

2. Caracterização físico-química de acessos do banco de germoplasma de feijão-macuco (*Pachyrhizus* Rich. ex DC. spp.) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

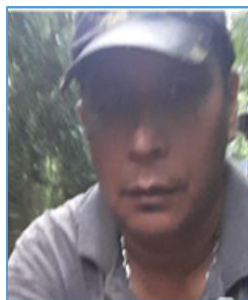


Eliésio Melo de Vasconcelos

Graduado em Agroecologia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM (2013). Me. em Agricultura no Tropicó Úmido pelo Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA (2018). Tem experiência na área da ciência agrônômica, com ênfase em sistemas produtivos agroecológicos e melhoramento genético de plantas. Também fornece consultorias em produção de hortaliças, fruticultura, culturas agroindustriais, ensino e pesquisa. E-mail: eliesio.agroecologia@gmail.com

Danilo Fernandes da Silva Filho

Tecnólogo Modalidade Indústria da Madeira pelo Instituto de Tecnologia da Amazônia (UTAM - 1983), Eng. Florestal pelo UTAM (1991), Me. em Agronomia - Melhoramento Genético Vegetal, pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE - 1994) e de Dr. em Ciências Biológicas (Botânica Econômica) pelo convênio mantido entre o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e a Universidade Federal do Amazonas (UFAM - 2002). É pesquisador titular e credenciado nos Programas de Pós-Graduação em Agricultura no Trópico Úmido (INPA) e em ciências do ambiente e sustentabilidade na Amazônia da UFAM, em Manaus. E-mail: danilo@inpa.gov.br.



Edinei Santos da Silva

Graduado em Agroecologia pelo IFAM, Me. em Agricultura no Tropicó Úmido, Me. em Ciências Biológicas (Botânica), pelo INPA. Área de atuação é conservação, Melhoramento de Plantas, Botânica-Etnobotânica, Plantas Alimentícias não Convencionais, Agroecologia, Produção Orgânica e Agricultura familiar. E-mail: santos.edinei3@gmail.com

César Augusto Ticona-Benavente

Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Nacional de San Agustín, Peru (UNSA - 2000), Me. em Melhoramento Genético de Plantas pela Universidade Nacional Agrária La Molina, Peru (UNALM - 2002), e Dr. em Genética e Melhoramento de Plantas, pela Universidade Federal de Lavras, Brasil (UFPA - 2010). Atualmente é Pesquisador Associado do INPA desenvolvendo projetos visando o melhoramento do jacatupé (*Pachyrhizus* spp.), cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) e tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Tem experiência em melhoramento de batata (*Solanum tuberosum* L.), *Capsicum* L. spp.) e estatística experimental e computacional. E-mail: cesar.benavente@gmail.com



Resumo

O objetivo deste trabalho foi caracterizar físico-quimicamente raízes de 56 acessos de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) do banco ativo de germoplasma do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA - Manaus-AM). Para tanto, foi conduzido um plantio em terra firme seguindo o delineamento de blocos completamente casualizados, com três repetições e oito plantas por parcela, com espaçamento de 1,0 m x 0,5 m entre linhas e plantas respectivamente. As características avaliadas nas raízes foram: produtividade de raízes, proteína e cinzas; porcentagem de proteína e cinzas; pH e coloração. Os resultados mostraram que há variabilidade genética significativa para todas estas características, destacando a produtividade de raízes (3 a 33 t/ha), de proteína (41 a 337 kg/ha) e cinzas (8 a 193 kg/ha). A porcentagem variou de 4,60 a 15,15% em proteínas, de 1,20 a 5,16% em cinzas, e de 3,18 a 5,61 % no pH. A cor da polpa, expressa pela luminosidade, variou de 10,91 (escura) a 80,63 L* (clara). Também observou-se que o acesso P13 é o mais promissor por sua elevada produtividade em raízes (33 t/ha), proteínas (337 kg/ha), e cinzas (193 kg/ha), com pH=5,62 e L*=67,03. Portanto, no banco de germoplasma há variabilidade genética para os teores de nutrientes e o acesso P13 será avaliado em novos testes agrônômicos.

Palavras - chave: melhoramento, feijão-macuco, *Pachyrhizus* spp., seleção, proteínas.

Physico-chemical characterization of yam bean from Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia germplasm bank.

The objective of this work was to characterize physico-chemically roots of 56 access of yam bean (*Pachyrhizus* spp.) from the active gene bank of the Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA – Manaus, Brazil). Therefore, it was carried out a trial in non-flooded land following the design of blocks completely randomized with three replicates and eight plants per plot, with spacing of 1.0 m x 0.5 m between lines and plants respectively. The characteristics evaluated in the roots were: root productivity, protein and ashes; pH and pulp color. The results showed significant genetic variability for all these characteristics, highlighting the productivity of roots (3 to 33 t/ha), protein (41 to 337 kg/ha) and ashes (8 to 193 kg/ha). The percentage of protein ranged from 3,18 to 5,61%. The color of the pulp expressed by the brightness (L*) ranged from 10,91 (dark) to 80,63 (clear). Also noted that the access P13 is the most promising with high productivity of roots (33 t/ha), protein (337 kg/ha), ashes (193 kg/ha), pH=5,62 and L*=67,03. Therefore, there is genetic variability in this yam bean germplasm bank, being selected the access P13 for to be evaluated in new future agronomic tests.

Keywords: plant breeding, yam bean, *Pachyrhizus* spp., selection, proteins

1. Introdução

A caracterização físico-química das raízes de acessos de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp.) é necessária para fins de melhoramento genético. Este feijão pertence ao grupo das 25 espécies da família Fabaceae cujas raízes são comestíveis (Figura 1), tais como *Sphenostylis stenocarpa* (Hochst. ex A. Rich.) Harms, *Vigna vexillata* (L.) A. Rich., *Flemingia vestita* Benth. ex Baker, *Psoralea patens* Lindl. entre outras (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1979a). Infelizmente estas espécies leguminosas-tuberosas são pouco estudadas e consideradas nos programas de segurança alimentar apesar de terem elevadas produtividades de raízes mesmo sem o uso de adubos, e elevados teores de proteínas (5 a 20%), superando às raízes tradicionais como a mandioca (*Manihot esculenta* L.) Crantz com 2,5%, a batata inglesa (*Solanum tuberosum* L.) e doce (*Ipomea batatas* (L.) Lam.) ambas com 5% (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1979b).

As espécies pertencentes ao gênero *Pachyrhizus*, conhecidas genericamente como feijão-macuco, jacatupé ou jíquimas, foram estudadas com maior ênfase a partir de 1982, quando se estabeleceu o *Yam Bean Project* dedicado exclusivamente ao estudo deste gênero a nível mundial (SØRENSEN, 1994). No Brasil, o maior esforço para conhecer o seu potencial agrícola foi realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), onde atualmente se conservam 64 acessos melhorados (SILVA *et al.*, 2016).



Figura 1. Raiz do feijão-macuco ou jacatupé (*Pachyrhizus* spp.). Foto: Cesar Augusto.

O gênero *Pachyrhizus* é de reprodução autógama e abriga três espécies cultivadas: *P. tuberosus* (Lam.) Sprengel, *P. erosus* (L.) Urban e *P. ahipa* (Wedd.) L. Parodi (SØRENSEN, 1996). E duas espécies silvestres (*P. ferrugineus* (Piper) M.) e (*P. panamensis* Clausen), que são nativas das regiões do Peru e Bolívia em altitudes elevadas, inaptas para consumo humano (SØRENSEN, 1996). *P. erosus* e *P. tuberosus* são hortaliças não convencionais, que estão bem adaptadas às condições da região Amazônica, tendo raízes comestíveis, mas com sementes tóxicas inaptas para consumo humano e animal (LEUNER *et al.*, 2013; ESTRELA-PARRA *et al.*, 2014).

Para avançar no melhoramento destas espécies torna-se necessário caracterizá-las agrônomicamente e físico-quimicamente. Este esforço foi realizado na África com as três espécies cultivadas (ZANKLAN *et al.*, 2007), onde se demonstrou que *P. erosus* produz 35,19 t/ha, 12,7% de proteína e 43,21% de amido; que *P. tuberosus* produz 21,12 t/ha, 10,68% de proteína e 57,11% de amido; e que *P. ahipa* produz 19,31 t/ha, 9,09% de proteína e 47,88% de amido.

O banco ativo de germoplasma (BAG) do Inpa começou com 13 acessos provenientes de Mato Grosso e do México, mas devido a variações da cor das sementes dentro dos acessos, houveram seleções sucessivas, chegando-se a identificar no total 64 genótipos. Mais recentemente, estes acessos foram caracterizados agronomicamente, destacando o acesso P24 (108 t de raízes/ha) (SILVA *et al.*, 2016). Em relação à caracterização físico-química, tem-se dados sobre os 13 acessos iniciais, nos quais as raízes eram compostas por 87,10% de umidade, 0,05% de ácidos graxos, 5,60% de açúcares, 0,78% de fibra, 57% de amido e 10 a 18% de proteínas (NODA *et al.*, 1984). Porém, falta caracterizar a composição físico-química dos acessos.

Portanto, este trabalho caracterizou 56 acessos do BAG do Inpa em função de sua composição físico-química.

2. Materiais e Métodos

O experimento de campo foi conduzido no INPA (Manaus-AM), na Estação Experimental de Hortaliças (EEH) “Dr. Alejo von der Pahlen”, km 14 da rodovia AM-010, com coordenadas 02° 59' 48.63” S e 60° 01' 24.64” O, com altitude de 55 m, em solo tipo Argissolo Vermelho-Amarelo Álico. O clima local é caracterizado como “Af” no esquema de Köppen, registrando 2.550 mm de chuva ao ano, com temperatura média anual de 26,5 °C, com variação mensal de 19,0 °C a 36,6 °C, e umidade relativa do ar de 80,9 % (ALVAREZ *et al.*, 2013). As análises de laboratório foram conduzidas nos laboratórios de Tecnologia de Alimentos e no Temático de Solos e Plantas, ambos do Inpa.

Foram avaliados 56 acessos do BAG de feijão-macuco do Inpa (Tabela 1). Inicialmente foram feitas as mudas em bandejas de isopor de 128 células, preenchidas com substrato comercial Top-estrato®, colocando duas sementes por célula. Depois as bandejas foram colocadas em casa de vegetação com sistema de irrigação por micro aspersão (duas aplicações: uma de manhã e outra de tarde). Quando as plântulas atingiram 5 cm de altura realizou-se o desbaste, deixando apenas uma planta por célula. O plantio ocorreu no mês de outubro de 2015,

após 15 dias da semeadura. No campo foram feitas covas medindo 20 x 20 cm de diâmetro e profundidade respectivamente.

O delineamento utilizado foi de blocos completamente casualizados com 56 tratamentos, três repetições e oito plantas por parcela, com espaçamento de 1 m x 0,5 m entre linhas e plantas respectivamente. A colheita das raízes foi realizada após sete meses do plantio, estimando-se a sua produtividade.

No laboratório foram realizadas as análises físico-químicas (cinza, coloração da polpa, proteína e pH) a partir de farinha seca da raiz de cada genótipo em triplicata.

Para determinar o teor de cinzas seguiu-se as recomendações da AOAC (2007). Para tanto, foram pesadas 0,05 g da farinha das raízes em cadinho de porcelana, logo, as mesmas foram carbonizadas (no fogo) e na sequência calcinadas em forno mufla por 4 horas a 550 °C. Finalmente o resíduo foi pesado em balança de precisão modelo *Eletronic Balance* FA-2104N. O cálculo do teor de cinza foi estimado (cinza residual/massa seca*100).

O teor de proteína foi obtido pelo método de Kjeldahl (AOAC, 2007), o qual quantifica o teor de nitrogênio total. Pesou-se 0,02 g da farinha, em seguida adicionou-se em tubo micro Kjeldahl, 0,02 g de solução catalítica composta por cloreto de sódio e cloreto de potássio (1:1), além de 0,05 ml de ácido sulfúrico. Esta mistura foi levada para digestão a 350°C por 4 horas, em seguida procedeu-se à destilação e posteriormente à titulação.

A determinação do pH foi realizada com um pHmetro modelo MS Tecnocon mPA 210, em temperatura de 25 °C. As amostras foram trituradas em liquidificador do tipo industrial, em seguida utilizou-se 20 ml do teor líquido de cada amostra condicionadas em recipiente descartável, agitando-se o conteúdo até que as partículas ficassem uniformemente suspensas, em seguida aferiu-se o pH.

Para a determinação da coloração da raiz foi utilizado um calorímetro Konica Minolta CR-410 (*Konica Minolta Sensing*). Este aparelho gerou os valores de L*, a* e b*, onde L* indica a luminosidade, variando de zero (preto) a 100 (branco); a* varia de -60 (verde) a +60 (vermelho); e b* de -60 (azul) a +60 (amarelo) (KONICA MINOLTA, 2007). Com esses valores calculou-se o ângulo Hue = $\arctg(b/a)$ e o Cromo = $\sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$.

As análises de variância e teste médias de Scott e Knott foram processadas no programa *Genes* (CRUZ, 2013) e *Sisvar 5.6* (FERREIRA, 2011) respectivamente.

Tabela 1. Médias dos acessos de feijão-macuco do banco de germoplasma do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus – AM, 2016.

Acesso	Produtividade raízes t/ha	Proteína (%)	Proteína kg/ha	Cinza (%)	Cinza kg/ha	pH	L*
P1	12,57 a1	9,63 a3	171,84 a2	2,43 a6	43,36 a1	5,85 a7	69,89 a16
P2	7,92 a1	12,26 a4	137,88 a1	3,56 a10	40,04 a1	5,01 a5	71,31 a17
P4	4,17 a1	11,62 a4	75,53 a1	2,40 a6	15,60 a1	5,22 a4	31,38 a13
P5	9,71 a1	6,28 a2	95,09 a1	1,63 a3	24,68 a1	5,39 a6	74,40 a21
P6	6,79 a1	10,14 a4	100,57 a1	1,80 a4	17,85 a1	5,39 a4	20,45 a2
P8	5,57 a1	14,89 a5	137,76 a1	1,80 a4	16,65 a1	4,57 a5	25,29 a7
P9	11,64 a1	7,00 a2	127,11 a1	5,16 a15	93,70 a2	4,80 a7	72,23 a19
P10	6,77 a1	8,63 a3	56,06 a1	1,50 a2	9,74 a1	5,57 a5	21,81 a3
P11	8,71 a1	10,07 a4	117,58 a1	2,60 a7	30,36 a1	5,86 a7	56,33 a26
P12	7,45 a1	11,76 a4	106,93 a1	2,66 a7	24,19 a1	5,61 a7	61,77 a21
P13	33,16 a3	7,28 a2	337,97 a3	4,16 a12	193,12 a3	5,62 a7	67,03 a20
P14	9,12 a1	5,76 a1	67,24 a1	2,86 a8	33,39 a1	5,55 a7	72,06 a26
P15	7,51 a1	11,57 a4	114,64 a1	3,46 a10	34,28 a1	5,01 a5	69,05 a24
P16	6,14 a1	8,82 a3	66,07 a1	1,90 a4	14,23 a1	5,82 a7	22,87 a4
P17	8,36 a1	12,85 a5	146,10 a1	3,66 a10	41,61 a1	4,18 a4	70,03 a19
P18	4,91 a1	15,15 a5	132,50 a1	2,40 a6	20,99 a1	4,13 a4	29,59 a11
P19	7,21 a1	12,14 a4	122,48 a1	2,10 a5	21,19 a1	5,37 a6	25,65 a7
P20	3,23 a1	14,45 a5	74,75 a1	1,60 a3	8,28 a1	5,10 a5	23,99 a5
P21	3,78 a1	12,92 a5	84,00 a1	1,40 a2	9,10 a1	4,63 a5	20,31 a2
P22	4,79 a1	9,26 a3	69,15 a1	1,40 a2	10,45 a1	4,46 a4	25,07 a6
P23	4,91 a1	7,92 a3	47,41 a1	1,40 a2	8,38 a1	4,78 a5	22,28 a3
P24	11,23 a1	8,40 a3	135,80 a1	3,50 a10	56,58 a1	4,73 a5	67,24 a23
P25	7,89 a1	7,10 a2	66,07 a1	1,80 a4	16,75 a1	4,31 a4	26,08 a8
P26	5,96 a1	10,63 a4	86,16 a1	2,50 a6	20,26 a1	3,02 a1	29,30 a10
P27	19,64 a2	8,43 a3	225,17 a2	3,10 a9	82,80 a1	4,45 a4	73,66 a14
P28	8,71 a1	9,13 a3	114,47 a1	5,33 a15	66,83 a1	4,60 a5	68,20 a15
P29	6,95 a1	6,51 a2	47,03 a1	3,20 a9	23,12 a1	3,92 a3	71,15 a22
P30	8,28 a1	10,8 a4	103,73 a1	2,50 a6	24,01 a1	3,97 a3	10,91 a4
P31	7,15 a1	9,60 a3	89,19 a1	1,80 a4	16,72 a1	3,08 a1	30,27 a12
P32	4,39 a1	10,80 a4	73,91 a1	2,20 a5	15,06 a1	5,91 a6	29,06 a10
P33	4,01 a1	8,04 a3	38,01 a1	3,29 a9	15,55 a1	3,61 a2	68,22 a16
P34	5,91 a1	9,45 a3	59,17 a1	2,50 a6	15,65 a1	3,18 a1	23,81 a5
P37	7,93 a1	9,25 a3	104,12 a1	2,70 a7	30,39 a1	5,22 a6	72,11 a19
P38	4,45 a1	11,11 a4	70,26 a1	1,60 a3	10,12 a1	4,57 a5	28,16 a9
P39	5,29 a1	10,91 a4	69,21 a1	2,90 a8	18,40 a1	4,92 a5	73,91 a22
P40	4,76 a1	7,44 a3	41,79 a1	3,30 a9	18,54 a1	4,33 a4	74,11 a22
P41	9,61 a1	6,97 a2	99,10 a1	1,94 a4	27,58 a1	3,80 a3	72,54 a20
P43	4,81 a1	11,32 a4	83,91 a1	1,30 a2	9,64 a1	4,86 a5	26,27 a8
P44	3,74 a1	7,95 a3	42,82 a1	2,40 a6	12,93 a1	5,61 a7	26,48 a8
P45	5,73 a1	11,11 a4	89,18 a1	1,60 a3	12,84 a1	4,98 a5	27,93 a9
P46	12,46 a1	10,10 a4	143,46 a1	1,76 a4	25,00 a1	5,24 a6	76,03 a25
P47	5,31 a1	13,97 a5	124,55 a1	1,20 a1	10,70 a1	4,21 a4	24,91 a6
P48	8,13 a1	13,93 a5	190,34 a2	1,30 a2	17,76 a1	3,87 a3	28,30 a9
P49	9,69 a1	7,78 a3	122,17 a1	4,38 a12	68,78 a2	5,20 a6	71,71 a18
P50	14,30 a1	4,60 a1	74,99 a1	4,46 a13	72,71 a2	5,39 a6	73,77 a22
P51	12,06 a1	5,00 a1	74,77 a1	4,73 a14	70,73 a2	4,72 a5	80,63 a27
P53	7,99 a1	8,09 a3	82,70 a1	2,40 a6	24,54 a1	5,20 a6	29,63 a11

P54	7,76 a1	10,16 a4	111,96 a1	2,10 a4	23,14 a1	3,89 a3	29,91 a11
P55	10,49 a1	9,05 a3	129,15 a1	1,62 a3	23,12 a1	4,70 a5	72,55 a20
P56	5,41 a1	8,59 a3	78,02 a1	1,00 a1	9,08 a1	4,83 a5	31,60 a13
P58	9,61 a1	5,60 a1	78,60 a1	4,20 a12	58,95 a2	3,88 a3	73,10 a21
P60	6,59 a1	9,35 a3	68,98 a1	3,30 a9	24,34 a1	4,72 a5	19,74 a1
P61	3,03 a1	10,82 a4	59,08 a1	2,50 a6	13,65 a1	5,46 a6	71,72 a18
P62	11,51 a1	4,84 a1	64,64 a1	3,93 a11	52,49 a2	4,70 a5	76,47 a25
P63	6,94 a1	10,48 a4	114,92 a1	1,90 a4	20,83 a1	4,58 a5	26,00 a8
P64	14,75 a1	8,20 a3	188,64 a2	1,76 a4	40,49 a1	4,22 a4	73,59 a21
Erro	2373,00	142,24	3037,16	1,97	625,38	6,14	9,26
Média	8,15	9,56	101,61	2,56	31,46	4,70	49,66
CV (%)	56,42	11,78	51,25	5,19	75,09	4,98	0,58

Médias seguidas pelas mesmas letras e números nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($P < 0,05$).

3. Resultados e Discussão

O objetivo atual do melhoramento do feijão-macuco é o de obter genótipos com alta produtividade em raízes e elevados teores de proteínas. Por isto, é preciso fazer avaliações tanto agronômicas como físico-químicas dos genótipos do Inpa.

A confiabilidade dos resultados pode ser avaliada pelo coeficiente de variação (PIMENTEL GOMES, 1982). Neste trabalho esta estatística, em geral, foi baixo exceto para produtividade de raízes e de proteína. Isto poderia ser devido a que ainda existe dentro de cada acesso variabilidade genética, fato que se constata ao conservar sementes sem padrão de cor e flores de cor branca e violeta.

Os resultados mostraram que a produtividade em raízes variou de 3,03 a 33,16 t/ha. Estes valores são muito inferiores aos encontrados nestes mesmos materiais por Silva *et al.* (2016). Isto pode ser explicado porque, ao contrário do realizado por eles, neste trabalho não houve poda das flores. Usualmente tal poda é realizada em *P. erosus* e *P. ahipa* (SORENSEN, 1996), para aumentar a produtividade de raízes. Por exemplo, a cultivar AC-102 (*P. ahipa*) com poda produziu 40 t/ha e sem poda caiu para 5 t/ha (CASTELLANOS *et al.*, 1997). Neste mesmo estudo a cultivar San Miguelito (*P. erosus*) produziu 105 t/ha com poda e 25 t/ha sem poda. Dos acessos avaliados para esta característica o P13 foi o que demonstrou maior produtividade em raízes (33,16 t/ha), seguido por P27, P64 e P50, (19,64; 14,30 e 14,75 t/ha respectivamente) (Tabela 1). Estes mesmos acessos produziram com poda 38,8; 66,2; 53,8 e 67,8 t/ha respectivamente (SILVA *et al.*, 2016). Isto indica que P13 quando é podada perde apenas 14,5% do seu potencial produtivo, entretanto que P27 perde 70,2%. Portanto, P13 teria tolerância à falta de poda, o que diminuiria o trabalho para o seu cultivo.

O teor de proteína das raízes variou de 4,60 a 15,15%, o qual tem maior amplitude que o encontrado para *P. erosus*, *P. ahipa* e *P. tuberosus* em Benin (8,98 a 12,70%) (ZANKLAN *et al.*, 2007). Similarmente, estes resultados foram superiores aos relatados por Ramos de la Peña *et al.*, (2013) para estas três espécies (1,0 a 4,9%). O acesso que se destacou foi o P18 por ter 15,15% de proteína, podendo ser selecionado por seu valor nutricional.

A quantidade de proteína por hectare é uma variável que pode ser de interesse caso se deseje extraí-la como produto principal, como é no caso do glúten de trigo ou soja. Apesar de P18 ter sido o acesso com o maior teor de proteína, sua produtividade média de raízes foi 4,91 t/ha, resultando em produtividade de proteína de 132,50 kg/ha. Entretanto P13 mesmo possuindo menor teor de proteína (7,28%), produziria 337,97 kg/ha (Tabela 1). Essas variações nos teores de proteínas podem ser afetadas por diversos fatores, como a adubação, o manejo da cultura ou a próprio genótipo (LACHMAN *et al.*, 2005). Portanto, P18 deveria ser selecionado por seu elevado teor *per se* de proteínas nas raízes para avaliações sensoriais futuras, e P13 poderia ser selecionado no caso de extração de proteína bruta.

O teor de cinzas está relacionado com o teor de minerais, de maneira que elevados teores indicariam logicamente maior teor de nutrientes. Neste trabalho este item variou de 1,0 (P56) a 5,3% (P28), mostrando que o valor nutritivo do P28 sobrepujou o do P56. Mas realizar a seleção apenas pelo teor de cinzas ou apenas pelo teor de proteína não é adequado se não levarmos em consideração a produtividade de raízes. Assim, avaliar a produtividade de cinzas por hectare seria um melhor caráter para a seleção. Considerando-se este novo caráter o acesso P13 (193,12 kg/ha) seria o mais nutritivo, superando o acesso P28 (66,83 kg/ha). Estes resultados diferem dos 13 acessos iniciais deste BAG porque foram encontradas variações nos teores de cinza de 1,14 a 3,49%, mostrando que a variação aumentou. Neste experimento variou de 1,00 a 5,16%, portanto a variabilidade genética da população atual é maior que a inicial embora a média se mantenha constante, em torno de 2.5%. Isto hipoteticamente poderia ter sido causado por cruzamentos naturais que causaram novas combinações genéticas.

O pH mede a concentração de H de um alimento. Quanto maior a concentração de H^{*} (caráter ácido), menor o pH. Os alimentos são classificados em, três grupos: Alimentos pouco ácidos: apresentam pH > 4,5; alimentos ácidos: pH 4,0- 4,5, já os alimentos muito ácidos < 4,0 (Gava *et al.*, 2008).

Neste trabalho os acessos pertencentes ao grupo dos menos ácidos foram P32, P11, P1, P16, P13, P12, P44, cujo pH variou de 5,60 a 5,80. Os acessos ácidos foram P17, P18, P8, P22, P25, P27, P38, P40, P47, P63 e P64. E os muito ácidos foram P26, P29, P30, P31, P33, P34, os quais apresentaram pH de 3,0 a 4,0 (Tabela 1).

Testes organolépticos se tornam necessários para saber se o pH pode ser um indicativo do sabor ou do tempo de prateleira, como acontece em tomate onde pH's abaixo de 3,70 têm baixa aceitabilidade do consumidor, pH=4,50 são aceitáveis ao consumidor e tem maior tempo de prateleira, e pH acima de 4,50 favorece a proliferação de microrganismos, reduzindo o tempo de prateleira (GUILHERME *et al.*, 2008; MONTEIRO *et al.*, 2008).

A maioria dos microrganismos desenvolve-se em pH's próximos da neutralidade, inclusive as bactérias patogênicas, bolores e leveduras. Já em alimentos ácidos e também muito ácidos a microbiota é bem mais restrita; e a maioria dos patógenos não se multiplica, apenas os bolores e leveduras (HOFFMANN, 2001). Portanto, neste BAG existe variabilidade para o pH, o que indica que os genótipos podem apresentar maior tempo de prateleira, resistência pós-colheita a alguns patógenos, além de distintos sabores.

A avaliação da cor foi feita pelo método Konica Minolta, L*, a*, b* (KONICA MINOLTA, 2007), o qual ajuda a medir as cores de forma quantitativa. Os resultados mostraram que os valores de a*, b*, Croma e Hue foram muito baixos, contrariamente ao L*. Isto indica que as cores medidas foram de diferentes tonalidades da cor branca. Portanto, o parâmetro L* foi considerado para fazer a caracterização física da polpa das raízes. Neste experimento os maiores valores de L* foram dos genótipos P51 (80,63), P62 (76,47), P46 (76,03), P40 (74,11), P5 (74,40), P39 (73,91), P27 (73,66), P50 (73,77) e P64 (73,59). Os quais podem ser recomendados para produção de alimentos de coloração clara. Valores de L* baixos foram encontrados nos genótipos P30 (10,91), P60 (19,74), P21 (20,31), P23 (22,28), portanto estes genótipos tem coloração amarronzada (Tabela 1).

Doporto *et al.* (2012) ao avaliarem a coloração de farinha de mandioca em comparação com a farinha de feijão-macuco, observaram variação de L* entre 90,90 a 92,91 e 84,10 a 85,41, respectivamente. Enquanto que neste experimento o máximo foi de P51 (80,63).

4. Considerações finais

A produtividade, coloração e pH de raízes junto com seus teores de proteína e cinzas apresentaram variabilidade genética, o que indica que eles são úteis para caracterizar *Pachyrhizus* spp.

O acesso P13, mesmo sem poda de flores, apresentou a maior produtividade em raízes (33,16 t/ha), de proteína (338 kg/ha) e de cinzas (193,12 kg/ha), portanto, pode ser recomendado como germoplasma a ser utilizado como parental em cruzamentos. Mas, se o objetivo for extrair proteínas, torna-se necessário primeiramente efetivar a caracterização e a quantificação de aminoácidos e do tipo de proteínas presentes neste acesso.

O acesso P18 teve o maior teor de proteína (15,15%), por tanto, deve ser testado organolepticamente para avaliar a viabilidade de seu consumo *in natura* ou cozido.

Foi observada variabilidade genética dentro de alguns acessos para produtividade de raízes e de proteínas, elevando o coeficiente de variação. Isto sugeriria que alguns deles seriam populações com algum grau de fecundação cruzada.

5. Referências

- AOAC. Association of Official Analytical Chemists International. **Official Methods of Analysis of AOAC - International**. – 18th ed. Gaithersburg: AOAC International, 2007.
- ALVARES, A.C.; STAPE, L.J.; SENTELHAS, C.P.; GONCALVES, M.L.J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711–728, 2013.
- CASTELLANOS, J. Z.; ZAPATA, F.; BADILLO, V.; PEÑA-CABRIALES, J. J.; JENSEN, E. S.; HEREDIA-GARCÍA, E. Symbiotic nitrogen fixation and yield of *Pachyrhizus erosus* (L) urban cultivars and *Pachyrhizus ahipa* (WEDD) Parodi landraces as affected by flower pruning. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, n. 5, p. 973-981, 1997.
- CRUZ, C.D. GENES - A Software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, 35 (3): 271-276, 2013.

- DOPORTO, M.C.; DINI, C.; MUGRIDGE, A.; VIÑA, S.Z.; GARCÍA, M.A. Physicochemical, thermal and sorption properties of nutritionally differentiated flours and starches. **Journal of Food Engineering**, v. 113, p. 569-576, 2012.
- ESTRELLA-PARRA, E. A.; GOMEZ-VERJAN, J. C.; GONZALEZ-SANCHEZ, I.; VAZQUEZ-MARTINEZ, E. R.; VERGARA-CASTANEDA, E.; CERBON, M. A. Rotenone isolated from *Pachyrhizus erosus* displays cytotoxicity and genotoxicity in K562 cells. **Natural Product Research**, v. 28, p. 1780-1785, 2014.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- GAVA, J.A.; SILVA, B.A.C.; FARIAS, G.R.J. 2008. **Tecnologia de Alimentos Princípios e Aplicações**. São Paulo: Ed. Nobel, 2008. 664 p.
- GUILHERME, D.O.; PINHO, L; COSTA, C.A; ALMEIDA, A.C; PAES, M.C.D; RODRIGUES, R.J.A; CAVALCANTI, T.F.M; FILHO, S.C.T; MENEZES, J.B.C; SALES, S.S. Análise sensorial e físico-química em frutos de tomate cereja orgânicos. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 171-175, 2008.
- HOFFMANN, F. L. Fatores limitantes à proliferação de microrganismos em alimentos. **Revista Brasil Alimentos**, v. 9, p. 23-30, 2001.
- LACHMAN, J.; HAMOUZ, K; DVORÁK, P.; ORSÁK, M. The effect of selected factors on the content of protein and nitrates in potato tubers. **Plant Soil and Environment**, v. 51, p. 431-438, 2005.
- LEUNER, O.; HAVLIK, J.; BUDESINSKY, M.; VRKOSLAV, V.; CHU, J.; BRADSHAW, T. D. Cytotoxic constituents of *Pachyrhizus tuberosus* from Peruvian Amazon. **Natural Product Communications**, v. 8, p. 1423-1426, 2013.
- KONICA MINOLTA. **Chroma Meter CR-400/410 instruction manual**. Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japan, 2007.
- MONTEIRO, C.S; BALBI, M.E; MIGUEL, O.G; PENTEADO, P.T.P.S; HARACEMIV, S.M.C. Qualidade nutricional e antioxidante do tomate "tipo italiano". **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 19, p. 25-31, 2008.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Root Crops: Yam Bean. In: **Tropical Legumes: Resources for the future**. Washington DC: National academies press, 1979a. p. 21-27.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Root Crops: Other root crops. In: **Tropical Legumes: Resources for the future**. Washington DC: National academies press, 1979b. p. 32-45.
- NODA, H.; PAIVA, W.O.; BUENO, C.R. Hortaliças da Amazônia. **Ciência Hoje**, v. 3, p. 32-37, 1984.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 10ª edição. Piracicaba: Esalq, 1982. 430 p.
- 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 and technology**, v. 29, p. 44-54, 2013.
- 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**, v. 46, p. 233-240, 2016.
- SØRENSEN, M. 1996. **Yam Bean (*Pachyrhizus DC.*): Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops**, vol. 2. Rome: International Plant Genetic Resource Institute, 1996. 141p.
- SØRENSEN, M. Review of the yam bean project 1982-92. **Proceedings of the first international symposium on tuberous legumes**, p. 47-54, 1994.
- 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 Sci.**, v. 47, p. 1934-1946, 2007.