, Raimunda Santos da Silva e Jaime de Souza e Silva,
pelos cuidados ofertados, por serem meus maiores
incentivadores na luta por um futuro melhor.
A todos meus irmãos, pelo carinho, ajuda, união e por
compartilharem comigo os
grandes momentos de minha vida.

Agradecimentos

À Universidade Federal do Amazonas, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, pela oportunidade e apoio concedidos para realização do doutorado.

À Embrapa Amazônia Ocidental

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Dr. André Luiz Atroch, meu orientador pela orientação

Ao Dr. César Augusto Ticona Benavente, pela colaboração referente a estatística.

Ao Dr. Rogério Souza de Jesus por disponibilizar o laboratórios e equipamentos para realização das análises.

À técnica Maria Aparecida F. Bitencourt pelo apoio durante as análises de laboratório.

Aos amigos Eliésio Melo de Vasconcelos (Mestre em Agricultura no Trópico Úmido), Victor Silva Sidrim (Bacharel em Farmácia) e Ivan Silva Sidrim (Bacharel em Administração) pelas contribuições durante a execução do experimento em campo.

Sumário

LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xi
1. Introdução Geral	13
Referências Bibliográficas	14
CAPÍTULO I	16
2. Revisão de literatura.....	17
2.1 Taxonomia, Origem e Distribuição	17
2.1.2 <i>Pachyrhizus tuberosus</i> (Lam.) Spreng.	17
2.1.3 <i>Pachyrhizus erosus</i> (L.) Urban.....	19
2.1.4 <i>Pachyrhizus ahipa</i> Weddi.	21
2.1.5 <i>Pachyrhizus ferrugineus</i> (Piper) M.....	22
2.1.6 <i>Pachyrhizus panamensis</i> Clausen	23
2.2 Principais pragas e doenças que atacam o gênero <i>Pachyrhizus</i>	23
2.3 Composição físico-química de raízes tuberosas de <i>Pachyrhizus</i> spp.....	24
2.4 Composições químicas e toxicidade das sementes de <i>Pachyrhizus</i> spp.	25
2.5 Importância socioeconômica do feijão-macuco	25
2.6 Nodulação e Fixação de nitrogênio.....	25
2.7 Produção de farinha e extração de amido.....	26
2.8 Uso alimentício de <i>Pachyrhizus</i> spp.	28
2.9 Práticas de cultivo e colheita.....	29
2.10 <i>Pachyrhizus</i> spp. no Brasil.....	30
2.11 Formação do banco de germoplasma de feijão-macuco (<i>Pachyrhizus</i> spp.) do INPA	30
2.12 Melhoramento Genético de feijão-macuco (<i>Pachyrhizus</i> spp.)	31
2.13 Interação Genótipo x Ambiente	32
2.14 Adaptabilidade e Estabilidade.....	34
2.15 Método de decomposição da interação GxE.....	35
2.16 Principais ambientes agrícolas da Amazônia Brasileira.....	35
2.16.1 Ambiente de várzea.....	35
2.16.2 Ambientes de Igapó.....	36
2.16.3 Ambiente de terra firme	36
Referências Bibliográficas	37
Objetivos	46
CAPÍTULO II	47
Resumo	48
Abstract	49

Introdução.....	50
Material e Métodos	51
Resultados e Discussão.....	54
Conclusões.....	61
Agradecimentos	61
Referências Bibliográficas	61
CAPÍTULO III	64
Resumo	65
Abstract.....	66
Introdução.....	67
Material e Métodos	68
Resultados e Discussão.....	73
Conclusões.....	81
Considerações Gerais	81
Agradecimentos	82
Referências Bibliográficas	82
Anexos	86

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I

Figura 1. Parte aérea de feijão-macuco.....	16
Figura 2. Raiz tuberosa de feijão-macuco.....	16
Figura 3. Flores brancas de feijão-macuco.....	17
Figura 4. Flores roxas de feijão-macuco.....	17
Figura 5. Vagens de feijão-macuco.....	17
Figura 6. Raiz tuberosa de feijão-macuco.....	27
Figura 7. Produção de farinha de raízes tuberosas de feijão-macuco.....	27
Figura 8. Raiz tuberosa de feijão-macuco processada em triturador de casa de farinha.....	27
Figura 9. Extração de amido de raiz tuberosa de feijão-macuco.....	27
Figura 10. Torrefação de farinha de raízes tuberosas de feijão-macuco.....	10
Figura 11. Peneiração de farinha de raízes tuberosas de feijão-macuco.....	11
Figura 12. Natureza da interação genótipo x ambiente em três situações.....	33

Capítulo II

Figura 1. Estação experimental Alejo von der Pahlen, Km 14, Manaus-Am. Terra firme.....	47
Figura 2. Estação experimental do Ariaú, Iranduba-Am. Várzea.....	47
Figura 3. Desenho da distribuição dos genótipos nas parcelas para o estudo do desempenho agrônômico, adaptabilidade e estabilidade de 64 genótipos de feijão-macuco (<i>Pachyrhizus</i> spp.) em várzea e terra firme na região metropolitana de Manaus.....	53
Figura 4. Raízes tuberosas de feijão-macuco (<i>Pachyrhizus</i> sp.) lavadas e prontas para as avaliações biométricas.....	54
Figura 5. Raiz tuberosa de feijão-macuco (<i>Pachyrhizus</i> sp.) submetida às avaliações biométricas.....	54

Capítulo III

Figura 1. Entrada da estação experimental de hortaliças Alejo von der Pahlen, Km 14, Manaus-Am.....	65
Figura 2. Cultivo de feijão-macuco na estação experimental Alejo von der Pahlen, Km 14, Manaus-Am.....	65
Figura 3. Desenho da distribuição dos genótipos nas parcelas para o estudo do desempenho agrônômico e físico-químico de 20 genótipos de feijão-macuco (<i>Pachyrhizus</i> spp.) nas safras 2017 e 2018 na terra firme.....	69
Figura 4. Vagens maduras de feijão-macuco (<i>Pachyrhizus</i> sp.) adequadas para colheita.....	70
Figura 5. Raiz tuberosa de feijão-macuco (<i>Pachyrhizus</i> sp.) aos seis meses de cultivo.....	70
Figura 6. Raízes tuberosas de feijão-macuco (<i>Pachyrhizus</i> sp.) fatiadas.....	71
Figura 7. Raízes tuberosas trituradas e conservadas em frascos.....	71

LISTA DE TABELAS

Capítulo I

Tabela 1. Distribuição geográfica, característica morfológica de grupos de chuins, ashipas e jíquimas de <i>Pachyrhizus tuberosus</i>	15
Tabela 2. Caracteres morfológicos dos subgrupos das ashipas e chuines de <i>Pachyrhizus tuberosus</i>	16

Capítulo II

Tabela 1. Precipitação acumulada/mensal e variação na temperatura em terra firme (Manaus-Am) e várzea (Iranduba-Am).....	52
Tabela 2. Características químicas do Argissolo Vermelho Amarelo da área do experimental na Estação Experimental de Hortaliças Alejo Von Der Pahlen-INPA, em Manaus, AM.....	52
Tabela 3. Análise da variância de características agrônômicas de 64 genótipos de feijão-macuco (<i>Pachyrhizus</i> spp.) cultivados em Várzea (Iranduba) e Terra firme (Manaus). 2016.....	56

Tabela 4. Decomposição da soma de quadrados da interação GxE de 64 genótipos de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) cultivados em Várzea (Iranduba) e Terra firme (Manaus). 2016.....57

Tabela 5. Médias dos caracteres agronômicas dos 64 genótipos de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) cultivados em Várzea (Iranduba) e Terra firme (Manaus). 2016.....59

Capítulo III

Tabela 1. Precipitação acumulada e variação na temperatura nos anos de 2017 e 2018 na cidade de Manaus-AM.....68

Tabela 2. Características químicas do Argissolo Vermelho Amarelo da área do experimental na Estação Experimental de Hortaliças Alejo Von Der Pahlen-INPA, em Manaus, AM. Safras 2017 e 2018.....69

Tabela 3. Análise da variância de características agronômicas de 20 genótipos de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.). Safra 2017 e 2018. Manaus-AM.....73

Tabela 4. Decomposição da soma de quadrados da interação GxE de caracteres agronômicos de 20 genótipos de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.). Manaus Anos 1 e 2 (2017 e 2018).....75

Tabela 5. Médias das safras 2017 e 2018 dos caracteres agronômicos de 20 genótipos de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.).....76

Tabela 6. Análise da variância da composição físico-química de 20 genótipos de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) na safra 2017 e 2018. Manaus-AM.....77

Tabela 7. Decomposição da soma de quadrados da interação GxE de caracteres centesimais de 20 genótipos de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.). Manaus. Anos 1 e 2 (2017 e 2018).....78

Tabela 8. Médias das safras 2017 e 2018 dos caracteres centesimais de 20 genótipos de feijão macuco (*Pachyrhizus* spp.).....79

1. Introdução Geral

O feijão-macuco ou jacatupé (*Pachyrhizus* spp. Fabaceae) é uma cultura tradicional da Amazônia (SØRENSEN, 1996). Suas raízes tuberosas são comestíveis e nutritivas com produtividade de até 108 t/ha, desde que tutoradas e podadas as inflorescências (NODA et al., 1984; SILVA et al., 2016). Apesar destas qualidades, o cultivo não se popularizou ficando restrito às populações tradicionais amazônicas (MELO e BUENO, 1999), com tendência à extinção.

As raízes tuberosas do feijão-macuco se diferenciam das demais raízes tuberosas (*Manihot esculenta*, 2,46 %; *Dioscorea* sp., 2,0 %) por apresentarem maiores teores de proteínas (até 15,15 %) (PHILLIPS-MORA et al., 1993; VASCONCELOS et al., 2018), e por serem suculentas, levemente adocicadas e crocantes, permitindo seu consumo *in natura*, como se fossem frutas, como exemplo da maçã.

Paradoxalmente, as sementes, embora muito ricas em proteína (KISAMBIRA et al., 2015) são tóxicas com teores significativos de rotenona e vários tipos de isoflavonóides (BOLATO et al., 1985; MAGALHÃES et al., 1992). Por esta razão elas têm sido utilizadas tradicionalmente como piscicidas, facilitando a despesca manual (BALBIN et al., 2005). Este fato tem motivado os pesquisadores a fazerem testes no controle de pragas e doenças, e no tratamento de câncer, em doses controladas (ESTRELLA-PARRA et al., 2014). Os resultados são promissores, e mostram ação inseticida, fungicida, acaricida e anticâncer (PEÑA et al., 2013).

O Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) desde 1975 tem realizado esforços para manter um banco de germoplasma visando a conservação da variabilidade genética e posteriormente o melhoramento genético (WEIGEL et al., 1981). Os primeiros acessos foram coletados pelo Dr. Warwick Kerr, em dois locais, o primeiro, maior parte, era de Mato Grosso da tribo Nhambiquara, cujas flores eram brancas, a outra, menor parte, estava composta por três acessos vindos da Colômbia, cujas flores eram roxas (Anexo III). O primeiro grupo acreditou-se ser *Pachyrhizus tuberosus*, e o segundo, *Pachyrhizus erosus*. Testes iniciais desses acessos locais e estrangeiros mostraram que haveriam ocorrido cruzamentos entre ambos (NODA, 1979). O segundo grupo de introdução era composto de 18 acessos coletados pelo interior da Amazônia, e apresentou tanto flores brancas como roxas (SILVA-FILHO, et al., 1997). Anos mais tarde o próprio Dr. Kerr afirmava que os germoplasmas do INPA devem ser uma mistura entre *P. erosus* e *P. tuberosus* (Anexo III). Finalmente o Dr. Hiroshi Noda recebeu

material de Lavras-MG em 1989, cujas flores eram roxas e sementes pretas e beges, onde os primeiros seriam *P. tuberosus* e os segundos, *P. erosus* (Anexo I, II e IV).

Desde aquele tempo o banco de germoplasma do INPA tem conservado este material, porém houve a perda da identificação original devido a variabilidade de cores nas flores e nas sementes observada na seleção dentro dos acessos. Isto tem levado, aos atuais 64 genótipos (Anexo IV). Um estudo de diversidade desse material genético foi realizado por Silva et al. (2016), mas para popularizar seu cultivo no Amazonas é preciso que sejam testados em terra firme e, principalmente, em ambientes de várzea, por serem solos mais férteis da Amazônia.

Este trabalho testou os 64 genótipos em ambos ambientes, avaliando seu desempenho agrônomico dos caracteres produtividade e adaptabilidade de raízes tuberosas e número de raízes por planta, sem poda das inflorescências sendo selecionados os mais promissores para terra firme e várzea (Capítulo II), na sequência foram selecionados os 20 genótipos mais produtivos, os quais foram testados os seus caracteres agrônomicos e determinada a composição físico-química das raízes tuberosas, onde foram selecionados aqueles com melhor desempenho considerando seus caracteres agrônomicos e centesimais para o ambiente de terra firme (Capítulo III).

Referências Bibliográficas

BALBIN, I.O.; VASQUEZ, O.D.; CARHUANCA, K.M.; SORENSEN, M.; KVIST, L.P. **El cultivo de Chuin**: uma alternativa para la seguridad alimentaria y reuperación de suelos degradados em la Amazonia Peruana. Biblioteca Nacional Del Perú n° 2005-6878. 2005.

BOLATO, C.A.; MAGALHÃES, E.G.; VÁLIO, F.M. Rotenóides de *Pachyrrhizus*. In: **Resumos da 37ª Reunião Anual da SBPC. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, Belo Horizonte**. 1985. 508p.

ESTRELLA-PARRA, E.A.; GOMEZ-VERJAN, J.C.; GONZALEZ-SANCHEZ, I.; VAZQUEZ-MARTINEZ, E.R.; VERGARA-CASTANEDA, E.; CERBON, M.A. et al. **Rotenone isolated from *Pachyrrhizus erosus* displays cytotoxicity and genotoxicity in K562 cells**. Natural Product Research. 28: 1780-1785. 2014.

KISAMBIRA, A.; MUYONGA, J.H.; BYARUHANGA, Y.B.; TUKAMUHABWA, P.; TUMWEGAMIRE, S.; GRÜNEBERG, W.J. **Composition and Functional Properties of Yam Bean (*Pachyrrhizus* spp.)**. Seed Flour. Food and Nutrition Sciences. 6:736-746. 2015.

MAGALHÃES, A.F., SALES, B.H.L.N., MAGALHÃES, E.G., VALIO, F.M. Flavonoids and 3-phenylcoumarins from the seed of *Pachyrrhizus tuberosus*. Phytochemistry, 31, 1831e1832. 1992.

MELO, Z.deO.; BUENO, C.R. **Teores de carboidratos, proteínas e aminoácidos livres durante o desenvolvimento de raízes tuberosas do feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.), em área de várzea, Amazonas, Brasil** . Acta Amazonica, 29(2):173-181. 1999.

NODA, H. Potencialidade da cultura do feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus*). In: PAHLEN, A.; KERR, W. E., (org.). **Introdução à horticultura e fruticultura no Amazonas**. Manaus: CNPQ /INPA/SUFRAMA, p.58-65. 1979.

NODA, H.; PAIVA, W.O.; BUENO, C.R. **Hortalças da Amazônia**. Ciência Hoje, v. 3, n. 13, p. 32-37. 1984.

PEÑA, A.M.R.; RENARD, C.M.G.C.; WICKER, L; ESQUIVEL, J.C.C. **Advances and perspectives of *Pachyrhizus* spp. in food science and biotechnology (Avanços e perspectivas de *Pachyrhizus* spp. em ciência de alimentos e biotecnologia)**. Trends in Food Science & Technology 29:44-54. 2013.

PHILLIPS-MORA, W; MORERA, J.; SORENSEN, M. **Unidad de Recursos Genéticos**. Programa de Agricultura Sostenible, University of Denmark, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 83p. 1993.

SILVA FILHO, D.F.; NODA, H.; PAIVA, W.O.; YUYAMA, K.; BUENO, C.R.; MACHADO, F.M. Hortalças não-convencionais nativas e introduzidas na Amazônia. In: NODA, H; SOUZA, L.A.G.; FONSECA, O.M. **Dois Décadas de Contribuições do INPA à Pesquisa Agrônoma no Trópico Úmido**. Manaus: INPA, 1997. 332p.

SILVA, S.E; SILVA FILHO. F.D; TICONA-BENAVENTE, A.C. **Diversity of yam bean (*Pachyrhizus* spp. Fabaceae) based on morphoagronomic traits in the Brazilian Amazon**. Acta Amazônica, 46: 233-240. 2016.

SØRENSEN, M. **Yam Bean**.: Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops, 2., Rome, International Plant Genetic Resource Institute. 1996. 141p.

VASCONCELOS, E.M.; SILVA-FILHO, D.F.; TICONA-BENAVENTE, C.A. **Estudo da interação genótipo x ambiente da composição físico-química de raízes de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) na Região Amazônica**. Dissertação (Mestrado) - Manaus, INPA, 2018. 53p.

WEIGEL, P.; BUENO, C.R.; CLEMENT, C.R.; ALVES, M.L.; RANZANL, G.; AEAKAWAL, N.; HARWOOD, J. **O Departamento de Ciências Agrônomicas**. ACTA AMAZÔNICA 11(1):25-37. 1981.

CAPÍTULO 1

Silva, E.S.; Atroch, A.L. 2019. **Revisão de literatura do feijão-macuco (*Pachyrhizus spp.*)**.



Figura 1. Parte aérea de feijão-macuco.
Fonte (SILVA et al., 2015).



Figura 2. Raiz tuberosa de feijão-macuco.
Fonte (SILVA et al., 2015).



Figura 3. Flores brancas de feijão-macuco. Fonte (SILVA et al., 2015).



Figura 4. Flores roxas de feijão-macuco. Fonte (SILVA et al., 2015).



Figura 5. Vagens de feijão-macuco. Fonte (SILVA et al., 2015).

2. Revisão de literatura

2.1 Taxonomia, Origem e Distribuição

O feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) pertence à família botânica Fabaceae Lindl., na qual, estão incluídos cerca de 727 gêneros e aproximadamente 19.325 espécies (LEWIS et al., 2005).

O nome *Pachyrhizus* vem do grego *Pachys* = grosso, e *rhiza* = raiz. Taxonomicamente o gênero está incluído na subfamília Faboidae, tribus Phaseoleae e subtribo Diocleinae em íntima relação com a subtribo Glycininae e Phaseolinae (LACKEY, 1977; SØRENSEN, 1988).

O gênero *Pachyrhizus* Rich. Ex DC. é caracterizado pela presença de pelos curtos no lado adaxial do ovário, estendendo-se quase até o estigma, formando algo similar a uma “barba” ao longo do estilo encurvado e pela mediana ao processo globular subterminal no lado adaxial do estigma (SØRENSEN, 1996). Inclui cinco espécies, três cultivadas e duas silvestres. As cultivadas são: *Pachyrhizus erosus* (L.) Urban, *Pachyrhizus ahipa* (Weddi.) Parodi e *Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng., (NODA e MACHADO, 1997; SØRENSEN, 1988; FLORA DO BRASIL, 2018). Por outro lado, as espécies silvestres são: *Pachyrhizus ferrugineus* (Piper) M. e *Pachyrhizus panamensis* Clausen (SØRENSEN, 1988; BASTIDAS, 1998).

2.1.2 *Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.

Origem e Distribuição

A espécie, antes, foi descrita e denominada por Lamarck como *Dolichos tuberosus* (SØRENSEN, 1988; GIULIETTI et al., 2009), atualmente o nome aceito é *Pachyrhizus tuberosus*. É encontrada na planície tropical em ambas as encostas da cordilheira dos Andes, bem como no Caribe. É encontrada em solos arenosos ou leves, bem drenados e férteis, com precipitação anual entre 640-5000 mm e temperaturas variando entre 21,3 e 27,4 ° C e pH do solo de 4,3 a 6,8 (MUNOS OTERO, 1945; DUKE, 1981; SØRENSEN, 1990; SØRENSEN et al., 1996).

Características Botânicas

A espécie é uma herbácea, trepadeira podendo atingir de 3,5 a 10 metros de altura. O fruto é um legume, são maiores que os frutos das outras espécies medindo de 6,5 a 20 cm de

comprimento. As sementes variam de pretas, malhadas de cor preto e branco ou vermelho alaranjado (SØRENSEN, 1996).

A inflorescência em racemo, pedúnculo com 10 a 25 cm de comprimento, a haste principal mede de 6,8 a 9,0 cm de comprimento e 12 a 18 cm de hastes secundárias curtas (BALBIN et al., 2005). A cor das pétalas, conforme Duke (1981) e Phillips-Mora et al. (1993), são brancas ou amarelas, geralmente são pubescentes, embora cultivares glabras tenham sido observadas (SORENSEN, 1990), por outro lado, Bastidas (1998) em sua revisão e sem citar fonte, descreve como branca, azul claro ou escuro.

As raízes tuberosas possuem casca marrom claro e interior branco (MELO e BUENO, 2000; GONÇALVES e LORENZI, 2011) de formatos alongados, globulares ou em achatado (SILVA-FILHO, et al. 1997; NODA e MACHADO, 1997; SILVA et al., 2016). Ocorrem grupos de cultivares locais com diferentes nomes, como exemplo: Ashipa, Jíquima, Chuin (SØRENSEN, 1996; BASTIDAS, 1998).

Tabela 1. Distribuição geográfica, característica morfológica de grupos de chuins, ashipas e jíquimas de *Pachyrhizus tuberosus* (CATIE, 1998; SORENSEN, 1996).

CARACTERES	JÍQUIMA	ASHIPA	CHUIN
Distribuição	Oeste do Equador	Amazônia da Colômbia, Equador, Brasil, Venezuela e Bolívia	Amazônia Peruana
Foliolo	Trilobados profundos	Inteiro	Trilobado superficial
Hábito	Arbustivo	Semitrepador a trepador	Trepador
Raiz tuberosa	Uma	Uma a várias	Uma
Cor da polpa	Branca	Uma raiz = branca, Várias raízes = branca e amarela	Branca, amarela, violeta e violeta escura
Matéria seca %	Baixo	Médio	Alto

A cultivar local, Ashipa é registrada em uma faixa de precipitação de 1500-5700 mm e temperatura média de 20,7 a 25,5 ° C (temperatura mínima: 11,0-13,2°C; temperatura máxima: 29,7-35,4°C) e umidade relativa de 84-92% (SØRENSEN, 1996). Jíquima é encontrada em ambientes com precipitação entre 450 e 500 mm e temperatura máxima de 31,1-

31,6°C e umidade relativa de 90% durante a estação chuvosa. As chuins são encontradas em precipitação anual de cerca de 3000 mm (SØRENSEN, 1996).

Estudos desenvolvidos por Alvarenga e Válio (1989), relatam os efeitos de diferentes regimes de temperatura e fotoperíodo no início da floração e formação de raízes tuberosas em genótipos pertencentes ao grupo cultivar Ashipa, observaram que o florescimento foi iniciado no dia de 9-16 horas. As temperaturas dia / noite de 30/25 °C atrasam e reduzem a floração e inibem completamente a tuberização. Inversamente, as temperaturas dia / noite de 25/20°C e 20/15°C eram adequadas (ALVARENGA e VÁLIO, 1989). As cultivares de Chuin do Ucalali têm um alto teor de matéria seca de tubérculos (entre 26 - 30%) e são usadas e processadas como a mandioca (SØRENSEN et al., 1997, GRÜNEBERG et al., 2003).

O grupo das ashipas divide-se em subgrupos: ashipa I, ashipa II e ashipa III (BASTIDAS, 1998). Por outro lado, o grupo dos chuines divide-se em subgrupo chuín I, chuín II e chuín III (BASTIDAS, 1998). Esses subgrupos apresentam diversidades morfológicas relevantes para finalidades agronômicas, melhoramento e tecnológicas (Tabela 2).

Tabela 2. Caracteres morfológicos dos subgrupos das ashipas e chuines de *Pachyrhizus tuberosus* (SORENSEN, 1996; BASTIDAS, 1998).

ASHIPA 1	ASHIPA 2	ASHIPA 3	CHUIN 1	CHUIN 2	CHUIN 3
			Epiderme branca	Epiderme amarela	Epiderme violeta escura
Polpa branca	Polpa amarela	Polpa branca	Polpa branca	Polpa amarela	Polpa branca
Várias raízes	Várias raízes	Uma raiz	Uma raiz	Uma raiz	Uma raiz
Pouco doce	Bastante doce	Pouco doce			

2.1.3 *Pachyrhizus erosus* (L.) Urban

Origem e Distribuição

A espécie é distribuída de forma natural no México e na América Central, mas é cultivada há muito tempo e introduzida em muitas áreas (CLAUSEN, 1945; SØRENSEN, 1990). Embora esses fatores dificultem sua real origem, a espécie foi encontrada em estado selvagem em várias localidades do México (Jalisco, Guanajuato, San Luis Potosí, Michoacán, Morelos, Puebla, Guerrero, Oaxaca, Veracruz e Chiapas). Também foi encontrada na Guatemala, em El Salvador, Honduras, Nicarágua, e Costa Rica (CLAUSEN, 1945; SØRENSEN, 1988; SØRENSEN, 1990).

Características Botânicas

É rastejante ou trepadeira de rápido crescimento e vigorosa (SØRENSEN, 1988). Os caules são estriados em espirais e cobertos nas partes jovens de uma pubescência (pelos finos) ferruginosa (LEÓN, 1987; SCHROEDER, 1967; SØRENSEN, 1988).

As raízes são tuberosas e cada planta produz uma raiz (variedades cultivadas) ou várias raízes (variedades silvestres), que variam consideravelmente em forma e tamanho (HOOF e SØRENSEN, 1989). São ovais, piriformes e globosos achatados, porém, os mais comuns e apreciados são os de formato superior, com base mais ou menos achatada e ápice obtuso, medindo de cinco a 20 cm de largura (LEÓN, 1987; MARTÍNEZ, 1959; SØRENSEN, 1988). Têm uma casca fina e facilmente removível, cuja cor varia de marrom claro a marrom escuro. No interior são brancos translúcidos (LEÓN, 1987; MARTÍNEZ, 1959; SØRENSEN, 1988).

As folhas são verdes pálido, trifoliadas, finas e muito variáveis em tamanho com grande diversidade nas formas dos folhetos. O folíolo central é geralmente oval com o ápice comumente agudo, na mesma planta pode ocorrer variação dessa forma, pela presença de dentes ou lóbulos que em alguns casos formam um folheto alado com cortes muito profundos e irregulares. Os folíolos laterais são muito assimétricos (LEÓN, 1987; MARTÍNEZ, 1959; SØRENSEN, 1988).

Os cachos florais são soltos e têm até 50 cm de comprimento; Eles têm um pedúnculo reto de até 45 cm de comprimento. As flores são produzidas em grupos de 4 a 11, abrindo sucessivamente de baixo para cima. O pedicelo é muito curto, com dois a cinco milímetros de comprimento.

A flor não apresenta pelos em suas pétalas, tem um cálice campanulado, pubescente e esverdeado, dividido em cinco lobos irregulares. O padrão é a parte mais notável da corola e mede de 10 a 12 mm de largura, inclina-se para trás e, de acordo com a cultivar, é de intenso roxo a pálido e branco; na base tem uma mancha esverdeada. As asas e a quilha estão dobradas para cima, são da mesma cor que o padrão. Dos 10 estames, nove são unidos pela base e um é livre (LEÓN, 1987; URBINA, 1906).

A fruta é uma vagem descente, oblonga com quantidade reduzida de pelos nas vagens maduras, acuminada (SØRENSEN, 1988). Medem 6 a 13 cm de comprimento por 0,8 a 2 cm de largura (LEÓN, 1987; SCHROEDER, 1967; SØRENSEN, 1990). Cada vagem contém 6-10 sementes planas e lisas, vagamente quadrangulares ou arredondadas e com uma testa de verde oliva, marrom ou marrom avermelhado (LEÓN, 1987; SØRENSEN, 1988; URBINA, 1906). O

peso de 100 sementes é de aproximadamente 20 g, sua germinação dura 5-12 dias (HOOF e SØRENSEN, 1989).

A sensibilidade ao fotoperíodo em *P. erosus* foi investigada em muitos estudos. Os resultados desses experimentos sugeriram a forte competição entre crescimento de brotações, floração, formação de vagens e crescimento de tubérculos. Durante longos dias, o crescimento dos tubérculos é iniciado após 4-6 semanas. A floração foi iniciada quando o comprimento do dia se aproximava de 12,5 horas (ZINSOU et al., 1987; PAULL et al., 1988; ZINSOU e VENTHOU-DUMAINE, 1990; SØRENSEN et al., 1993; VAILLANT e DESFONTAINES, 1995). Em dias curtos, há um aumento do crescimento dos tubérculos (COTTER e GOMEZ, 1979; SØRENSEN, 1996).

2.1.4 *Pachyrhizus ahipa* Wedd.

Origem e Distribuição

Esta espécie, aparentemente é nativa nas terras altas da Bolívia e noroeste da Argentina (PARODI, 1935; HAWKES, 1989), no entanto, nunca foi observada em ambiente silvestre (SØRENSEN, 1990). É cultivada e consumida por populações indígenas a um número limitado de vales andinos no Peru e na Bolívia (MONTALDO, 1983; BALBIN et al., 2005), onde é semeada em ambientes férteis tropicais ou subtropicais (SØRENSEN, 1988; SØRENSEN, 1990). Na Argentina seu cultivo ocorre no Norte e Noroeste, especificamente nas províncias de Jujuy e Salta (BURKART, 1952; PARODI, 1935; LEÓN, 1987).

Características Botânicas

É uma herbácea não trepadeira, ereta ou semi-ereta, com não mais de 30 a 60 cm de altura. Suas folhas são trifolioladas e pubescentes com folíolos assimétricos e inteiros, que são mais largos que longos (SØRENSEN, 1988; SØRENSEN, 1990).

As inflorescências axilares são curtas e possuem de 2 a 6 flores por eixo lateral. A flor tem um cálice com 5 sépalas de cor púrpura pálida; a corola tem de 1,5 a 2 cm de comprimento, e as asas são roxas ou brancas, geralmente glabras, mas às vezes levemente pubescentes. A fruta é uma vagem de 8 a 17 cm de comprimento e 11 a 16 mm de largura. As sementes são arredondadas reniforme, preto ou salpicado preto com branco (CLAUSEN, 1945; LEÓN, 1964; SØRENSEN).

As raízes são tuberosas, e podem ter 15 cm ou mais de comprimento e geralmente pesam de 0,5 a 1 kg. Normalmente são alongadas ou irregulares na forma, mas também podem ser quase esféricas. A casca é bege a amarelo pálido e a polpa é branqueada e entrelaçada com uma fibra macia (CLAUSEN, 1945; LEÓN, 1964; SØRENSEN, 1988; SØRENSEN, 1990).

2.1.5 *Pachyrhizus ferrugineus* (Piper) M.

Origem e Distribuição

P. ferrugineus é encontrada no México, Guatemala, Honduras, Nicarágua, Costa Rica, Panamá e na Colômbia (SØRENSEN, 1988; SØRENSEN, 1990). O habitat natural está localizado em florestas tropicais, florestas de pinheiros e arbustos úmidos. O tipo de solo em que é encontrada varia de argilas profundas a solos arenosos. (SØRENSEN, 1988; SØRENSEN, 1990).

A espécie é encontrada apenas na natureza. Tem a particularidade de ter um baixo teor de fósforo nas folhas e uma clara preferência por tipos de solo com um esgotamento quase total do fósforo disponível. Esta é uma característica apresentada pela espécie, que pode ser explorada no desenvolvimento de cultivares para áreas que apresentam solos com condições similares (SØRENSEN, 1990).

Características Botânicas

É semi-lenhosa ou lenhosa, caducifólia ou semi-perene. Os caules são estriados em espiral; as partes lenhosas apresentam lenticelas proeminentes, verde a marrom. Apresenta grande variabilidade no contorno de suas folhas, que podem ser lanceoladas (SØRENSEN, 1988).

Os eixos da inflorescência lateral têm o maior número de flores do gênero (de 10 a 37). O comprimento da inflorescência é de 9-46 (cm) com pelos castanhos nas pétalas. As vagens têm de 8-13 cm de comprimento e 12-23 mm de largura. As sementes variam de vermelho a marrom, são achatadas, quadradas ou arredondadas, e são maiores que de outras espécies (SØRENSEN, 1990).

A raiz tuberosa é lenhosa e alongada, com 60 cm de comprimento, epiderme marrom-escura e casca marrom-esbranquiçada (SØRENSEN, 1988). Existem genótipos que possuem uma ou várias raízes (SØRENSEN, 1990).

2.1.6 *Pachyrhizus panamensis* Clausen

Origem e Distribuição

É uma espécie selvagem (HEREDIA e HEREDIA, 1990; SØRENSEN, 1990), está presente no Panamá, Colômbia e Equador (CLAUSEN, 1945; D'ARCY, 1980; HEREDIA, 1990). O habitat corresponde às bordas da floresta estacional decidual, sob arbustos baixos e em encostas de pastagens. É encontrada em áreas com pelo menos uma estação seca anual de 2 a 3 meses e precipitação entre 250 e 1500 mm/ano (SØRENSEN, 1988; SØRENSEN, 1990).

Características Botânicas

É uma trepadeira herbácea, a maioria de suas partes são cobertas por pelos brancos; os folíolos são superficialmente lobados; o caule é estriado; as inflorescências são curtas (de 4-14 cm) quando comparadas as de *P. erosus* e as de *P. ferrugineus*; o número de flores por eixo lateral é de 4 a 7, com pétalas pubescentes (CLAUSEN, 1945); as vagens têm de 8-13 cm de comprimento; as sementes são arredondadas e verde oliva; as raízes tuberosas são alongadas, com a epiderme marrom e a casca branca esverdeada (SØRENSEN, 1988; SØRENSEN, 1990).

2.2 Principais pragas e doenças que atacam o gênero *Pachyrhizus*.

Há comprovação da ocorrência de várias pragas e doenças que podem ocasionar danos severos a cultura, sendo estes ataques influenciados pelas características climáticas de cada local. Na América do Sul, principalmente em países como: Peru, Bolívia, Argentina, Brasil e Equador são bastante frequentes o ataque de pragas e doenças (NODA, 1994).

A vaquinha (*Diabrotica* spp.) está entre as pragas que atacam o feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.). A vaquinha é um besouro que ainda juvenil se alimenta das folhas e pode comprometer a parte aérea da planta, por conseguinte a fotossíntese. A larva se alimenta das raízes e interfere na absorção de nutrientes e água, e também reduz a sustentação das plantas (BALBIN et al., 2005).

Dentre os fungos que atacam *Pachyrhizus*, se destaca o *Colletotrichum* sp. Também merece destaque, o vírus do mosaico encontrado em cultivos de *Pachyrhizus* spp. no Brasil, Peru e Bolívia (SØRENSEN, 1990). Os quais podem causar o apodrecimento das raízes caules e folhas, causando grandes perdas de produção (SØRENSEN, 1997; HERMAN e HELLER, 1997).

Os nematoides dos gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus*, causam verrugas nos tubérculos, conhecida também como verruga ou peste, o que dá ao tubérculo um sabor amargo (SØRENSEN, 1997; HERMAN e HELLER, 1997).

No Amazonas foi observada, principalmente em área de várzea, a ocorrência de: ferrugem, causada por *Fhakoospora pachyrhizi*, observada em 100% das plantas; antracnose, causada por *Colletotrichum* spp, ocorrendo em folhas e vagens; virose (mosaico) e murcha, causada por *Sclerotium* spp, também houve presença de “vaquinhas” (MELO e BUENO, 2000) provavelmente do gênero *Diabrotica*. Em área de terra firme, foi observada a ocorrência da antracnose, ferrugem e nematoide do gênero *Meloidogyne* (NODA, 1994; NODA e MACHADO, 1997; MELO e BUENO, 2000;). Noda e Machado (1997), observaram que ao decorrer dos experimentos realizados para a multiplicação de sementes, houve uma diminuição da incidência dessas enfermidades, o que pode atribuir-se uma certa resistência natural do feijão-macuco.

2.3 Composição físico-química de raízes tuberosas de *Pachyrhizus* spp.

Melo e Bueno (1999) constataram, nas raízes tuberosas de (*Pachyrhizus* spp.), diferenças significativas em quantidades de xilose, glicose, açúcares redutores, proteínas e aminoácidos ao longo do desenvolvimento vegetativo.

Pesquisas realizadas no Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), em Campinas, comprovou que as raízes tuberosas de feijão-macuco apresentam na sua composição química, teores de proteínas que podem variar de 10 a 18% (SILVA FILHO et al., 1997).

Investigações realizadas por Ørting et al. (1996), Balbin et al. (2005) e Zanklan et al. (2007) relatam teores de proteínas em base seca de *P. tuberosus* de 10,68% a 10,76%, já em *P. erosus* variou de 10,97 % a 12,70 %, em *P. ahipa* variou de 8,98 % e 9,09 %. Ramos-de-la-Peña et al. (2013) encontraram em *P. ahipa* 1%, em *P. erosus* 1,23 a 1,47 e *P. tuberosus* de 1,12 % de proteína em matéria seca. Isso indica que existe ampla variabilidade genética no controle do teor de proteínas.

Referente aos minerais (mg/Kg), em *P. ahipa* foram encontrados 24,1 de ferro e 9,9 de zinco; já em *P. erosus*, 21,8 de ferro e 11,2 de zinco; em *P. tuberosus* 37,0 de ferro e 7,4 de zinco (HEIDER et al., 2011).

2.4 Composições químicas e toxidade das sementes de *Pachyrhizus* spp.

Na análise realizada pelo Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) de Campinas, o feijão-macuco apresenta de 26,21% a 30,86% de proteínas. Kisambira et al. (2015) avaliaram as propriedades funcionais de *Pachyrhizus* spp., em que, seus resultados mostraram que sementes continham em 100g de matéria seca: 29,2-32,1g de proteínas; 31,3-33,0g de carboidratos; 24,1-25,6g de gordura total; 7,5-8,1g de fibra bruta e 3,4-4,1g de cinza.

Estrella-Parra et al. (2014) determinaram a citotoxicidade da rotenona isolada de sementes de *P. erosus* em células de leucemia humana, onde verificaram que a rotenona induziu a morte celular, exibindo atividade citotóxica significativa, sem interação com o DNA.

2.5 Importância socioeconômica do feijão-macuco

O feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) é altamente adequado às condições e as necessidades das populações tradicionais e pequenos agricultores que residem às margens dos rios da América do Sul, especialmente as regiões da Amazônia. Segundo Sørensen et al. (1997), em comunidades locais na província de Pastaza no Equador, a colheita das sementes e raízes acontecem no mês de dezembro, onde são realizadas festas religiosas e pratos típicos a partir das raízes do feijão-macuco, isso mostra a importância desta planta no desenvolvimento das comunidades.

As espécies do grupo *Pachyrhizus* spp. fazem parte das leguminosas fixadoras de nitrogênio, com possibilidade de cultivos sem a utilização de fertilizantes nitrogenados por existir uma relação simbiótica com *Rhizobium* (CASTELLANOS et al., 1997; NIELSEN et al., 1998; STAMFORD et al., 1999; JANTALIA et al., 2006; SANTOS, 2010). Por outro lado, as raízes de feijão-macuco poderiam ser uma alternativa de complemento alimentar, por seu elevado teor de proteínas, que varia de 7 a 18 %, (ZANKLAN et al., 2007; NODA, 1979; NODA et al., 1984) quando comparado a mandioca, com apenas 2 % de teor de proteína (SILVA, 2010). Em Iquitos, no Peru, fatias e farinha de chuín são vendidas em feiras de exposições agrícolas (BALBIN et al., 2005).

2.6 Nodulação e Fixação de nitrogênio

A nodulação e conseqüentemente a fixação biológica de nitrogênio (FBN) é uma das formas de aumentar a produtividade das culturas, principalmente nas leguminosas (FRANCO et al., 2002; SOARES, 2007). Segundo Brandelero et al. (2009) e Xavier et al. (2006) a

eficiência das bactérias fixadoras de nitrogênio, que estabelecem simbiose com leguminosas, e sua capacidade de sobreviver e formar nódulos depende de fatores genéticos inerentes aos simbiontes e da interação com fatores edafoclimáticos.

Alguns estudos demonstram que espécies do gênero *Pachyrhizus* apresentam a capacidade de simbiose e nodulação para fixação de nitrogênio. Kjaer (1991) avaliou em um sistema de cultivo livre de nitrogênio, o padrão de crescimento e a capacidade de fixar nitrogênio de *P. ahipa* inoculada com um isolado de *Rhizobium*. Ele encontrou uma alta eficácia na simbiose, que se refletiu em uma nodulação abundante e no suprimento à planta de quantidades adequadas de nitrogênio. Os nódulos foram observados ao longo do ciclo da cultura, onde, 65 % da fixação de nitrogênio ocorreu após o nitrogênio começar a se acumular nos tecidos reprodutivos (vagens e sementes). Silva et al. (2015) encontram diversidade na nodulação natural de 64 genótipos de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) do banco de germoplasma do INPA, onde, 98,4 % dos genótipos nodularam naturalmente.

2.7 Produção de farinha e extração de amido

As farinhas, de um modo geral, representam uma grande variedade de produtos em pó, os quais se diferenciam segundo a sua composição química e suas características. Na indústria de alimentos, as farinhas participam do processo de produção como matérias primárias, intermediárias ou como produtos finais. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1995; COSTA et al., 2003) define farinha como o produto obtido de matéria-prima in natura (subterrânea ou aérea) submetido a processos tecnológicos adequados de fabricação, classificando-a em grupo, subgrupo, classe, e tipo, de acordo com: o processo tecnológico utilizado, a granulometria, a coloração e a qualidade, respectivamente. E, no processo de fabricação de farinha de mandioca é possível extrair o amido (BRASIL, 1995), assim como na raiz tuberosa de feijão-macuco (NODA, 1994).

As raízes tuberosas de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) são utilizadas para produção de farinha (SILVA, 2018) (Figura 6 e 7). Essa prática, pode contribuir para o aproveitamento e conservação das características nutritivas, assim como, o maior período de estocagem que garantam a manutenção de características qualitativas das raízes tuberosas.



Figura 6. Raiz tuberosa de feijão-macuco. Fonte: (SILVA, 2018)



Figura 7. Produção de farinha de raízes tuberosas de feijão-macuco. Fonte: (SILVA, 2018).

Além de produzir farinha das raízes tuberosas de feijão-macuco, é possível extrair o amido (SILVA, 2018) (Figura 8 e 9), que juntamente com a farinha pode ser utilizado como matéria-prima em bolos, pudins, pães (KINUPP e LORENZI, 2014) e outros produtos, em substituição total ou parcial à farinha de trigo.



Figura 8. Raiz tuberosa de feijão-macuco processada em triturador de casa de farinha. Fonte: (SILVA, 2018)



Figura 9. Extração de amido de raiz tuberosa de feijão-macuco. Fonte: (SILVA, 2018)

No contexto amazônico, podemos aproveitar as casas de farinhas de mandiocas para o processamento das raízes tuberosas de feijão-macuco (SILVA, 2018) (Figura 10 e 11). Zanklan et al. (2007) investigaram amido na matéria seca de raízes tuberosas, e encontraram em *P. tuberosus* de 55,96 % a 57,11 %, em *P. erosus* de 42,60 % a 43,21 %, em *P. ahipa* de 45,34 % a 47,88 %. Por outro lado, Vaillant e Desfontaines (1995) encontraram 28,1% de amido em

Pachyrhizus sp., Ascheri et al. (2014) caracterizaram o amido de cinco genótipos de *P. tuberosus*, e concluíram que o amido apresentou baixa retrogradação (1320-1560) comparável a amidos cerosos, uma característica que indica a capacidade de usar essa fonte natural e de fácil extração, como agente gelificante em certos alimentos fabricados de retrogradação indesejável. Silva et al (2015) realizaram produção de farinha e extração de amido a partir de raízes de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) utilizando a mesma tecnologia utilizada na mandioca, onde obtiveram o rendimento de 10 % (amido) e 8 % (farinha).



Figura 10. Torrefação de farinha de raízes tuberosas de feijão-macuco. Fonte: (SILVA, et al., 2015).



Figura 11. Peneiração de farinha de raízes tuberosas de feijão-macuco. Fonte: (SILVA, et al., 2015).

2.8 Uso alimentício de *Pachyrhizus* spp.

Apenas suas raízes tuberosas são indicadas para alimentação humana, pois as folhas, caules, vagens e sementes maduras contêm substâncias que podem ser tóxicas para os seres humanos. Apesar disso, acredita-se que as vagens de alguns genótipos podem não conter substâncias tóxicas (pachyrhizina e rotenona), pelo menos quando são verdes, então uma vez identificadas, poderiam ser utilizadas como alimento (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989).

As raízes tuberosas são consumidas de diferentes formas: são divididas em fatias finas e utilizadas em saladas verdes ou frutas. Também podem ser consumidas levemente cozidas, mesmo após o cozimento mantêm sua textura crocante. Além disso, elas têm a capacidade de absorver molhos rapidamente sem amolecer (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989).

Mais recentemente, Kinupp e Lorenzi (2014) produziram o livro, Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil, onde constam receitas de raízes tuberosas de feijão-macuco (*P. tuberosus*), como exemplo, salada crua com utilização de raízes tuberosas em

pequenos cubos, temperados com limão, sal, azeite e mel; o bolo que segue uma receita comum acrescentando 2 xícaras de raízes tuberosas raladas; e o purê com raízes tuberosas jovens que são cortadas em cubos, cozidos, triturados em liquidificador e acrescentado o leite, em seguida são adicionadas especiarias e creme de leite, a textura fica um pouco arenosa e sabor adocicado.

2.9 Práticas de cultivo e colheita

Todas as espécies cultivadas (de *Pachyrhizus* spp.) são geralmente trabalhadas como culturas anuais, embora as plantas tenham um hábito perene. Em *P. erosus* e *P. ahipa*, a poda reprodutiva (que é a remoção manual de brotos férteis) é geralmente praticada para aumentar o crescimento das raízes tuberosas. Em *P. tuberosus*, em grupo de cultivar da província de Manabí, no Equador, não só os brotos de floração são podados, mas até um terço dos brotos vegetativos também são removidos para aumentar o crescimento das raízes tuberosas (SØRENSEN, 1996).

Em áreas com altas taxas de precipitação durante o período de crescimento (ou em campos irrigados por inundação), as culturas são geralmente cultivadas em espécies de leiras para aumentar a drenagem (SØRENSEN, 1996). Também, no grupo da cultivar ashipa (*P. tuberosus*), a colheita pode ocorrer a qualquer momento, uma vez que o tamanho da raiz tuberosa é atingido, alguns produtores irão colher uma ou duas das raízes produzidas lateralmente e deixar a mais próxima do topo vegetativo. Este método permite a produção subsequente de novas raízes tuberosas após cerca de 8 meses, podendo o período de produção ser alterado de estritamente anual para quase perene, e são propagadas por sementes ou pelas raízes tuberosas (SØRENSEN, 1996).

No grupo da cultivar Chuin (*P. tuberosus*), tal como acontece com ashipa, um número de sementes são semeadas em buracos localizados a cerca de 3 m de distância, e as plantas são frequentemente apoiadas por tutores, na colheita, o topo vegetativo da raiz tuberosa também pode ser replantado. Depois de mais 4 meses, isso produz muitas sementes, mas nenhuma raiz tuberosa. O grupo cultivar jíquima é cultivado em sistema de monocultivo ou consorciado com pimentas (*Capsicum* spp.), gergelim (*Sesamum indicum* L.), amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (SØRENSEN, 1996).

Na variedade chuín da espécie *P. tuberosus*, os agricultores tradicionais cultivam a distância de 0,60 m a 1,0 m entre plantas e linhas, respectivamente. Em semeadura consorciada com outras culturas, se recomenda distanciamentos de 1,50 m entre plantas e linhas. Para produção de raízes, em monocultivo, se recomenda semeadura a uma distância de 0,60 m entre

linhas e 0,60 m entre plantas. Para produção de sementes, se recomenda as distâncias de 1,50 m entre linhas e 1,0 m entre plantas (BALBIN et al., 2005).

2.10 *Pachyrhizus* spp. no Brasil

No Brasil os primeiros relatos do cultivo de *Pachyrhizus* spp., são do Padre Jose de Anchieta em ilha de São Vicente no porto de Santos, SP, em 1556, onde afirma que os índios cultivavam *Pachyrhizus*, por causa das raízes tuberosas amiláceas e nutritivas, no entanto suas sementes eram venenosas. (MENEZES e OLIVEIRA-NUNES, 1955; SØRENSEN, 1997).

No período colonial os estados Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo foram habitados por trabalhadores escravizados, vindos de outros países, e o feijão-macuco foi usado por certos períodos para saciar a fome destes povos (SØRENSEN, 1997). Sendo consumidas suas raízes cruas e também cozidas (NODA, 1979). Também há relatos da ocorrência deste gênero nos Estados de Goiás, Bahia, Acre, Rondônia Amazonas, Maranhão e Mato Grosso (BRASIL, 2015). Espécies do gênero *Pachyrhizus* são cultivadas na Amazônia brasileira há várias décadas principalmente por tribos indígenas que utilizavam estas plantas para diversas finalidades tanto alimentar como medicinal (DUKE, 1981; SØRENSEN, et al., 1997).

2.11 Formação do banco de germoplasma de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) do INPA

No Estado do Amazonas existe no Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia - INPA, um banco de Germoplasma de sementes que vem sendo investigado a mais de 30 anos. Uma curiosidade é o uso do nome feijão-macuco na região do Estado do Amazonas, o Dr. Hiroshi Noda relata que o Dr. Kerr ao ver uma ave conhecida como macuco comendo sementes da planta, ou pelo menos próxima da mesma, passou a chamar a planta pelo nome de feijão-domacuco, que mais tarde se chamaria feijão-macuco (KINUPP e LORENZI, 2014).

No início o banco de germoplasma foi composto por introduções das espécies: *Pachyrhizus tuberosus* e *Pachyrhizus erosus* de várias procedências. Os primeiros acessos foram introduzidos pelo Dr. Warwick Kerr, com origem em dois locais, o primeiro, maior parte, era de Mato Grosso da tribo Nhambiquara, cujas flores eram brancas, a outra, menor parte, estava composta por três acessos vindos da Colômbia, cujas flores eram roxas (Anexo 3). O primeiro grupo acreditou-se ser *Pachyrhizus tuberosus* tendo em vista sua origem, e o segundo, *Pachyrhizus erosus* também pela origem.

Outra parte da coleção inicial foi constituída por 18 introduções resultantes de coletas realizadas pelo interior da Amazônia onde as raízes tuberosas são usadas como alimento por comunidades indígenas, dos 18 acessos, um apresentou tanto flores brancas como roxas (SILVA-FILHO, et al., 1997). Finalmente o Dr. Hiroshi Noda recebeu material de Lavras-MG em 1989, cujas flores eram roxas e sementes pretas e beges, onde os primeiros seriam *P. tuberosus* e os segundos, *P. erosus* (Anexo 1). Testes iniciais dos acessos mostraram que haveriam ocorrido cruzamentos entre ambas (NODA, 1979).

2.12 Melhoramento Genético de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.)

No melhoramento genético vegetal, é fundamental conhecer a diversidade genética, uma vez que trata das diferenças nas frequências alélicas das populações, tendo aplicação direta na escolha de plantas superiores. Portanto, o conhecimento do grau de variabilidade genética por meio dos estudos de divergência, torna-se vantajoso no processo de identificação de novas fontes de genes de interesse (BORÉM e MIRANDA, 2013; AMORIM et al., 2007). Assim, o melhorista deve, primeiro, selecionar o germoplasma-elite para só depois pensar no cultivar, ao mesmo tempo selecionar um germoplasma suplementar que servirá como fonte de variabilidade genética adicional (BORÉM e MIRANDA, 2013).

No melhoramento genético de feijão-macuco, ao longo de várias décadas, vários estudos vêm acontecendo com objetivo de selecionar os melhores genótipos, considerando inúmeras características e tratos culturais.

Melo e Bueno, (2000) avaliaram o crescimento da espécie correlacionando o desenvolvimento de órgãos da planta na fase vegetativa, de floração, de frutificação e da formação das raízes tuberosas, bem como avaliaram a importância do tutoramento e da eliminação da inflorescência no desenvolvimento da planta e na produção das raízes tuberosas. Pelos resultados obtidos nesse trabalho, concluiu-se que o tutoramento das plantas, associado à remoção das inflorescências, favoreceu o desenvolvimento do feijão macuco.

Ribeiro et al. (2011) investigaram as características agrônômicas de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.), com o objetivo de avaliar 64 genótipos mantidos na coleção de feijão-macuco do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Os caracteres avaliados foram período de floração, coloração das flores, número de sementes por vagem, formato e coloração das sementes, formato das raízes tuberosas e produtividade de raiz tuberosa. Os resultados permitiram inferir que o material avaliado apresenta grande variabilidade genética.

Silva et al. (2016) estudaram a diversidade de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) do banco de germoplasma do INPA baseada em caracteres morfoagronômicos. O trabalho estudou 10 descritores morfoagronômicos (altura de planta, número de ramas secundárias, massa da parte aérea, diâmetro de caule, massa, número, comprimento, diâmetro, relação comprimento/diâmetro e formato de raízes). Os resultados mostraram diversidade significativa para todos os caracteres, exceto para diâmetro do caule e formato da raiz. Concluíram que o melhoramento de feijão-macuco, na região Amazônica, pode ter sucesso para aumentar a produtividade de raízes e sementes.

2.13 Interação Genótipo x Ambiente

Esse fator é fundamental na seleção de genótipos mais produtivos, pois o ambiente influencia diferentemente em cada genótipo. A variação fenotípica da produtividade de um genótipo é consequência da interação genótipo x ambiente (GxE) (DENNIS e TURPIN, 1990).

O fenótipo (F) é o resultado da ação do genótipo (G), do ambiente (E) e da interação Genótipo x Ambiente (GxE) ($F = G + E + GxE$). Assim sendo, na ausência da interação, $F = G + E$. Mas para os caracteres monogênicos ou oligogênicos com penetrância completa e expressividade de 100 %, $F = G$ (CRUZ e REGAZZI, 1994).

A interação GxE influencia no ganho de seleção e dificulta a recomendação de cultivares com ampla adaptabilidade (CRUZ e REGAZZI, 1997). Dada a sua importância, o melhorista deve avaliar sua magnitude e significância, quantificar seus efeitos sobre as técnicas de melhoramento e estratégias de difusão de tecnologia e fornecer subsídios que possibilitem adotar procedimentos para sua minimização e/ou aproveitamento (CRUZ e REGAZZI, 1997).

Para Medina (1992), a interação GxE é de suma importância para os melhoristas no desenvolvimento de cultivares melhoradas, pois a ordem dos genótipos em uma série de ambientes pode diferir estatisticamente, gerando problemas para a seleção de plantas. De modo geral, o melhorista depara-se com o desenvolvimento de populações distintas para cada situação, quando o ranqueamento dos genótipos é alterado drasticamente, e/ou selecionam genótipos com uma performance satisfatória na grande maioria dos ambientes (alta estabilidade) (MCKEAND et al., 1990).

Denis e Gower (1996) advertiram para o risco de descarte de um genótipo não adaptado para o(s) ambiente(s) utilizado(s) na seleção, mas que poderia ser muito produtivo em outro. Da mesma forma, pode-se selecionar um genótipo que não apresente uma boa performance em um ambiente de cultivo diferente daquele utilizado para a seleção. Portanto, a

interação GxE é ainda muito importante para geneticistas e melhoristas pelo fato de que a magnitude dos componentes da interação fornecem informações sobre a região de adaptação de uma dada cultivar (MEREDITH, 1984).

As principais causas da interação GxE, os mais comuns, estão relacionados com fatores previsíveis e não previsíveis. No previsível, podemos citar o fotoperíodo, tipo de solo, fertilidade do solo, toxidade por alumínio, época de semeadura e práticas agrícolas (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992; BORÉM e MIRANDA, 2013). Quanto as variações imprevisíveis, compreendem, por exemplo, distribuição pluviométrica, umidade relativa do ar, temperatura atmosférica e do solo, patógenos e insetos (BORÉM e MIRANDA, 2013), todos esses fatores que afetam o desenvolvimento da planta, conjuntamente, são denominadas de ambiente. O conhecimento do fenômeno da interação GxE auxilia na recomendação de cultivares.

Para detectar interação é necessário que os genótipos sejam testados em ambientes contrastantes (MONTALVÁN e MONTAÑO-VELASCO, 1999). No processo de avaliação da interação, três situações podem ser encontradas (Figura 2): ausência de interação, interação simples e interação complexa. Na ausência de interação GxE, o ambiente promove a mesma alteração em dois cultivares quando cultivados em dois ambientes diferentes; na interação simples, embora ocorra aumento de produção com pequeno destaque para um dos genótipos não há mudança no ranque; por outro lado, na interação complexa, ocorre alteração na produção e mudança no ranque, onde um genótipo que é superior em um ambiente, não será em outro (ROBERTSON, 1959; BORÉM e MIRANDA, 2013).

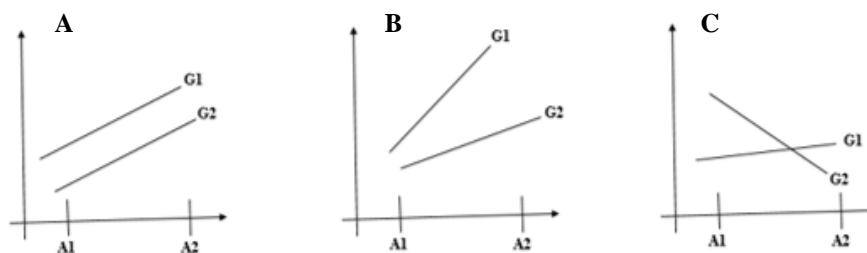


Figura 12. Natureza da interação genótipo x ambiente em três situações. **A** = sem interação, **B** = interação simples e **C** = interação complexa (BORÉM e MIRANDA, 2013).

Nos programas de melhoramento os testes de produtividade requerem elevado investimento porque os experimentos devem ser repetidos em vários locais, safras e anos. A detecção de diferenças significativas entre genótipos aumenta com a redução da variância da média dos genótipos e, conseqüentemente, da diferença mínima significativa (DMS). Na

avaliação da variância da média dos genótipos, ocorre da seguinte forma: Se a interação Genótipo x Local (GxL) for de pequena importância, pode-se escolher poucos ou um local, e testar os genótipos por um ou dois anos (BORÉM e MIRANDA, 2013), dependendo da cultura.

O ambiente ideal para avaliar genótipos deve ser aquele que melhor representa as condições reais da região alvo. O que muitas vezes não pode ser seguido, visto que os locais experimentais são usualmente estações experimentais. Com a estimativa da interação GxE é possível saber se existe variabilidade no local alvo, se há variabilidade genética, pode-se recomendar cultivares, alocar recursos, determinar as causas da interação e estudar a possibilidade de fazer introduções, transformações genéticas ou mutações quando a variabilidade é pequena (KANG e MAGARI, 1996; BORÉM e MIRANDA, 2013).

2.14 Adaptabilidade e Estabilidade

Após a confirmação da significância da interação GxE realiza-se o estudo de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos avaliados como forma de atenuar os efeitos da interação genótipos x ambientes. Quando uma cultivar apresenta potencialidade e a capacidade de aproveitar bem as mudanças ambientais num local determinado, se diz que tem adaptabilidade (BORÉM e MIRANDA, 2013) Por outro lado, quando uma cultivar mantém elevada produtividade nos diferentes ambientes, tem estabilidade (BORÉM e MIRANDA, 2013).

Dois conceitos de estabilidade fenotípica foram propostos por Becker e Leon (1988): a estabilidade estática e a dinâmica. A estabilidade estática existe quando um genótipo mantém o seu desempenho independentemente das variações do meio ambiente, é chamado de estabilidade biológica, com variância entre ambientes estatisticamente igual a zero. Na estabilidade dinâmica, o desempenho do genótipo varia com as mudanças ambientais, mas de uma forma previsível. Este tipo é chamado estabilidade agrônômica (BORÉM e MIRANDA, 2013). Desse modo, as análises da adaptabilidade e da estabilidade permitem indicar cultivares com segurança para cada local (BORÉM e MIRANDA, 2009). Estes fenômenos dependem da constituição genética, do número de genótipos a ser avaliados e do grau de heterozigose que os constituem. Nesse caso, a cultivar a ser analisada, deve apresentar características que a façam responder bem aos fatores limitantes do ambiente e ao mesmo tempo, usufruir dos fatores favoráveis (LIN e BINNS, 1988).

Os primeiros trabalhos sobre interação GxE foram realizados por Cannon, (1932), e evidenciaram o fenômeno da homeostase (estabilidade biológica), que permite que a cultivar

mantenha constante determinados aspectos de sua fisiologia, independentemente das forças do ambiente, que tendem a alterar sua constância. Mais tarde, Becker, (1981) classificou a estabilidade como estática ou dinâmica. Sendo que a estabilidade estática apresenta performance estável em diferentes ambientes e a estabilidade dinâmica, apresenta performances estáveis, para cada ambiente em particular, o que hoje se chama adaptabilidade. (CANNON, 1932).

2.15 Método de decomposição da interação GxE

Atualmente existem diversos métodos que são utilizados para estimar os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade e caracterizar o desempenho relativo da interação GxE (WRICKE, 1962; EBERHART e RUSSELL, 1966; LIN e BINNS, 1988; CRUZ et al., 1989; CROSSA et al., 1991), entre eles, o método de Decomposição da Interação do Genótipo dentro do Ambiente (STEEL et al., 1997). A partir da análise da variância é testada a interação GxE, se for significativa se poderá fazer a decomposição da interação GxE dentro do genótipo a partir de um modelo aditivo linear. Sendo mais estável o genótipo com maior média e que apresentar o efeito do ambiente dentro do genótipo: não significativo pelo teste de F. E será considerado mais adaptado o genótipo com efeito significativo na decomposição e com maior média dentro do ambiente (STEEL et al., 1997).

2.16 Principais ambientes agrícolas da Amazônia Brasileira

A Amazônia Brasileira ocupa uma área de 5.144.333 km², é composta por diferentes tipos de ambientes, esses ambientes se diferenciam pelas suas particularidades de terra firme e terras inundáveis. A terra firme representa 87 % da Amazônia Brasileira, deste, 6 % são solos eutróficos, e 81 % representa os solos distróficos. A terra inundável representa 13 % da Amazônia Brasileira, dos quais, 6 % são solos eutróficos (várzeas), e 7 % solos distróficos (igapós) (NASCIMENTO e HOMMA, 1984).

2.16.1 Ambiente de várzea

As áreas de várzeas na Região Amazônica são constituídas de grandes espaços a partir dos rios Amazonas e Solimões e de rios menores de águas brancas que os alimentam. Segundo Pereira (2007), o ambiente de várzea que corresponde às bacias hidrográficas destes (Rios Solimões e Amazonas), representa aproximadamente 1,5 a 2% do território da Amazônia Brasileira. Esses ambientes se caracterizam pelos seus terrenos aluviais de alta fertilidade

enriquecida por sedimentos trazidos pelas águas correntes na época das inundações anuais, (PENA, 2005). Essa riqueza de nutrientes dos solos é uma exceção em relação aos ambientes de outras áreas da floresta amazônica, (AYRES, 1993; FERREIRA et al., 1999; PEREIRA, 2007). A elevação dos níveis dos rios provoca inundações em períodos entre 4 a 5 meses do ano podendo atingir em média de 10 a 12 metros durante a estação da cheia tornando a área inapropriada a prática da agricultura (SILVA e SANTOS, 2011; LIMA, 2012).

As características das vegetações das várzeas estão relacionadas com a geomorfologia da área, com período de duração dos alagamentos anuais. Vegetação jovem predomina espécies pioneiras onde estão distribuídas às margens dos rios, denominado de "várzea baixa," corresponde 85% da vegetação. A "várzea alta" representa 12% da área de vegetação florestal, onde são encontradas espécies de clímax (AYRES, 1993; FAJARDO et al., 2009). Ayres (1993), afirma que o chavascal é outra fisionomia da várzea, sua característica se dá pela vegetação baixa, arbustiva onde passa por período de inundação que compreende de 6 a 8 meses.

2.16.2 Ambientes de Igapó

São os terrenos que margeiam os rios de água preta, também inundáveis na época da enchente, caracterizado pela baixa fertilidade. Ocorrem em solos que permanecem alagados durante cerca de seis meses, em áreas próximas aos rios. As árvores podem atingir até 40 metros de altura e as folhas são geralmente largas para captar a maior quantidade possível de luz solar. É um estrato de floresta com drenagem insuficiente, na qual a água permanece continuamente estagnada, tornando-se pantanosa (SCUDELLER e SOUSA, 2009). Essas áreas alagadas não são acrescidas de nutrientes e argilas. Ao contrário: os solos são anualmente lavados por águas ácidas e apenas as partículas mais grosseiras de areia permanecem (NELSON e OLIVEIRA, 2001).

2.16.3 Ambiente de terra firme

Os solos de terra firme da Amazônia se caracterizam pelas suas propriedades físicas favoráveis a práticas de atividades agrícolas, porém com fortes limitações nutricionais, pela deficiência de macro e micronutrientes e pelo elevado nível de acidez e baixa capacidade de troca de cátions (CRAVO e SMYTH, 1997). Esses solos são muito intemperizados, com suas fertilidades variando de baixa a média, em virtude das condições de alta temperatura e regime intenso de chuvas nos trópicos, possui camadas superficiais de húmus e pH ácido (FERREIRA,

et al., 2006). Nessa região, predomina os Latossolos amarelos e Podzólicos vermelho-amarelos (PRIMAVESI, 2002), onde 92 % contêm baixo teor de nutrientes (FALESI, 1986).

O sistema de cultivo em áreas de terra firme na Amazônia é realizado, principalmente, pelo sistema de corte e queima. Nesta técnica a fertilidade do solo aumenta principalmente nos três primeiros anos de cultivos devida o efeito corretivo de fertilizantes das cinzas, após esse período a produtividade entra em declínio (CRAVO e SMYTH, 1997; SMYTH e BASTOS, 1984).

Moreira e Fageria (2008) estudaram atributos químicos de solo sob cultivo dos 62 municípios do Estado do Amazonas, e observaram nos solos de terra firme elevada acidez, médio teor de matéria orgânica, baixos níveis de P, K, Ca e Mg e de saturação de bases e elevados níveis de acidez trocável e Al, além do aumento de alumínio trocável. Essas características dificultam muito o uso destes solos para culturas agrícolas. Nesses ambientes há exceções de solos de boas qualidades, são chamados, terra preta de índio, esses ambientes são caracterizados pelo elevado teor de matéria orgânica decomposta rica em nutrientes, excelente para a prática da agricultura (FALCÃO et al., 2001). Portanto, essas variações ambientais na região do Amazonas, torna necessário considerar a Interação Genótipo x Ambiente em estudos que envolvam a seleção de plantas.

Referências Bibliográficas

- ALVARENGA, A.A.; VÁLIO, I.F.M. **Influence of temperature and photoperiod on flowering and tuberous root formation of *Pachyrhizus tuberosus***. Annals of Botany. 63(44): 411-414. 1989.
- AMORIM, E.P.; NELZA, P.R.; UNGARO, M.R.G.; KIIHL, T.A.M. **Divergência Genética em Genótipos de Girassol**. *Ciência Agrotecnologia*. Lavras, 31(6):1637-1644. 2007.
- ASCHERI, J.L.R.; ZAMUDIO, L.H.B.; CARVALHO, C.W.P.; AREVALO, A.M.; FONTOURA, L.M. **Extraction and Characterization of Starch Fractions of Five Phenotypes *Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng**. Food and Nutrition Sciences, 2014, 5: 1875-1885. 2014.
- AYRES, J.M. **As Matas de Várzea do Mamirauá**. Brasília, DF. CNPq: Sociedade Civil Mamirauá. Estudos do Mamirauá, 1993. 123p.
- BASTIDAS, C.G.T. **Caracterización morfológica y molecular de la diversidad genética de la colección de *Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng**. Del Catie. (Tese) Centro Agronomico Tropical de investigación y enseñanza, Turrialba, Costa Rica, 1998. 174p.

BALBIN, I.O.; VASQUEZ, O.D.; CARHUANCA, K.M.; SORENSEN, M.; KVIST, L.P. **El cultivo de Chuin: una alternativa para la seguridad alimentaria y recuperación de suelos degradados en la Amazonia Peruana.** Biblioteca Nacional Del Perú, 2005. 42p.

BECKER, H.C. **Correlation among some statistical measures of phenotypic stability.** Euphytica, 30: 835-840. 1981.

BECKER, H.C.; LEON, J. **Stability analysis in plant breeding.** Plant Breeding, 101(1), 1-23. 1988.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de Plantas.** Viçosa: UFV, 2013. 523p.

BRANDELERO, E.M.; PEIXOTO, C.P.; RALISCH, R. **Nodulação de cultivares de soja e seus efeitos no rendimento de grãos.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, 30(3): 581-588. 2009.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Portaria nº 554, de 30 de agosto de 1995. Aprova a Norma de Identidade, Qualidade, Acondicionamento, Armazenamento e Transporte da farinha de Mandioca. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1995. 11p.

BURKART, A. **Las leguminosas argentinas silvestres y cultivadas.** 2a edición. Buenos Aires, Argentina, Acme, 1952.

CANNON, W.B. **The Wisdom of the Body,** Nova York, *Norton.* 4-9. 1932.

CASTELLANOS, R.J.Z.; ZAPATA, F. PENA-CABRIALES, J.J.E.S. JENSEN, G.E. **Symbiotic nitrogen fixation and yield of *Pachyrhizus erosus* (L.) Urban cultivars and *Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi landraces as affected by flower pruning.** Soil Biological. Biochemical. 29: 973-981. 1997.

CRAVO, M.S.; SMYTH, T.J. **Manejo sustentado da fertilidade de um Latossolo da Amazônia Central sob cultivos sucessivos.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 21: 607-616. 1997.

CLAUSEN, R.T. **A botanical study of the yam beans (*Pachyrhizus*).** Memoir of the Comell University Agricultural Experiment Station, 264:1-38. 1945.

COTTER, D.J.; GOMEZ, R.E. **Daylength effect on root development of jicama (*Pachyrhizus erosus* Urban).** HortScience, 14(6):733-734. 1979.

COSTA, J.M.C.; SCHER, J.; HARDY, J. **Influência do nível de hidratação na distribuição: uso da técnica de difração laser.** Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, 34(2):173-177. 2003.

CRUZ, C.D.; TORRES, R. A.; VENCOVSKY, R. **Uma abordagem alternativa para a análise de estabilidade proposto por Silva e Barreto.** Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, 12: 567-580. 1989.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Editora UFV, Viçosa, 1994. 390p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2^a ed. rev. Viçosa: Editora UFV, 1997. 390 p.

D'ARCY, W.G. *Pachyrhizus*. In: DWYER et al. **Flora de Panamá (Familia 83, Leguminosae)**. Annals of the Missouri Botanical Garden (USA), 67(3):743-746. 1980.

DENNIS, D.T.; TURPIN, D.H. **Plant Physiology, Biochemistry and Molecular Biology**. London Scientific Technical, England, 1990. 529p.

DENIS, J.B.; GOWER, J.C. Asymptotic confidence regions for biadditive models: interpreting genotype-environment interactions. **Applied Statistics**, v.45, p.479- 493, 1996.

DUKE, J.A. **Handbook of Legumes of World Economic Importance**. Plenum Press, New York & London. 1981.

EBERHART, S.A.; RUSSEL, W.A. 1966. **Stability parameters for comparing varieties**. Crop Science, 6: 36-40. 1966.

ESTRELLA-PARRA, E.A.; GOMEZ-VERJAN, J.C.; GONZALEZ-SANCHEZ, I.; VAZQUEZ-MARTINEZ, E.R.; VERGARA-CASTANEDA, E.; CERBON, M.A. et al. **Rotenone isolated from *Pachyrhizus erosus* displays cytotoxicity and genotoxicity in K562 cells**. Natural Product Research. 28: 1780-1785. 2014.

FALESI, I.C. **O estado atual dos conhecimentos sobre os solos da Amazônia brasileira**. In: Simpósio do Trópico Úmido, Belém, Anais, 1:168-191. 1986.

FAJARDO, J.D.; SOUZA, L.A.; ALFAIA, S.S. **Características químicas de solos de várzeas sob diferentes sistemas de uso da terra, na calha dos rios baixo Solimões e médio Amazonas**. Acta Amazonica, 39: 731-740. 2009.

FALCÃO, N.P.S.; CARVALHO, E.J.M.; COMERFORD, N. **Avaliação da fertilidade de solos antropogênicos da Amazônia Central**. In: Congresso da Sociedade de Arqueologia Brasileira, XI. Grupo de trabalho: Terras Pretas Arqueológicas na Amazônia: Estado da Arte. Rio de Janeiro, 2001. 2p.

FERREIRA, S.J.F.; LUIZÃO, F.J.; MIRANDA, S.A.F.; SILVA, M.S.R.; VITAL, A.R.T. **Nutrientes na solução do solo em floresta de terra firme na Amazônia Central submetida à extração seletiva de madeira**. Acta Amazonica, 36(1):59-68. 2006.

FERREIRA, S. S.; REICHARDT, K.; MIRANDA, S. **Características físicas de sedimentos e solos de dois lagos de várzea na Amazônia Central**. Acta Amazonica, 29: 277-292. 1999.

FLORA DO BRASIL. **Fabaceae**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB115>>. Acesso em: 23 Out. 2018.

FRANCO, M.C.; CASSINI, S.T.A.; OLIVEIRA, V.R.; VIEIRA, C.; TSAI, S.M. **Nodulação em cultivares de feijão dos conjuntos gênicos andino e meso-americano**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 37(8):1145-1150. 2002.

GIULIETTI, A.M.; RAPINI, A.; ANDRADE, M.J.G.; QUEIROZ, L.P.; SILVA, J.M.C. **Plantas Raras do Brasil**. Universidade Estadual de Feira de Santana, 2009. 496p.

GONÇALVES, E.D.; LORENZI, H. **Morfologia Vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2011. 546p.

GRÜNEBERG, W.J.; FREYNHAGEN-LEOPOLD, P.; DELGADO-VÁQUEZ, O. **A new yam bean (*Pachyrhizus spp.*) interspecific hybrid**. Genetic Resources and Crop Evolution, 50: 757-766. 2003.

HAWKES, J.G. The domestication of roots and tubers in the American tropics. In: HARRIS, D.R.; HILLMAN, G.C. **Foraging and farming: the evolution of plant exploitation**. London, England, Unwin Hyman, 481-503. 1989.

HEREDIA, E.; HEREDIA, Z.; A. **Investigaciones biosistemáticas sobre jícama (*Pachyrhizus spp.*) con especial referencia al desarrollo de clones mejorados para su cultivo**. (Yam Bean Project.), 15:146-150. 1990.

HEIDER, B.; TUMWEGAMIRE, S.; TUKAMUHABWA, P.; NDIRIGWE, J.; BOUWE, G.; BARARYENYA, A.; HELL, K.; LECLERCQ, J.; LAUTIÉ, E.; WASSENS, R.; BURGOS, G.; ZUM FELDE, T.; THIELE, G.; GRÜNEBERG, W. **Nutritional improvement of yam bean and sustainability of farming systems in Central and West Africa**. African Crop Science Society, 10: 93-95. 2011.

HOOF, W.C.H.; SORENSEN, M. *Pachyrhizus erosus* (L) Urbano. In: WESTPHAL, E.; JANSEN, P.C.M. **Plant resources of South-East Asia, a selection**. Wageningen, Netherlands, Pudoc., 213-215. 1989.

JANTALIA, C.P.; RESENDE, A.S.de; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M. **Contribuições da fixação biológica de nitrogênio na produtividade dos sistemas agrícolas na América Latina**. (<http://cnptia.embrapa.br/Repositorio/biotocap7ID-1aDona7p8o>). Acesso em 22/10/2018. 2006.

KANG, M.S.; MAGARI, R. New developments in selecting for phenotypic stability in crop breeding. In: KANG, M.S.; GAUCH, H.G. **Genotype by Environment interaction**. Boca Raton: CRC Press. 1: 1-14. 1996.

KINUPP, V.F.; LORENZI, H. **Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2014. 768p.

KISAMBIRA, A.; MUYONGA, J.H.; BYARUHANGA, Y.B.; TUKAMUHABWA, P.; TUMWEGAMIRE, S.; GRÜNEBERG, W.J. **Composition and Functional Properties of Yam Bean (*Pachyrhizus spp.*) Seed Flour**. Food and Nutrition Sciences, 6:736-746. 2015.

KJAER, S. **Biological nitrogen fixation in *Pachyrhizus ahipa* (Wedd.)**. Department of Botany, Royal Veterinary and Agricultural University. Resúmen en: Symposium International sur Les Legumineuses Tuberifères, Guadeloupe, 1991.

LACKEY, J.A. **A revised classification of the tribe Phaseoleae (Leguminosae: Papilionoideae) and its relation to canavanine distribution**. Journal Linnean Society London Botânica, 74: 163-178. 1977.

LEÓN, J. **Plantas alimenticias Andinas**. Boletín Técnico del IICA (Perú), 6:47-49. 1964.

LEÓN, J. **Botánica de los cultivos tropicales**. la edición. San José, Costa Rica, IICA, 1987. 445p.

LEWIS, G., SCHRIRE, B., MACKINDER, B. & LOCK, M. **Legumes of the world**. Kew: Royal Botanic Gardens, 2005. 577p.

LIN, C.S.; BINNS, M.R. **A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data Canadian**. Journal of Plant Science, 68: 193-198. 1988.

LIMA, D.; STEWARD, A.; RICHERS, B.T. **Trocas, experimentações e preferências: um estudo sobre a dinâmica da diversidade da mandioca no médio Solimões, Amazonas**. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Hum, 7: 371-396. 2012.

MARTÍNEZ, M. Jícama. In: **Plantas útiles de la flora mexicana**. México Botas, 340-344. 1959.

MCKEAND, S.E; LI, B.; HATCHER, A.V; WEIR, R.J. Stability parameter estimates for stem volume for loblolly pine families growing in different regions in the southeastern United States. **Forest Science**, v.36, p.10-17, 1990.

MEDINA, R.C Some exact conditional tests for the multiplicative model to explain genotype-environment interaction. **Heredity**, v.69, p.128-132, 1992.

MELO, Z.deO.; BUENO, C.R. **Teores de carboidratos, proteínas e aminoácidos livres durante o desenvolvimento de raízes tuberosas do feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.), em área de várzea, Amazonas, Brasil**. Acta Amazonica, 29(2):173-181. 1999.

MELO, Z.deO.; BUENO, C.R. **Desenvolvimento de feijão-macuco em área de várzea**. Acta Amazonica, 18(1):9-15. 2000.

MENEZES, O.B.; OLIVEIRA NUNES, W. **Esterilidade em jacatupé (*Pachyrhizus bulbosus* L.)** Revista Ceres, 10: 52-57. 1955.

MEREDITH Jr., W.R. Quantitative genetics. In: KOHEL, R.J.; LEWIS, C.E. (eds.) **Cotton and cotton improvement**. Madison: ASACSSA, 1984. p.131-150.

MONTALDO, A. **Cultivo de raíces y tubérculos tropicales**. la edición. San José, Costa Rica, IICA, 1983. 284p.

MONTALVÁN, R.; MONTAÑO-VELASCO, J. C. Interação Genótipo x Ambiente: Aspectos Básicos. In: DESTRO, D.; MONTALVÁN, R. **Melhoramento Genético de Plantas**. (Ed). Londrina: UEL, 1999. 818p.

MOREIRA, A.; FAGERIA, N.K. **Potential of Brazilian Amazon soils for food and fiber production**. Dynamics Soil, Dynamics Plant, 2:82-88. 2008.

MUNOS OTERO S. **Nupe, a promising crop for Venezuela.** "3rd Conf. Interamer. Agric., Caracas (In Spanish, no English summary), 38: 5-34. 1945.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Lost crops of the Incas:** little-known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation. Washington D.C., USA, National Academy, 38-45. 1989.

NASCIMENTO, C.N.B.; HOMMA, A.K.O. **Amazônia: meio ambiente e tecnologia agrícola, Belém**, EMBRAPA-CPATU, 1984. 282p.

NELSON, B.W.; OLIVEIRA, A.A. Área botânica. IN: CAPOBIANCO, J. P., et al. **Biodiversidade na Amazônia Brasileira:** Avaliação e ações prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios. São Paulo: ISA. 2001.

NODA, H. **Hortalças não convencionais da Amazônia. Horticultura Brasileira**, 12(2):274-276. 1994.

NODA, H.; MACHADO, F.M. Feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.). In: CARDOSO, M.A (Coor.). **Hortalças não-convencionais da Amazônia**. Brasília: EmbrapaSPI: Manaus: Embrapa-CPAA, 1997. 150p.

NIELSEN, P.E.; SØRENSEN, M. **Reproductive pruning in *Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi**. International Symposium on Tuberous Legumes, Celaya (Mexico), 5-8. 1998.

NODA, H. Potencialidade da cultura de feijão-macuco (*Pachyrrhizus tuberosus*). In: Pahlen, A; Kerr W.E. (Org.). **Introdução à Horticultura e Fruticultura no Amazonas**. Manaus: CNPq/INPA, 58-65. 1979.

NODA, H.; PAIVA, W.O.; BUENO, C.R. **Hortalças da Amazônia**. Ciência Hoje, 3: 32-37. 1984.

ØRTING, B.; GRUNEBERG, W.J.; SØRENSEN, M. **Ahipa (*Pachyrhizus ahipa* Wedd. Parodi) in Bolivia**. Genetic Resources and Crop Evolution, 43: 435-446. 1996.

PAULL, R.E., CHEN, N.J.; FUKUDA, S.K. **Planting dates related to tuberous root yield, vine length, and quality attributes of Yam Bean**. Hort Science, 23(2): 326-329. 1988.

PARODI, R.L. **Relaciones de la agricultura prehispánica con la agricultura argentina actual**. Anales de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires (Argentina), 1:115-167. 1935.

PEREIRA, H. S. Comunidades ribeirinhas amazônicas: modos de vida e uso dos recursos naturais. In: FRAXE, T. J.; PEREIRA, H.S.; WITKOSKI, A.C. (Ed). **A dinâmica da paisagem socioambiental das várzeas do rio Solimões-Amazonas**. Vol. 2. Universidade do Amazonas, Manaus, 2007. 11-32.

PENA, M.A.A. **Adaptação de genótipos de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) aos ambientes de terra firme e várzea utilizados pelos agricultores familiares no Estado do Amazonas**. Dissertação (Mestrado) Centro de Ciências do Ambiente. Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2005. 68p.

PHILLIPS-MORA, W; MORERA, J.; SORENSEN, M. **Unidad de Recursos Genéticos**. Programa de Agricultura Sostenible, University of Denmark, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 83p. 1993.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. NBL Editora, 2002. 549p.

RAMOS-DE-LA-PEÑA, A.M.; RENARD, C.M.; WICKER, L.; CONTRERAS-ESQUIVEL, J.C. **Advances and perspectives of *Pachyrhizus* spp. in food science and biotechnology**. Trends in food science e technology, 29: 44-54. 2013.

RIBEIRO, W.G.; NODA, H.; SOARES, J.E.C.; ROCHA, M.Q. **Avaliação das características agrônômicas de feijão-macuco**. Horticultura Brasileira, 29:2902-2908. 2011.

ROBERTSON, A. **Experimental Design on the Measurement of Heritabilities and Genetic Correlations: Biometrical Genetics**. New York: Pergamon Press, 1959. 186p.

SANTOS, F.dos N. **Produção de Feijão Macaçar (*Vigna unguiculata* L.) Walp.) e recuperação da fertilidade de um Luvissole via fertilização e inoculação com *Rizobium***. Dissertação, Patos, PB: Universidade Federal de Campina Grande, 2010. 89p.

SCHROEDER, C.A. **The jicama, a rootcrop from Mexico**. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, Tropical Region, 11:65-71. 1967.

SCUDELLER, V.V.; SOUSA, A.M.G. Florística da Mata de Igapó na Amazônia Central. IN: SANTOS-SILVA, E.N.; SCUDELLER, V.V.(Orgs.). Biotupé: **Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia**. Volume 2, UEA Edições, Manaus, 2009.

SILVA FILHO, D.F.; NODA, H.; PAIVA, W.O.; YUYAMA, K.; BUENO, C.R.; MACHADO, F.M. Hortaliças não-convencionais nativas e introduzidas na Amazônia. In: NODA, H; SOUZA, L.A.G.; FONSECA, O.M. **Dois Décadas de Contribuições do INPA à Pesquisa Agrônômica no Trópico Úmido**. Manaus: INPA, 1997. 332p.

SILVA, E.S.; SILVA-FILHO, D.F.; SOUZA, L.A.G. **Avaliação de progênies de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.), Fabaceae, com base na nodulação natural, caracteres associados e processamento de raízes tuberosas**. (Dissertação), Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2015. 82p.

SILVA, S.E; SILVA FILHO. F.D; TICONA-BENAVENTE, A.C. **Diversity of yam bean (*Pachyrhizus* spp. Fabaceae) based on morphoagronomic traits in the Brazilian Amazon.** Acta Amazônica, 46: 233-240. 2016.

SILVA, E.S. Produção artesanal de farinha e amido a partir de raízes de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus*, FABACEAE). In: SOUZA, L.A.G.; SILVA-FILHO, D.F.; TICONA-BENAVENTE, C.A.; NODA, H. **Ciência e tecnologia aplicada aos agroecossistemas da Amazônia Central.** Manaus :Editora INPA, 286p. 35-44. 2018.

SILVA, H.A.; SANTOS, E. C. **Dinâmica da ocupação e utilização do espaço em comunidades do Paraná do Aranapú, na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá-am/Brasil.** Revista Geográfica de América Central, Número Especial EGAL, 1-15. 2011.

SMYTH, T.J.; BASTOS, J.B. **Alterações na fertilidade de um Latossolo Amarelo álico pela queima da vegetação.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 8:127-132. 1984.

STAMFORD, N.P.; SANTOS, C.E.R.; MEDEIROS, R.S; FREITAS, A.D.S. **Efeito da fertilização com Fósforo, Potássio e Magnésio em Jacatupé infectado com Rizóbio em um Latossolo Álico.** Pesquisa. Agropecuária. Brasileira, 34: 10. 1999.

SØRENSEN, M.1990. **Observationes on distribution, ecology and cultivation of the tuber-bearing legume genus *Pachyrhizus* Rich. ex DC.** Wageningen Agricultural University Papers (Netherlands), 90(3):38. 1990.

SØRENSEN, M.; GRUM, M.; PAULL, R.E.; VAILLANT, V.; VENTHOU-DUMAINE, A.; ZINSOU, C. Yam bean (*Pachyrhizus* species). **In Underutilized Crops: Pulses and Vegetables** (J.T. Williams, ed.). Chapman & Hall, London – New York, 59-102. 1993.

SØRENSEN, M. **Yam bean (*Pachyrhizus* DC.). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops.** Institut of Plant Genetics and Crop plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome. 1996. 141p.

SØRENSEN, M.; GRUNEBERG, W.J.; ØRTING, B. **Ahipa (*Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi.), in Andean Roots and Tubers: Ahipa, Arracacha, Macaand Yacon.** Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben International Plant Genetic Resources Institute, Rome, p. 13-73. 1997.

SØRENSEN, M.; DOYGAARD, S.; ESTRELA, J.; KVIST, L.; NIELSEN, P. **Status of the South American Tuberous legume (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.).** Biodiversity and Conservation, 6:1581-1625. 1997.

SØRENSEN, M. **A taxonomic revision of the genus *Pachyrhizus* (Fabaceae, Phasealeae).** Nordic Journal of Botany, 8(2):167-192. 1988.

SOARES, C.S. **Eficiência de Estirpes de Rizóbios no Rendimento e Qualidade Fisiológica de Sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) Walp.).** Tese (Doutorado). Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2007. 105p.

STAMFORD, N.P. SANTOS, C.E.deR.S.; MEDEIROS, R.; FREITAS, A.D.S.de. **Efeito da fertilização com Fósforo, Potássio e Magnésio em Jacatupé infectado com Rizóbio em um Latossolo Álico.** *Pesq. Agrpec. Brás. Brasília*, 34(10). 1999.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach.** 3ª, New York, USA: Mc Graw-Hill Book Company, 1997. 666p.

URBINA, M. **Raíces comestibles entre'los antiguos mexicanos.** Cap. XXIX Xícama. *Anales Museo Nacional de México. Segunda Epoca, Tomo, 3:123-125.* 1906.

VAILLANT, V.; DESFONTAINES, L. **Assimilate partitioning in *Pachyrhizus erosus* tuber on short days.** *Physiologia Plantarum* 93: 558-562. 1995.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. Associação entre caracteres. In: VENCOVSKY, R.; BARRIGA P. **Genética biométrica aplicada ao fitomelhoramento.** Sociedade Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, 335-486. 1992.

WRICKE, G. **Zurberechning der okovalenzbei sommerweizen und hafer.** *Pflanzenzuchtung*, 52, 127-138. 1962.

XAVIER, G.R.; MARTINS, L.M.V.; RIBEIRO, J.R.A.; RUMJANEK, N.G. **Especificidade Simbiótica entre rizóbios e acessos de feijão-caupi de diferentes nacionalidades.** *Revista Caatinga*, 19(1):25-33. 2006.

ZANKLAN, A.S.; AHOANGONOU, S.; BECKER, H. C.; PAWELZIK, E.; GRÜNEBERG, W. J. **Evaluation of the Storage Root-Forming Legume Yam Bean (*Pachyrhizus* spp.) under West African Conditions.** *Crop science*, 47: 1934-1946. 2007.

ZINSOU, C.; VENTHOU-DUMAINE, A.; VANSUYT, G. **Croissance et développement du *Pachyrhizus erosus* Urban. Effets de l'acide gibbérelique et du chlorure de chlorocholine en jours courts.** *Agronomie*, 7(9): 677-683. 1987.

ZINSOU, C.; VENTHOU-DUMAINE, A. **Effects of different sowing dates on the growth and development of Yam Bean (*Pachyrhizus erosus* Urban).** In *Proceeding of 24th Annual CFCS Meeting, Jamaica*, 15- 20. 1990.

Objetivos

Objetivo Geral

Avaliar a interação Genótipo x Ambiente de componentes agronômicos e centesimais de genótipos de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) do banco de germoplasma do INPA.

Objetivos específicos

Determinar a adaptabilidade, estabilidade e desempenho agronômicos dos 64 genótipos de feijão-macuco em ambiente de várzea e terra firme e selecionar os mais adaptados e estáveis em ambos ambientes;

Determinar a interação genótipo x ambiente, desempenho de caracteres físico-químicos e agronômicos dos 20 genótipos selecionados de feijão-macuco em ambiente de terra firme, nas safras de 2017 e 2018 em Manaus-AM.

CAPÍTULO 2

Silva, E.S.; Atroch, A.L. 2019. **Desempenho agrônômico, adaptabilidade e estabilidade de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) em ambientes de várzea e terra firme na região metropolitana de Manaus-AM.**



Figura 1. Estação experimental Alejo von der Pahlen, Km 14, Manaus-Am. Terra firme.



Figura 2. Estação experimental do Ariaú, Iranduba-Am. Várzea.

Desempenho agrônômico, adaptabilidade e estabilidade de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) em ambientes de várzea e terra firme na região metropolitana de Manaus-AM.

Edinei Santos da Silva¹, André Luiz Atroch²

¹Universidade Federal do Amazonas, Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, Manaus, Brasil

²EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL, Manaus, Brasil

Resumo

O feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) é uma espécie produtora de raízes tuberosas comestíveis e sementes tóxicas, e nativa na região Amazônica. Seu melhoramento ainda não foi realizado, sendo necessário avaliar o potencial produtivo e selecionar genótipos de interesses diversos. O objetivo deste trabalho foi testar o desempenho agrônômico, e verificar a adaptabilidade e estabilidade de feijão-macuco do banco de germoplasma do INPA em terra firme e em várzea, seguindo o delineamento de blocos completos ao acaso com 64 genótipos, três repetições e oito plantas por parcela. Por ocasião da colheita se avaliaram a produtividade e número de raízes tuberosas por planta. Os resultados mostram que apenas a produtividade das raízes tuberosas é influenciada pela interação GxE. A Decomposição da Soma de Quadrados da Interação Genótipo x Ambiente e o Biplot mostraram os genótipos adaptados aos ambientes de terra firme ou várzea, assim como, identificou aqueles mais estáveis. Para o número de raízes por planta, o genótipo P52 é mais adaptado a terra firme, o P2 melhor adaptado a várzea, e o P45 o mais estável e portanto mais adaptado a ambos ambientes. Quanto a produtividade das raízes em t/ha¹ os genótipos P13, P27, P64, P7, e P50 se destacaram como mais adaptados a terra firme e com melhores médias. O P35 mais adaptado ao ambiente de várzea. Os mais estáveis foram o P22, P38 e P49. Isto indica que o melhoramento de feijão-macuco, na região de várzea e terra firme da Amazônia brasileira, pode ter sucesso para aumentar a produtividade dos caracteres avaliados.

Palavras-chave: hortaliça negligenciada, segurança alimentar, diversidade.

Agronomic performance, adaptability and stability of yam bean (*Pachyrhizus* spp.) in lowland and solid ground environments in the metropolitan region of Manaus-AM.

Edinei Santos da Silva¹, André Luiz Atroch²

¹Universidade Federal do Amazonas, Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, Manaus, Brasil

²EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL, Manaus, Brasil

Abstract

Yam bean (*Pachyrhizus* spp.) is a species that produces edible tuberous roots and toxic seeds, and is native to the Amazon region. Its improvement has not yet been realized, being necessary to evaluate the productive potential and to select genotypes of diverse interests. The objective of this work was to test the agronomic performance and to verify the adaptability and stability of yam bean of the INPA germplasm bank in terra firme and floodplain, with a complete randomized block design with 64 genotypes, three replicates and eight plants per plot. At the time of harvest the productivity and number of tuberous roots per plant were evaluated. The results show that only the productivity of the tuberous roots is influenced by the interaction GxE. The Decomposition of the Sum of Squares of the Genotype x Environment Interaction and the Biplot showed the genotypes adapted to the environments of terra firme or várzea, as well as, identified those more stable. The characteristic number of roots per plant showed the P52 most adapted to terra firma, the P2 best adapted to várzea, and P45 the most stable and therefore more adapted to both environments. The characteristic productivity of roots t/ha¹ showed P13, P27, P64, P7, and P50 more adapted to terra firma and with better means. The P35 was the most adapted to the floodplain environment. The most stable were P22, P38 and P49. This indicates that the yam bean improvement in the lowland and terra firme region of the Brazilian Amazon region may succeed to increase the productivity of the evaluated characters.

Keywords: neglected vegetable, food security, diversity.

Introdução

O feijão-macuco ou jacatupé são nomes brasileiros para *Pachyrhizus* spp. Na Amazônia brasileira é usual encontrar *P. tuberosus*. Mas o *P. erosus* mesmo sendo importado do México e Centro América também está bem adaptado ao clima tropical com produtividade de raízes tuberosas de até 108 t/ha⁻¹ (NIELSEN et al., 2000; TAPIA e SORENSEN, 2003; SILVA et al., 2016). As sementes possuem alto teor de rotenona e pachyrhizina que são substâncias tóxicas (LAUTIÉ et al., 2013; LEUNER et al., 2013; ESTRELLA-PARRA et al., 2014). Por esta razão, podem ser utilizados como pesticidas e piscicidas, ou até mesmo como alimento se tratadas com temperatura ou produtos químicos para degradar a estabilidade da rotenona (CATTEAU et al., 2013).

A espécie faz parte da família Fabaceae e produz raízes tuberosas comestíveis (KINUPP e LORENZI, 2014; SILVA et al., 2015) com teores de proteínas de até 15 (%), superiores as demais culturas de raízes tuberosas (*Manihot esculenta*, 2.46 % e *Dioscorea* sp., 2.0 %) (PHILLIPS-MORA et al., 1993; VASCONCELOS et al., 2018) apesar de serem cultivadas em solos ácidos e pobre nutricionalmente como a maioria dos solos de terra firme da Amazônia.

Provavelmente a principal coleção brasileira desta espécie seja a do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), a qual tem sido conservada por mais de 40 anos (NODA, 1979; WEIGEL et al., 1981) com apenas dois trabalhos sobre a diversidade, publicados (RIBEIRO et al., 2011; SILVA et al., 2016). No entanto, pouca informação agrônômica tem sido publicada, e até o momento não se tem variedades recomendadas para terra firme ou várzea nos caracteres produtividade de raízes tuberosas ou de sementes. Usualmente é recomendada a poda das inflorescências para aumentar a produtividade das raízes tuberosas (RIBEIRO et al., 2011). Mas esta prática onera a produção inviabilizando seu cultivo por produtores da Amazônia, visto que a mandioca é mais tradicional e com manejo de cultivo quase nulo (JUNIOR e ALVES, 2014).

Para que a espécie possa ser cultivada na Amazônia é preciso obter variedades adaptadas a terra firme e a várzea com o mínimo de manejo, não fazendo a poda das inflorescências, e aproveitando o período de chuvas intensas de dezembro a junho (INMET, 2018) e o nível baixo do rio Solimões que sofre algumas variações quanto a duração de dias (BITTENCOURT e AMADIO, 2007). Fazendo estes ajustes e avaliando todo o banco de germoplasma em delineamento experimental na terra firme e várzea nos permitirá avaliar os caracteres agrônômicos que dependem da interação GxE e identificar os genótipos mais estáveis

ou mais adaptados a terra firme ou várzea. Além de possibilitar a formação de um banco de gemoplasma ativo que possibilite a obtenção de variedades. O objetivo deste trabalho foi avaliar 64 genótipos do banco de germoplasma do INPA nos ambientes de terra firme (Manaus-AM) e várzea (Iranduba-AM).

Material e Métodos

Os materiais vegetais consistiram de 64 genótipos de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) do banco de germoplasma do INPA, obtidos através de seleção de outras adesões introduzidas no México (*P. erosus*) e Mato Grosso, Brasil (*P. tuberosus*) nos anos 1980. Atualmente, os genótipos de feijão-macuco do banco de germoplasma do INPA, decorrentes de seus cruzamentos naturais levaram à perda de identidade das espécies.

Ambientes de instalação do experimento

O experimento foi instalado em duas localidades (terra firme e várzea) pertencentes ao Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA). O ambiente de terra firme está localizado na estação experimental de hortaliças (EEH) Dr. Alejo von der Pahlen, km 14 da Rodovia AM 010, em Manaus, AM, (02° 59' 00" S e 60° 01' 00" O), com altitude de 62 m, em Argissolo Vermelho-Amarelo Álico (SILVA FILHO et al., 1997), clima local caracterizado como “Af” no esquema de Köppen (ALVARES et al., 2013).

Em terra firme e várzea, os meses de junho, julho, agosto e setembro apresentaram as menores precipitações, e as maiores precipitações foram os meses janeiro, fevereiro, março, abril, maio e dezembro em ambos ambientes. Os meses de julho, agosto, setembro e outubro apresentaram as temperaturas médias mais elevada, por outro lado, as menores temperaturas médias ocorreram nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril (INMET, 2018; CLIMA-DATA.ORG, 2018), em ambos ambientes (Tabela 1).

Tabela 1. Precipitação acumulada/mensal e variação na temperatura em terra firme (Manaus-AM) e várzea (Iranduba-AM). (INMET, 2018; CLIMA-DATA.ORG, 2018).

Mês	Chuva acumulada (mm)		Temperatura máxima (°C)		Temperatura média (°C)	
	Várzea (Iranduba)	Terra firme (Manaus)	Várzea (Iranduba)	Terra firme (Manaus)	Várzea (Iranduba)	Terra firme (Manaus)
	Janeiro	278	276	30,5	30,0	26,7
Fevereiro	281	277	30,5	29,9	26,7	25,8
Março	301	301	30,6	30,0	26,8	25,8
Abril	282	288	30,8	29,9	27,0	25,8
Maio	206	193	31,0	30,7	27,0	26,4
Junho	112	98	31,3	31,1	26,9	26,6
Julho	83	61	32,4	31,6	27,6	26,9
Agosto	57	41	32,8	32,7	28,0	27,5
Setembro	81	62	32,7	33,1	28,0	27,9
Outubro	122	111	32,3	32,7	27,9	27,7
Novembro	165	165	31,4	32,0	27,4	27,3
Dezembro	232	228	31,5	31,1	27,3	26,7

As características químicas do solo foram determinadas no início do experimento, e realizadas no Laboratório de análise de solos e plantas da Embrapa Amazônia Ocidental (Tabela 2).

Tabela 2. Características químicas do Argissolo Vermelho Amarelo da área do experimental na Estação Experimental de Hortaliças Alejo Von Der Pahlen-INPA, em Manaus, AM.

pH H ₂ O	Variáveis						
	P	K	Ca	H+Al	Mg	Mn	Zn
	--- mg/dm ³ ---	---	----- cmol _c /dm ³ -----	-----	-----	--- mg/dm ³ ---	---
6,3	10,1	16	2,58	1,21	0,74	5,16	0,85

O ambiente de várzea está localizado na estação Experimental do Ariaú, solo Gleí Pouco Húmico, inundado anualmente no período de maio a agosto, no município de Iranduba a 30 km de Manaus, (03° 17' 06" S, e 60° 11' 09" O), altitude de 30 m acima do nível do mar), clima do tipo “Af” (ALVARES et al., 2013), temperatura média anual de 27 °C e pluviosidade média anual de 2.345 mm (FALESI, 1986).

Condução dos experimentos

As sementes foram semeadas em bandejas de poliestireno expandido de 128 células, preenchidas com substrato comercial, onde cada célula recebeu duas sementes, em seguida foram acondicionadas sobre bancadas no interior de uma casa de vegetação. Para irrigação das

sementes e das plântulas, utilizou-se um sistema de micro-aspersão controlado (duas aplicações ao dia, uma no início da manhã e outra no período final da tarde). Quando as plântulas atingirem 5 cm de altura realizou-se o desbaste com o auxílio de uma tesoura de poda, deixando apenas uma plântula por célula.

O transplante ocorreu após 15 dias de semeadura, em agosto (várzea) e outubro (terra firme) de 2015. Para tanto, em terra firme foram feitas covas medindo 20x20x20 (cm) adubadas com compostos (na proporção de 8 de terra e 2 de esterco de galinha curtido) preparados na estação experimental de hortaliças do INPA, por outro lado, em várzea não ocorreram adubações.

As flores não foram podadas para este experimento. O fato de não podar as flores proporciona a redução no rendimento das raízes tuberosas em até dez vezes a sua massa (NODA e KERR, 1983). Os genótipos foram avaliados em Delineamento de Blocos Casualizados, com três repetições e oito plantas por parcela. O espaçamento foi de 1 m x 0,5 m entre linhas e plantas, respectivamente (Figura 3).

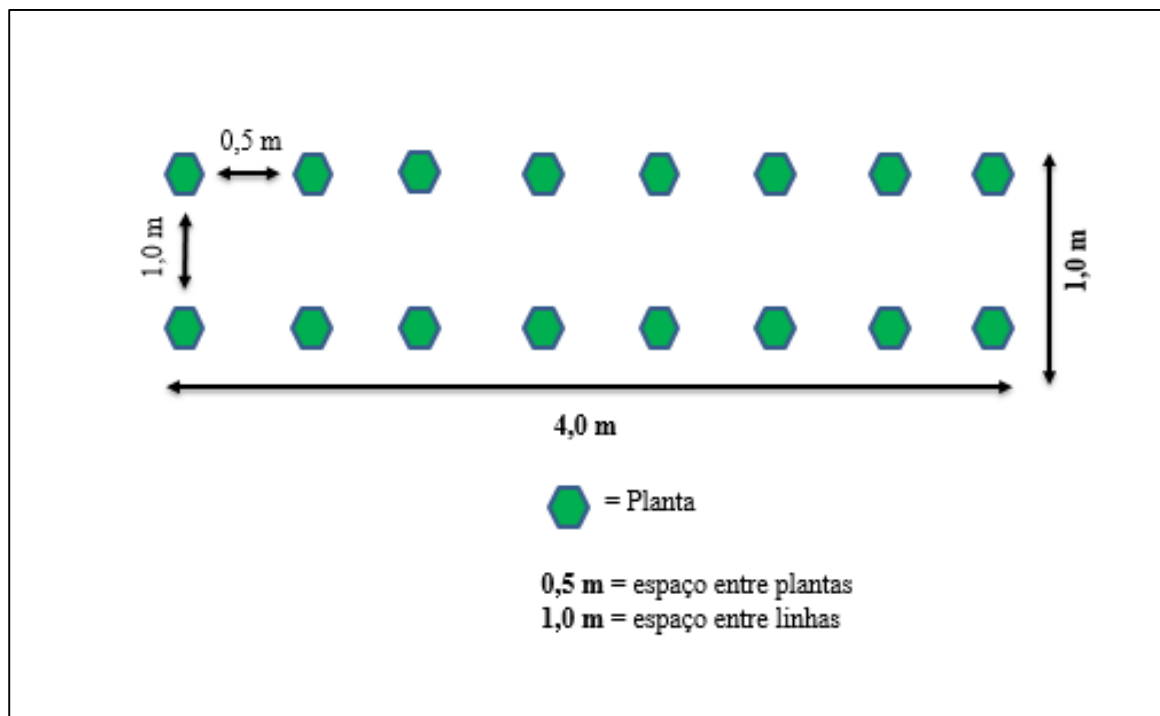


Figura 3. Desenho da distribuição dos genótipos nas parcelas para o estudo do desempenho agrônomo, adaptabilidade e estabilidade de 64 genótipos de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) em várzea e terra firme na região metropolitana de Manaus.

Características avaliadas e procedimentos para coleta de dados

As características avaliadas foram: Número de raízes tuberosas por planta e Produtividade das raízes tuberosas (t/h^{-1}). As raízes tuberosas foram colhidas no sétimo mês, após isso, foram lavadas para retirada de resíduos e submetidas a biometria (massa e quantificação) (Figura 4 e 5). Foram estimadas as produtividades de raízes por hectare a partir do espaçamento, resultando em 20 mil plantas por ha^{-1} . O número de raízes por planta foi estimado a partir de simples quantificação. Os dados foram analisados por análise de variância (ANOVA) e testes de Duncan ($P < 0,05$) e decomposição da soma de quadrados (STEEL et al., 1997) para estimar a adaptabilidade e estabilidade dos genótipos, por meio do software estatístico SAS.



Figura 4. Raízes tuberosas de feijão-macuco (*Pachyrhizus* sp.) lavadas e prontas para as avaliações biométricas.

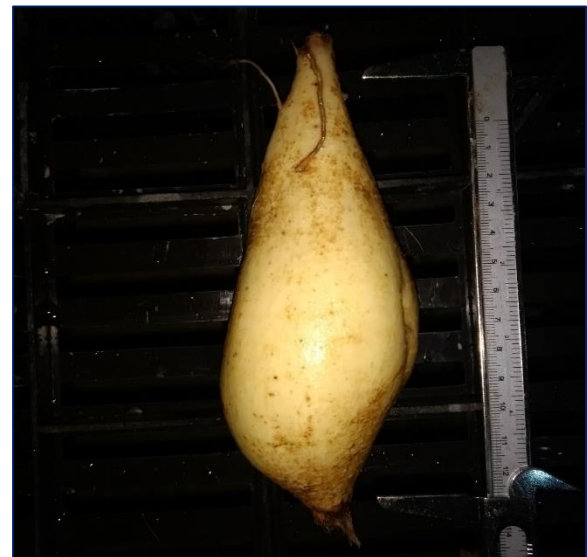


Figura 5. Raiz tuberosa de feijão-macuco (*Pachyrhizus* sp.) submetida às avaliações biométricas.

Resultados e Discussão

A presença da interação GxE traz aos melhoristas dificuldades na identificação de genótipos superiores, seja por ocasião da seleção, seja no momento da indicação de cultivares. Assim, a avaliação da interação GxE torna-se de grande importância no melhoramento vegetal, pois, no caso de sua existência, há possibilidades do melhor genótipo em um ambiente não o ser em outro, onde a produtividade também sofre essa influência (BORÉM e MIRANDA, 2013). Assim, foi fundamental conhecer o desempenho dos genótipos de feijão-macuco

(*Pachyrhizus* spp.) nos ambientes de terra firme (Manaus) e várzea (Iranduba) no Estado do Amazonas. Para isso, foi realizado o teste da ANOVA, DUNCAN, a Decomposição da soma de quadrados da interação GxE dos 64 genótipos em terra firme e várzea.

A ANOVA mostrou variância significativa de interação (GxE) apenas para Produtividade das raízes tuberosas (t/ha^{-1}), em que o desempenho dos genótipos não foi coincidente nos diferentes ambientes pelo teste F ($P \geq 0,01$), ou seja, suas médias divergiram significativamente (Tabela 1).

Os CVs variaram de 34,59 (%) a 52,92 (%) para número de raízes por planta e produtividade de raízes tuberosas, respectivamente. Não há referência sobre valores de coeficiente de variação para a cultura do feijão-macuco. Portanto não se pode inferir se os CVs são baixos, médios ou altos. O que se sabe é que os CVs podem ser influenciados por vários fatores (deficiência hídrica, baixos ou altos número de tratamentos e repetições ou diferentes delineamentos experimentais) que variam conforme a cultura ou variedade (PIMENTEL-GOMES, 1991; MOREIRA et al., 2009).

Experimento sobre CVs, desenvolvido por de Costa et al. (2002) que estudaram faixas de variações de CVs para a cultura de arroz. Mostraram que em DI (Delineamento em blocos incompletos) quando o número de tratamento é elevado, reduz o erro experimental e o CV (%) também é reduzido. Por outro lado, em DBC (Delineamento em blocos completos casualizados) se há aumento no número de tratamentos, aumenta o erro experimental e como consequência aumenta o CV (%). Estudos com feijão-caupi demonstram variações aceitáveis de CVs que variam conforme o caractere avaliado, como o de Bertini et al. (2009) que investigaram feijão-caupi e encontram em produção de sementes por planta 38,91 (%) de coeficiente de variação e comprimento de vagens 4,89 (%); Moreira et al. (2009) trabalhando com feijão-vagem encontraram 9,9 (%) em número de sementes e 35,9 (%) em produção de sementes. Portanto, podemos inferir que nossos valores de CVs podem ser aceitáveis, no entanto, requer trabalhos que possam investigar profundamente as faixas de variações de CVs para o feijão-macuco.

Tabela 3. Análise da variância de características agronômicas de 64 genótipos de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) cultivados em Várzea (Iranduba-AM) e Terra firme (Manaus-AM). 2016.

FV	GL	Quadrado Médio (%) ¹	
		Número de raízes por planta	Produtividade das raízes (t/ha) ¹
Local (A)	1	1,71*	263,83**
Bloco/Local	4	0,71*	95,06**
Genótipo (G)	63	0,25 ^{ns}	64,80**
GxE	63	0,20 ^{ns}	38,36**
Erro	244	0,26	14,70
Total	375		
Média geral		1,47	7,24
CV (%)		34,59	52,92

Legenda: *, **: P<0,05 e P<0,01 respectivamente. ns: não significativo (P>0,05)

A característica número de raízes tuberosas por planta mostrou o genótipo P45 (6,26) como mais estável (1,50-1,50) (Tabela 2 e 3). O gráfico biplot explicou 100 % da variação total, e identificou que o genótipo P52 (2,76) apresentou a maior média para número de raízes tuberosas por planta e se mostrou o mais adaptado a terra firme, e o P2 (2,56) se mostrou o mais adaptado a várzea (Figura 3).

Para a produtividade das raízes t/ha⁻¹, o genótipo P13 contribuiu com maior Soma de Quadrados (1094,04), sendo seu efeito significativo (P≤0,01), isto indica que o desempenho foi instável entre o ambiente de várzea e terra firme (Tabela 2). Os mais estáveis fora o P22 (4,78-4,89 t/ha⁻¹), P38 (4,45-4,36 t/ha⁻¹) seguidos pelo P49 (9,69-9,94 t/ha⁻¹). O gráfico biplot (Figura 2) explicou 100 % da variação total, e identificou que os genótipos P13 (33,16 t/ha), P27 (19,64 t/ha⁻¹), P64 (14,74 t/ha⁻¹), P7 (14,70 t/ha⁻¹) e P50 (14,20 t/ha⁻¹) apresentaram as maiores médias para produtividade de raízes tuberosas e se mostraram adaptados a terra firme, por outro lado, o genótipo P35 (12,76 t/ha⁻¹) se mostrou mais adaptado ao ambiente de várzea (Figura 2). Silva et al. (2016) desenvolveram experimento no ano de 2014 em terra firme na região de Manaus com o banco de germoplasma do INPA, e encontraram maior produtividade no P22 (107.6 t/ha¹). Este valor elevado da produtividade pode ser atribuído à extração das inflorescências, fato esse que aumenta a produção com valores superiores a dez vezes a massa daqueles sem extração das inflorescências (SORENSEN, 1996).

Tabela 4. Decomposição da soma de quadrados da interação GxE de 64 genótipos de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) cultivados em Várzea (Iranduba-AM) e Terra firme (Manaus-AM). 2016.

FV	GL	Quadrado Médio	
		Número de raízes por planta	Produtividade de raízes t/ha ¹
Amb/P1	1	0,08 ^{ns}	157,49*
Amb/P2	1	1,70*	2,66 ^{ns}
Amb/P3	1	0,02 ^{ns}	0,06 ^{ns}
Amb/P4	1	0,08 ^{ns}	1,21 ^{ns}
Amb/P5	1	0,06 ^{ns}	31,46 ^{ns}
Amb/P6	1	0,16 ^{ns}	8,97 ^{ns}
Amb/P7	1	0,10 ^{ns}	118,45*
Amb/P8	1	0,08 ^{ns}	5,18 ^{ns}
Amb/P9	1	0,01 ^{ns}	25,29 ^{ns}
Amb/P10	1	0,20 ^{ns}	2,18 ^{ns}
Amb/P11	1	0,08 ^{ns}	8,73 ^{ns}
Amb/P12	1	0,48 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Amb/P13	1	0,10 ^{ns}	1094,04**
Amb/P14	1	0,73 ^{ns}	14,16 ^{ns}
Amb/P15	1	0,60 ^{ns}	0,34 ^{ns}
Amb/P16	1	0,08 ^{ns}	1,02 ^{ns}
Amb/P17	1	0,20 ^{ns}	2,04 ^{ns}
Amb/P18	1	0,10 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Amb/P19	1	0,66 ^{ns}	0,86 ^{ns}
Amb/P20	1	0,10 ^{ns}	7,26 ^{ns}
Amb/P21	1	0,06 ^{ns}	6,44 ^{ns}
Amb/P22	1	0,06 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Amb/P23	1	0,06 ^{ns}	0,30 ^{ns}
Amb/P24	1	0,06 ^{ns}	10,45 ^{ns}
Amb/P25	1	0,20 ^{ns}	8,21 ^{ns}
Amb/P26	1	0,06 ^{ns}	1,12 ^{ns}
Amb/P27	1	0,37 ^{ns}	344,43**
Amb/P28	1	0,88 ^{ns}	1,48 ^{ns}
Amb/P29	1	0,28 ^{ns}	1,68 ^{ns}
Amb/P30	1	0,06 ^{ns}	16,73 ^{ns}
Amb/P31	1	0,06 ^{ns}	1,53 ^{ns}
Amb/P32	1	0,06 ^{ns}	2,43 ^{ns}
Amb/P33	1	0,04 ^{ns}	18,43 ^{ns}
Amb/P34	1	0,28 ^{ns}	22,19 ^{ns}
Amb/P35	1	0,20 ^{ns}	66,80*
Amb/P36	1	0,07 ^{ns}	8,37 ^{ns}
Amb/P37	1	0,04 ^{ns}	14,28 ^{ns}
Amb/P38	1	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Amb/P39	1	0,24 ^{ns}	12,26 ^{ns}
Amb/P40	1	0,32 ^{ns}	11,87 ^{ns}
Amb/P41	1	0,24 ^{ns}	1,48 ^{ns}
Amb/P42	1	0,02 ^{ns}	57,66*
Amb/P43	1	0,06 ^{ns}	3,37 ^{ns}
Amb/P44	1	0,62 ^{ns}	7,79 ^{ns}
Amb/P45	1	0,26 ^{ns}	1,85 ^{ns}
Amb/P46	1	0,37 ^{ns}	125,30*
Amb/P47	1	0,06 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Amb/P48	1	0,16 ^{ns}	1,21 ^{ns}
Amb/P49	1	0,28 ^{ns}	0,09 ^{ns}
Amb/P50	1	0,01 ^{ns}	115,10*
Amb/P51	1	0,01 ^{ns}	89,70*
Amb/P52	1	2,04*	0,38 ^{ns}
Amb/P53	1	0,24 ^{ns}	1,50 ^{ns}
Amb/P54	1	0,12 ^{ns}	4,25 ^{ns}
Amb/P55	1	0,02 ^{ns}	0,17 ^{ns}
Amb/P56	1	0,02 ^{ns}	1,17 ^{ns}
Amb/P57	1	0,10 ^{ns}	15,16 ^{ns}
Amb/P58	1	0,66 ^{ns}	23,04 ^{ns}
Amb/P59	1	0,06 ^{ns}	8,54 ^{ns}
Amb/P60	1	0,37 ^{ns}	0,09 ^{ns}
Amb/P61	1	0,01 ^{ns}	40,87 ^{ns}
Amb/P62	1	0,13 ^{ns}	23,44 ^{ns}
Amb/P63	1	0,20 ^{ns}	2,18 ^{ns}
Amb/P64	1	0,01 ^{ns}	153,01*

Legenda: *, **: P<0,05 e P<0,01 respectivamente. ns: não significativo (P>0,05)

Tabela 5. Médias dos caracteres agronômicas dos 64 genótipos de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) cultivados em Várzea (Iranduba-AM) e Terra firme (Manaus-AM). 2016.

Genótipo	Número de raízes por planta		Produtividade das raízes t/ha ¹	
	Terra firme	Várzea	Terra firme	Várzea
P1	1,13 b	1,36 bc	12,56 bcdef	2,32 de
P2	1,50 b	2,56 a	7,92 cdefgh	9,25 abcde
P3	1,13 b	1,26 bc	5,46 fgh	5,25 bcde
P4	1,16 b	1,40 bc	4,16 fgh	5,06 bcde
P5	1,46 b	1,66 abc	9,71 cdefgh	5,13 bcde
P6	1,16 b	1,50 abc	7,46 cdefgh	5,01 bcde
P7	1,36 b	1,63 abc	14,70 bcd	5,82 abcde
P8	1,50 b	1,26 bc	5,57 efgh	3,71 cde
P9	1,30 b	1,33 bc	11,64 cdefgh	7,53 abcde
P10	1,43 b	1,80 abc	6,76 cdefgh	5,56 abcde
P11	1,06 b	1,30 bc	8,73 cdefgh	6,30 abcde
P12	1,03 b	1,60 abc	7,45 cdefgh	7,76 abcde
P13	1,70 b	1,43 abc	33,16 a	6,15 abcde
P14	1,16 b	1,86 abc	8,95 cdefgh	5,88 abcde
P15	1,63 b	2,26 ab	7,50 cdefgh	7,98 abcde
P16	1,83 b	1,60 abc	6,14 cdefgh	6,96 abcde
P17	1,50 b	1,86 abc	8,36 cdefgh	9,52 abcd
P18	1,16 b	1,43 abc	4,91 fgh	4,96 bcde
P19	1,60 b	2,26 ab	7,20 cdefgh	6,44 abcde
P20	1,30 b	1,56 abc	3,23 h	5,43 bcde
P21	1,46 b	1,40 bc	3,78 gh	5,85 abcde
P22	1,43 b	1,50 abc	4,78 fgh	4,89 bcde
P23	1,40 b	1,62 abc	4,90 fgh	4,21 bcde
P24	1,36 b	1,30 bc	6,56 cdefgh	9,20 abcde
P25	1,06 b	1,43 abc	7,88 cdefgh	5,54 abcde
P26	1,40 b	1,20 bc	5,96 efgh	5,09 bcde
P27	1,06 b	1,56 abc	19,64 b	4,48 bcde
P28	1,36 b	2,13 abc	8,70 cdefgh	9,70 abc
P29	1,80 b	1,36 bc	6,94 cdefgh	8,00 abcde
P30	1,26 b	1,33bc	8,28 cdefgh	4,94 bcde
P31	1,40 b	1,50 abc	7,14 cdefgh	5,82 abcde
P32	1,53 b	1,60 abc	4,38 fgh	5,66 abcde
P33	1,76 b	1,60 abc	4,00 fgh	7,74 abcde
P34	1,43 b	1,86 abc	5,90 efgh	2,06 e
P35	1,40 b	1,76 abc	6,09 defgh	12,76 a
P36	1,56 b	1,85 abc	5,20 fgh	7,66 abcde
P37	1,13 b	1,35 bc	7,92 cdefgh	11,19 ab
P38	1,50 b	1,40 bc	4,45 fgh	4,36 bcde
P39	1,83 b	1,43 abc	5,28 fgh	8,14 abcde
P40	1,20 b	1,66 abc	4,76 fgh	7,57 abcde
P41	1,06 b	1,46 abc	9,60 cdefgh	8,61 abcde
P42	1,16 b	1,30 bc	9,48 cdefgh	3,28 cde
P43	1,70 b	1,50 abc	4,81 fgh	6,31 abcde
P44	1,10 b	1,23 bc	3,80 gh	4,10 bcde
P45	1,50 b	1,50 abc	5,73 efgh	4,62 bcde
P46	1,63 b	1,13 bc	12,46 bcdefg	3,32 cde
P47	1,46 b	1,53 abc	5,30 fgh	5,47 bcde
P48	1,53 b	1,86 abc	8,13 cdefgh	7,23 abcde
P49	1,50 b	1,06 c	9,69 cdefgh	9,94 abc
P50	1,26 b	1,30 bc	14,20 bcde	5,44 bcde
P51	1,26 b	1,16 bc	12,06 bcdefg	4,32 bcde
P52	2,76 a	1,60 abc	6,24 cdefgh	6,74 abcde
P53	1,86 b	1,46 abc	7,98 cdefgh	6,98 abcde
P54	1,30 b	1,65 abc	7,76 cdefgh	5,68 abcde
P55	1,23 b	1,30 bc	10,49 cdefgh	9,92 abc
P56	1,36 b	1,23 bc	5,40 fgh	6,29 abcde
P57	1,16 b	1,43 abc	12,15 bcdefg	8,97 abcde
P58	1,10 b	1,76 abc	9,61 cdefgh	5,69 abcde
P59	1,40 b	1,46 abc	6,62 cdefgh	4,24 bcde
P60	1,83 b	1,33 bc	6,58 cdefgh	6,66 abcde
P61	1,43 b	1,53 abc	3,03 h	8,25 abcde
P62	1,30 b	1,60 abc	11,51 cdefgh	7,56 abcde
P63	1,36 b	1,73 abc	6,94 cdefgh	5,73 abcde
P64	1,26 b	1,36 bc	14,74 bc	4,64 bcde
MG	1,40	1,53	8,10	6,31
CV (%)	34,87	35,39	51,74	54,34

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan no nível de 5% de significância. MG = média geral

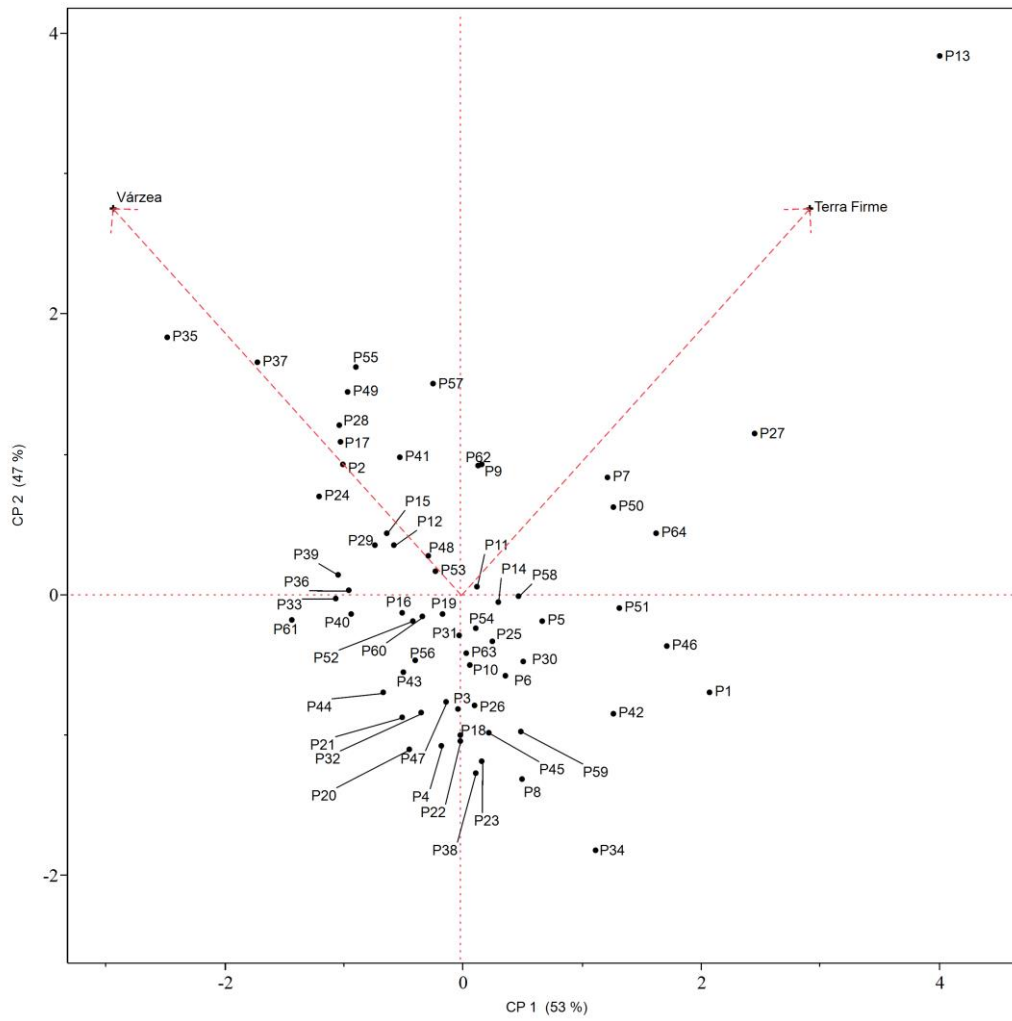


Figura 4. Biplot avaliando a distribuição das médias da produtividade de raízes tuberosas de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) e a adaptabilidade.

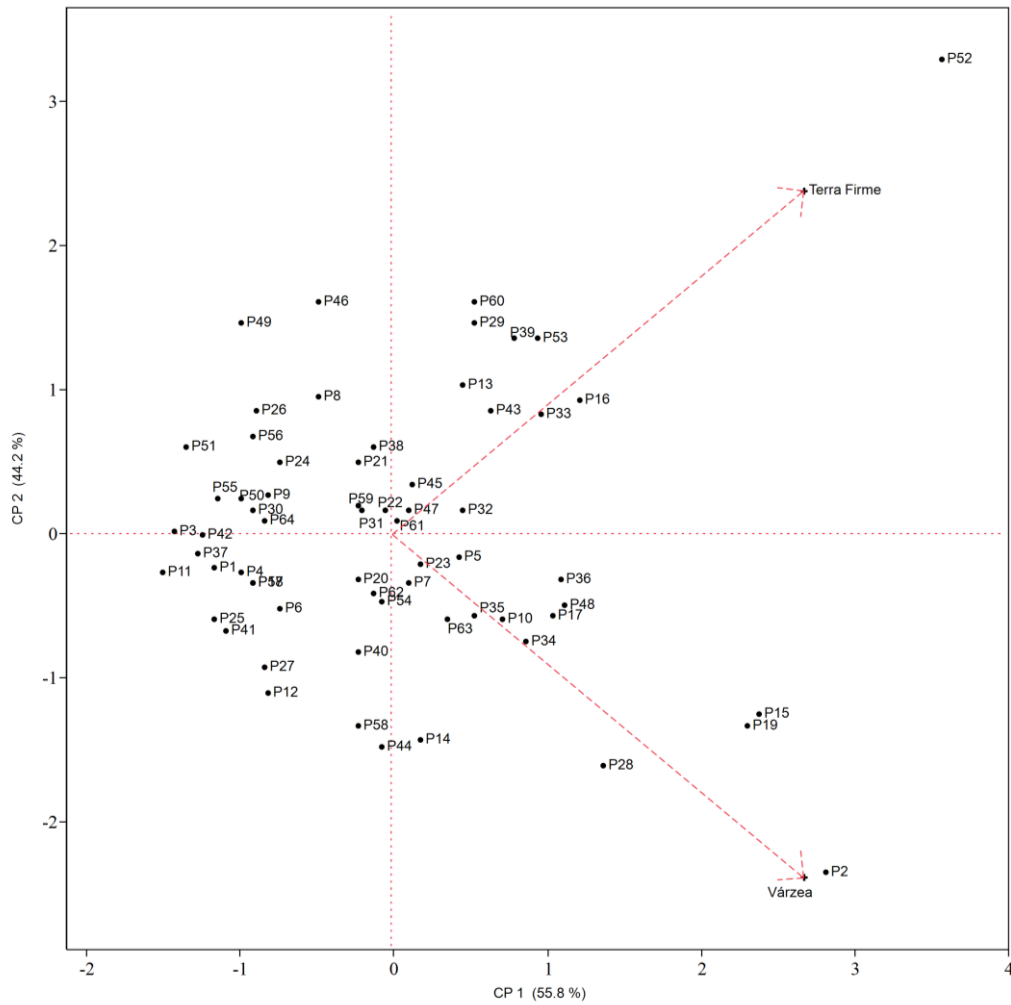


Figura 5. Biplot avaliando a distribuição das médias do número de raízes tuberosas por planta de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) e a adaptabilidade.

Conclusões

A Decomposição da Soma de Quadrados da Interação Genótipo x Ambiente mostrou genótipos adaptados aos ambientes de terra firme ou várzea, assim como, identificou aqueles mais estáveis. Para o número de raízes por planta, o P52 é mais adaptado a terra firme, o P2 melhor adaptado a várzea, e o P45 o mais estável e portanto mais adaptado a ambos ambientes. Quanto a produtividade das raízes t/ha¹ o P13, P27, P64, P7, e P50 se destacaram como mais adaptados a terra firme e com melhores médias. O P35 mais adaptado ao ambiente de várzea. Os mais estáveis foram o P22, P38 e P49.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical (PGATR-UFAM), à EMBRAPA Amazônia Ocidental; ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Referências Bibliográficas

- ALVARES, A.C.; STAPE, L.J.; SENTELHAS, C.P.; GONCALVES, M.L.J.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift. 22: 711–728. 2013.
- BERTINI, C.H.C.M.; TEÓFILO, E.M.; DIAS, F.T.C. **Divergência genética entre acessos de feijão-caupi do banco de germoplasma da UFC**. Revista Ciência Agronômica, 40(1):99-105. 2009
- BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de Plantas**. 6ed. – Viçosa, MG: Ed. UFV, 2013. 523p.
- BITTENCOURT, M.M.; AMADIO, S.A. **Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus**. Acta Amazonica, 37(2):303-308. 2007.
- CATTEAU, L.; LAUTIE, E.; KONE, O.; COPPEE, M.; HELL, K.; POMALEGNI, C.B. et al. **Degradation of Rotenone in Yam Bean Seeds (*Pachyrhizus* sp.) through Food Processing**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61: 11173-11179. 2013.
- COSTA, N.H.A.D.; SERAPHIN, J.C.; ZIMMERMANN, F.J.P. **Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas**. Pesquisa agropecuária brasileira, 37(3):243-249. 2002.
- CLIMA-DATA.ORG. **Clima Iranduba**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/amazonas/iranduba-43919/>> Acesso em: 08 de março de 2019.

ESTRELLA-PARRA, E.A.; GOMEZ-VERJAN, J.C.; GONZALEZ-SANCHEZ, I.; VAZQUEZ-MARTINEZ, E.R.; VERGARA-CASTANEDA, E.; CERBON, M.A. et al. **Rotenone isolated from *Pachyrhizus erosus* displays cytotoxicity and genotoxicity in K562 cells.** Natural Product Research, 28: 1780-1785. 2014.

FALESI, I.C. O estado atual dos conhecimentos sobre os solos da Amazônia brasileira. In: **Simpósio do Trópico Úmido**, Belém, Anais, 1:168-191. 1986.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (2017 e 2018). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sim/abre_graficos.php>. Acesso em 27 de dez. de 2018.

JUNIOR, M.S.M.; ALVES, R.N.B. **Cultura da mandioca**. Belém, PA : Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 197p.

KINUPP, V.F.; LORENZI, H. **Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil:** guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas. ed. São Paulo, Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2014. 768p.

LAUTIÉ, E.; ROZET, E.; HUBERT, P.; VANDELAER, N.; BILLARD, F.; ZUM FELDE, T. et al. **Fast method for the simultaneous quantification of toxic polyphenols applied to the selection of genotypes of yam bean (*Pachyrhizus* sp.) seeds.** Talanta, 117: 94-101. 2013.

LEUNER, O.; HAVLIK, J.; BUDESINSKY, M.; VRKOSLAV, V.; CHU, J.; BRADSHAW, T.D. et al. **Cytotoxic Constituents of *Pachyrhizus tuberosus* from Peruvian Amazon.** Natural Product Communications, 8: 1423-1426. 2013.

MOREIRA, R.M.P.; FERREIRA, J.M.; TAKAHASHI, L.S.A.; VANCONCELOS, M.E.C., GEUS, L.C.; BOTTI, L. **Potencial agrônomo e divergência genética entre genótipos de feijão-vagem de crescimento determinado.** Semina. 30 (1):1051-1060. 2009.

NIELSEN, P.E.; SØRENSEN, M.; HALAFIHI, M. **Yield potential of Yam Bean (*Pachyrhizus erosus* (L.) Urban) accessions in the Kingdom of Tonga, South Pacific.** Tropical Agriculture, 77:174-179. 2000.

NODA, H. Potencialidade da cultura do feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus*). In: PAHLEN, A.; KERR, W. E., (org.). **Introdução à horticultura e fruticultura no Amazonas**. Manaus: CNPQ /INPA/SUFRAMA, p.58-65. 1979.

NODA, H; KERR, W.E. **Os efeitos da estacagem e da poda na produção de raízes de inhame (*Pachyrhizus tuberosus*).** Boletim de Legumes de Grão Tropical, 27: 35-37. 1983.

PHILLIPS-MORA, W; MORERA, J.; SORENSEN, M. **Unidad de Recursos Genéticos.** Programa de Agricultura Sostenible, University of Denmark, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 83p. 1993.

PIMENTEL-GOMES, F. **O índice de variação: um substituto vantajoso do coeficiente de variação.** (Circular técnica, 178). Piracicaba: IPEF, 1991. 4p.

RIBEIRO, W.G.; NODA, H.; SOARES, J.E.C.; ROCHA, M.Q. **Avaliação das características agronômicas de feijão-macuco.** Horticultura Brasileira, 29:2902-2908. 2011.

SILVA FILHO, D.F.; NODA, H.; PAIVA, W.O.; YUYAMA, K.; BUENO, C.R.; MACHADO, F.M. Hortaliças não-convencionais nativas e introduzidas na Amazônia. In: NODA, H; SOUZA, L.A.G.; FONSECA, O.M. **Dois Décadas de Contribuições do INPA à Pesquisa Agrônômica no Trópico Úmido.** Manaus: INPA, 1997. 332p.

SILVA, E.S.; SILVA-FILHO, D.F.; SOUZA, L.A.G. **Avaliação de progênes de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.), Fabaceae, com base na nodulação natural, caracteres associados e processamento de raízes tuberosas.** (Dissertação), Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2015. 82p.

SILVA, S.E; SILVA FILHO. F.D; TICONA-BENAVENTE, A.C. **Diversity of yam bean (*Pachyrhizus* spp. Fabaceae) based on morphoagronomic traits in the Brazilian Amazon.** Acta Amazonica, 46: 233-240, 2016.

SØRENSEN, M. **Yam Bean.**: Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops, 2., Rome, International Plant Genetic Resource Institute, 1996. 141p.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach.** 3ª, New York, USA: Mc Graw-Hill Book Company, 1997. 666p.

TAPIA, C.; SORENSEN, M. **Morphological characterization of the genetic variation existing in a Neotropical collection of yam bean, *Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.** Genetic Resources and Crop Evolution, 50: 681-692. 2003.

VASCONCELOS, E.M.; SILVA-FILHO, D.F.; TICONA-BENAVENTE, C.A. **Estudo da interação genótipo x ambiente da composição físico-química de raízes de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) na Região Amazônica.** Dissertação (Mestrado) - Manaus, INPA, 2018. 53p.

WEIGEL, P.; BUENO, C.R.; CLEMENT, C.R.; ALVES, M.L.; RANZANL, G.; AEAKAWAL, N.; HARWOOD, J. **O Departamento de Ciências Agrônômicas.** ACTA AMAZÔNICA 11(1):25-37. 1981.

CAPÍTULO 3

Silva, E.S.; Atroch, A.L. 2019. **Interação GxE, desempenho agrônômico e físico-químico de 20 genótipos de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) em terra firme na região de Manaus-AM**



Figura 1. Entrada da estação experimental de hortaliças Alejo von der Pahlen, Km 14, Manaus-Am.



Figura 2. Cultivo de feijão-macuco na estação experimental Alejo von der Pahlen, Km 14, Manaus-Am.

Interação GxE, desempenho agrônômico e físico-químico de 20 genótipos de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) em terra firme na região de Manaus-AM

Edinei Santos da Silva¹, André Luiz Atroch²

¹Universidade Federal do Amazonas, Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, Manaus, Brasil

²EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL, Manaus, Brasil

Resumo

O feijão-macuco é uma cultura bem adaptada a região Amazônica. É apreciada por sua elevada produtividade de raízes tuberosas (108 t/ha⁻¹) e proteína (10 a 18 %) com sabor adocicado e suculento. Apesar dessas vantagens não existem recomendação de cultivares. O objetivo deste trabalho foi determinar a interação GxE e o desempenho agrônômico e centesimal de 20 genótipos do feijão-macuco em duas safras (2017 e 2018) em terra firme na região de Manaus-AM, assim como selecionar aqueles mais promissores. O Delineamento foi em Bloco Casualizados com três repetições e oito plantas/parcela. Para análise dos dados foi utilizado o Programa estatístico SAS. Foram avaliadas as seguintes características: produtividade das raízes tuberosas, de vagens e massa aérea fresca, número de vagens e raízes por planta, peso específico das raízes, teores de proteínas, lipídeos, fibras, cinzas e carboidratos das raízes tuberosas. As características agrônômicas não apresentaram interação, indicando que o ambiente não interfere no desempenho dos genótipos. Mas os caracteres da composição físico-química foram afetados pelo ambiente dando significância a interação GxE. Ao selecionar genótipos promissores para as características agrônômica e físico-química simultaneamente, o genótipo mais promissor por seu desempenho agrônômico e qualidade nutricional foi o P19 com 3,3 t/ha de raízes tuberosas, 3,7 t/ha de massa aérea e 9,8 (%) de teor de proteína. O P62 se destacou por apresentar raízes tuberosas com baixo teor de carboidrato e altos valores de fibra. Ele produziu 2,17 t/ha⁻¹ de raízes tuberosas, 1,7 t/ha⁻¹ de massa aérea fresca, 59 (%) de carboidrato, 26 (%) de fibra e 10 (%) de proteína. O genótipo P62 é desejável por apresentar raízes tuberosas com baixo teor de carboidrato e altos valores de fibra. Ele produziu 2,17 t/ha⁻¹ de raízes tuberosas, 1,7 t/ha⁻¹ de massa aérea fresca, 59 (%) de carboidrato, 26 (%) de fibra e 10 (%) de proteína. Para produzir sementes o genótipo P11 (1,0 t/ha⁻¹) seria o recomendável, o qual também produziu 3,5 t/ha⁻¹ de raízes tuberosas, 2 t/ha⁻¹ de massa aérea fresca e teor de proteína de 6,5 % nas raízes tuberosas.

Palavras-chave: planta alimentícia não convencional, hortaliça tuberosa.

GxE interaction, agronomic and physical-chemical performance of 20 genotypes of yam bean (*Pachyrhizus* spp.) on land in the region of Manaus-AM

Edinei Santos da Silva¹, André Luiz Atroch²

¹Universidade Federal do Amazonas, Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, Manaus, Brasil

²EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL, Manaus, Brasil

Abstract

Yam Bean is a culture well suited to the Amazon region. It is appreciated for its high yield of tuberosic roots (108 t/ha⁻¹) and protein (10 to 18%) with sweet and juicy taste. Despite these advantages there are no recommendation of cultivars. The objective of this work was to determine the interaction GxE, the agronomic and centesimal performance of 20 genotypes of the bean in two harvests (2017 and 2018) on land in the region of Manaus-AM, as well as to select the most promising ones. The design was in a block randomized with three replications and eight plants/plot. To analyze the data was used the SAS Statistical Program. The following characteristics were evaluated: tuber root yield, pod and fresh aerial mass, number of pods and roots per plant, specific root weight, protein, lipid, fiber, ash and carbohydrate contents of tuberous roots. The agronomic characteristics showed no interaction, indicating that the environment does not interfere in the performance of the genotypes. But the characters of the physico-chemical composition were affected by the environment giving significance to the interaction GxE. When selecting promising genotypes for the agronomic and physico-chemical characteristics simultaneously, the most promising genotype for its agronomic performance and nutritional quality was P19 with 3,3 t/ha⁻¹ of tuberous roots, 3,7 t/ha⁻¹ of aerial mass and 9,8 (%) protein content. The P62 was distinguished by its tuberous roots with low carbohydrate content and high fiber values. It produced 2,17 t/ha⁻¹ of tuberosic roots, 1,7 t/ha⁻¹ of fresh aerial mass, 59 (%) of carbohydrate, 26 (%) of fiber and 10 (%) of protein. The P62 genotype is desirable because it presents tuberous roots with low carbohydrate content and high fiber values. It produced 2,17 t/ha⁻¹ of tuberosic roots, 1,7 t/ha⁻¹ of fresh aerial mass, 59 (%) of carbohydrate, 26 (%) of fiber and 10 (%) of protein. To produce seeds, genotype P11 (1,0 t/ha) would be recommended, which also produced 3.5 t/ha⁻¹ of tuberous roots, 2 t/ha⁻¹ of fresh aerial mass and a protein content of 6.5% in tuberous roots.

Keywords: food plant not conventional, tuberous vegetables

Introdução

O atual nível de insegurança alimentar nos países em desenvolvimento exige esforços máximos de pesquisas para explorar e promover outras fontes alimentares de culturas negligenciadas ou subutilizadas, vide o feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp. Fabaceae). É uma herbácea perene, prostrada ou trepadeira volúvel que desenvolve raízes tuberosas globulares, alongadas e achatadas (SØRENSEN, 1988; KINUPP e LORENZI, 2014). Suas folhas são compostas trifolioladas, pecioladas com folíolos membranáceos e glabros, desenvolve flores de coloração branca ou roxa, as vagens variam de negras a marrons claros ((SØRENSEN, 1988; KINUPP e LORENZI, 2014; SILVA et al., 2016).

Nas sementes, há comprovação da presença de alto teor de rotenona e pachyrhizina que são substâncias tóxicas (ESTRELLA-PARRA et al., 2014; LAUTIÉ et al., 2013; LEUNER et al., 2013), sendo utilizadas por agricultores e populações tradicionais como pesticidas e piscicidas naturais, ou como alimento, quando eliminadas suas substâncias tóxicas (CATTEAU et al., 2013). Essas sementes são caracterizadas com alto teor de lipídeo de 20 a 28 % e conteúdo proteico cerca de 23 a 34 %, carboidratos 20,0 %, fibra 7,0 % e cinza 3,6 % (DUKE, 1981; GRÜNEBERG et al., 1999).

As raízes tuberosas são fontes de extração de amido, são comestíveis *in natura* ou cozidas, utilizadas na preparação de bolos e doces (KINUPP e LORENZI, 2014; SILVA et al., 2016). O rendimento de raízes tuberosas pode variar de 14 a 108 t/ha (NIELSEN et al., 2000; BELFORD et al., 2001; SILVA et al., 2016; JEAN et al., 2017). E seus componentes nutricionais em matéria seca, equivale de 10,4 g de proteínas, 0,9 g de lipídios, carboidratos 79,4 g, fibras 6,4 g, e de cinzas 2,9 g (MENEZES e OLIVEIRA NUNES, 1955)

A recomendação de cultivares é realizada por meio da execução de experimentos em vários locais e anos para selecionar material estável e adaptado (BORÉM e MIRANDA, 2013). Desde 1975 o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia mantém uma coleção de *Pachyrhizus* spp. a qual tem sido caracterizada (NODA, 1979; WEIGEL et al., 1981). Mas com os cruzamentos naturais entre os acessos não tem sido possível ainda recomendar cultivares. Usualmente se recomenda fazer podas de inflorescências (NODA et al., 1984), mas em trabalho anterior mostrou que mesmo sem essa prática podia-se produzir até 35 t/ha⁻¹ de raízes tuberosas em terra firme (VASCONCELOS et al., 2018). Desta forma foram selecionados do banco de germoplasma do INPA os 20 genótipos mais promissores para este experimento. O objetivo desse trabalho foi determinar a interação GxE e desempenho destes materiais a respeito de seus

caracteres agronômicos e suas composições centesimais, assim como selecionar aqueles mais promissores.

Material e Métodos

Foram utilizados 20 genótipos de feijão-macuco do banco de germoplasma do INPA, obtidos de seleção daqueles mais estáveis para produtividade para terra firme e várzea no ano de 2016 (VASCONCELOS et al., 2018). O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Hortaliças do INPA (02° 59' 00" S e 60° 01' 00" O) durante os meses de abril a setembro, nos anos de 2017 e 2018. Na região de Manaus as médias mensais de precipitação e temperatura sofreram variações nos anos de 2017 e 2018, com muita chuva nos primeiros três meses e com temperaturas mais elevadas para os meses de agosto e setembro, conforme os dados do Instituto Nacional de Meteorologia-INMET (Tabela 1).

Tabela 1. Precipitação acumulada e variação na temperatura nos anos de 2017 e 2018 na cidade de Manaus-AM. (INMET, 2018).

Mês	Chuva acumulada (mm)		Temperatura média (°C)		Temperatura máxima (°C)	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
abril	325	280	30.0	28.0	34.5	33.0
maio	135	180	28.2	28.5	35.0	34.0
junho	120	190	30.0	28.7	34.2	34.0
julho	80	50	30.0	30.2	36.0	36.0
agosto	27	20	32.0	32.0	37.0	37.0
setembro	180	75	31.0	32.0	37.2	36.0

As características químicas do solo foram determinadas no início do experimento, e realizadas no Laboratório de análise de solos e plantas da Embrapa Amazônia Ocidental (Tabela 2). Os resultados das análises de solos demonstraram adequados para o cultivo de feijão-macuco. Provavelmente isto tenha ocorrido devido ao local ser usado com frequência para diversos experimentos e os resíduos provavelmente permaneçam no ambiente. Portanto, não foi necessário fazer a correção para este experimento.

Tabela 2. Características químicas do Argissolo Vermelho Amarelo da área do experimental na Estação Experimental de Hortaliças Alejo Von Der Pahlen-INPA, em Manaus, AM. Safras 2017 e 2018.

Safras	pH H ₂ O	Variáveis						
		P --- mg/dm ³ ---	K ---	Ca ----- cmol _c /dm ³ -----	H+Al -----	Mg -----	Mn --- mg/dm ³ ---	Zn ---
2017	5,9	9,15	14	2,51	1,16	0,68	5,01	0,79
2018	6,2	9,85	17	2,57	1,10	0,69	5,03	0,77

Condução do experimento

Em cada ano foram semeadas direto no campo em covas de 20cmx20cmx20cm, cujo solo foi preparado previamente e adubado com 2 kg de composto orgânico (8:2 de terra e esterco de frango, respectivamente) elaborado na Estação Experimental de Hortaliças do INPA (EEH). Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), com três repetições. As parcelas continham oito plantas cultivadas em espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas (Figura 3). Na condução do plantio não se realizou poda das inflorescências.

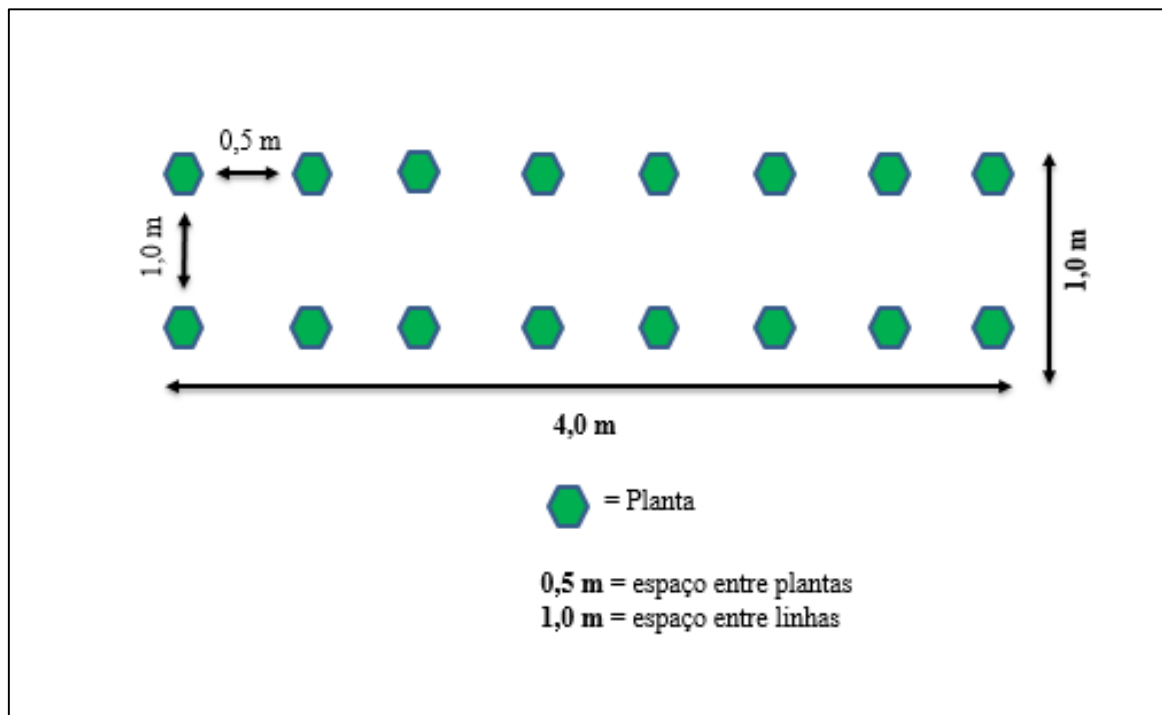


Figura 3. Desenho da distribuição dos genótipos nas parcelas para o estudo do desempenho agrônomo e físico-químico de 20 genótipos de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) nas safras 2017 e 2018 na terra firme.

Avaliações agronômicas

A colheita das vagens ocorreu no momento de maturidade quando apresentavam o aspecto seco com as sementes completamente soltas nas capsulas (Figura 4.), sendo depositadas em sacos de papel (1kg) com devidas identificações, onde foram quantificadas e suas massas mensuradas, finalmente as raízes tuberosas foram colhidas no sexto mês depois do plantio (Figura 5) avaliando-se: massa aérea fresca, número de vagens, número de raízes tuberosas, produtividade das raízes tuberosas e peso específico das raízes tuberosas.



Figura 4. Vagens maduras de feijão-macuco (*Pachyrhizus* sp.) adequadas para colheita.

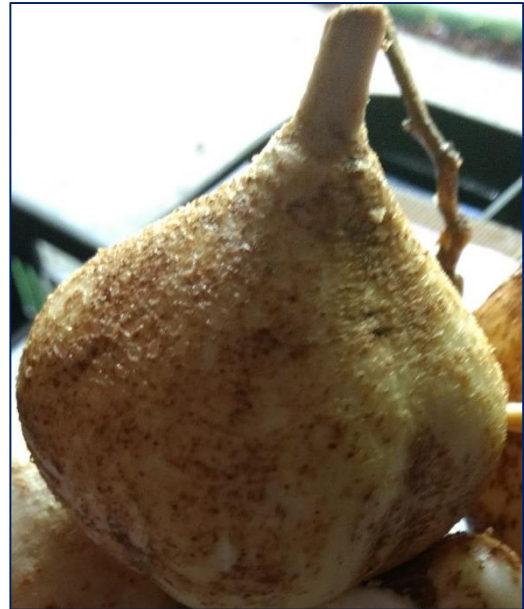


Figura 5. Raiz tuberosa de feijão-macuco (*Pachyrhizus* sp.) aos seis meses de cultivo.

Avaliações físico-químicas

Para realizar estas avaliações, as raízes tuberosas foram fatiadas (Figura 6), desidratadas em estufa a 65 °C por 72 hs e trituradas em moinho mecânico. Depois foram conservadas em frascos hermeticamente fechados com identificações pertinentes a cada genótipo (Figura 7). Deste material foram retiradas pequenas amostra para cada procedimento de análise.



Figura 6. Raízes tuberosas de feijão-macuco (*Pachyrhizus* sp.) fatiadas.



Figura 7. Raízes tuberosas trituradas e conservadas em frascos.

Procedimentos para determinação do teor de proteína

O teor de proteína foi obtido pelo método de Kjeldahl (IAL, 2008), o qual quantifica o teor de nitrogênio total. Onde pesou-se 0,02 gramas de farinha do feijão-macuco, em seguida adicionou-se em tubo micro Kjeldahl, 0,02 grama de solução catalítica composta por cloreto de sódio+cloreto de potássio, além de 5 ml de ácido sulfúrico. Em seguida foram levadas a digestão a 350° por 4 horas, por conseguinte, procedeu-se a destilação e consequentemente a titulação. Sequência de todo processo (peso da amostra, digestão, destilação, titulação, cálculo de proteína bruta). Para obtenção do teor de proteína (%), seguiu-se a seguinte fórmula:

$$\frac{\text{Volume HC - Branco} \times \text{F Conc. HCL} \times \text{F.Conv. N} \times 100}{\text{Peso da Amostra} \times \text{FC de Umidade}} = Y \times 6,25 = \% \text{ Proteína}$$

Procedimentos para determinação do teor de lipídio

Para obtenção do teor de lipídio, foi pesado aproximadamente 0,5 g da amostra em papel de filtro, sendo adicionado no aparelho de Soxhlet. O Hexano foi o reagente utilizado na extração, sendo adicionado a balões de vidro previamente identificados com os números das amostras, e acoplados ao aparelho. Após extração contínua por cerca de 6 horas o extrato etéreo presente no balão de vidro foi pesado (IAL, 2008). O cálculo foi feito da seguinte maneira:

$$\% \text{ de lipídios} = \frac{100 \times N}{P} \text{ onde,}$$

N = massa de lipídios em grama

P = massa da amostra em gramas

Procedimentos para determinação do teor de cinza

Com objetivo de conhecer o teor de cinza, as amostras em cadinhos foram identificadas e pesadas em balança analítica, então foram carbonizadas em fogão de bancada, em seguida os cadinhos foram colocados em mufla aumentando-se a temperatura até 550°C para incineração por 4 horas e meia ou até sobrar um resíduo de cinzas brancas ou claras e uniformes. A porcentagem de cinzas foi calculada conforme a seguinte fórmula (IAL, 2008):

$$\text{Cinza (\%)} = \frac{(\text{peso do cadinho} + \text{cinzas}) - \text{peso do cadinho}}{\text{peso da amostra (g)}} \times 100$$

Procedimentos para determinação do teor de fibra

Para a determinação do teor de fibra foram confeccionados sachês, identificados e pesados ainda vazios (peso do sachê vazio), adicionados 2 g de amostra (seca e desengordurada). Cada sachê fechado e com amostras foram novamente pesados, para evitar erros, foram usados os dados da segunda pesagem (peso do sachê com amostra). Ocorreram duas hidrólises, a primeira hidrólise com 2 L de solução ácida e solução de ácido sulfúrico a 0,255N (1,25 %) a 100 °C por 30 minutos. A segunda hidrólise com 2 L de solução básica e solução de NaOH a 0,313 N (1,25 %) a 100 °C por 30 minutos (digestão alcalina). Após as duas hidrólises os sachês foram organizados sobre papel absorvente para secagem, em seguida sobre

um recipiente (placa de Petri) foram levadas a estufa a 65 °C por uma noite. Por fim, foram removidos da estufa, resfriados no dessecador e pesados (Peso do sachê com fibra). Para determinar a quantidade de fibra em 100 g de amostra seca utilizou-se a seguinte fórmula:

$$\text{Fibra na MS (\%)} = \frac{\text{Fibra} \times 100}{\text{Peso da amostra (g)}}$$

onde,

MS = Matéria seca

Procedimentos para determinação do teor de carboidrato

Os carboidratos foram calculados por diferença, entre [100 – a soma do conteúdo de (cinzas, lipídios, proteínas e fibras)], conforme TACO-UNICAMP (2006).

Os dados foram analisados por análise de variância (ANOVA) e testes de Duncan (P <0,05) e (P <0,01) com Decomposição da Soma de Quadrados da interação GxA, utilizando o programa estatístico SAS.

Resultados e Discussão

Para todos os caracteres agrônômicos, observou-se que o efeito da interação GxE não foi significativa, o que sugere que a seleção pode ser realizada em experimento por uma safra apenas. Porém, os teores centesimais foram afetados pela interação, obrigando a analisar o desempenho de cada genótipo para fazer a seleção (Tabela 3).

Tabela 3. Análise da variância de características agrônômicas de 20 genótipos de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.). Safra 2017 e 2018. Manaus-AM.

FV	GL	Quadrado Médio (%) ²					
		Massa aérea fresca (t/ha) ²	Nº de vagens da planta	Massa das vagens (t/ha) ²	Nº de Raízes da planta	Produtividade das raízes (t/ha) ²	Peso Específico das raízes (g)
Ano (A)	1	3,06 ^{ns}	6,91 ^{ns}	0,63 ^{**}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00000001 ^{ns}
Bloco/Ano	4	13,59 [*]	23,08 ^{ns}	0,32 ^{**}	0,04 ^{ns}	7,31 [*]	0,00049459 [*]
Genótipo (G)	19	4,98 ^{**}	26,16 ^{ns}	0,13 ^{**}	0,10 [*]	1,80 ^{**}	0,00006530 ^{**}
GxE	19	0,60 ^{ns}	8,86 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00000000 ^{ns}
Erro	76	1,68	21,90	0,07	0,02	1,04	0,00003320
Total	119						
Média		2,65	13,06	0,73	1,12	2,72	1,01
CV (%)		48,99	35,83	37,33	14,31	37,45	0,56

Legenda: *, **: P<0,05 e P<0,01 respectivamente. ns: não significativo (P>0,05)

Para a massa aérea fresca os genótipos com maiores médias de ambas safras foram P48 (4,7 t/ha⁻¹) e P28 (4,11 t/ha⁻¹) (Tabela 5), o que mostra estes genótipos como os mais adequados para fazer silagem ou pastoreio. Porém, avaliações do teor de rotenona na parte vegetativa aérea deverão ser realizadas.

Para o caráter números de vagens por planta os genótipos com maiores médias em ambas as safras foram o P11 (19.72-18.72) e P9 (15.90-14.80). Na produtividade de vagens (t/ha⁻¹), a com maior soma de quadrados foi o genótipo P13 (0.22), seguido pelo P55 (0.22) e P62 (0.18), dessa forma, são considerados os mais estáveis. Considerando que o genótipo P11 foi o mais produtivo (1 t/ha⁻¹), possivelmente também se destaque para produção de sementes (Tabela 5).

O número de raízes tuberosas por planta, também não apresentou efeito significativo, obteve a maior soma de quadrados o genótipo P57 (7,30), seguido pelo P62 (7,30) e P9 (6,65) denotando estabilidade quando cultivados em terra firme nos anos de 2017 e 2018. O genótipo P48 foi o que obteve o maior número de raízes tuberosas por planta (1.56) (Tabela 5). Isto demonstra que este banco possui pouca variabilidade para este caractere.

A decomposição da soma de quadrados para produtividade das raízes t/ha⁻¹ demonstrou estabilidade para todos os genótipos. Os mais estáveis foram o P37 (3,29-3,29 t/ha⁻¹), P37 (3,13-3,13 t/ha⁻¹), P48 (2,95-2,95 t/ha⁻¹), P13 (2,90-2,90 t/ha⁻¹) e P9 (2,50-2,50 t/ha⁻¹). Os mais produtivos foram o P7 (3,54 t/ha⁻¹) e P11 (3,52 t/ha⁻¹) (Tabela 5). Segundo Silva et al. (2002) e Kvitschal et al. (2003), o rendimento de raízes tuberosas é um caráter quantitativo muito influenciado pela época de plantio e condições ambientais, o que dificulta a comparação dos resultados obtidos. Vasconcelos et al. (2018) desenvolveram estudos no ano de 2016, onde avaliaram a Produtividade das raízes tuberosas de feijão-macuco em ambiente de várzea e terra firme com período de colheita aos sete meses e verificaram o P13 (33,16) com maior produtividade. Possivelmente estas variações estejam relacionadas ao tempo e período de cultivo, semeadura direto no campo e fatores relacionados ao próprio genótipo. No entanto, outros experimentos são necessários para confirmação dessas particularidades. Mas, é certo que o P13 está entre os mais produtivos.

No peso específico das raízes, os genótipos com maiores somas de quadrados foram P11(9.50), seguido pelo P64 (8.02) e P13 (6.76) (Tabela 4), estes são os mais estáveis nos anos de 2017 e 2018. O genótipo P28 obteve o maior peso específico (1.02), o que indica que tem maior matéria seca (Tabela 5). O teor de matéria seca é fortemente influenciado pela idade da planta (FRANCK et al., 2011), isto indica que as raízes tuberosas de feijão-macuco podem ter seus teores de matéria seca alterados se seus períodos de colheitas forem modificados. Portanto,

há necessidade de experimentos que possam avaliar o peso específico das raízes tuberosas de feijão-macuco em diferentes períodos de colheitas e assim selecionar genótipos diferenciados para diferentes finalidades.

Tabela 4. Decomposição da soma de quadrados da interação GxE de caracteres agrônômicos de 20 genótipos de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.). Em Manaus nos anos de 2017 e 2018.

FV	GL	Quadrado Médio					
		Massa aérea fresca t/ha ¹	Número de vagens da planta	Massa de vagens t/ha ¹	Número de raízes por planta	Produtividade das raízes t/ha ¹	Peso específico das raízes (g)
Ano/P7	1	3,56 ^{ns}	26,88 ^{ns}	0,01 ^{ns}	2,42 ^{ns}	2,73 ^{ns}	4,16 ^{ns}
Ano/P9	1	2,85 ^{ns}	1,81 ^{ns}	0,02 ^{ns}	6,65 ^{ns}	4,54 ^{ns}	2,25 ^{ns}
Ano/P11	1	0,01 ^{ns}	1,50 ^{ns}	0,03 ^{ns}	2,81 ^{ns}	1,40 ^{ns}	9,50 ^{ns}
Ano/P13	1	3,45 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,22 ^{ns}	3,39 ^{ns}	7,58 ^{ns}	6,76 ^{ns}
Ano/P14	1	3,47 ^{ns}	1,32 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,22 ^{ns}	3,46 ^{ns}	3,99 ^{ns}
Ano/P15	1	0,11 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,13 ^{ns}	3,61 ^{ns}	2,70 ^{ns}
Ano/P17	1	0,51 ^{ns}	3,37 ^{ns}	0,01 ^{ns}	5,57 ^{ns}	4,50 ^{ns}	1,11 ^{ns}
Ano/P19	1	0,15 ^{ns}	7,94 ^{ns}	0,02 ^{ns}	2,10 ^{ns}	1,24 ^{ns}	5,43 ^{ns}
Ano/P28	1	0,01 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,99 ^{ns}	5,35 ^{ns}	1,51 ^{ns}
Ano/P35	1	4,53 ^{ns}	33,84 ^{ns}	0,15 ^{ns}	2,34 ^{ns}	3,13 ^{ns}	2,36 ^{ns}
Ano/P37	1	4,53 ^{ns}	1,41 ^{ns}	0,01 ^{ns}	2,41 ^{ns}	2,99 ^{ns}	4,28 ^{ns}
Ano/P41	1	0,99 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,48 ^{ns}	3,31 ^{ns}	6,15 ^{ns}
Ano/P48	1	0,52 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,01 ^{ns}	6,47 ^{ns}	1,00 ^{ns}	3,55 ^{ns}
Ano/P49	1	0,73 ^{ns}	38,76 ^{ns}	0,12 ^{ns}	3,06 ^{ns}	6,92 ^{ns}	2,17 ^{ns}
Ano/P51	1	0,20 ^{ns}	2,94 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,79 ^{ns}	4,60 ^{ns}	5,68 ^{ns}
Ano/P53	1	4,53 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,11 ^{ns}	1,66 ^{ns}	4,40 ^{ns}	4,39 ^{ns}
Ano/P55	1	2,48 ^{ns}	31,51 ^{ns}	0,22 ^{ns}	2,87 ^{ns}	3,46 ^{ns}	6,49 ^{ns}
Ano/P57	1	0,24 ^{ns}	5,35 ^{ns}	0,02 ^{ns}	7,30 ^{ns}	4,36 ^{ns}	1,30 ^{ns}
Ano/P62	1	0,01 ^{ns}	16,45 ^{ns}	0,18 ^{ns}	7,30 ^{ns}	4,36 ^{ns}	4,86 ^{ns}
Ano/P64	1	1,54 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,04 ^{ns}	5,76 ^{ns}	2,52 ^{ns}	8,02 ^{ns}

Legenda: ns: não significativo (P>0,05)

Tabela 5. Médias das safras 2017 e 2018 dos caracteres agrônômicos de 20 genótipos de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.).

Gen.	Massa aérea fresca t/ha ¹		Nº de Vagens da planta		Produtividade de vagens t/ha ¹		Nº de raízes da planta		Produtividade das raízes t/ha ¹		Peso específico das raízes (g)	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
P7	0,99 c	2,53 bcd	17,11 ab	12,88 a	0,81 ab	0,79 ab	1,07 b	1,06 b	3,54 a	3,53 a	1,0126 ab	1,0127 ab
P9	1,41 bc	1,41 d	15,90 abc	14,80 a	0,74 ab	0,87 ab	1,00 b	1,00 b	2,50 a	2,50 a	1,0176 ab	1,0176 ab
P11	2,06 abc	2,05 bcd	19,72 a	18,72 a	0,98 a	1,03 ab	1,17 b	1,16 b	3,52 a	3,51 a	1,0136 ab	1,0137 ab
P13	3,54 abc	2,02 bcd	14,65 abc	14,45 a	0,66 ab	1,05 ab	1,12 b	1,13 b	2,90 a	2,90 a	1,0126 ab	1,0126 ab
P14	2,88 abc	2,88 abcd	11,87 abc	10,92 a	0,52 b	0,52 b	1,17 b	1,18 b	2,77 a	2,76 a	1,0126 ab	1,0127 ab
P15	2,77 abc	3,05 abcd	13,40 abc	13,61 a	0,59 ab	0,66 ab	1,23 b	1,24 b	3,05 a	3,04 a	1,0101 b	1,0102 b
P17	2,76 abc	3,34 abcd	12,15 abc	10,65 a	0,70 ab	0,70 ab	1,17 b	1,16 b	2,21 a	2,22 a	1,0177 ab	1,0177 ab
P19	3,63 abc	3,95 abc	10,20 bc	12,50 a	0,51 b	0,64 ab	1,10 b	1,10 b	3,30 a	3,31 a	1,0181 ab	1,0183 ab
P28	4,11 ab	4,10 abc	14,22 abc	13,55 a	0,81 ab	0,80 ab	1,21 b	1,20 b	1,69 a	1,68 a	1,0226 a	1,0226 a
P35	2,40 abc	2,40 bcd	8,34 c	13,09 a	0,48 b	0,81 ab	1,17 b	1,16 b	2,93 a	2,92 a	1,0177 ab	1,0177 ab
P37	2,43 abc	2,43 bcd	12,13 abc	11,16 a	0,57 ab	0,58 ab	1,04 b	1,04 b	3,29 a	3,29 a	1,0119 ab	1,0120 ab
P41	3,47 abc	4,28 ab	11,66 abc	10,83 a	0,76 ab	0,89 ab	1,20 b	1,21 b	2,35 a	2,34 a	1,0169 ab	1,0170 ab
P48	2,06 abc	2,66 bcd	11,58 abc	11,93 a	0,52 b	0,47 b	1,56 a	1,57 a	2,95 a	2,95 a	1,0102 b	1,0103 b
P49	4,39 a	5,09 a	10,38 bc	15,47 a	0,55 ab	0,84 ab	1,00 b	1,00 b	2,93 a	2,92 a	1,0181 ab	1,0182 ab
P51	1,83 abc	2,20 bcd	14,71 abc	13,31 a	0,57 ab	0,72 ab	1,06 b	1,07 b	2,37 a	2,38 a	1,0140 ab	1,0140 ab
P53	1,83 abc	1,83 cd	13,84 abc	13,55 a	0,88 ab	1,16 a	1,19 b	1,19 b	2,47 a	2,46 a	1,0182 ab	1,0183 ab
P55	2,39 abc	3,67 abcd	10,50 bc	15,08 a	0,64 ab	1,03 ab	1,09 b	1,08 b	2,90 a	2,90 a	1,0184 ab	1,0184 ab
P57	1,47 bc	1,88 bcd	11,36 abc	13,25 a	0,77 ab	0,90 ab	1,00 b	1,00 b	3,13 a	3,13 a	1,0150 ab	1,0150 ab
P62	1,75 abc	1,74 cd	12,58 abc	15,90 a	0,62 ab	0,97 ab	1,00 b	1,00 b	2,18 a	2,17 a	1,0172 ab	1,0170 ab
P64	1,57 bc	2,59 bcd	10,00 bc	10,27 a	0,49 b	0,66 ab	1,00 b	1,00 b	1,60 a	1,59 a	1,0183 ab	1,0185 ab
MG	2,49	2,81	12,82	13,30	0,66	0,80	1,12	1,12	2,72	2,72	1,0157	1,0157
CV(%)	54,81	43,71	34,12	37,34	34,18	39,02	14,31	14,31	37,45	37,45	0,56	0,56

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan no nível de 5% de significância. MG= média gera

A composição química dos alimentos está relacionada com seu valor nutritivo, que no caso das raízes tuberosas de feijão-macuco poderiam auxiliar na seleção de genótipos mais estáveis.

A ANOVA mostrou interação (GxE) significativa ($P < 0,05$). Também apresentaram baixos coeficientes de variação, o que demonstra alta precisão experimental dos ensaios (Tabela 6). Os teores de proteínas, lipídios, fibras, cinzas e carboidratos são influenciados pelo ambiente e genótipos.

Tabela 6. Análise da variância da composição físico-química de 20 genótipos de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) na safra 2017 e 2018. Manaus-AM.

FV	GL	Quadrado Médio (%) ²				
		Proteína	Lipídio	Fibra	Cinza	Carboidrato
Ano (A)	1	1,27**	0,01*	27,38**	0,12*	44,50**
Genótipo (G)	19	15,73**	0,05**	106,13**	1,16**	143,83**
GxE	19	3,30**	0,02**	30,30**	0,09**	33,55**
Erro	80	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04
Total	119					
Média geral		8,13	0,55	16,70	2,44	72,15
CV (%)		0,88	4,56	0,79	3,84	0,29

Legenda: *, **: $P < 0,05$ e $P < 0,01$ respectivamente.

Tabela 7. Decomposição da soma de quadrados da interação GxE de caracteres físico-químicos de 20 genótipos de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.). Em Manaus nos anos de 2017 e 2018.

FV	GL	Quadrado Médio				
		Proteína (%)	Lipídio (%)	Fibra (%)	Cinza (%)	Carboidrato (%)
Ano/P7	1	4,72**	0,104**	8,03**	0,07**	1,60**
Ano/P9	1	6,34**	0,002*	8,18**	0,09**	26,21**
Ano/P11	1	1,54**	0,001 ^{ns}	5,27**	0,007 ^{ns}	12,85**
Ano/P13	1	0,38**	0,002*	83,26**	0,12**	87,37**
Ano/P14	1	0,18**	0,006*	57,12*	0,09**	60,07**
Ano/P15	1	2,09**	0,158**	129,92**	0,15**	164,97**
Ano/P17	1	3,10**	0,025**	97,18**	0,04*	126,59**
Ano/P19	1	0,31**	0,079**	0,13*	0,02 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Ano/P28	1	0,01 ^{ns}	0,003*	4,03**	0,37**	2,12**
Ano/P35	1	0,21**	0,001 ^{ns}	8,56**	0,008 ^{ns}	6,33**
Ano/P37	1	0,32**	0,005*	12,44**	0,20**	11,17**
Ano/P41	1	1,24**	0,009**	125,94**	0,04*	96,05**
Ano/P48	1	1,52**	0,072**	22,08**	0,001 ^{ns}	31,70**
Ano/P49	1	1,55**	0,001 ^{ns}	0,94**	0,07*	3,92**
Ano/P51	1	3,57**	0,008*	6,08**	0,01 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Ano/P53	1	18,70**	0,056**	3,55**	0,07*	6,15**
Ano/P55	1	2,47**	0,001 ^{ns}	23,03**	0,03*	9,52**
Ano/P57	1	3,59**	0,001 ^{ns}	3,64**	0,41**	10,19**
Ano/P62	1	4,69**	0,001 ^{ns}	1,39**	0,02 ^{ns}	10,20**
Ano/P64	1	7,55**	0,001 ^{ns}	2,24**	0,13**	14,79**

Legenda: *, **: P<0,05 e P<0,01 respectivamente. ns: não significativo (P>0,05)

Tabela 8. Médias das safras 2017 e 2018 dos caracteres físico-químicos de 20 genótipos de feijão macuco (*Pachyrhizus* spp.).

Gen.	Proteína (%)		Lipídio (%)		Fibra (%)		Cinza (%)		Carboidrato (%)	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
P7	5,83 m	7,60 j	0,69 a	0,42 h	14,54 h	12,22 q	2,25 efgh	2,02 h	76,67 cd	77,71 c
P9	8,97 f	6,92 l	0,67 ab	0,63 d	23,50 c	21,17 d	2,84 bc	3,10 b	63,98 n	68,16 o
P11	6,92 k	5,91 p	0,61 cd	0,64 d	12,36 k	10,48 s	2,85 bc	2,78 c	77,24 b	80,17 a
P13	10,25 d	10,75 b	0,47 h	0,43 h	11,83 e	19,28 f	2,47 de	2,18 g	74,97 f	67,33 q
P14	10,54 c	10,19 d	0,66 ab	0,60 de	16,66 g	10,48 s	2,23 fgh	2,49 de	69,89 h	76,22 e
P15	7,79 h	6,61 n	0,52 fgh	0,84 a	24,33 b	15,02 l	2,14 h	1,81 i	65,21 m	75,69 g
P17	7,74 h	6,30 o	0,40 i	0,53 f	22,41 d	14,36 m	2,31 efgh	2,48 de	67,12 j	76,30 e
P19	10,10 d	9,64 f	0,40 i	0,63 d	12,80 j	13,09 p	2,64 cd	2,51 d	74,04 g	74,09 i
P28	7,64 h	7,73 i	0,48 gh	0,44 h	12,45 k	14,09 n	2,26 efgh	1,76 i	77,14 bc	75,95 f
P35	7,11 j	6,74 m	0,40 i	0,36 i	13,66 i	16,05 h	3,71 a	3,78 a	75,09 f	73,04 k
P37	10,57 b	1,22 a	0,63 bc	0,69 c	19,21 f	16,33 g	2,20 fgh	1,83 i	67,18 j	69,91 n
P41	6,70 l	5,79 q	0,70 a	0,62 de	14,54 h	23,70 b	2,35 efgh	2,17 g	75,68 e	67,68 p
P48	7,62 h	6,62 n	0,53 efg	0,75 b	23,73 c	19,90 e	2,40 efg	2,43 de	65,69 l	70,29 m
P49	5,74 m	6,76 m	0,60 cd	0,62 de	14,37 h	15,17 k	2,27 efgh	2,05 h	77,00 bcd	75,38 h
P51	7,38 i	5,84 q	0,57 de	0,50 fg	11,75 l	13,76 o	2,43 def	2,33 f	77,85 a	77,55 d
P53	6,95 kj	10,49 c	0,71 a	0,52 fg	23,50 c	21,96 c	2,18 gh	2,40 ef	66,63 k	64,61 r
P55	8,06 g	9,34 g	0,52 fg	0,49 g	19,62 e	15,70 i	2,92 b	3,07 b	68,85 i	71,37 l
P57	6,95 kj	8,50 h	0,57 def	0,59 e	13,77 i	15,33 j	2,17 gh	1,64 j	76,51 d	73,91 j
P62	11,82 a	10,05 e	0,51 gh	0,50 fg	26,66 a	25,69 a	2,71 bc	2,84 c	58,29 o	60,89 s
P64	9,72 e	7,48 k	0,36 i	0,38 i	11,91 l	10,68 r	2,21 fgh	2,52 d	75,78 e	78,92 b
MG	8,23	8,02	0,55	0,56	17,18	16,22	2,48	2,41	71,54	72,76
CV(%)	1,15	0,44	5,17	3,86	1,08	0,17	4,95	2,13	0,40	0,10

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan no nível de 5% de significância.

Para proteína, a maioria dos genótipos apresentou significância, indicando variação e estabilidade dos genótipos entre as safras. O genótipo P37 foi o mais instável (1,12-10,75 %), mas o com melhor desempenho em ambas safras foi o P2 (11,82-10,05 %) (Tabela 7 e 8). O P28 demonstrou estabilidade (7,64-7,73). Sobre esse componente físico-químico, Leonel e Cereda (2002) averiguando *Pachyrhizus ahipa*, onde encontraram 1,00 (%) de proteína; Zanklan (2003) de 8 a 12 (%) em *Pachyrhizus* spp. Outros a investigarem esse caractere foram Mussury et al. (2013), que encontraram 15,3% de proteína em *Pachyrhizua ahipa*. Também López et al. (2010) com o mesmo propósito, identificaram 6,5 (%) em *Pachyrhizus ahipa*. Mais recentemente, Vasconcelos et al. (2018) avaliando Proteína em feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) encontraram o valor de 12,51 % (P47).

Para Lipídio, os genótipos apresentaram instabilidade e estabilidade entre as safras. O P15 foi o mais instável (0,52-0,84 %). Embora tenha apresentado maior instabilidade (Tabela 6) seu percentual de conteúdo lipídico foi superior aos demais (0,68 %) (Tabela 8). Dorporto et al. (2011) encontraram o teor de lipídio de 0,65 % para *P. ahipa* na base seca. Estudos mais recente realizados por Buckman et al., (2017) encontraram 0,54 % em *Pachyrhizus erosus*. Estes teores de lipídios encontrados no gênero *Pachyrhizus* são considerados relativamente baixo, e faz com que sejam substitutos adequado para os indivíduos que desejam manter uma melhor saúde, bem como aqueles que desejam reduzir a ingestão de gordura. Por outro lado, se poderá recomendar o P15 caso se deseje investir nos conteúdos lipídicos. Os genótipos P11, P35, P49, P55, P57, P62 e P64 são considerados estáveis (Tabela 7 e 8), se destacando como mais estável o P62 (0,51-0,50 %). Este também pode ser recomendado por sua estabilidade nas safras 2017 e 2018.

O componente físico-químico fibra apresentou significância para todos os genótipos, indicando variação entre safras. O P15 (129,92 %) foi o que mais contribuiu com a soma de quadrados, portanto, o mais instável (24,33-15,02 %), seguido pelo genótipo P17 (22,41-14,36 %) (Tabela 7). Merece destaque o P62, que embora instável, apresentou a maior média (26,66-25,69 %) em ambas safras (Tabela 8). Isto mostra que este material pode ser fundamental na digestão humana.

Para cinza, a maioria dos genótipos demonstraram instabilidade com destaque para o P28 (2,26-1,76 %) (Tabela 7). Os genótipos estáveis foram P11, P19, P35, P48, P51 e P62 (Tabela 6), com destaque para o P35 com maior média percentual (3,74 %) (Tabela 8). Leonel e Cereda (2002) encontraram 0,40 (%) de cinza em raízes tuberosas de *Pachyrhizus ahipa*. Mussury et al. (2013) encontraram cinzas 6,3% de cinzas em *Pachyrhizua ahipa*. Com mesmo

objetivo, Vasconcelos et al. (2018) avaliaram cinzas em feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) do banco de germoplasma do INPA em ambientes de várzea e terra firme, seus resultados corroboram com o nosso ao demonstrarem no P28 o genótipo mais instável. O mais promissor para esse caráter é o P35 por seu melhor desempenho somado a sua estabilidade.

Quanto ao teor de carboidrato, a maioria apresentou instabilidade entre as safras. O genótipo P19 (74,04-74,09 %) e P51 (77,85-77,55 %) foram considerados estáveis (Tabela 7 e 8). Porém o P11 obteve maior conteúdo com média percentual de 78,71 (%). Sobre este caráter, Zanklan (2003) encontrou de 40 a 41 (%) de carboidratos na base seca das raízes tuberosas de *Pachyrhizus* spp. Em Dourados Mato Grosso do Sul, Mussury et al. (2013) avaliaram carboidratos em *Pachyrhizus ahipa*, e encontraram 84,9 %, e Ascheri et al. (2014) caracterizaram *Pachyrhizus tuberosus*, e identificaram 21,27 % de carboidrato. Altos valores de carboidratos podem ser importantes pois indicam maiores conteúdo de açúcares e amido. Mas se o desejável for baixos teores de carboidratos o genótipo P62 (59,59 %) seria o mais adequado.

Conclusões

As características agronômicas não apresentaram efeitos do ambiente. Mas, os caracteres da composição físico-química foram afetados pelo ambiente dando significância a interação GxE. O genótipo mais promissor por seu desempenho agronômico e qualidade nutricional foi o P19 com 3,3 t/ha⁻¹ de raízes tuberosas, 3,7 t/ha⁻¹ de massa aérea e 9,8 (%) de teor de proteína. O genótipo P62 se destacou por apresentar raízes tuberosas com baixo teor de carboidrato e altos valores de fibra. Ele produziu 2,17 t/ha⁻¹ de raízes tuberosas, 1,7 t/ha⁻¹ de massa aérea fresca, 59 (%) de carboidrato, 26 (%) de fibra e 10 (%) de proteína. Mas se o desejável for raízes tuberosas com baixo teor de carboidrato e altos valores de fibra o genótipo P62 seria o recomendável. Ele produziu 2,17 t/ha⁻¹ de raízes tuberosas, 1,7 t/ha⁻¹ de massa aérea fresca, 59 (%) de carboidrato, 26 (%) de fibra e 10 (%) de proteína. Se o objetivo for produzir sementes o genótipo P11 (1,0 t/ha) seria o recomendável, o qual também produziu 3,5 t/ha⁻¹ de raízes tuberosas, 2 t/ha⁻¹ de massa aérea fresca e teor de proteína de 6,5 % das raízes tuberosas.

Considerações Gerais

As avaliações mostraram genótipos adaptados aos ambientes de terra firme ou várzea, assim como, identificou genótipos estáveis em ambos ambientes, além de variabilidade e elevados percentuais de conteúdos físico-químicos.

O fácil cultivo e a possibilidade de manejo para aumento da produtividade, o elevado conteúdo proteico das raízes tuberosas, além de apresentar genótipos adaptados ao ambiente de terra firme e várzea, torna o feijão-macuco uma alternativa de cultivo para agricultores familiares e para segurança alimentar na região do estado do Amazonas.

Os resultados indicam que o melhoramento de feijão-macuco, nos ambientes de várzea e terra firme, no estado do Amazonas, pode ter sucesso para aumentar a produtividade dos caracteres agrônômicos aliados aos caracteres físico-químicos.

No banco de germoplasma de feijão-macuco do Inpa, futuros trabalhos podem ser realizados com os seguintes propósitos:

- Colheita aos cinco e sete meses e selecionar aqueles com melhor desempenho para peso específico que representará matéria seca elevada.
- Testar manejo com poda da inflorescência aliada a eliminação de parte das brotações vegetativas para avaliar genótipos com melhores desempenhos para produtividade das raízes tuberosas, assim com os melhores conteúdos físico-químicos. Isto pode representar um facilitador para o manejo das podas, pois o agricultor poderá lançar mão de máquinas de poda para o trabalho.
- Determinar conteúdos de rotenona e pachyrhizina em vagens imaturas em diferentes períodos de desenvolvimento. Isto pode demonstrar algum genótipo com ausência desses conteúdos tóxicos, o que tornaria a vagem, uma alternativa para alimentação.
- Selecionar genótipos para a formação da coleção nuclear, e que represente a variabilidade para os caracteres produtividade, conteúdo proteico e fibra das raízes tuberosas.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical (PGATR-UFAM), à EMBRAPA Amazônia Ocidental; ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Referências Bibliográficas

ASCHERI, J.L.R; ZAMUDIO, L.H.B; CARVALHO, C.W.P; AREVALO, A.M; FONTOURA, L.M. **Extraction and Characterization of Starch Fractions of Five Phenotypes *Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.** Food and Nutrition Sciences, 5:1875-1885. 2014.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de Plantas.** 6ed. – Viçosa, MG: Editora UFV, 2013. 523p.

BELFORD, E.J.D.; KARIM, A.B.; SCHRÖDER, P. **Exploration of the Tuber Production Potential of Yam Bean (*Pachyrhizus erosus* (L.) Urban) under Field Conditions in Sierra Leone.** Journal of Applied Botany, 75:31-38. 2001.

BUCKMAN, E.S.; ODURO, I.; PLAHAR, W.A.; TORTOE, C. **Determination of the chemical and functional properties of yam bean (*Pachyrhizus erosus* (L.) Urban) flour for food systems.** Food Science & Nutrition, (6):457-463. 2018.

CATTEAU, L.; LAUTIE, E.; KONE, O.; COPPEE, M.; HELL, K.; POMALEGNI, C.B. et al. **Degradation of Rotenone in Yam Bean Seeds (*Pachyrhizus* sp.) through Food Processing.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61: 11173-11179. 2013.

DORPORTO, M.C., MUGRIDGE, A., GARCIA, M.A., & VINA, S.Z. ***Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi roots and flour: Biochemical and functional characteristics.** Food Chemistry, 126: 1670-1678. 2011.

DUKE, J.A. **Handbook of Legumes of World Economic Importance.** Plenum Press, New York & London. 1981.

ESTRELLA-PARRA, E.A.; GOMEZ-VERJAN, J.C.; GONZALEZ-SANCHEZ, I.; VAZQUEZ-MARTINEZ, E.R.; VERGARA-CASTANEDA, E.; CERBON, M.A. et al. **Rotenone isolated from *Pachyrhizus erosus* displays cytotoxicity and genotoxicity in K562 cells.** Natural Product Research, 28:1780-1785. 2014.

FRANCK, H.; MESTRES, C.; NOËL, A.; BRIGITTE, P.; JOSEPH, H.D.; CORNET, D.; MATHURIN, N.C. **Effects of cultivar and harvesting conditions (age, season) on the texture and taste of boiled cassava root.** Food Chemistry, 126:127-133.2011.

GRÜNEBERG, W.J.; GOFFMAN, F.D.; VELASCO, L. **Characterization of Yam Bean (*Pachyrhizus* spp.) Seeds as Potential Sources of High Palmitic Acid Oil.** Journal of the American Chemlsts Society, 76(11):1309-1312. 1999.

IAL-INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** São Paulo:Instituto Adolfo Lutz – 4ª Edição (versão eletrônica). 2008. 1020p.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (2017 e 2018). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sim/abre_graficos.php>. Acesso em 27 de dez. de 2018.

JEAN, N.; PATRICK, R.; PHENIHAS, T.; ROLLAND, A.; PLACIDE, R.; ROBERT, M.M.O.M.; SILVER, T.; VESTINE, K.; EVRARD, K.; GRÜNEBERG, W.J. **Evaluation of Performance of Introduced Yam Bean (*Pachyrhizus* spp.) in Three Agro-Ecological Zones of Rwanda.** Tropical Plant Biology, 10(2):97-109. 2017.

KINUPP, V.F.; LORENZI, H. **Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas.** ed. São Paulo, Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2014. 768p.

KVITSCHAL, M.V.; VIDIGAL FILHO P.S.; PEQUENO M.G.; SAGRILO E.; BRUMATI C.C.; MANZOTI M.; BEVILAQUA G. **Avaliação de clones de mandioca (*Manihot***

esculenta Crantz) para indústria na região noroeste do estado do Paraná. Acta Scientiarum, Maringá, 25:299-304. 2003.

LAUTIÉ, E.; ROZET, E.; HUBERT, P.; VANDELAER, N.; BILLARD, F.; ZUM FELDE, T. et al. **Fast method for the simultaneous quantification of toxic polyphenols applied to the selection of genotypes of yam bean (*Pachyrhizus* sp.) seeds.** Talanta, 117: 94-101. 2013.

LEONEL, M.; CEREDA, M.P. **Caracterização Físico-química de algumas tuberosas amiláceas.** Ciência. Tecnologia de Alimentos. Campinas, 22(1): 65-69. 2002.

LEUNER, O.; HAVLIK, J.; BUDESINSKY, M.; VRKOSLAV, V.; CHU, J.; BRADSHAW, T.D. et al. **Cytotoxic Constituents of *Pachyrhizus tuberosus* from Peruvian Amazon.** Natural Product Communications, 8: 1423-1426. 2013.

LÓPEZ, O.V; VIÑA, S.Z; PACHAS, A.N.A.; SISTERNA, M.N.; ROHATSCH, P.H.; MUGRIDGE, A.; FASSOLA, H.E.; GARCIA, M.A. **Composition and food properties of *Pachyrhizus ahipa* roots and starch.** International Journal of Food Science and Technology, 45: 223-233. 2010.

MENEZES, O.B.; OLIVEIRA NUNES, W. **Esterilidade em Jacatupé (*Pachyrrhizus bulbosus* L.).** Revista Ceres (Brazil), 10:52-57.1955.

MUSSURY, R.M.; SCALON, S.P.Q; SILVA, M.A; SILVA, T.F.; GOMES, H.; GASSI, R. **Postharvest conservation of the tuberous roots of *Pachyrhizus Ahipa* (Wedd) Parodi.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, 85(2):761-768. 2013.

NIELSEN, P.E., SØRENSEN, M.; HALAFIHI, M. **Yield potential of Yam Bean (*Pachyrhizus erosus* (L.) Urban) accessions in the Kingdom of Tonga, South Pacific.** Trop. Agric. (Trinidad), 77:174-179. 2000.

NODA, H. Potencialidade da cultura do feijão-macuco (*Pachyrrhizus tuberosus*). In: PAHLEN, A.; KERR, W. E., (org.). **Introdução à horticultura e fruticultura no Amazonas.** Manaus: CNPQ /INPA/SUFRAMA, p.58-65. 1979.

NODA, H.; PAIVA, W.O.; BUENO, C.R. **Hortalças da Amazônia.** Ciência Hoje, 3(13):32-37. 1984.

NODA, H.; KERR, W.E. **The effects of staking and of pruning on the root production of yam bean (*Pachyrrhizus tuberosus*).** Tropical Grain Legume Bulletin, 27: 35-37. 1983.

RIBEIRO, N. D.; LONDERO, P. M.G.; HOFFMANN JÚNIOR, L.; POERSCH, N. L.; CARGNELUTTI FILHO, A. **Dissimilaridade genética para teor de proteína e fibra em grãos de feijão dos grupos preto e de cor.** Revista Brasileira de Agrociência, 167-173. 2005.

SILVA, R.M.; FARALDO, M.F.I.; ANDO, A.; VEASEY, E.A. Variabilidade genética de etnovarietades de mandioca. In: CEREDA M.P. (Ed.). **Cultura de tuberosas amiláceas Latino Americanas.** São Paulo: Fundação Cargill, 207-242. 2002.

SILVA, S.E; SILVA-FILHO. F.D; Ticona-Benavente, A.C. **Diversity of yam bean (*Pachyrhizus* spp. Fabaceae) based on morphoagronomic traits in the Brazilian Amazon.** Acta Amazônica, 46:233-240. 2016.

SØRENSEN, M. **A taxonomic revision of the genus *Pachyrhizus* (Fabaceae, Phasealeae).** Nordic Journal of Botany, 8(2):167-192. 1988.

TACO-UNICAMP - **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO.** 2 ed. Campinas, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP. 2006. 113 p. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/nepa/taco/tabela.php?ativo=tabela>>. Acesso em: 11 dez. 2018.

VASCONCELOS, E.M.; SILVA-FILHO, D.F.; TICONA-BENAVENTE, C.A. **Estudo da interação genótipo x ambiente da composição físico-química de raízes de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) na Região Amazônica.** Dissertação (Mestrado) - Manaus, INPA, 2018. 53p.

WEIGEL, P.; BUENO, C.R.; CLEMENT, C.R.; ALVES, M.L.; RANZANL, G.; AEAKAWAL, N.; HARWOOD, J. **O Departamento de Ciências Agrônômicas.** Acta Amazonica 11(1):25-37. 1981.

ZANKLAN, A.S. **Agronomic performance and genetic diversity of the root crop yam bean (*Pachyrhizus* spp.) under West African conditions.** (Dissertation) Göttingen, 2003. 132p.

Anexos

Anexo I

Recebemos 8 sementes pretas e 5 sementes marrons
e semeamos em 04/05/89.

Lavras, 20 de Abril de 1989.

M. Noda
04/05/89

Ilmo. Sr.
Dr. Hiroshi Noda
INPA - Manaus

Prezado senhor,

O colega Dr. Warwick Estevam Kerr, do Departamento de Biociências da Universidade de Uberlândia, nos enviou uma carta, informando que o senhor possui sementes do feijão Jacatupé (Pachyrhizus tuberosus (LAM) Spreng) e de espécies do gênero Pachyrhizus. Warwick já teve muita experiência com o Jacatupé, onde em certos lugares do Brasil é chamado de feijão Macuco. No Amazonas a batata chega a pesar 1 a 2 Kg e no Maranhão 500 a 1500 g. O formato, descreve, é parecido com uma beterraba, já o que cultivamos aqui em Lavras, se assemelha a raízes de mandioca, possui flores roxas, sementes pretas e produz grande quantidade de raízes tuberosas.

Com o objetivo de trocar informações e material (sementes), estamos enviando em anexo sementes de Jacatupé Pachyrhizus tuberosus e de Jicama Pachyrhizus erosus cujas sementes são pretas e bege respectivamente.

Ficaremos gratos se conseguirmos as sementes de outras espécies do gênero Pachyrhizus, bem como mais informações sobre as espécies que possuímos, como: adaptação na Amazônia, pragas doenças, controle destas; utilização culinária das raízes; utilização das ramas para alimentação animal; utilização das sementes bem como quaisquer informações que achar interessante nos passar.

Estamos desenvolvendo trabalho de iniciação científica com esta planta, sob orientação dos professores Amari Alves de Alvarenga e Francisco Dias Nogueira, pesquisador da EPAMIG/EMBRAPA. Trabalhamos com esta planta a 4 anos e já investigamos muitos aspectos, dentre eles, a microbi-


Continuação

ologia associada à planta (micorriza e bactérias fixadoras de N), consórcio, utilização das sementes para controle de pragas, o qual está sendo comprometido seu andamento, pela falta de rotenona P.A., dentre outras investigações paralelas. Porém os resultados mais interessantes foram obtidos ao acaso, quando plantamos as sementes de Jacatupé, as quais cuidadosamente escolhidas, semeando-se somente sementes de coloração preta (não se conhece sementes de Jacatupé que não seja de cor preta), e após 8 meses, colheu-se e obteve cerca de 30 sementes de coloração clara semelhante às de P. erosus, porém após plantadas apresentaram-se semelhantes às plantas de P. tuberosus. Este resultado é muito interessante visto que no último trabalho de classificação Botânica do gênero, (SORENSEN, Nordic Journal of Botani 8:167-192 de 1988) nada relata sobre a presença de sementes de coloração diferente na espécie P. tuberosus.

Estamos enviando em anexo, sementes das espécies Jacatupé e Jicama (P. tuberosus e P. erosus) sementes pretas e bege respectivamente. Boletim técnico da EPAMIG.

Certos de vossa atenção, agradecemos:


Atenciosamente:


* Helcio de Abreu Junior


* Carlos Massaru Kato

* Estudantes do último ano do curso de Agronomia, bolsistas do CNPq.

Anexo II


INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Cta. 141/90 - DCA/INPA.

Manaus, 21 de Maio de 1990

Dr. Arlindo Moreira Sales.
 Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL.
 Seccão de Bioquímica
 Av. Brasil, 2.880
 Caixa Postal, 139
 13.100 - Campinas, SP.

Prezado Arlindo,


Estou remetendo, hoje, pela VASP, as amostras de raízes (13 linhagens) de feijão macuco e, também, sementes (11 linhagens). Como você poderá observar as amostras de sementes são antigas (de 1985), pois no momento não tenho quantidade de sementes novas disponíveis. As que possuo são em pequenas quantidades e são destinadas à manutenção das linhagens. Se for necessário amostras de sementes novas das mesmas linhagens poderemos multiplicá-las no campo, talvez, até o final deste ano.

As raízes estão em sacos separados, por linhagens Os números dos tratamentos e as respectivas linhagens são comuns para raízes e sementes. A identificação está gravada à tinta na frente do saco:

<u>Nº de Tratamento</u>	<u>Linhagem</u>	<u>Raiz</u>	<u>Semente</u>
1	...	1.1	sim
2	...	1.1.1	sim
3	...	1.1.2	sim
4	...	1.1.6	sim
5	...	1.2	sim
6	...	1.3.2	sim
7	...	2.1	sim
8	...	2.2	sim
9	...	2.2.1	sim
10	...	2.9	sim
11	...	3.1	sim
12	...	3.2	sim
13	...	4.2	sim

O plantio foi efetuado no dia 05.10.89 e a colheita nos dias 10 e 11.05.90.

Quaisquer outras informações necessárias poderei passá-las bastando solicitar por telefone ou carta.

Atenciosamente,


P.S. Não foi possível completar o material de 21/05/90. Provavelmente a remessa será feita no dia 23/05/90, pois a VASP está com excesso de encomendas.

INPA - 003

Anexo III

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
 FUNDAÇÃO Instituída nos termos da Lei nº 5.152 de 21/10/1966
 SÃO LUÍS — MARANHÃO

São Luís, 23 de Agosto de 1984

OF. DEPT:BIOL. Nº 469/84

Ilmº Sr.
 Prof. Dr. Ivany F.M. Valio
 Dept. Fisiologia Vegetal, Instituto de Biologia
 Universidade Estadual de Campinas
 Caixa Postal 6109
 13100 Campinas SP.

Caro Ivany:

Recebi sua carta de 20/08/84. Vamos ao 1º assunto.

Seria possível Você passar 2 meses (ou pelo menos 45 dias) aqui, dando um curso de 120¹⁷⁰ horas de Fisiologia Vegetal para o 2º ano de 10 de maio a 30-6-65? Neste ano, quem deu Fisiologia Vegetal foi o Prof. Mânlio Fernandes, Prof. de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Foi excelente, porém ele teve muitas dificuldades por supor que tínhamos coisas que, por óbvias, não pedi~~u~~ com antecedência. As aulas (como serão as suas) eram dadas na tarde de um dia e em dois dias inteiros da semana (20 horas semanais).

Segundo assunto:

O feijão-macuco (nome matogrossense para ja catupê) original do INPA, veio de uma tribo de Mato Grosso (não me lembro se era Nhambiquara ou Cinta Larga). Tinha flores brancas. Dai o Dr. Alejo Vander Pahlen trouxe umas sementes de IATI, ~~da~~ Co lombia, que dava flores azuis e cruzaram-se. Logo os meus e os do INPA devem ser uma mistura entre erosus e tuberosus, jus

Continuação

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

FUNDAÇÃO Instituída nos termos da Lei nº 5.152 de 21/10/1966
SÃO LUÍS - MARANHÃO

tificando a idéia daqueles (como Hodopa) que dizem que são cultivares de uma mesma espécie e (no caso erosus, que é a mais velha (é?)).

Abraços do



~~Prof.~~ Dr. Warwick Estevam Kerr
Chefe do Dept. Biol. da UFMA.
Largo dos Amores, 21
65000 - São Luís-MA.

- 1º PS. Feijão macuco é muito consumido aqui, cru, com maionese. *Finis*
- 2º PS. Se souber ^{algum} PhD que queira vir fazer concurso para titular aqui avise-me.

Anexo IV

Feijão - Mauco
 Ensaio com introduções e progênies
 Est. Exp. Hortaliças "Alejo von der Pahlen"
 2007/08

Data da semeadura: 11/12/2007

Nº Campo	Material	Ensaio Anterior
1	L. <u>1.1</u> - 82 Flor Roxa	1
2	L. 1.1.1 - 82 Flor Roxa	2
3	L. 1.1.1 - 82 Flor Branca	2 B1
4	L. 1.1.1 - 82 Flor Branca	2 B2
5	L. 1.1.6 - 82 Flor Roxa	4
6	L. <u>1.2</u> - 82 Flor Roxa	5
7	L. 1.2 - 82 Flor Branca	5 B1
8	L. 1.2 - 82 Flor Branca	5 B2
9	L. 1.2 - 82 Flor Branca	5 B3
10	L. 1.2 - 82 Flor Branca	5 B4
11	L. 1.2 - 82 Flor Branca	5 B5
12	L. 1.2 - 82 Flor Branca	5 B6
13	L. 1.3.2 - 82 Flor Roxa	6
14	L. 2.1 - 82 Flor Roxa	7
15	L. <u>2.1</u> - 82 } Flor Branca	7 B1
16	L. <u>2.1</u> - 82 } Flor Branca	7 B2
17	L. 2.2 - 82	8
18	L. <u>2.2.1</u> - 82 } Flor Roxa	9
19	L. 2.2.1 - 82 } Flor Branca	9 B1
20	L. 2.2.1 - 82 } Flor Branca	9 B2
21	L. 2.2.1 - 82 } Flor Branca	9 B3
22	L. <u>3.1</u> - 82	11
23	L. 3.2 - 82	12
24	L. 3.2 - 82	12 B1
25	L. 3.2 - 82	12 B2
26	L. 4.2 - 82	13

Continuação

Nº do Campo	Material	Ensaio anterior
27	L 4.2 - 82 Flv Branca	13 B1
28	L 4.2 - 82 Flv Branca	13 B2
29	L 1.2 Flv Branca 14 Flv Roxa	14
30	L 1.2 Flv Branca 14 Flv Branca	14 B1
31	L 4.2 Flv Branca 15 Flv Roxa	15
32	L 4.2 Flv Branca 15 Flv Branca	15 B1
33	L 4.2 Flv Branca 15 Flv Branca	15 B2
34	L 4.2 Flv Branca 15 Flv Branca	15 B3
35	L 4.2 Flv Branca 15 Flv Branca	15 B4
36	L 4.2 Flv Branca 15 Flv Branca	15 B5
37	Flv Branca 89 16 Flv Roxa	16
38	Flv Branca 89 16 Flv Branca	16 B1
39	Flv Branca 89 16 Flv Branca	16 B2
40	Flv Branca 89 16 Flv Branca	16 B3
41	Flv Branca 89 16 Flv Branca	16 B5
42	Flv Branca 89 16 Flv Branca	16 B6
43	Flv Branca 89 16 Flv Branca	16 B7
44	Flv Branca 89 16 Flv Branca	16 B8
45	Flv Branca 89 16 Flv Branca	16 B9
46	Flv Branca 89 16 Flv Branca	16 B10
47	Flv Branca 89 16 Flv Branca	16 B11
48	Flv Branca 89 16 Flv Branca	16 B12
49	Flv Branca Junho 90 17 Flv Roxa	17
50	Flv Branca Junho 90 17 Flv Branca	17 B1
51	Flv Branca Junho 90 17 Flv Branca	17 B2
52	Flv Branca Junho 90 17 Flv Branca	17 B3
53	Flv Branca Junho 90 17 Flv Branca	17 B4
54	Flv Branca Junho 90 17 Flv Branca	17 B5
55	Flv Branca Junho 90 17 Flv Branca	17 B6

Continuação

Nº de Campo	Material	Ensaio Antes
56	Flor Branca Junho 90 17 Flor Branca	17B7
57	Flor Branca Junho 90 17 Flor Branca	17B8
58	1H - 1927 Flor Roxa <small>P. 29. Lauras</small>	18
59	1H - 1948 Flor Roxa <small>P. erosus</small>	20
60	1H - 1948 Flor Branca <small>P. erosus</small>	20B1
61	1H - 1948 Flor Branca <small>P. erosus</small>	20B3
62	26 Flor Roxa	26
63	26 Flor Branca	26B1
64	26 Flor Branca	26B2