

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA-INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO -
PPGATU

**DESENVOLVIMENTO E NODULAÇÃO NATURAL DE PROGÊNIES DE FEIJÃO-
DE-ASA (*Psophocarpus tetragonolobus* (L) DC. - FABACEAE) EM SOLO
ARGISSOLO VERMELHO AMARELO DA AMAZÔNIA CENTRAL**

MAURO DA SILVA ALVES

Manaus-AM
novembro, 2016

MAURO DA SILVA ALVES

**DESENVOLVIMENTO E NODULAÇÃO NATURAL DE PROGÊNIES DE
FEIJÃO-DE-ASA (*Psophocarpus tetragonolobus* (L) DC. - FABACEAE) EM SOLO
ARGISSOLO VERMELHO AMARELO DA AMAZÔNIA CENTRAL**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura do Trópico Úmido, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, para obtenção do título de Mestre em Agricultura no Trópico Úmido.

Orientador: Dr. Luiz Augusto Gomes de Souza

Coorientador: Dr. Hiroshi Noda

Manaus-AM
novembro, 2016

FICHA CATALOGRÁFICA

A948 Aves, Mauro da Silva
Desenvolvimento e nodulação natural de progênies de feijão-de-asa
(*Psophocarpus tetragonolobus* (L) DC. - Fabaceae) em solo
argissolo vermelho amarelo da Amazônia Central / Mauro da Silva
Alves. --- Manaus: [s.n.], 2014.
50 f.: il.

Dissertação (Mestrado) --- INPA, Manaus, 2014.
Orientador: Luiz Augusto Gomes de Souza
Coorientador: Hiroshi Noda
Área de concentração: Agricultura no Trópico úmido

1. Feijão-de-asa. 2. Progênie. 3. Simbiose. I. Título.

CDD 635.652

FOLHA DE APROVAÇÃO

A Banca Julgadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

TÍTULO: “DESENVOLVIMENTO E NODULAÇÃO NATURAL DE
PROGÊNIES DE FEIJÃO-DE-ASA (*Psophocarpus*
tetragonolobus (L) DC. – FABACEAE) EM SOLO ARGISSOLO
VERMELHO AMARELO DA AMAZÔNIA CENTRAL”

AUTOR:

MAURO DA SILVA ALVES

BANCA JULGADORA:



Dr. AYRTON LUIZ URIZZI MARTINS (UFAM)
(Membro)



Dr. ELISA VIEIRA WANDELLI (EMBRAPA)
(Membro)



Dr. MARCO ANTONIO DE FREITAS MENDONÇA (UFAM)
(Membro)

Manaus, 16 de dezembro de 2016

AGRADECIMENTOS

A Deus, que em sua infinita misericórdia nos dá o apoio necessário nas horas que mais precisamos.

A minha amada esposa Railane Alves, companheira de tantos obstáculos enfrentados, sou grato pela paciência nos momentos de tensão e por todo apoio na conclusão deste trabalho.

Aos meus familiares, em especial aos meus irmãos Marta e Marcio, pelo apoio e dedicação em todos os momentos em que precisei.

Ao Dr. Luiz Augusto, por sua competência e dedicação durante as orientações, revisões, resultados e sugestões, fatores que foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Aos amigos do Laboratório de Microbiologia do Solo, Adilson, Marcelo, Paulino, Kleyber e Augusto, minha gratidão por todo apoio e contribuição de vocês para o andamento do projeto.

Agradeço em especial ao amigo Manoel Cursino, pela sua disponibilidade em ajudar sempre da melhor forma, sua ajuda foi fundamental em todas as etapas da pesquisa.

Aos técnicos do Laboratório Temático de Solos e Plantas (LTSP), em especial ao Jonas por todo apoio na condução das etapas de análises químicas do solo e de nitrogênio foliar.

Aos amigos Edinei Santos, Ariel Blind, Vaneza Santos, Rafael Erazo, muito obrigado por todo apoio durante a condução e análise da pesquisa.

Aos técnicos da Estação Experimental de Hortaliças do INPA, por todo apoio nas etapas iniciais da pesquisa em campo.

Ao coordenador do PPGATU Dr. Rogério Hanada, pelos incentivos em fazer ciência e pela disponibilidade em contribuir.

A fundação Capes pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, pela oportunidade de fazer parte desta renomada instituição e contribuir para o desenvolvimento científico na região norte.

Enfim, agradeço a todos que ajudaram de forma indireta e diretamente na realização desta dissertação.

Resumo

A biodiversidade global das leguminosas (Fabaceae) reúne um conjunto diversificado de espécies alimentícias e outras aproveitadas com as mais diferentes finalidades especialmente pela propriedade de muitas das espécies que constituem a família tem de fixar simbioticamente o N_2 com bactérias do solo do grupo dos rizóbios, por meio da formação de nódulos radiculares. Algumas espécies podem ter seu cultivo incrementado em agrossistemas familiares da Amazônia Central, mas necessitam de ações de seleção de germoplasma adaptado a condições edafoclimáticas locais. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o desenvolvimento e nodulação natural de progênies de feijão-de-asa (*Psophocarpus tetragonolobus*), cultivada em solo Argissolo Vermelho Amarelo. O ensaio foi desenvolvido na Estação Experimental de Hortaliças do Inpa em Manaus, AM, no espaçamento 1 x 1,5 m, para avaliar agronomicamente 10 progênies oriundas de um inter cruzamento entre três variedades distintas. A avaliação da nodulação natural, produção de biomassa e do conteúdo de nitrogênio nas plantas foi efetuado no pico da floração aos seis meses após o cultivo. Aos sete meses foi também efetuada uma avaliação da produção de vagens e sementes produzidas. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com 10 tratamentos (as progênies) e três repetições de 10 plantas. O desempenho agrônômico e a nodulação natural verificada nas progênies, não identificou grandes diferenças no germoplasma pesquisado. A nodulação das plantas no solo pesquisado promoveu uma simbiose eficiente, com concentrações de nitrogênio foliar superiores a 4 % em todas as progênies. O comprimento da rama, absorção de N e produção de biomassa da parte aérea fresca foi superior a 10 t ha^{-1} aos seis meses após o cultivo, verificada na Progênie 9, e tem potencial de cultivo na região. O crescimento rápido, produção de biomassa fresca e a eficiência simbiótica fixadora de N_2 sugere um melhor aproveitamento agrônômico do feijão-de-asa também para como planta adubadora nos agrossistemas.

Palavras chave: *Psophocarpus tetragonolobus*; desenvolvimento; progênie; nodulação natural; simbiose.

Abstract

The global biodiversity of legumes (Fabaceae) comprises a diverse set of food species and other species used for the most diverse purposes, especially because of the property of many of the species that constitute the family, it must symbiotically bind N₂ to soil bacterium of the rhizobia group, Through the formation of root nodules. Some species may have increased cultivation in family farms in Central Amazon, but require selection of germplasm adapted to local soil and climatic conditions. The objective of this research was to evaluate the development and natural nodulation of winged bean progenies (*Psophocarpus tetragonolobus*), cultivated in the soils of the Red-Yellow Argisol. The experiment was carried out at the Inpa Vegetable Experiment Station in Manaus, AM, at a spacing of 1 x 1.5 m, to evaluate agronomically 10 progenies from an interbreed between three different varieties. The evaluation of natural nodulation, biomass production and nitrogen content in the plants was carried out at the peak of flowering at six months after cultivation. At seven months an evaluation of the production of pods and seeds produced was also carried out. The experimental design was the randomized blocks with 10 treatments (the progenies) and three replicates of 10 plants. The agronomic performance and natural nodulation observed in the progenies did not identify large differences in the germplasm studied. The nodulation of the plants in the studied soil promoted an efficient symbiosis, with foliar nitrogen concentrations higher than 4% in all progenies. Branch length, N uptake and biomass production of fresh shoots was greater than 10 t ha⁻¹ at six months after cultivation, verified in Progeny 9, and has potential for cultivation in the region. Rapid growth, fresh biomass production and symbiotic N₂ fixing efficiency suggest a better agronomic utilization of the common bean as well as a fertilizer plant in agrosystems.

Keywords: *Psophocarpus tetragonolobus*; development; progeny; Natural nodulation; symbiosis.

Sumário

Lista de figuras	viii
Lista de tabelas.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1. Importância dos recursos de agrobiodiversidade na agricultura familiar da Amazônia e na segurança alimentar.....	12
2.2. Potencial da fixação simbiótica de nitrogênio em leguminosas herbáceas produtoras de alimentos e de forragem.....	13
2.3. Origem, características botânicas e agronômicas, propriedades e potencial de aproveitamento do feijão-de-asa (<i>Psophocarpus tetragonolobus</i> (L.) DC.)	15
3. OBJETIVOS	18
3.1 Geral.....	18
3.2 Específicos	18
4. MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1. Desenvolvimento da pesquisa	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1. Nodulação natural e eficiência da fixação de N ₂ em 10 progênies de feijão-de-asa cultivadas em solo Argissolo vermelho amarelo.....	31
5.2. Determinações biométricas de vagens e sementes, estimativas de produtividade e classificação do estágio de maturação das vagens em 10 progênies de feijão-de-asa cultivadas em solo Argissolo vermelho amarelo.....	36
6. CONCLUSÕES	45
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

Lista de figuras

Figura 1. Aspecto geral da planta de feijão-de-asa (<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>): planta, flor, vagens em diferentes estágios de crescimento, vagem seca aberta e vagem tenra aberta	16
Figura 2. Aspecto geral e alguns detalhes da infraestrutura existente na Estação Experimental de Hortaliças Alejo Von Der Pahlen-INPA, rodovia AM 010, Km 14, em Manaus, AM.	19
Figura 3. Desenho da parcela experimental para estudos de desenvolvimento e nodulação natural de progênies de feijão-de-asa (<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>), na Amazônia Central.	21
Figura 4. Etapas de condução do experimento de desenvolvimento e nodulação de feijão-de-asa (<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>) na Estação experimental de Hortaliças do INPA: semeadura, mudas em desenvolvimento, preparo mecânico da área, piqueteamento da área, definição espaçamento das covas, plantio, tutoramento e palntas com seis meses após o cultivo	23
Figura 5. Avaliação após colheita do desenvolvimento e nodulação natural de feijão-de-asa (<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>): coleta para avaliação de nodulação natural, retirada dos nódulos em condições de campo, pesagem da biomassa fresca em campo, contagem de nódulos, pesagem de nódulos e pesagem da biomassa após a secagem.....	24
Figura 6. Avaliação após a colheita da biometria de vagens e sementes de feijão-de-asa (<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>): medidas biométricas de vagens do tipo tenra e medidas biométricas de sementes	26
Figura 7. Comprimento da rama de progênies de feijão-de-asa (<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>), após seis meses de cultivo em solo Argissolo vermelho amarelo, na Amazônia Central.....	27
Figura 8. Biomassa fresca e seca da parte aérea de progênies de feijão-de-asa (<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>), após seis meses de cultivo em solo Argissolo vermelho amarelo, na Amazônia Central	29

Figura 9. Biomassa total seca de progênies de feijão-de-asa (<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>), após seis meses de cultivo em solo Argissolo vermelho amarelo, na Amazônia Central.....	31
Figura 10. Peso específico de nódulos formados naturalmente em raízes de progênies de feijão-de-asa (<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>), após seis meses de cultivo em solo Argissolo vermelho amarelo, na Amazônia Central.....	33
Figura 11. Estimativas da absorção de nitrogênio (mg/planta) em progênies de feijão-de-asa (<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>), após seis meses de cultivo em solo Argissolo Vermelho Amarelo, na Amazônia Central.	35
Figura 12. Regressão linear entre os teores de nitrogênio total da parte aérea de progênies de feijão-de-asa (<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>) e as medidas de comprimento da rama, após seis meses de cultivo em solo Argissolo Vermelho Amarelo na Amazônia Central. .	36
Figura 13. Medidas do comprimento e peso de vagens tenras de progênies de feijão-de-asa (<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>), após sete meses de cultivo, em solo Argissolo Vermelho Amarelo na Amazônia Central	37
Figura 14. Distribuição das classes de frequência dos estágios de maturação de vagens de 10 progênies de feijão-de-asa (<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>), aos sete meses após o cultivo, em solo Argissolo Vermelho Amarelo na Amazônia Central.....	44

Lista de tabelas

Tabela 1. Características do Argissolo Vermelho Amarelo da área do experimento com feijão-de-asa na Estação Experimental de Hortaliças Alejo Von Der Pahlen-INPA, rodovia AM 010, Km 14, em Manaus, AM. Os resultados estão distribuídos pelas médias.	20
Tabela 2. Partição da biomassa após secagem em progênies de feijão-de-asa (<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>), após seis meses de cultivo em solo Argissolo vermelho amarelo, na Amazônia Central	28
Tabela 3. Características da nodulação de progênies de feijão-de-asa (<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>), após seis meses de cultivo em solo Argissolo vermelho amarelo, na Amazônia Central.....	32
Tabela 4. Absorção de nitrogênio em progênies de feijão-de-asa (<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>), após seis meses de cultivo em solo Argissolo vermelho amarelo, na Amazônia Central.....	34
Tabela 5. Medidas biométricas de vagens tipo tenra em 10 progênies de feijão-de-asa (<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>), após sete meses de cultivo em solo Argissolo vermelho amarelo, na Amazônia Central	38
Tabela 6. Medidas biométricas das sementes de 10 progênies de feijão-de-asa (<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>), obtidas aos sete meses após o plantio, em solo Argissolo Vermelho Amarelo	39
Tabela 7. Estimativas de produtividade em biomassa fresca e seca da parte aérea do feijão-de-asa (<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>) aos seis meses, e do número e peso das vagens aos sete meses após o cultivo em solo Argissolo Vermelho Amarelo na Amazônia Central....	41

1. INTRODUÇÃO

Popularmente, as espécies de leguminosas (atualmente Fabaceae), são conhecidas pela forma do fruto que é uma fava ou vagem, e pelo uso alimentício secular de muitas espécies herbáceas agrícolas, anuais ou perenes, produtoras de grãos tais como a lentilha (*Lens esculenta*), o grão-de-bico (*Cicer arietinum*), a fava (*Vicia faba*), a soja (*Glycine max*), o feijão (*Phaseolus vulgaris*), o feijão-de-metro (*Vigna unguiculata*), o amendoim (*Arachis hypogaea*), a ervilha (*Pisum sativum*), etc. Entretanto, no grande estoque genético que constitui essa família botânica há uma elevada plasticidade de hábitos de crescimento, o que inclui espécies herbáceas e arbóreas de variados portes e de múltiplo aproveitamento.

Mesmo considerando o conjunto diversificado de espécies leguminosas herbáceas que produzem alimento, há ainda, espécies de cultivo não convencional que poderiam ser melhor aproveitadas nos agrossistemas familiares da Amazônia Central. O termo “não convencional” abrange uma enorme variedade de plantas que têm o potencial de contribuir para a segurança alimentar e nutricional, e redução da pobreza (Bourgeois e Susila, 2006). Segundo o MAPA (2010) as hortaliças não convencionais são aquelas que possuem uma distribuição limitada, se restringindo a determinadas regiões, mas que tem grande importância na alimentação e na cultura de populações tradicionais. Além de não estarem organizadas em cadeias produtivas, o que as difere das hortaliças convencionais (Batata, tomate, repolho, etc.) o que não atrai o interesse de empresas de sementes e de fertilizantes químicos.

Nesse contexto encontra-se o feijão-de-asa (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC.). A espécie *Psophocarpus tetragonolobus* se destaca dentro do gênero *Psophocarpus* por possuir um grande potencial agrônomico e nutricional. As espécies não convencionais são aquelas que parecem ter um potencial considerável para o uso, mas o potencial é pouco explorado, ou totalmente negligenciado na produção agrícola.

A família Fabaceae apresenta aproximadamente 19.000 espécies distribuídas nas sub famílias Mimosoideae, Faboideae e Caesalpinioideae, sendo que não se sabe se todas possuem a capacidade de nodular, ou seja, se a planta tem a capacidade de estabelecer simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio (Sprent, 2001).

O gênero *Psophocarpus* foi relatado pela primeira vez por Necker em 1790, e se encontra dentro da subfamília Faboideae. Dentro desse gênero são encontradas as espécies *P. tetragonolobus*, *P. grandiflorus*, *P. palustris*, *P. scandens*, *P. obovalis*, *P. monophyllus*, *P. lecomtei*, *P. lancifolius* e *P. lukafuensis* (Verdcourt e Halliday, 1979).

Segundo Santos (2010) a capacidade que as leguminosas têm de se associarem com rizóbios e conseguir captar o Nitrogênio para o seu desenvolvimento, crescimento e produção pode ser uma propriedade a ser explorada nos sistemas sustentáveis de produção agrícolas. A interação entre leguminosas e rizóbio é um exemplo de associação biológica intensamente estudada, cujos benefícios para a sustentabilidade agrícola são reconhecidos devido ao processo de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) sendo possível substituir parcial ou totalmente a adubação nitrogenada (Hungria *et al.*, 1999).

As leguminosas que fixam biologicamente o nitrogênio se destacam como espécies de interesse nos sistemas de produção sustentáveis. Tal propriedade oferece um serviço que pode ser explorado nos sistemas de produção agrícola, extrapolando a exploração meramente de um produto, e para estas formas de uso há espécies apropriadas para sombreamento dos cultivos, adubação verde, apicultura, cobertura do solo, recuperação de áreas degradadas, etc., e outros usos de aplicação agrícola prática que favorecem a produção. Várias espécies de leguminosas são, por seu múltiplo uso, conhecidas das populações tradicionais da Amazônia (Souza, 2012).

O uso de leguminosas como o feijão-de-asa, com altos potenciais de fixação do nitrogênio é uma alternativa que vem ao encontro das necessidades e possibilidades dos agricultores amazônicos. No entanto, fatores relacionados com os solos, bactérias, plantas e a interação dos três fazem com que este potencial seja abaixo do desejável e, muitas vezes, nem se manifeste. Allen e Allen (1981) disponibilizam informações de uma lista de trabalhos realizados em países Asiáticos com feijão-de-asa, mas ainda é necessário que se haja informações sobre a capacidade produtiva e de nodulação em condições de campo em solo Amazônico. Tendo em vista que o feijão-de-asa é uma espécie muito promissora, porem pouco conhecida mesmo nas regiões onde sua introdução como alternativa alimentar seja altamente desejável, há a necessidade de maiores informações científicas a respeito da mesma bem como caracterizar seu sistema de cultivo para os agricultores nos agrossistemas da região Amazônica. Portanto, o trabalho teve como objetivo a realização de um estudo para avaliar o desenvolvimento e a nodulação natural de progênies de feijão-de-asa (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC.) em solo Argissolo Vermelho Amarelo da Amazônia Central.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância dos recursos de agrobiodiversidade na agricultura familiar da Amazônia e na segurança alimentar

A Amazônia é reconhecida como uma região altamente diversificada quando se trata de espécies com potencial agrícola e nutricional que são pouco exploradas. O Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) vem contribuindo de forma grandiosa para o estudo e ampliação do conhecimento científico voltado para os recursos da agrobiodiversidade na agricultura familiar da Amazônia, buscando realizar estudos científicos nas mais diversas áreas do conhecimento agrônomo.

Os trópicos úmidos são regiões onde predominam solos de baixa fertilidade e as condições climáticas prevalentes, temperatura e umidade elevadas, constituem ambientes desfavoráveis ao cultivo de grande parte das hortaliças convencionais. Portanto a melhoria da dieta das populações amazônicas, mediante o consumo de hortaliças, poderia dar-se por meio da criação de cultivares geneticamente adaptadas às condições ambientais, pelo cultivo das hortaliças nativas da região e pela introdução de espécies oriundas de outros países localizados no trópico úmido (Silva Filho *et al.*, 1997).

A importância atribuída aos recursos genéticos vegetais da Amazônia Ocidental, como por exemplo, a pupunha, o mapati, a sapota, o abiu, o camu-camu, o araçá-boi, o cubiu, o ariá, o cupuaçu e o feijão-macuco, é resultado direto de trabalhos pioneiros iniciados pelo INPA. Por outro lado, um programa de melhoramento genético de plantas visando à criação de variedades adaptadas ao cultivo no ambiente amazônico gerou conhecimento e produtos, hoje, disponíveis aos agricultores desta região. No que tange aos recursos genéticos da Amazônia, os estudos com espécies de leguminosas nativas capazes de fixar nitrogênio atmosférico e diversificação de solubilizadores de fósforo vem contribuindo para a manutenção dos níveis de matéria orgânica e nutrientes nos agroecossistemas, além de permitir a diversificação das opções de escolha de espécies estratégicas na recuperação de áreas degradadas, como um contraposto aos distúrbios antrópicos que impactam os sistemas naturais, vem abrindo perspectivas para o desenvolvimento de tecnologias de controle agroecológico das doenças de plantas cultivadas (Noda, 2013 *apud* Noda; Souza; Silva Filho, 2013, p. 10).

Na agricultura familiar, as formas de produção tradicionais na agricultura de subsistência, mesmo com sua importante contribuição para a segurança alimentar, não são

capazes de atender a todas as demandas das famílias dos produtores. Portanto, é necessário criar alternativas econômicas, permitindo complementar o acesso aos produtos e serviços a serem adquiridos no mercado. Por outro lado, as ações que visem incentivar o consumo de variedades locais são fundamentais para a diversidade e riqueza da dieta das populações humanas, para a perpetuação de bons hábitos alimentares e para a valorização do patrimônio sociocultural de povo brasileiro. Assim as estratégias de conservação *in situ* nos agroecossistemas têm uma importante contribuição na manutenção, conservação e preservação da variabilidade genética de plantas cultivadas (Batista *et al.*, 2013).

Segundo Silva Filho *et al.* (1997) os agricultores tradicionais ainda são os que cultivam e consomem algumas hortaliças consideradas não convencionais. Com a introdução de hortaliças exóticas e o avanço da agricultura voltada para o mercado competitivo esses cultivos correm um sério risco. Para Noda (1994) o abandono desses cultivos pelos agricultores tradicionais pode levar a uma redução da variabilidade genética, ou até mesmo a extinção de espécies. Diante disso, ele recomenda a aquisição de conhecimentos mais consistentes sobre espécies não convencionais do tropico úmido, o que poderia contribuir para o melhoramento genético de suas características agrônômicas e nutricionais, tornando-as assim mais adequadas para o processo produtivo e consumo humano. Dessa forma o agricultor rural teria opções de produtos não convencionais diversificados disponíveis para o mercado consumidor do Estado.

2.2. Potencial da fixação simbiótica de nitrogênio em leguminosas herbáceas produtoras de alimentos e de forragem

Segundo Gliessman (2000), a produção de fertilizantes nitrogenados é responsável pelo uso de cerca de um terço da energia consumida na agricultura moderna, o que implica em maiores custos para os agricultores. Esse consumo de energia poderia ser reduzido consideravelmente pelo uso da fixação biológica de nitrogênio (FBN). A simbiose entre leguminosas-bactérias fixadoras de N₂ atmosférico é amplamente aceita como alternativa à fertilização química. Bactérias do grupo dos rizóbios têm a capacidade de formar nódulos em raízes e caules de leguminosas e possuem papel importante na agricultura sustentável (Freitas *et al.*, 2007). Para Silva e Menezes (2007) as leguminosas são plantas rústicas com elevada produção de matéria seca e sistema radicular geralmente profundo e ramificado, capaz de extrair nutrientes das camadas mais profundas do solo. Além disso, Fernandes *et al.* (1999) destaca também o efeito alelopático e supressivo sobre as plantas daninhas como

ocorre com o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), a crotalária (*Crotalaria juncea*), e a mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*).

Trabalhos com leguminosas herbáceas realizados por Bergo *et al.* (2006) e Espindola *et al.* (2006) destacam eficiência da leguminosas herbáceas no controle de plantas invasoras pela rápida cobertura do solo. Alegre *et al.* (2005) na Amazônia peruana, destacam a possibilidade do uso dos resíduos de duas espécies de leguminosas herbáceas para a inibição de espécies invasoras para a cultura do milho em um sistema agroflorestal. O uso dessas leguminosas em pomares, além de proporcionar economia com fertilizantes, contribui para o manejo ecológico (Espindola *et al.*, 2006).

A capacidade das espécies leguminosas se associarem com os rizóbios, e conseguir captar o Nitrogênio para o seu desenvolvimento, crescimento e produção é um habilidade que pode ser explorada na agricultura e outros sistemas (Jantalia *et al.*, 2006). Soares Filho *et al.* (1992) menciona que as leguminosas podem também constituir uma alternativa de recuperação de pastagens em vias de degradação ou degradadas. Carvalho e Pires (2008) diz que a contribuição das leguminosas como fornecedoras de nitrogênio em pastagens depende do estabelecimento de uma eficiente simbiose entre planta e bactérias de gênero *Rizobium*. A formação de nódulos nas raízes das leguminosas e a fixação de N pelos nódulos formados requer uma sequência complexa de processos fisiológicos, muitos dos quais envolvem interações entre a bactéria e a planta hospedeira.

Existem espécies de leguminosas com habilidades nodulíferas, que são capazes de prosperar em solos ácidos de baixa fertilidade, porém sob condições naturais, esta nodulação com rizóbios nem sempre se manifesta quando a população de bactérias do solo não apresenta compatibilidade com a planta (Bala *et al.*, 2003). Na ausência de um dos simbiontes eficientes, torna-se necessário a inoculação das plantas com estirpes selecionadas a partir de nódulos coletados em solos de diferentes locais. O termo inoculação significa a multiplicação de microrganismos em condições controladas, seguida da disponibilização para o cultivo de interesse. No Brasil a turfa é o veículo mais empregado no preparo de inoculantes de bactérias diazotróficas e há nas coleções microbianas nacionais bactérias fixadoras de N₂ classificadas em 13 gêneros distribuídos em oito famílias de bactérias (Moreira, 2008).

As leguminosas herbáceas possuem um grande potencial como fixadoras de nitrogênio. Perin (2002) salienta que o uso de leguminosas herbáceas na prática de cobertura viva é uma alternativa para a proteção do solo com aspectos de conservação e de manutenção de fertilidade, fixando nitrogênio e favorecendo a atividade biológica no solo.

De acordo com Silva Filho *et al.* (1997) o feijão-de-asa possui uma grande vantagem como leguminosa herbácea em ter a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico por meio de bactérias existentes nos nódulos de suas raízes. O que garante esse sucesso é a existência de bactérias do gênero *Rizobium* em solos da Amazônia que são capazes de formar grandes e vigorosos nódulos nas raízes da planta. Para NAS (1975) o feijão-de-asa pode desenvolver grande número de nódulos radiculares de fixação de nitrogênio, aparentemente, muitas vezes excedendo o número formado em outras leguminosas. Na Tailândia até 1.000 nódulos foram contados em uma única planta. O alto teor de proteína nas sementes, vagens, folhas, tubérculos é, provavelmente, causada pela excepcional capacidade da planta de fixar nitrogênio. A maioria dos solos tropicais evidentemente contém rizóbios adequado para inoculação do feijão-de-asa.

2.3. Origem, características botânicas e agronômicas, propriedades e potencial de aproveitamento do feijão-de-asa (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC.)

Segundo Oliveira *et al* (1997) o feijão-de-asa foi introduzido na Amazônia por volta dos anos 70 pelo grupo de pesquisadores de leguminosas do (INPA) na antiga Coordenacao de Pesquisas em Ciências Agronômicas (CPCA). Trata-se de uma planta comestível, algumas variedades com raízes tuberosas, e alto teor de proteína nas sementes, tubérculos, folhas e flores (Fortuner *et al.*, 1979).

Uma leguminosa de interesse alimentício, o feijão-de-asa tem origem africana. A planta de feijão-de-asa é uma trepadeira, herbácea, perene, possui grande quantidade de caules ramificados, chegando a atingir cerca de 5m ou mais de altura. As flores são de coloração azul, branca ou púrpura e autopolinizadas. As vagens apresentam quatro faces, com asas com margens dentadas, e contém de cinco a vinte sementes (Figura 1). As sementes são globulares, com superfície brilhante e coloração branca, amarela, marrom, preta ou mosqueada (Shiavianato, 1990).

É uma cultura perene, resistente a altas temperaturas, que pode ser usada em cultivo consorciado com várias outras espécies (Sikora *et al.*, 2005). Pode ser chamado de planta “milagrosa”, pois praticamente toda a planta é comestível e possui vários fins medicinais. As vagens verdes são as partes preferíveis e são preparadas da mesma maneira que as vagens de outros feijões. Os brotos novos também podem ser ingeridos, dos grãos ainda verdes são feitos sopas e dos grãos maduros, depois de torrados, são consumidos como

amendoim. Mas, além da parte aérea essa leguminosa também produz um tubérculo que pode ser usado na alimentação (Warwick, 1890).

Nos trópicos úmidos a espécie se adapta bem como um legume de fácil crescimento, resistente a pragas e doenças, com uma alta produtividade, atraente aos olhos e paladar, por apresentar um aspecto vistoso e um grande potencial nutricional (Tin e Delpin, 1978).



Figura 1. Aspecto geral da planta de feijão-de-asa (*Psophocarpus tetragonolobus*): planta (a), flor (b), vagens em diferentes estágios de crescimento (c), vagem seca aberta (d) e vagem tenra aberta (e).

Segundo Masfield (1973) todas as plantas produzem raízes tuberosas, porém posteriormente foi verificado por Kortt e Caldwell (1984) que a produção de raízes tuberosas depende da variedade, do método de cultivo e época de plantio. Schiavinato e Válio (1992) relata que o feijão-de-asa sendo uma leguminosa herbácea, em seu ambiente natural a espécie necessita de um suporte para exibir as folhas sob a luz solar para que haja um processo de fotossíntese eficiente. Além disso, os efeitos hormonais parecem também estar relacionada com a posição da haste e seu desenvolvimento.

A espécie tolera solos úmidos e inférteis. Antes da semeadura é importante o fornecimento de matéria orgânica ou o fornecimento de fertilizante mineral ao solo. Uma vez estabelecida, a planta parece ser capaz de fixar nitrogênio suficiente para seu crescimento (Martin e Delpin, 1978).

As raízes tuberosas são importantes fontes de produtos alimentares, os fatores que influenciam o desenvolvimento desses órgãos têm recebido atenção considerável. Em várias espécies a formação destes órgãos depende, ou é acelerado por, exposição das folhas a fotoperíodos específicos. Frequentemente, a formação da raiz tuberosa em plantas de feijão-de-asa é promovido por dias curtos (Murty e Banerjee, 1977; Okubo, *et al*, 1992).

De acordo com Melo e Noda (1984) o feijão-de-asa apresenta sensibilidade ao fotoperíodo. Cultivado fora de regiões tropicais o florescimento pode ser inibido em dias mais longos. Outra observação feita pelos autores, por se tratar de uma espécie de hábito trepador, a planta não consegue sobreviver se não estiver tutorada. As chuvas que destroem a maioria dos outros feijões estimulam a floração do feijão-de-asa. Suas vagens não são danificadas pela chuva. Por outro lado, a espécie pode se acomodar a curtos períodos de seca, porém, períodos prolongados sem chuva suficiente poderão matar a planta. Nesse caso há necessidade de irrigação (Martin e Delpin, 1978).

Na região amazônica, o feijão-de-asa deve ser semeado no início da estação chuvosa. Em local sujeito ao encharcamento é recomendável que se preparem as áreas de plantio com um sistema de drenagem para escoar o excesso de água das chuvas. É interessante que o cultivo seja realizado em leiras com cerca de 15cm de altura. Essa técnica evita o contato da planta com o excesso de água e, ao mesmo tempo favorece a drenagem logo após as chuvas (Silva Filho *et al*, 1997).

O feijão-de-asa contém uma quantidade significativa de proteínas nas vagens, folhas e raízes NAS (1975), todos os quais são comestíveis. Os tubérculos contêm 20% de proteína em peso seco. Esta quantidade é superior a outros tubérculos, tais como inhame (2%), mandioca (1%), batata (2%) e batata doce (2%). A percentagem de proteínas brutas das sementes (29,8-37,4%), é comparável à das sementes de soja (35%), e é mais elevada do que a de outras leguminosas. As folhas jovens são consumidas cruas ou cozidas no vapor. O caule e as folhas contêm uma quantidade apreciável de vitamina A e C e também são utilizadas como forragem verde (Newel e Hymowitz, 1979).

As flores são comidas ou adicionadas a vários pratos para proporcionar um visual atrativo aos olhos pelo fato de suas colorações. As vagens jovens são colhidas antes de amadurecer pois ainda estão tenras, suculentas e adocicadas e são ingeridas cruas ou cozidas, elas contêm quantidades apreciáveis de cálcio, ferro, tiamina e ácido ascórbico. As vagens maduras se tornam resistentes e fibrosas, ficando inviável para ser usada na alimentação (Kulkarnie e Sohoni, 1956).

O feijão-de-asa também possui um grande potencial medicinal por conter níveis elevados de lectinas que são utilizadas como ferramentas no diagnóstico de doenças do sangue. A vagem é utilizada no tratamento de diabetes. As folhas têm sido usadas para o tratamento da varíola. As raízes foram utilizadas na Malásia como um cataplasma para curar náuseas (Hymowitz e Boyd, 1977).

3. OBJETIVOS

3.1 Geral

Avaliar o desenvolvimento e nodulação natural de progênies de feijão-de-asa (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC.) em solo Argissolo Vermelho Amarelo da Amazônia Central.

3.2 Específicos

Caracterizar as progênies de feijão-de-asa, com base em descritores morfológicos e agronômicos.

Avaliar a capacidade de nodulação natural e fixação de N₂ em progênies de feijão-de-asa, identificando sua necessidade de inoculação com rizóbios selecionados.

Identificar progênies de feijão-de-asa com potencial, para maior aproveitamento de cultivos não convencionais na agricultura familiar da Amazônia.

4. MATERIAL E MÉTODOS

No ano de 2016, foi conduzido um experimento de campo, entre os meses de fevereiro e julho, para avaliar o desempenho agrônômico de dez progênies de feijão-de-asa (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC., Fabaceae, Faboideae). O cultivo foi realizado na Estação Experimental de Hortaliças Alejo Van der Pahlen, da Coordenação de Sociedade Ambiente e Saúde do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia– EEH-Csas-Inpa, em Manaus, AM. A estação está localizada na rodovia AM 010, Km 14, sob as coordenadas geográficas 03° 08' S e 60° 01' W. Gr., 72 m acima do nível do mar. O clima predominante na região da Amazônia Central é do tipo Af_i, com pluviosidade entre 2.750 e 3.500 mm, e com temperatura média anual variando entre 26 e 30 ° C, segundo Köppen. Alguns detalhes da infraestrutura existente na EEH, com estradas, estufas e área disponível para o plantio estão ilustrados na Figura 2.



Figura 2. Aspecto geral e alguns detalhes da infraestrutura existente na Estação Experimental de Hortaliças Alejo Von Der Pahlen-INPA, rodovia AM 010, Km 14, em Manaus, AM.

As dez progênies de feijão-de-asa aqui avaliadas, foram mantidas em câmaras de sementes do Grupo de Pesquisas em Melhoramento Genético de Hortaliças do Inpa, e são originadas do intercruzamento de três variedades (IH-543, proveniente de Singapura; IH-468, obtida do Colégio Adventista de Manaus e IH-363, proveniente de Porto Rico). Como se trata de material genético ainda em processo de avaliação, as progênies receberam provisoriamente o número de identificação que varia de 1-10. A progênie de número 10 foi

constituída pela combinação proporcional das demais. As coleções de sementes de hortaliças mantidas pelo Inpa tem a finalidade de preservar a variabilidade genética de plantas olerícolas cultivadas, baseando as ações de melhoramento para adaptação e seleção das melhores progênes para cultivo no trópico úmido.

O solo da área selecionada para o cultivo do feijão-de-asa foi do ambiente da terra firme da Classe Argissolo Vermelho Amarelo, distrófico, textura arenosa. Para condução do ensaio, utilizou-se uma área cultivada regularmente em anos anteriores com hortaliças convencionais ou alternativas. As características químicas do solo foram determinadas no início do experimento, através da amostragem com trado, a 10 cm de profundidade, pela técnica de zigue-zague para coleta de amostras compostas, homogeneizadas para obtenção de uma amostra simples. As análises foram realizadas no Laboratório Temático de Solos e Plantas – LTSP do Inpa. Foram determinados os teores de P, K, Ca, Mg, Zn, Mn, pH em água, pH em KCL e teores de alumínio trocável. O pH do solo foi determinado em H₂O na proporção solo:solução de 1:2,5 (Tabela 1).

Tabela 1. Características químicas do Argissolo Vermelho Amarelo da área do experimental na Estação Experimental de Hortaliças Alejo Von Der Pahlen-INPA, rodovia AM 010, Km 14, em Manaus, AM. Os resultados estão distribuídos pelas médias.

Ambiente	Variáveis									
	pH (H ₂ O)	pH (KCL)	Ca	Mg	H+Al	K	P	F	Zn	Mn
			cmol _c kg ⁻¹				mg kg ⁻¹			
Bloco I	5,44	4,38	0,97	0,19	0,11	0,05	68,66	195	4,80	3,03
Bloco II	5,40	4,40	0,98	0,19	0,11	0,06	76,25	176	4,53	2,90
Bloco III	5,42	4,40	0,97	0,18	0,11	0,05	76,25	186	4,56	3,16

Para condução do experimento de campo, adotou-se o desenho experimental de blocos casualizados com três repetições de 10 plantas. Cada progênie constituiu um tratamento. O modelo de definição da parcela foi assim definido: duas linhas de 10 m de comprimento, com espaçamento de 0,5 m entre linhas, com 2 m entre plantas. Cada linha recebeu cinco plantas e um esquema representativo da parcela está apresentado na Figura 3. Entre cada parcela, considerou-se o espaçamento de 0,5 m, e entre os blocos 2,0 m. A área total da parcela foi de 15 m² e a área total do bloco de 450 m².

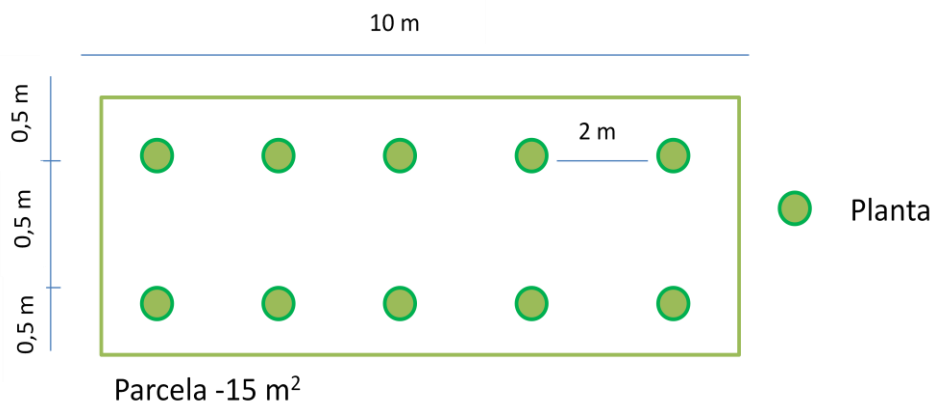


Figura 3. Desenho da parcela experimental para estudos de desenvolvimento e nodulação natural de progênies de feijão-de-asa (*Psophocarpus tetragonolobus*), na Amazônia Central.

4.1. Desenvolvimento da pesquisa

O preparo da área consistiu de uma gradagem feita com micro-trator para revolvimento do solo e remoção de plantas invasoras. Em seguida realizou-se um piqueteamento para definição dos blocos e suas respectivas parcelas que foram distribuídas por sorteio. Antecedendo o plantio das progênies de feijão-de-asa e após o preparo da área, fez-se uma adubação mineral de correção para os seguintes nutrientes: 200 kg de P_2O_5 ha^{-1} na forma de Superfosfato Simples, 100 kg de K_2O por ha^{-1} na forma de Cloreto de Potássio e 500 kg de calcário dolomítico ha^{-1} .

Para o desenvolvimento do experimento, inicialmente submeteu-se as sementes de cada progênie a testes pré-germinativos onde avaliou-se sua viabilidade. As 10 progênies de feijão-de-asa foram semeadas em copos plásticos de 7,5 cm de altura, com 6,8 cm de largura da parte superior e largura de 4,5 cm da parte inferior, devidamente drenados, depositados em bancadas no interior da casa de vegetação. O material de cobertura da casa de vegetação é constituído por filme plástico de polietileno transparente de 150 μm . O substrato para a germinação das sementes foi o Plantimax, produto comercial. Após a conclusão do processo germinativo e o desenvolvimento das plântulas com folhas definitivas fez-se o desbaste, deixando a planta mais vigorosa de cada progênie. O transplante foi efetuado quando as plântulas apresentarem o segundo par de folhas definitivas, 25 dias após a semeadura em casa de vegetação, mantendo-se o torrão. A Figura 4 ilustra detalhes desta etapa de condução do experimento de campo.

O plantio das mudas de feijão-de-asa foi feito simultaneamente para todas as progênies no mês de março de 2016. Todos os tratamentos culturais tais como: capinas, irrigação e controle fitossanitário foram feitos em função das necessidades que surgiram ao longo do desenvolvimento da planta e da execução do experimento. A irrigação foi feita por aspersão e praticada regularmente duas vezes ao dia, quando necessário. Quando as plantas alcançaram 0,5 m de altura, foram tutoradas em estacas cruzadas, constituídas por varas de bambu com 1,5m de comprimento acima do solo, evitando-se a ramificação e entrelaçamento das diferentes progênies entre parcelas.

No momento em que 50 % das plantas atingiram o estágio de floração, aos seis meses após o plantio, realizou-se a primeira colheita, de quatro plantas por parcela, para avaliar a habilidade da nodulação natural e a produção de biomassa. Para tanto, as plantas foram extraídas inteiras do solo, com auxílio de enxadas e enxadeco, tomando-se o cuidado de limitar as perdas de nódulos por desprendimento e extravio. Nesta ocasião foi determinado o comprimento da rama, considerado a medida do colo até o meristema principal da maior rama, medido com fita métrica.



Figura 4. Etapas de condução do experimento de desenvolvimento e nodulação de feijão-de-asa (*Psophocarpus tetragonolobus*) na Estação experimental de Hortaliças do INPA: sementeira (a), mudas em desenvolvimento (b), preparo mecânico da área (c), piqueteamento da área (d), definição espaçamento das covas (e), plantio (f), tutoramento (g), e plantas com seis meses após o cultivo (h).

A biomassa da parte aérea fresca foi determinada em condições de campo, com auxílio de uma balança digital após a separação do sistema radicular, feito com tesoura de poda. Em seguida as plantas foram identificadas, acondicionadas em sacos de papel e transportadas para o Laboratório. A secagem da biomassa das diferentes partes da planta (parte aérea, raízes e nódulos) foi feita em estufa incubadora regulada a 65°C por 72 h. Antes da secagem da biomassa radicular, fez-se a extração e contagem dos nódulos, e estes foram postos em pequenos sacos de papel e levados a estufa de secagem, procedendo-se

posteriormente a sua pesagem. O mesmo procedimento foi adotado para as determinações da biomassa da parte aérea e raízes. Após a secagem, a biomassa da parte aérea foi outra vez ensacada e foi extraído o talo seco, excluindo-se as folhas, pelo método de derriça manual. Em seguida determinou-se a biomassa do talo seco. Obteve-se a biomassa das folhas secas pela subtração do peso do caule seco da biomassa da parte aérea seca. A biomassa total seca correspondeu à soma da biomassa da parte aérea e das raízes após secagem. Os mesmos procedimentos de pesagem foram feitos para obtenção do peso dos nódulos secos. O peso específico dos nódulos correspondeu à razão entre a sua biomassa seca e número de nódulos por planta. Toda essa sequência de procedimentos relacionados com a colheita e avaliação das progênes de feijão-de-asa estão apresentadas na Figura 5.



Figura 5. Avaliação após colheita do desenvolvimento e nodulação natural de feijão-de-asa (*Psophocarpus tetragonolobus*): coleta para avaliação de nodulação natural (a), retirada dos nódulos em condições de campo (b), pesagem da biomassa fresca em campo (c), contagem de nódulos (d), pesagem de nódulos (e) e pesagem da biomassa após a secagem (f,g,h).

Para avaliar a eficiência fixadora de N_2 do processo de nodulação natural, foi feita a determinação da concentração de N foliar nas folhas de feijão-de-asa seguindo-se o protocolo de análises do LTSP-INPA. Assim, as folhas secas foram trituradas em moinho mecânico e posteriormente submetidas à digestão ácida e titulação, seguindo-se o método de Kjeldahl (Embrapa, 2009), modificado. As determinações foram consideradas tanto na concentração (% de N no tecido) como na absorção de N (dada em $g\ kg^{-1}$). O nitrogênio total da planta foi calculado com base na concentração de nitrogênio foliar e a biomassa das folhas secas de cada procedência. As medidas do comprimento da rama, da partição de biomassa da planta, da nodulação e das determinações de nitrogênio, foram correlacionadas para identificação das relações significativas entre variáveis independentes, evidenciando a eficiência da simbiose.

No processamento e análise dos resultados obtidos aos seis meses de cultivo, adotou-se o delineamento de Blocos Casualizados, constituídos por 10 tratamentos (progênes) e duas repetições de duas plantas, utilizando-se o programa estatístico Assistat (Silva FAS, 2016) para a ANOVA e o teste de Tukey para comparação das médias. Para efeito de análise, os dados da nodulação foram transformados para $\gamma_{x+0,01}$ e as determinações da concentração de N para arco-seno $\gamma_{x+0,01}$ (Centeno, 1990).

Aos sete meses após o plantio foi realizada uma segunda avaliação para determinações biométricas e de massa de vagens e sementes (Figura 6). Neste procedimento, a amostragem foi efetuada por sorteio, e as vagens foram colhidas. Nessa avaliação, as vagens foram contadas e distribuídas em quatro classes:

Inicial - em início de formação com aproximadamente 5 cm;

Salada - no ponto de comercialização e consumo como hortaliça;

Tenra - com textura fibrosa e as sementes já estão formadas;

Madura - vagem seca, pós-maturado.

Posteriormente, após a quantificação do estágio de maturação das vagens, para cada progênie foi elaborado uma distribuição de frequência das diferentes categorias encontradas na área experimental. Somente as vagens da classe “tenra” foram selecionadas para as determinações biométricas que consideraram o comprimento, largura e espessura das vagens, seguindo-se de sua pesagem. As medidas foram tomadas com auxílio de régua e paquímetro e a pesagem foi feita em balança digital.

Para a avaliação de biometria de vagens e sementes das diferentes progênes, adotou-se um Delineamento Inteiramente Casualizado com 10 tratamentos (progênes de

feijão-de-asa) e 10 repetições. O processamento da Anova obedeceu a procedimentos já descritos.

Realizaram-se estimativas da quantidade de biomassa da parte aérea fresca e seca, do número de vagens produzidas por hectare e do peso correspondente destas vagens com base no espaçamento adotado nesta pesquisa para o cultivo de feijão-de-asa.



Figura 6. Avaliação após a colheita da biometria de vagens e sementes de feijão-de-asa (*Psophocarpus tetragonolobus*): medidas biométricas de vagens do tipo tenra (a,b,c,d) e medidas biométricas de sementes (e,f).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O período de cultivo do feijão-de-asa na Amazônia Central compreendido entre os meses de fevereiro a julho, caracterizado pela época chuvosa e início da transição para o período seco foi adequado para expressar todo o potencial de desenvolvimento e produtivo deste cultivo. Todas as progênes expressaram o seu potencial produtivo e completaram seu ciclo nas condições edafoclimáticas em que foram cultivadas, e após sete meses de monitoramento algumas apresentavam desenvolvimento tardio e mantinham-se produzindo na área de plantio.

Considerando-se que o feijão-de-asa é uma leguminosa herbácea de crescimento indeterminado, as medidas do comprimento da rama, tomadas aos seis meses após o cultivo foram empregadas para comparar o desempenho agrônômico das progênes (Figura 7). O crescimento da maior rama não apresentou grandes diferenças entre as progênes avaliadas ($P>0,01$), mas identificou-se uma tendência da Progênie 9 (doravante P-9), que alcançou quase 4 m de comprimento, superar em quase 1 m o crescimento da Progênie 7 (doravante P-7) quando se aplicou o teste de comparação das médias.

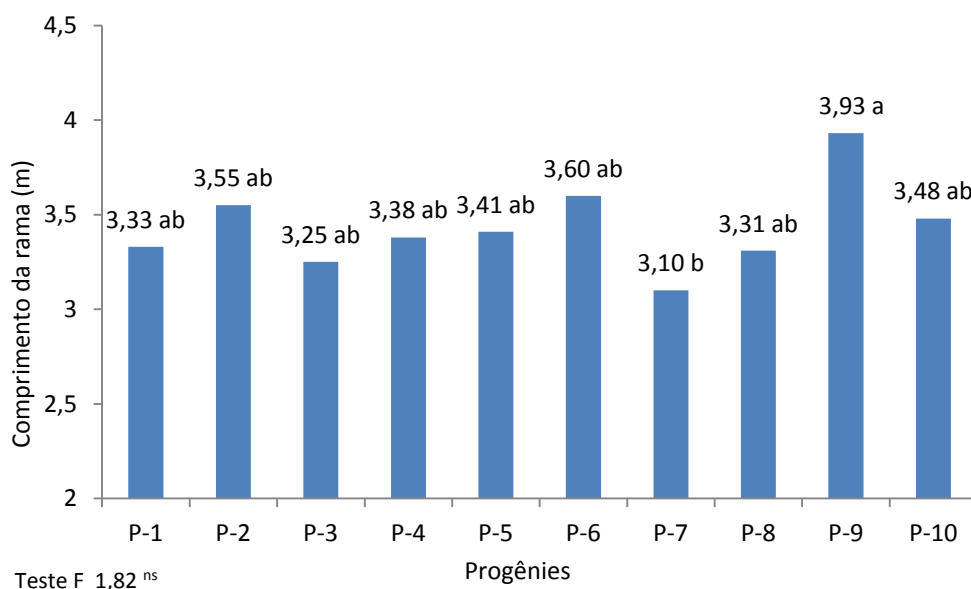


Figura 7. Comprimento da rama de progênes de feijão-de-asa (*Psophocarpus tetragonolobus*), após seis meses de cultivo em solo Argissolo vermelho amarelo, na Amazônia Central.^{*1}

A média geral de comprimento da rama das plantas de feijão-de-asa, aos seis meses de cultivo foi de 3,4 m e essa medida pode fornecer um importante subsídio para o sistema

de tutoramento da cultura, sugerindo a adoção de um sistema de tutoramento com no mínimo 2 m de comprimento. Para um sistema de plantio mais intensivo, é possível que haja necessidade de avaliar a adoção de conexão entre tutores, num sistema parecido com o utilizado para o maracujá ou a uva, onde a biomassa da planta possa prosperar sem contato com o solo, facilitando os procedimentos de colheita e com conseqüente maior qualidade das vagens para consumo. Esses resultados concordam com Warwick (1980) que em um estudo para observar as condições de cultivo de três variedades distintas de feijão-de-asa observou que não houve muita variação em relação ao comprimento da rama das plantas estudadas, as mesmas apresentaram uma variação de 3,6 a 4,4 m de comprimento de rama durante o período de cultivo.

Concordando com a pequena variação no crescimento das ramas, verificadas aos seis meses após o plantio, não foram identificadas diferenças significativas na biomassa foliar, biomassa das raízes e biomassa do talo, após a secagem, entre as progênies de feijão-de-asa aqui avaliadas (Tabela 2). Entretanto, entre as variáveis de desenvolvimento da planta foram constatadas diferenças na produção de biomassa fresca e seca da parte aérea (Figura 8), que refletiu nas determinações da biomassa total seca da planta (Figura 9).

Tabela 2. Partição da biomassa após secagem em progênies de feijão-de-asa (*Psophocarpus tetragonolobus*), após seis meses de cultivo em solo Argissolo vermelho amarelo, na Amazônia Central. *¹

Progênies	Folhas	Raízes	Talos	Relação folha/talo
	----- g -----			
P-1	175 a	13 a	154 a	1,1
P-2	227 a	24 a	234 a	1,0
P-3	119 a	12 a	107 a	1,1
P-4	187 a	19 a	308 a	0,6
P-5	215 a	21 a	255 a	0,8
P-6	252 a	16 a	214 a	1,1
P-7	177 a	18 a	162 a	1,0
P-8	169 a	15 a	145 a	1,2
P-9	269 a	20 a	289 a	0,9
P-10	231 a	19 a	198 a	1,2
Teste F	1,80 ^{ns}	1,81 ^{ns}	2,31 [*]	-
Coef. de variação (%)	40,63	36,66	50,97	-

*¹ – Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 1 % de probabilidade, empregando-se o teste de Tukey, ^{ns} – não significativo.

Considerando-se as determinações efetuadas sobre a partição de biomassa da planta após a secagem, foi verificado que proporcionalmente as raízes têm a menor contribuição para o desenvolvimento da planta de feijão-de-asa e, a contribuição do peso das ramas na

biomassa total da parte aérea algumas vezes supera o peso das folhas da planta. Como já foi observado, não houve diferenças significativas entre as progênes para a biomassa de raízes, folhas e talo das plantas de feijão-de-asa, mas, se considerarmos as relações entre folhas/talo, observa-se que para as progênes P-1, P-3, P-6, P-8 e P-10 a biomassa foliar superou entre 1,1-1,2 vezes a biomassa do talo, ao passo que para as progênes P-4, P-5 e P-9, havia mais biomassa do talo que foliar em proporções da relação folha/talo que variou entre 0,6-0,9 vezes. Adicionalmente a distribuição da biomassa folha/talo das progênes P-2 e P-7 foram proporcionais, com média de 1,0.

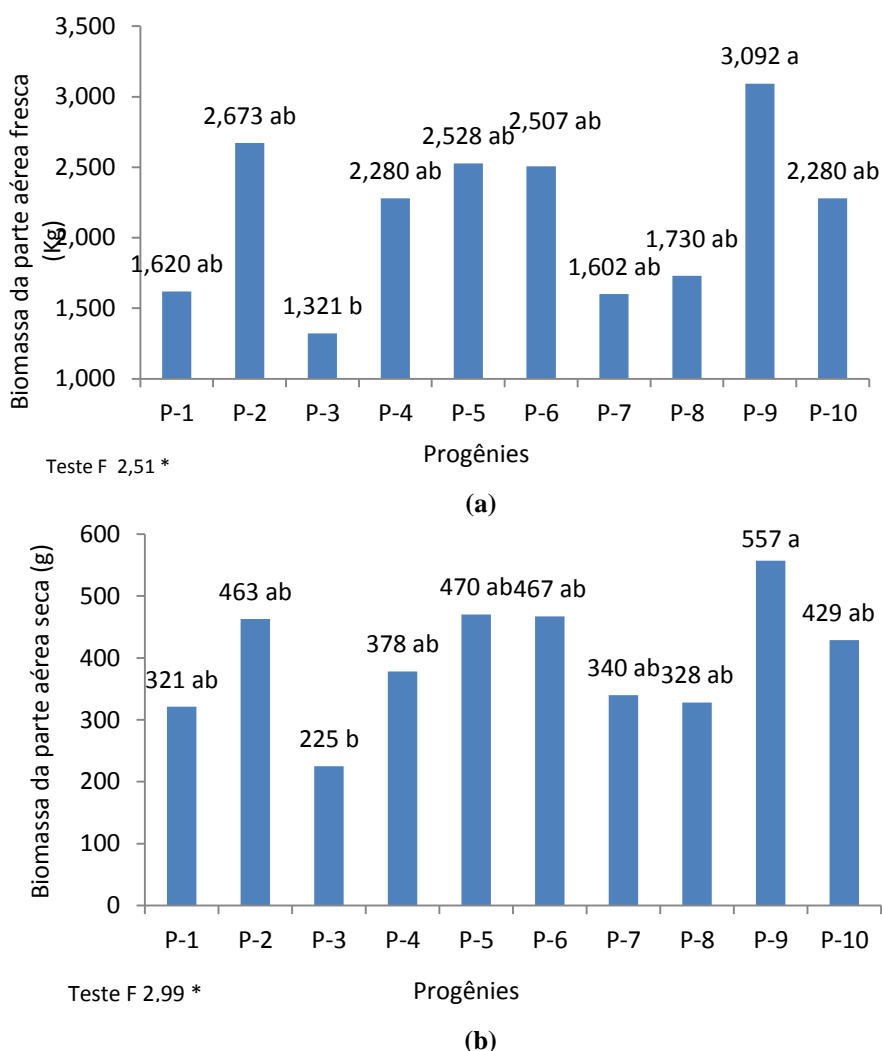


Figura 8. Biomassa fresca e seca da parte aérea de progênes de feijão-de-asa (*Psophocarpus tetragonolobus*), após seis meses de cultivo em solo Argissolo vermelho amarelo, na Amazônia Central. *¹

Essas comparações de pequena dimensão podem ser úteis quando se pretende obter biomassa forrageira ou para compostagem já que se considera que a biomassa foliar é mais

facilmente mineralizável que a do talo, que é mais fibrosa. Certamente que esta inferência sobre a mineralização é mediada pela concentração de N no tecido da planta que é maior nas folhas do que no talo, o que pode ter influenciado no desenvolvimento da planta inteira, evidenciado pelas diferenças significativas encontradas para a biomassa da parte aérea fresca e seca e a biomassa total da planta. Essas informações de produção de biomassa de feijão-de-asa e a capacidade de acumular N são características importantes na seleção da espécie para utilização na adubação verde, pois estão relacionadas ao potencial das plantas de cobertura de proteger o solo e à velocidade de liberação de N de seus resíduos para as culturas sucessoras (Boer et al., 2007; Carneiro et al., 2008)

Como esperado, a biomassa da parte aérea fresca ou após secagem apresentaram a mesma resposta estatística quando os dados foram submetidos à análise (Figura 8).

Concordando com o maior comprimento de rama identificando para a P-9, essa progênie também promoveu o maior acúmulo de biomassa fresca ou seca da parte aérea, aos seis meses após o cultivo, no conjunto de progênies pesquisadas, diferindo significativamente da P-3. Oito das progênies apresentaram uma uniformidade de resposta, não diferindo significativamente entre si. A produção de mais de 3,0 kg de biomassa fresca da parte aérea pela P-9, aos seis meses de cultivo, correspondente a duas plantas tutoradas e a uma área de 3,0 m², sugere um alto potencial de produção de biomassa fresca por esta progênie o que potencializa o seu aproveitamento não só para a produção de vagens comestíveis mais também para práticas de adubação verde ou mesmo para compostagem nos agrossistemas. Em estudos realizados por Silva (2015) avaliando progênies de feijão macuco (*Pachyrrhizus tuberosus*) a produção de biomassa fresca e bem inferior aos encontrados para feijão-de-asa, variando de 0,18 a 0,65 kg. Isso demonstra o potencial do feijão-de-asa na produção de biomassa em relação a outras leguminosas não convencionais.

As determinações da biomassa total das plantas de feijão-de-asa concordaram com os dados obtidos para a biomassa da parte aérea fresca e seca (Figura 9), possivelmente pela pequena influência da biomassa radicular sobre a biomassa total da planta (Tabela 2) que é expressa predominantemente pelo seu desenvolvimento em parte aérea. Nota-se mais uma vez as diferenças significativas encontradas entre as progênies P-9 e P-3, que, no grupo avaliado, foram as únicas que diferiram e produziram respectivamente 0,58 e 0,24 kg em área correspondente a 3 m², o que corresponde a 59,1 % mais biomassa da planta inteira produzida pela P-9 comparado a P-3. As progênies que formaram o grande grupo intermediário apresentaram variação entre 0,49 kg para a P-5 e 0,32 kg para a P-8,

considerando-se o mesmo espaçamento. Esses resultados concordam com a afirmação de que há poucas diferenças no desempenho agrônômico entre as progênies de feijão-de-asa preservadas na coleção de germoplasma do Inpa.

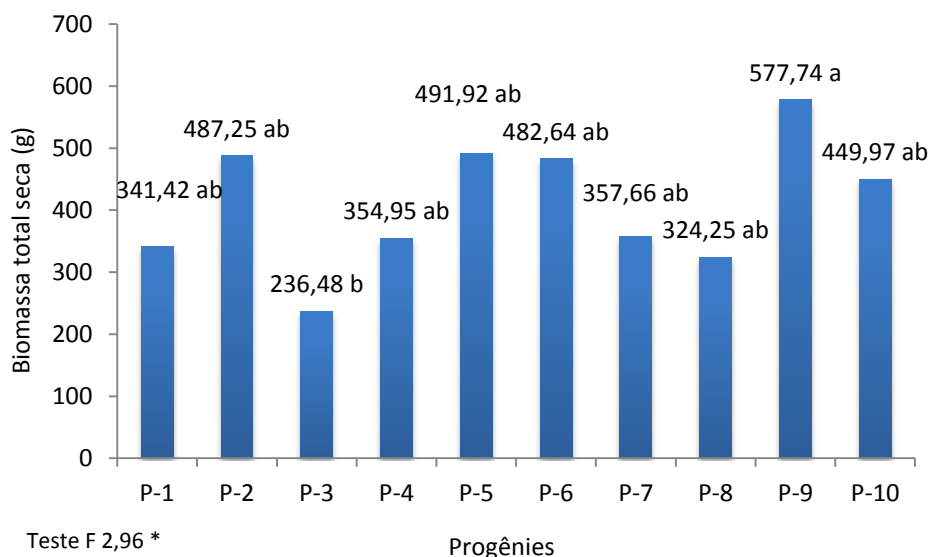


Figura 9. Biomassa total seca de progênies de feijão-de-asa (*Psophocarpus tetragonolobus*), após seis meses de cultivo em solo Argissolo vermelho amarelo, na Amazônia Central. *¹

5.1. Nodulação natural e eficiência da fixação de N₂ em 10 progênies de feijão-de-asa cultivadas em solo Argissolo vermelho amarelo

Concordando com as pesquisas que registram uma alta capacidade e eficiente nodulação natural das espécies de Fabaceae classificadas na tribo Phaseoleae subtribo Phaseolinae (Moreira e Franco, 1994), na avaliação da nodulação natural das plantas de feijão-de-asa em solo agrícola da classe dos Argissolos, 100 % das plantas estavam noduladas aos seis meses após o plantio. Entretanto, foi verificada pouca variação no número de nódulos e na biomassa de nódulos após secagem, que não diferiram significativamente entre as progênies (Tabela 3). As plantas de feijão-de-asa apresentaram nodulação abundante e a média de nódulos formados por planta foi de 109 nódulos.

Mesmo sem diferenças significativas foi observado que a P-5 apresentou o maior número de nódulos formados, alcançando a média de 169 nódulos por planta e, por outro lado, as plantas menos colonizadas pelos rizóbios foram das progênies P-2, P-8 e P-7, com número de nódulos inferior a 100. Essa alta capacidade de nodular naturalmente só ressalta a afirmação de NAS (1975) de que o feijão-de-asa pode desenvolver um grande número de

nódulos radiculares de fixação de nitrogênio, aparentemente, muitas vezes excedendo o número formado em outras leguminosas. O feijão macuco quando estudado por Santos (2015) em um Argissolo Amarelo apresentou um número máximo de 14 nódulos por planta. Melo e Zilli (2009) em um experimento onde inocularam mudas de feijão-caupi com estirpes de rizóbios selecionadas verificaram uma produção média de 13 nódulos por planta em condições de campo, embora a inoculação com rizóbios tenha proporcionado um grande número de nódulos por planta, a nodulação foi menos eficiente quando comparado aos resultados encontrados para feijão-de-asa que nodularam naturalmente.

Nas leguminosas, geralmente, há uma relação estreita entre o número de nódulos tem sugerido que algumas vezes um alto número de nódulos é também relacionado a uma baixa biomassa média formados e a sua biomassa, e os resultados de pesquisas dos nódulos formados, ao passo que um baixo número de nódulos pode resultar em nódulos bem desenvolvidos, entretanto não foram constatadas variações significativas na biomassa dos nódulos de feijão-de-asa, após a secagem, no conjunto de progênies aqui avaliadas (Tabela 3). De modo geral, pode se considerar que o desenvolvimento dos nódulos de feijão-de-asa foi satisfatório já que em somente duas progênies, a P-8 e P-7 a biomassa de nódulos formados foi inferior a 1 g. Poucas espécies de leguminosas tem biomassa total dos nódulos secos que superem esse valor. Contrariando o afirmado anteriormente, as progênies P-7 e P-8 tinham baixos valores de número e peso de nódulos. Já as plantas da progênie P-2, tinham baixo número de nódulos a biomassa dos nódulos secos alcançou valores de quase 1,5 g.

Tabela 3. Características da nodulação de progênies de feijão-de-asa (*Psophocarpus tetragonolobus*), após seis meses de cultivo em solo Argissolo vermelho amarelo, na Amazônia Central. ^{*1}

Progênies	Número de nódulos	Biomassa dos nódulos secos (g)
P-1	117 a	1,78 a
P-2	32 a	1,49 a
P-3	114 a	1,07 a
P-4	137 a	1,62 a
P-5	169 a	1,54 a
P-6	109 a	1,00 a
P-7	72 a	0,73 a
P-8	63 a	0,54 a
P-9	130 a	1,52 a
P-10	147 a	1,40 a
Teste F	1.12 ^{ns}	1,14 ^{ns}
Coef. de variação (%)	36,13	43,38

^{*1} – Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 1 % de probabilidade, empregando-se o teste de Tukey, ^{ns} – não significativo.

O tamanho dos nódulos formados é indiretamente avaliado pelas determinações de seu peso específico, e assim, considerando-se a nodulação natural estabelecida por estirpes de rizóbios nativas foram identificadas diferenças significativas entre as progênes de feijão-de-asa para a relação entre a biomassa e o número dos nódulos (Figura 10). Assim, os nódulos mais desenvolvidos foram os da progênie P-1, onde o seu peso específico superou significativamente ($P < 0,05$) o das progênes P-3, P-5, P-6, P-8 e P-10. As progênes não mencionadas formam um grupo intermediário na classificação do tamanho dos nódulos. Esses resultados são superiores quando comparados com

Ressalta-se que o pico da nodulação das espécies de leguminosas é o estágio de floração plena, que foi verificado nas plantas de feijão-de-asa aos seis meses após o cultivo, nas condições edafoclimáticas locais. O Feijão-de-asa tem uma grande vantagem como leguminosa herbácea em fixar nitrogênio atmosférico. Esse sucesso de altas taxas de nodulação e fixação de nitrogênio atmosférico é garantido por meio de bactérias do gênero *Rizobium* em solos Amazônicos, o que garante um grande número e biomassa de nódulos em plantas de Feijão-de-asa (Silva Filho *et al*, 1997).

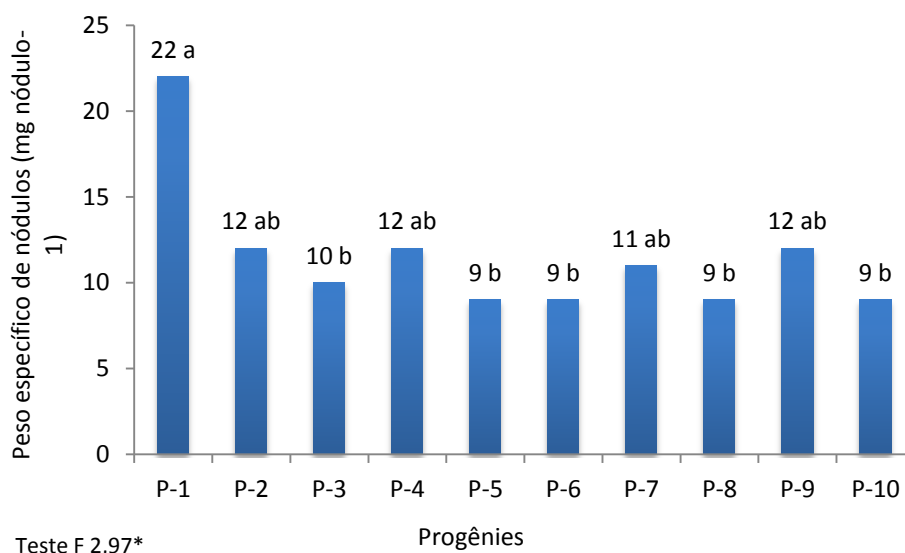


Figura 10. Peso específico de nódulos formados naturalmente em raízes de progênes de feijão-de-asa (*Psophocarpus tetragonolobus*), após seis meses de cultivo em solo Argissolo vermelho amarelo, na Amazônia Central. ^{*1}

O estabelecimento natural dos nódulos, o seu número, biomassa e peso específico são somente uma etapa do processo simbiótico, indicadora da eficiência fixadora de N_2 . A avaliação da eficiência da fixação de N_2 é complementada pelas determinações da

concentração de nitrogênio foliar nas progênies. Considerando-se as determinações efetuadas para os teores de N no tecido foliar das diferentes progênies de feijão-de-asa bem como dos valores em concentração, não foram verificadas diferenças entre as progênies, aos seis após o cultivo, conforme pode ser observado na Tabela 4. Houve uma grande estabilidade na absorção de N pelas plantas, com pequena variação na sua concentração no tecido foliar, embora se considerasse inicialmente um conjunto de germoplasma geneticamente diversificado.

Tabela 4. Absorção de nitrogênio em progênies de feijão-de-asa (*Psophocarpus tetragonolobus*), após seis meses de cultivo em solo Argissolo vermelho amarelo, na Amazônia Central. ^{*1}

Progênies	N (g kg ⁻¹)	N (%)
P-1	45,02 a	4,50 a
P-2	44,12 a	4,41 a
P-3	44,09 a	4,41 a
P-4	42,89 a	4,29 a
P-5	40,12 a	4,01 a
P-6	41,79 a	4,18 a
P-7	40,59 a	4,06 a
P-8	40,49 a	4,05 a
P-9	42,24 a	4,22 a
P-10	43,43 a	4,34 a
Teste F	1.02 ^{ns}	1.06 ^{ns}
Coef. de variação (%)	9,71	5,00

^{*1} – Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 1 % de probabilidade, empregando-se o teste de Tukey, ^{ns} – não significativo.

Os valores de N no tecido, que são uma soma do N absorvido pelo processo simbiótico natural das leguminosas com os rizóbios e do N mineralizado no solo produto da decomposição da matéria orgânica, são considerados elevados para um cultivo agrícola e foi determinada uma variação entre 4,50 % verificado para a P-1 e 4,01 % para a P-5. Os valores de concentração de N determinados em feijão-de-asa sugerem um maior aproveitamento da espécie além do cultivo como alimento. Outras leguminosas herbáceas alimentícias como o feijão-caupi também tem sido indicadas como plantas para adubação verde e cobertura do solo pela sua alta capacidade de captação de N₂, decorrente do processo simbiótico natural (Espindola *et. al.* 1997). Os teores de nitrogênio encontrado nas progênies avaliadas podem ser considerados muito bons de acordo com Pal e Rowland (1997), que afirma que para um material vegetal ser usado como adubo orgânico deve conter no mínimo 2% de N, teores mais baixos acarretam a imobilização por microorganismos e a mineralização ocorre de forma tardia.

Considerando-se que o nitrogênio é estreitamente relacionado ao desenvolvimento vegetal, por ser elemento construtor de aminoácidos, proteínas e da clorofila (Marschall *et al.*, 1990), as quantidades de nitrogênio-total presente na biomassa de uma determinada planta é favorecida pelo seu desenvolvimento especialmente da parte aérea, o que inclui as folhas que é a parte da planta onde este nutriente tem seus maiores estoques. Embora as concentrações de nitrogênio no tecido foliar de feijão-de-asa não tenham diferido entre progênies, foram verificadas diferenças significativas para a quantidade de nitrogênio acumulada na biomassa foliar das planta determinada pelos teores de nitrogênio total, conforme apresentado na Figura 11. Assim, os maiores teores de N-total foram encontrados para a P-9 e estes valores superaram significativamente ($P < 0,05$) os determinados para a P-3. O acúmulo de N-total pela biomassa foliar da P-9 foi 57,28 % maior que a P-3. Esse teores de N-total encontrados em feijão-de-asa superam os encontrados por Ribeiro e Muraoka em estudos para avaliar o efeito de pueraria e mucuna como adubadoras verde, verificaram teores de N-total, em torno de 13 mg/planta, menores que os encontrados para feijão-de-asa. Oito das progênies compuseram o grupo intermediário, consolidando as afirmações de que as observações sobre o desempenho agrônômico das progênies aqui avaliadas apresenta pouca variação, sugerindo que um futuro programa de melhoramento genético do feijão-de-asa para cultivo na Amazônia demandaria um conjunto genético mais diversificado.

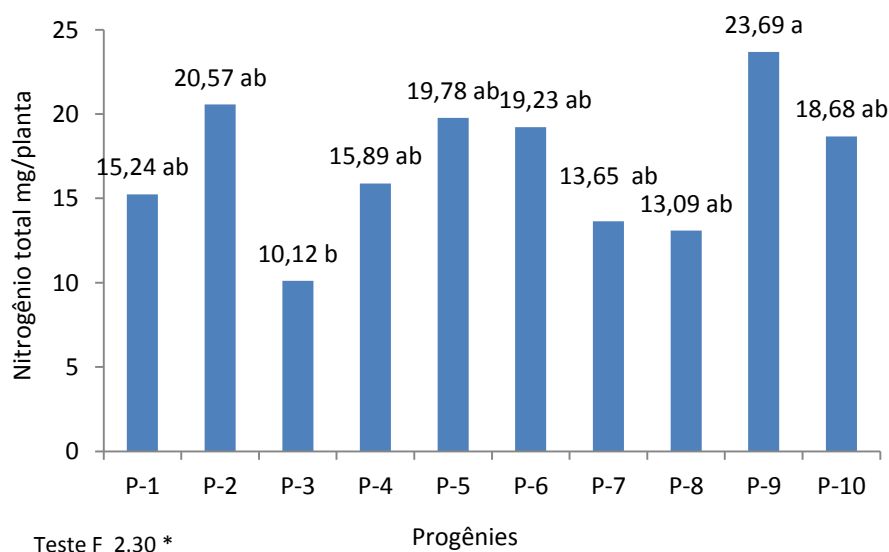


Figura 11. Estimativas da absorção de nitrogênio (mg/planta) em progênies de feijão-de-asa (*Psophocarpus tetragonolobus*), após seis meses de cultivo em solo Argissolo Vermelho Amarelo, na Amazônia Central. *1

Para avaliar a eficiência do processo simbiótico natural em plantas de feijão-de-asa, não foram encontradas correlações significativas entre as determinações da partição de biomassa da planta com os indicadores da nodulação e da absorção de N. Assim, uma das poucas correlações significativas encontradas foi entre variáveis de crescimento e da absorção de N, calculadas com base no comprimento da rama e os valores de N-total da planta, conforme pode ser verificado na Figura 12.

A determinação de uma correlação linear significativa entre o comprimento da rama e os valores de N-total com R^2 de 0,80, demonstrou o grau de afinidade entre essas variáveis e resultou em uma equação de regressão que pode ser utilizada como instrumento para previsões.

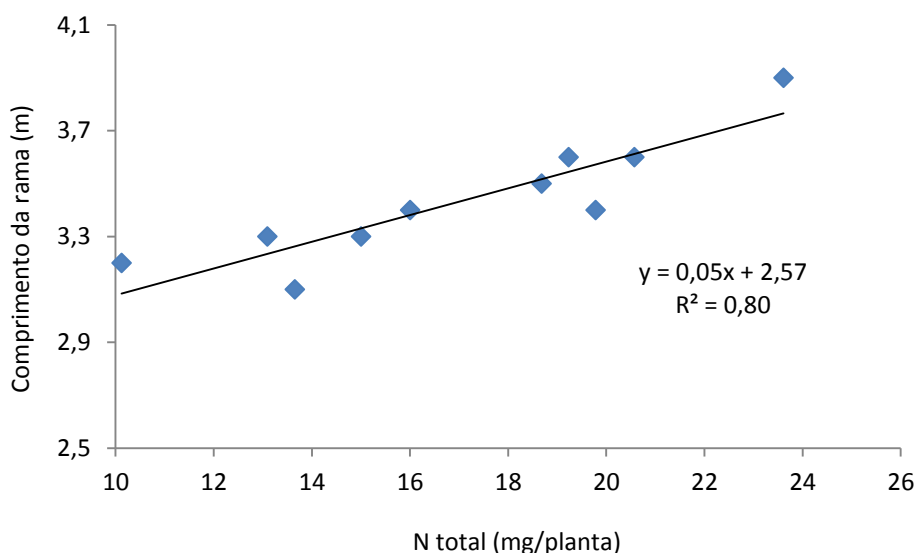


Figura 12. Regressão linear entre os teores de nitrogênio total da parte aérea de progênies de feijão-de-asa (*Psophocarpus tetragonolobus*) e as medidas de comprimento da rama, após seis meses de cultivo em solo Argissolo Vermelho Amarelo na Amazônia Central.

5.2. Determinações biométricas de vagens e sementes, estimativas de produtividade e classificação do estágio de maturação das vagens em 10 progênies de feijão-de-asa cultivadas em solo Argissolo Vermelho Amarelo

Como complemento para avaliação das diferenças fenotípicas entre progênies de feijão-de-asa, foram tomadas medidas biométricas das vagens e das sementes aos sete meses após cultivo. As determinações efetuadas para dimensionar o comprimento das vagens, bem como sua biomassa variaram significativamente entre as progênies e os resultados obtidos estão apresentados na Figura 13.

Considerando-se as medidas do comprimento, as vagens de maior tamanho foram encontrados na P-7, que foram significativamente ($P < 0,01$) maiores que os das progênies P-5, P-10 e P-2 (Figura 13a). Foi também constatado que a P-3 apresentou vagens com comprimento significativamente maiores que os da P-10 e P-2. Na maior parte das progênies que formaram o grupo intermediário o comprimento da vagem variou entre 16,0 e 17,4 cm. Com relação ao peso da vagem as maiores médias foram verificadas para a P-3, que junto com a P-1 e P-7 produziram as vagens com maior massa. No conjunto de progênies avaliadas as vagens com menor peso foram identificados nas progênies P-6 e P-5 (Figura 13b). Deve-se considerar que estas determinações biométricas foram feitas em vagens tenras aos sete meses após o cultivo e que há diferenças nos estádios de maturação das vagens entre as progênies, conforme vai ser demonstrado mais adiante.

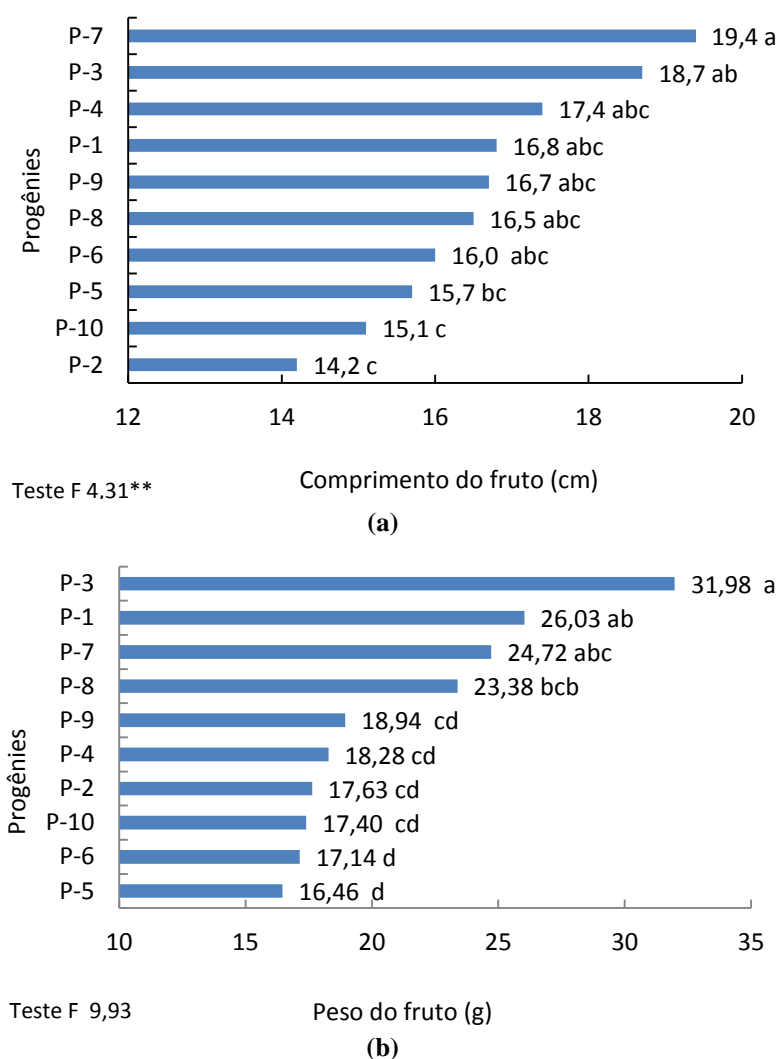


Figura 13. Medidas do comprimento (a) e peso (b) de vagens tenras de progênies de feijão-de-asa (*Psophocarpus tetragonolobus*), após sete meses de cultivo, em solo Argissolo Vermelho Amarelo na Amazônia Central. *1

Na Tabela 5, estão apresentadas as determinações de largura e espessura das vagens de feijão-de-asa para as 10 progênes aqui avaliadas. Foi verificado que não houve diferenças significativas entre as progênes para a largura das vagens, que compreendeu uma faixa muito estreita entre 1,8-2,1 mm. Por outro lado, foram encontradas diferenças significativas na espessura das vagens embora o intervalo de variação tenha sido muito estreito, entre 1,1-1,6 mm.

Tabela 5. Medidas biométricas de vagens tipo tenra em 10 progênes de feijão-de-asa (*Psophocarpus tetragonolobus*), após sete meses de cultivo em solo Argissolo vermelho amarelo, na Amazônia Central.^{*1,*2*3}

Progênes	Largura	Espessura
	----- mm -----	
P-1	2,0 a	1,3 bc
P-2	1,9 a	1,2 c
P-3	2,1 a	1,6 a
P-4	1,9 a	1,1 c
P-5	2,1 a	1,4 abc
P-6	1,8 a	1,3 bc
P-7	1,8 a	1,4 abc
P-8	1,9 a	1,5 ab
P-9	2,0 a	1,3 bc
P-10	1,8 a	1,2 c
Teste F	1,82 ^{ns}	5,23 ^{**}
Coef. de variação (%)	13,10	14,71

^{*1} - Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 1 % de probabilidade, empregando-se o teste de Tukey. ^{**2} - Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 5 % de probabilidade, empregando-se o teste de Tukey. ^{ns} - não significativo. ^{*3} - As vagens tenras foram definidos por sua textura fibrosa e presença de sementes já diferenciadas.

As determinações biométricas e da biomassa das sementes de feijão-de-asa presentes em vagens maduras, coletados aos sete meses após o cultivo, evidenciaram um maior grau de variabilidade que a das vagens tenras, no conjunto do germoplasma avaliado. Assim, foram encontradas diferenças significativas no comprimento, largura, espessura e peso das sementes, conforme pode ser verificado na Tabela 6. Considerando-se o comprimento das sementes, foi verificado que as progênes P-1, P-2, P-3, P-6, P-7, P-8 e P-10 não diferiram entre si e foram significativamente maiores que o comprimento das sementes da P-5. Para as medidas da largura das sementes as progênes P-3, P-7, P-8 e P-10 tinham largura média significativamente superior a P-5. Por fim, para as medidas de espessura das sementes foi verificado que as sementes da P-8 foram significativamente mais espessas que a P-4 e P-5. De maneira generalizada pode se dizer que aos sete meses após o cultivo, as maiores sementes estão nas progênes P-8 e as menores na P-5.

As determinações da biomassa de sementes também fornecem algum subsídio na avaliação das progênes (Tabela 6). Foi verificado que cinco das progênes as P-2, P-3, P-6, P-7, P-8 e P-9 apresentaram biomassa da semente significativamente superior que a P-5, concordando com as medidas biométricas já discutidas. De modo geral as sementes com menores dimensões e de massa foram da P-5, entretanto os resultados biométricos aqui obtidos também concordam com a evidência de que há pouca variação genética no conjunto de germoplasma avaliado. Mesmo não havendo diferenças significativas para dados de biometria de vagens e sementes, segundo Carvalho *et al* (2003) esses dados, fornecem informações para a conservação e exploração da espécie, permitindo incremento contínuo da busca racional, uso eficaz e sustentável. Além disso, constitui um instrumento importante para detectar a variabilidade genética dentro de populações de uma mesma espécie, e as relações entre essa variabilidade e os fatores ambientais, como também podendo dessa forma ser utilizados em programas de melhoramento genético.

Tabela 6. Medidas biométricas das sementes de 10 progênes de feijão-de-asa (*Psophocarpus tetragonolobus*), obtidas aos sete meses após o plantio, em solo Argissolo Vermelho Amarelo. ^{*1}

Progênes	Comprimento	Largura	Espessura	Peso (mg)
	-----mm-----			
P-1	8,6 a	9,2 ab	7,3 ab	407 ab
P-2	8,8 a	9,3 ab	7,1 ab	436 a
P-3	8,9 a	9,9 a	7,3 ab	458 a
P-4	8,5 ab	9,5 ab	6,9 b	407 ab
P-5	7,9 b	8,9 b	6,9 ab	352 b
P-6	8,7 a	9,2 ab	7,5 ab	427 a
P-7	8,8 a	9,8 a	7,1 ab	431 a
P-8	9,0 a	9,7 a	7,7 a	466 a
P-9	8,5 ab	9,5 ab	7,4 ab	432 a
P-10	8,9 a	9,8 a	7,4 ab	416 ab
Teste F	4,20**	3,92**	2,34*	4,16**
Coef. de variação (%)	5,40	5,20	7,24	11,58

^{*1} - Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 1 % de probabilidade, empregando-se o teste de Tukey. ^{**2} - Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 5 % de probabilidade, empregando-se o teste de Tukey.

Com base no desempenho agrônômico das progênes de feijão-de-asa aqui avaliadas, foram feitas estimativas de produtividade da produção de biomassa da parte aérea fresca e seca, bem como do potencial de produção do número e peso das vagens, subsidiando as informações para o cultivo mais intensivo da espécie nas condições locais. Os resultados obtidos para estas estimativas estão apresentados na Tabela 7.

Considerando-se as concentrações elevadas de nitrogênio, superiores a 4,0 %, na biomassa foliar das plantas de feijão-de-asa, a produção de biomassa fresca da parte aérea

pode basear uma nova forma de aproveitamento da cultura, explorando o seu potencial como planta adubadeira. Assim, as estimativas de produção de biomassa fresca aos seis meses de cultivo variaram entre progênes entre 4,4 t ha⁻¹ na P-3 e 10,3 t ha⁻¹ na P-9. Nesta avaliação, as plantas estavam no ponto de corte para adubação verde, já que nas leguminosas isso ocorre no pico da floração que é quando as concentrações de N na planta atingem os seus maiores valores. A produção de biomassa da parte aérea fresca superior a 10 t ha⁻¹ apontada para a P-9 é destacável para qualquer espécie vegetal que a produza aos seis meses após o cultivo. Nos sistemas de manejo de biomassa fresca em práticas de adubação verde esta pode ser triturada e incorporada no substrato de canteiros ou também utilizada para cobertura do solo, após a poda, contribuindo para a formação de uma camada de proteção mais conhecida como “cobertura morta”.

Considerando-se a biomassa da parte aérea seca, aos seis meses após o cultivo as plantas de feijão-de-asa, independente da progênie, produziram biomassa superior a 1 t ha⁻¹. As menores estimativas da produção de biomassa da parte aérea seca foram verificadas para as progênes P-1 e P-6, ao passo que as progênes P-5, P-6 e P-9 foram consideradas de alta produtividade com valores superiores a 1,5 t ha⁻¹. O manejo de plantas adubadoras nos agrossistemas é uma das técnicas mais recomendadas para o aumento de produtividade na agricultura sustentável.

Nos agrossistemas, o aumento da oferta de biomassa seca pode ser aproveitada como componente da mistura de resíduos orgânicos nas práticas de compostagem ou uma fonte complementar de forragem para as criações, e, especificamente para ruminantes tem sido demonstrado que a maior presença de nitrogênio na forragem também está relacionado com o aumento do teor de proteína animal e da produtividade do sistema. Ressalta-se que o aproveitamento da biomassa do feijão-de-asa como forragem é condicionado pela precocidade da biomassa produzida, já que as sementes maturadas possuem compostos anti nutricionais para a digestão do alimento fornecido (NAS,1975). O aproveitamento da biomassa da parte aérea de algumas leguminosas como a leucena (*Leucaena leucocephala*) não pode ser como uma opção exclusiva, mas somente parte da forragem fornecida, que para esta espécie é estimada em no máximo 1/3, devido a presença de uma proteína chamada mimosina que afeta os processos digestivos (Hughes, 1998).

Contrastando com as evidências de certa estabilidade nas características agronômicas do conjunto de progênes de feijão-de-asa que foi pesquisado, as estimativas de produção de vagens entre as progênes produziram resultados numéricos muito

contrastante. Ressalta-se que nesta avaliação todos os diferentes estágios de desenvolvimento das vagens foram considerados, reunindo na estimativa o conjunto de vagens nos estágios iniciais, salada, tenra e madura, como já foram definidos anteriormente. Assim, foi constatado que o menor potencial produtivo total de vagens, aos sete meses após o cultivo, ocorreu para a P-1, ao passo que o número de vagens formadas pela P-9 foi mais que seis vezes superior (Tabela 7). Esses resultados contrastam com a afirmação de Cardoso (1997) que diz em seu livro que em plantios experimentais do INPA, a produtividade, em termos de vagens verdes, foi cerca de 3 a 4,4 t ha⁻¹ por hectare, durante um período de dois meses e meio de colheita. Considerando-se o peso total das vagens produzidas, observou-se que a menor massa de vagens também foi atribuída a P-1, mas ultrapassou 2 t ha⁻¹ em seis das progênes avaliadas: P-3, P-4, P-6, P-7, P-8 e P-9. Nota-se que a P-10, que foi constituída com a contribuição genética de todas as demais progênes, não integrou esse grupo de maior produtividade de vagens.

Tabela 7. Estimativas de produtividade em biomassa fresca e seca da parte aérea do feijão-de-asa (*Psophocarpus tetragonolobus*) aos seis meses, e do número e peso das vagens aos sete meses após o cultivo em solo Argissolo Vermelho Amarelo na Amazônia Central.

Progênes	Parte aérea fresca	Parte aérea seca	Número de vagens ha ⁻¹	Peso das vagens (Kg ha ⁻¹)
	-----t	ha ⁻¹ -----		
P-1	5,4	1,1	20.000	520,60
P-2	8,9	1,5	97.500	1.714,05
P-3	4,4	1,5	74.166	2.342,16
P-4	7,0	1,5	111.666	2.040,13
P-5	8,4	1,6	77.500	1.275,65
P-6	8,3	1,6	117.500	2.012,77
P-7	5,3	1,1	111.000	2.742,81
P-8	5,8	1,2	100.833	2.456,29
P-9	10,3	1,8	131.666	2.501,65
P-10	7,6	1,4	101.666	1.738,48

As práticas de cultivo de feijão-de-asa tem sido direcionadas principalmente para a produção de vagens do tipo “salada” que são as que ainda não possuem sementes formadas e tem consistência herbácea. Entretanto, no desenvolvimento da cultura, após o início da floração e das etapas subsequentes de fecundação é comum que sejam encontrados na mesma planta vagens em diferentes estágios de formação, encontrando-se vagens em início de formação, tipo salada, tenras e maduras. A quantificação destes diferentes estágios feita aos sete meses após cultivo pode sinalizar a melhor época de colheita que é dependente da sua finalidade. A Figura 14 apresenta a distribuição de classes dos diferentes estágios de

desenvolvimento das vagens para cada uma das progênies aqui avaliadas. É importante considerar que a colheita de vagens para consumo é feita com regularidade durante o ciclo da cultura, e que essa amostragem corresponde a uma única avaliação pontual realizada aos sete meses após o cultivo. Desse modo, as vagens coletados aos sete meses após o cultivo, em estágio tenra ou madura deveriam ter sido colhidos anteriormente para consumo, ao passo que vagens em estágio inicial ainda não atingiram o seu ponto ideal para a colheita.

A distribuição de classes de desenvolvimento de vagens feita aos sete meses indicou, para todas as progênies uma maior quantidade de vagens tenras, o que sugere que o ponto de colheita para consumo nos meses anterior. Quando colhidos para consumo aos sete meses, o que foi feito nesta amostragem, somente a P-1 tinha 20,0 % das vagens com potencial de colheita e para todas as demais o ponto de colheita já estava ultrapassado. Entretanto, há ainda um grupo de vagens em estágio inicial que serão colhidos para consumo posteriormente, o que indica que o período de colheita de vagens de feijão-de-asa para comercialização se estende por alguns meses até que o ciclo vegetativo da planta sinalize as etapas relativas a sua senescência. A presença de vagens maduras superior a 30 % aos sete meses após o cultivo, nas progênies P-3 e P-7 são indicadoras de que estas sejam as duas progênies de produção mais precoce para vagens no ponto de consumo. Outras inferências sobre a produtividade e o potencial de colheita de vagens para consumo, bem como a avaliação genética do germoplasma pesquisado, empregando técnicas moleculares, devem ser objeto de novos ensaios.

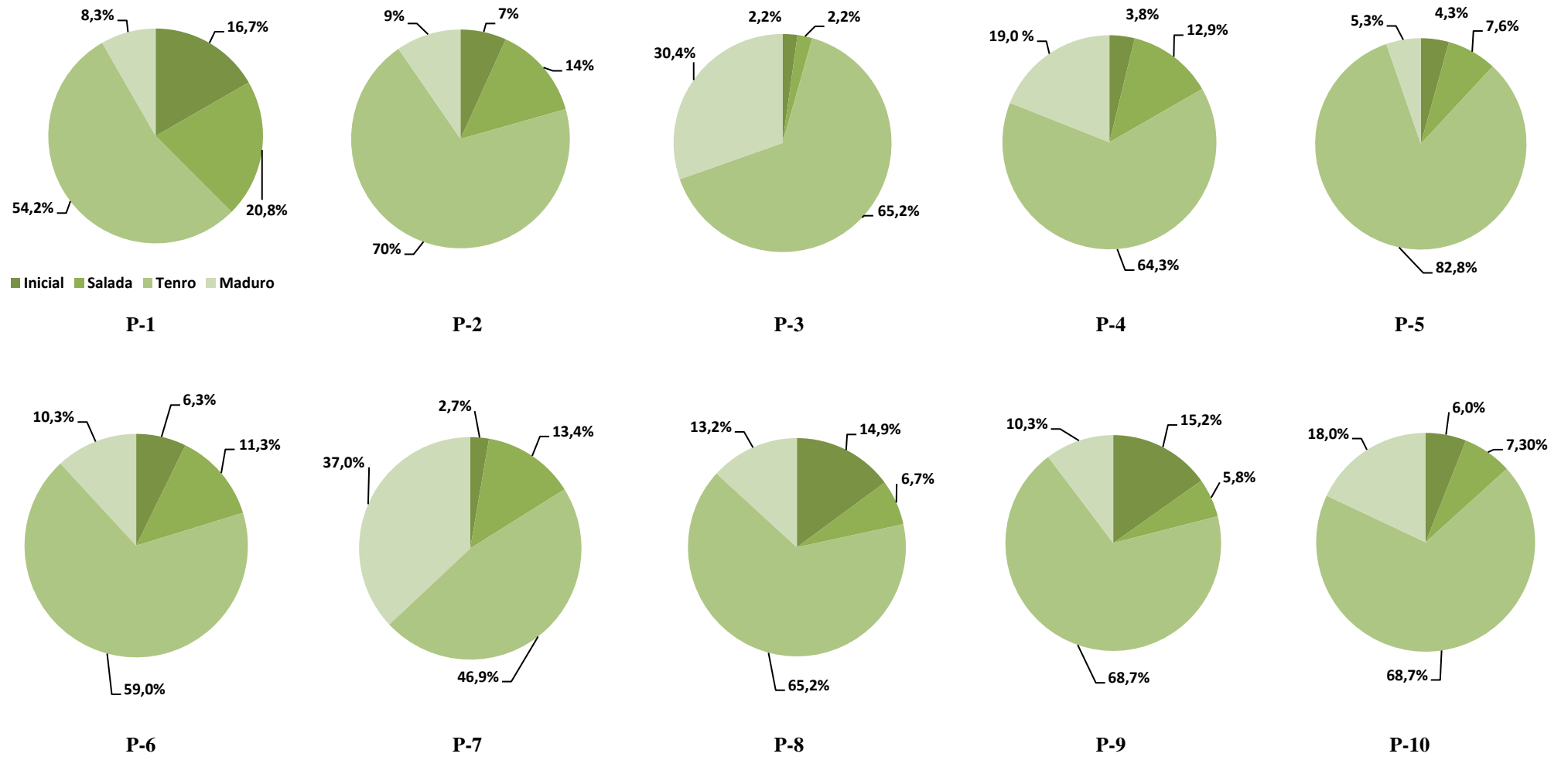


Figura 14. Distribuição das classes de frequência dos estágios de maturação de vagens de 10 progênies de feijão-de-asa (*Psophocarpus tetragonolobus*), aos sete meses após o cultivo, em solo Argissolo Vermelho Amarelo na Amazônia Central.

6. CONCLUSÕES

A avaliação do cultivo, nodulação natural, absorção de nitrogênio e características de produtividade feita em 10 progênies de feijão-de-asa não identificou grandes diferenças no desempenho agrônomo no germoplasma pesquisado. A nodulação natural das plantas em solo Argissolo Vermelho Amarelo promoveu uma simbiose eficiente, com concentrações de nitrogênio foliar superiores a 4 % em todas as progênies. O comprimento da rama, absorção de N e produção de biomassa da parte aérea fresca foi superior a 10 t ha⁻¹ aos seis meses após o cultivo, verificada na Progênie 9, esse dados evidenciam sua potencialidade de cultivo nas condições edafoclimáticas da Amazônia Central. O crescimento rápido, produção de biomassa fresca e a eficiência simbiótica fixadora de N₂ sugere um melhor aproveitamento agrônomo do feijão-de-asa também para como planta adubadora nos agrossistemas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, O. N. e Allen, E.K. 1981. *The Leguminosae: if source book of characteristics, uses and nodulation*. University of Wisconsin Press. Wisconsin.
- Alegre, J. C.; Rao, M. R.; Avarelo, L. A.; Guzman, W.; Faminow, M. D. 2005. *Planted tree fallows for improving land productivity in the humid tropics of Peru*. Agriculture, Ecosystems and Environment, Amsterdam, v.110, p.104-117.
- Bala, A.; Murphy, P. J.; Osunde, A. O.; Giller, K. E. 2003. *Nodulation of tree legumes and the ecology of their native rhizobial populations in tropical soils*. Appli Ed Soil Ecology, v. 22, n. 3, p. 211-223.
- Batista, M. R. A; Silva Filho, D. F.; Marques, C. M.C; Cardoso, A. A. S. 2013. *Seleção de populações de espécies alternativas para uso na olericultura da Amazônia*. In: Noda, H.; Souza, L. A. G; Silva Filho, D. F. 2013. Agricultura Familiar no Amazonas: Conservação dos recursos ambientais. Volume 1. Wega Comunicação. p. 41-56.
- Brasil. 2010. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Hortaliças Não-Convencionais*. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo – Brasília: MAPA/ACS.
- Bergo, C. L. et al. 2006. *Avaliação de espécies leguminosas na formação de cafezais no segmento da agricultura familiar no Acre*. Acta Amazônica, Manaus. v. 36, p.19-24.
- Bourgeois, R. and Susila, W. R., 2006. *Underutilized Species: an Alternative for Poverty Alleviation*. CGPRT flash Vol: 4 (1). pp 1.
- Boer, C.A.; Assis, R.L.; Silva, G.P.; Braz, A.J.B.P.; Barroso, A.L.L.; Cargnelutti Filho, A.; PIRES, F.R. *Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 42:1269-1276, 2007.
- Cardoso, Marinice Oliveira. 1997. *Hortaliças não convencionais da Amazônia*. Embrapa-SPI: Manaus: Embrapa-CPAA. 1997. 150 p.
- Carvalho, J. E. U.; Nazaré, R.F.R.; Oliveira, W. M. *Características físicas e físico-químicas de um tipo de bacuri (Platonia insignis Mart.) com rendimento industrial superior*. Revista Brasileira de Fruticultura. Cruz das Almas, v. 25, p. 326- 328, 2003.
- Carneiro, M. A.C.; Cordeiro, M. A. S.; Assis, P. C. R.; Moraes, E. S.; Pereira, H. S.; Paulino, H. B.; Souza, E. D. 2008. *Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de Cerrado*. Bragantia, 67:455-462.

- Carvalho, G.G.P.; A.J.V. Pires, A.J.V. 2008. *Leguminosas tropicais herbáceas em associação com pastagens*. Arquivos de Zootecnia. v 1. p. 103-118.
- Centeno, A. J. 1990. Curso de estatística aplicada à biologia. UFG, Goiânia, Centro Editorial, Coleção didática 3, 188p, p. 182-185.
- Espindola *et al.* 2005. *Uso de leguminosas herbáceas para adubação verde*. In: Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável / editores técnicos, Adriana Maria de Aquino, Renato Linhares de Assis. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 517 p.
- Espindola, J. A. A; Guerra, J. G. M. 2006. *Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira*. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, v.30, p. 321-328.
- Espindola, J. A. A.; Guerra, J. G. M. 2006. *Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.41, n.3, p.415-420.
- Fernandes, M. F.; Barreto, A. C.; Emídio Filho, J. 1999. *Fitomassa de adubos verdes e controle de plantas daninhas em diferentes densidades populacionais*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v 34, nº 9, p 1593-1600.
- Freitas, A. D. S. de; Vieira, C.L.; Santos, C. E. de E. S.; Stamford, N. P.; Lyra, M. do C. C. P. de. 2007. *Caracterização de rizóbios isolados de Jacatupé cultivado em solo salino do Estado de Pernambuco, Brasil*. Bragantia, v.66, n.3, p.497-504.
- Fortuner, R.; Fauquet, C.; Lourd, M. 1979. *Diseases of winged bean in Ivory Cost*. Plant Disease Report, Washington, v. 63, p. 194-199.
- Gliessman, S. R.2000. *Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável*. Porto Alegre: Editora da Universidade – UFRGS.
- Hymowitz, T. and Boyd, J. 1977. *Origin, ethnobotany and agricultural potential of the Winged bean (Psophocarpus tetragonolobus)*. Econ.Bot., 31:180-188.
- Hungria, M.; Campo, R. J.; Vargas, M. A. T.; Andrade, D. S. 1999. *Fixação biológica de nitrogênio em leguminosa de grãos*. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 23, Reunião Brasileira sobre Micorrizas, 7. Anais. Caxambu, UFLA, p. 597- 620.
- Hughes, C.E. 1998. Leucaena. *Manual de recursos genéticos*. University of Oxford, Department of Plant Sciences, Tropical Forestry Papers, Nº. 37, 280p.
- Jantalia, C. P.; Tarré, R. M.; Macedo, R. O.; Alves, B. J. R.; Urquiaga, S.; Boddey, R. M. *Acumulação de carbono no solo em pastagens de Brachiaria*. In: Alves, B. J. R.;

- Urquiaga, S.; Aita, C.; Boddey, R. M.; Jantalia, C. P.; Camargo, F. O. (Ed.). Manejo de sistemas agrícolas: Impacto no seqüestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa. Porto Alegre: Genesis, 2006. p. 157-170.
- Khan, T. N. 1978. *Proceedings of International Winged Bean*. Workshop. Los Banos, Laguna, Philippines,
- Khan, T. N.; Erskine, W. *Adaptation of the winged bean Psophocarpus tetragonolobus (L) DC in Papua – New Guinea*. Australian Journal of Agricultural Research, v.29, p.281-289,1978.
- Kortt, A. A. e Caldwell, J. B. 1984. *Characteristics of the proteins of the tubers of winged bean (Psophocarpus tetragonolobus)*. J. Sci. Food Agric. 35: 304 – 13.
- Klib-Ngern, P. e Bautista, O. K. 1982. *Flower initiation and development of winged bean (Psophocarpus tetragonolobus) under diferent photoperiods and photo in ductive cycles*. Philippine Agriculturist, 65:17-26.
- Kulkarnie, and Sohonie, 1956. Indian J. Med. Res.44:511.
- Marschner, H. 1990. *Functions of mineral nutrients: Macronutrients*. In: MARSCHNER, H. 1990. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London, 4^a Ed., Cap. 8, p. 195-267.
- Martin, F. W. e Delpin, H. 1978. *Vegetables for the hot, humid tropics*. Part 1. The winged bean, *Psophocarpus tetragonolobus* .Loisiana, New Orleans, U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, p.1-22.
- Masefield, G. B. 1973. *Psophocarpus tetragonolobus, a crop with a future*. Fied Crop Abstr, 26: 157-60.
- Melo, J. D. A.; Noda, H. 1984. *Sistemas de cultivo de feijão-de-asa (Psophocarpus tetragonolobus L. DC.), para produção de vagens verdes*. XXIV Congresso Brasileiro de Hortaliças. FCAV/UNESP. Jaboticabal. p 161. (resumo).
- Melo, Shirlany Ribeiro; Zilli, Jerri Édson. 2009. *Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o Estado de Roraima*. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.44, n.9, p.1177-1183.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasil. 2010. *Manual de hortaliças não-convencionais*. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Brasília : Mapa/ACS, 92 p.
- Moreira, F. M. S. 2008. *Bactérias fixadoras de nitrogênio que nodulam Leguminosae*. In: Moreira, F. M. S.; Siqueira, J. O.; Brussaard, L. (Eds.) Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros. Ed. UFLA, Lavras, p. 621-680.

- Morris, B., 2003. *Bio-functional legumes with nutraceutical, pharmaceutical and industrial uses*. Economic Botany, 57 (2): 254-261.
- Moreira, F.M.S. e franco, A.A. 1994. *Rhizobia-host interactions in tropical ecosystems in Brazil*. In: SPRENT, J.I. & D. McKEY (Ed.) Advances in Legume Systematics 5: The Nitrogen Factor, Royal Botanic Garden, pp. 63-74.
- National Academy of Science The winged bean. 1975. *A high-protein crop for the tropics*. Washington, D.C., National Academic Press, 44p.
- Noda, H. Prefácio. In: Noda, H.; Souza, L.A.G; Silva Filho, D.F. 2013. *Agricultura Familiar no Amazonas: Conservação dos recursos ambientais*. Volume 1. Wega Comunicação. 299pp.
- Noda, H. 1994. *Hortaliças não convencionais da Amazônia*. Horticultura Brasileira, 12 (2): 274-276.
- Okubo, H.; Masunaga, T.; Yamashita, H.; Uemoto, S.1992. *Effects of photoperiod and temperature on tuberous root formation in winged bean (Psophocarpus tetragonolobus)*. Scientia Horticulturae, 49:1-8.
- Palm, C. A.; Rowland, A. P. 1997. *A minimum dataset for caracterizacion of plant for decomposicion*. In: CADISCH, G.; GILER, K. E. *Driven by Nature: plant litter quality and decomposicion*. London: CABI Publishing, 40p.
- Perin, A.; Guerra, J.G.M.; Teixeira, M.G.; Pereira, M.G.; Fontana, A. 2002. *Efeito da cobertura viva com leguminosas herbáceas perenes na agregação de um Argissolo*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.26, n.713-720.
- Ribeiro, G. A. Muraoka, T.2013. *Efeito da adubação verde com puerária e mucuna sobre a disponibilidade de nitrogênio e enxofre para arroz em latossolo amarelo da Amazônia*. In: Noda, H. Souza, L. A, Silva Filho, D. F. 2013 *Pesquisas agronômicas para a agricultura sustentável na Amazônia Central*. Manaus, AM: Wega. p 185-200.
- Santos, F. dos N. 2010. *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.
- Sprent, J. I. 2001. *Nodulation in legumes*. Kew: Royal Botanic Gardens, 146p.
- Smartt, J. 1980. *Some observation on the origin and evolution of the winged bean (Psophocarpus tetragonolobus)*. Euphytica, 29: 121-3.
- Schiavinato, Marlene A; VÁLIO, Ivany F. M. 1996. *Influence of staking on development of winged bean plants*. R. Bras. Fisiol.Veg., 8 (2):99-103.

- Shiavinato, M. A. 1990. *Crescimento, floração e formação de raízes tuberosas em Psophocarpus tretragonobolus* (L.) DC. Tese de Doutorado, Instituto de biologia da Universidade Estadual de Campinas, 120p.
- Sikora, R.A.; Greco, N; Silva, J.F.V.2005. *Nematodes parasitas of food legumes*. In: LUC, M.; Sikora, R.A.; Bridge, J. (Ed). Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Wallingford: CAB International, p. 259-318.
- Silva FAS, Azevedo CAV (2016). *The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data*. Afr. J. Agric. Res. Vol. 11(39), pp. 3733-3740, 29 September. DOI: 10.5897/AJAR2016.1152
- Silva, T. O. da; Menezes, R. S. C.2007.*Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, Crotalaria juncea. II - Disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.31, n. 1, p. 39-49.
- Silva Filho, D. F.; Noda, H.; Paiva, W. O.; Yuyama, K.; Bueno, C. R.; Machado, F. M. 1997. *Hortaliças Não Convencionais Nativas e Introduzidas na Amazônia*. In: Noda, H.; Souza, L. A. G.; Fonseca, O. J. M. 1997. Duas Décadas de Contribuição do INPA à Pesquisa Agrônômica no Trópico Úmido. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. p. 19-58.
- Silva, Ednei Santos. 2015. *Avaliação de progênies de feijão-macuco (Pachyrhizus tuberosus (lam.) spreng.), Fabaceae, com base na nodulação natural, caracteres associados e processamento de raízes tuberosas*. Dissertação-INPA.
- Soares Filho, C.V.; Monteiro, F.A.; Corsi, M. 1992. *Recuperação de pastagens degradadas em Brachiariadecumbens. 1. Efeito de diferentes tratamentos de fertilização e manejo*. PasturasTropicales, Cali, v.14, n. 2, p. 2-6.
- Souza, L. A. G. 2012. *Guia da biodiversidade de fabaceae do Alto Rio Negro*. Projeto Fronteiras: Alto Rio Negro. Manaus. 118 p.
- Warwick, Dulce Regina Nunes. 1981. *Feijão-alado, Psophocarpus tetragonolobus, uma promissora leguminosa tropical*. Embrapa -Cenargem. Brasília - DF, p. 11209.
- Wong, K.C. e Schwabe, W.W.1979. *Effects of day length and day/ night temperature on the growth, flowering and tuber formation of winged bean (Psophocarpus tetragonolobus)*. In: Conference on Legumes in the Tropics, Malaysia, Serlang, 1979. Proceedings. Malaysia, University of Pertanian, p.73-85.
- Verdcourt, B. e Halliday, P. Kew Bull. 1979. *A revision of Psophocarpus*.33: 191-227.