

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO - MCTI  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO –  
PPG-ATU

**OMISSÃO DE MACRONUTRIENTES EM MUDAS DE ENXADA-VERDE  
(*Calopogonium mucunoides*) EM DOIS SOLOS DE TERRA FIRME DA AMAZÔNIA  
CENTRAL**

TIAGO FARIAS PENICHE

Manaus, Amazonas  
Março, 2022

TIAGO FARIAS PENICHE

**OMISSÃO DE MACRONUTRIENTES EM MUDAS DE ENXADA-VERDE  
(*Calopogonium mucunoides*) EM DOIS SOLOS DE TERRA FIRME DA AMAZÔNIA  
CENTRAL**

Orientador: Dr. Luiz Augusto Gomes de Souza

Dissertação apresentada ao Programa de Pós –  
Graduação em Agricultura no Trópico Úmido do  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA,  
como parte dos requisitos para obtenção do título de  
Mestre em Agricultura no Trópico Úmido.

Área de concentração: Produção Vegetal.

Manaus, AM

Março, 2022

**Folha de Aprovação**

Banca Julgadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**TÍTULO: "Omissão de macronutrientes em mudas de enxada-  
verde (*Calopogonium mucunoides*) em dois solos de terra firme  
da Amazônia Central"**

**AUTOR:**

**Tiago Farias Peniche**

**BANCA JULGADORA:**



**Dra. Daniele Monteiro de Oliveira (INPA)**  
(Membro)



**Dra. Heiriane Martins Sousa (INPA)**  
(Membro)



**Dr. Francisco Adilson dos Santos Hara (UFAM)**  
(Membro)

Manaus, 25 de maio de 2022

## Catalogação na Publicação (CIP-Brasil)

---

P411o Peniche, Tiago Farias

Omissão de macronutrientes em mudas de enxada-verde (*Calopogonium mucunoides*) em dois solos de terra firme da amazônia central / Tiago Farias Peniche; orientador Luiz Augusto Gomes de Souza. - Manaus:[s. l.], 2022.

3.9 MB

54p. : il. color.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Agricultura no Trópico Úmido – PPG-ATU) - Coordenação do Programa de Pós-Graduação, INPA, 2023.

1. *Calopogonium mucunoides*. 2. Solo - Amazônia. I. Souza, Luiz Augusto Gomes de. III. Título.

CDD 574.52

---

*“A Deus pelo cuidado, amor e misericórdia.  
Aos meus pais, Messias e Mirselma Peniche, por  
todo empenho para conduzir eu e meus irmãos  
pelo caminho bom.  
À minha esposa, Eliane Oliveira e nosso bebê  
pelo amor incondicional.  
Aos amigos, pelo apoio constante.”*

Dedico

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela graça e amor, por me permitir alcançar todos os meus sonhos e ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da caminhada.

Ao meus pais, Messias Gomes e Miraselma Farias, por serem fonte de amor incondicional e a força motriz dos meus sonhos, que me incentivaram nos momentos difíceis.

Aos meus irmãos, Cassiane, Salomão, Sãmela e Kalebe por todo apoio durante minha caminhada

À minha esposa, Eliane Oliveira, por estar comigo em cada etapa importante da minha vida e por me conceder o maior título que é poder ser chamado de “Pai”. Amo vocês!

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, pela oportunidade de ingressar em uma instituição que agregou de maneira substancial em minha vida profissional.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura no Trópico Úmido (PPG-ATU), e seu corpo docente, por proporcionar qualificação profissional adequada. Em especial ao Prof. Dr. Rogério Hanada, coordenador do programa, por ser um profissional solícito e preocupado com o desempenho de todos, sempre disposto a ajudar.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Luiz Augusto Gomes de Souza, que me guiou durante esse período no INPA e me fez entender que cada processo de aprendizagem no mundo científico exige paciência e muita dedicação. Seus conselhos e experiências relatadas me fizeram um profissional melhor. Muito obrigado!

À equipe do Laboratório de Microbiologia do Solo do INPA, pelas horas de trabalho e risos compartilhados: Adilson Dantas, Augusto Meireles, Margarida Velhinho, Ariele Inácio, Manoel Cursinho, Dona Graça, foi muito bom conhece-los.

Ao meu amigo Rafael Santos, que tornou-se um verdadeiro irmão, obrigado pela parceria durante a estadia em Manaus.

Aos amigos Wylker Castro e Thiago Prado que sempre se dispuseram a ajudar na execução dos ensaios experimentais, sendo fundamentais para a realização do mesmo.

Às minhas amigas de graduação que nunca me deixaram sentir sozinho dando todo apoio que precisei: Ruth Rodrigues, Socorro Pires, Ana Sílvia, Krishna Oliveira e Karolainy Gomes.

À Família Garcia-Moreira, em especial ao Pr. Naldo Garcia, Ruth Helena Moreira e Jefferson Garcia, por tanto amor emanado, por todas as orações e intercessões. Levo vocês no coração por onde eu for, amo vocês. Muito obrigado!

A todos os amigos e colegas da turma 01/2019 do PPG-ATU, pela proveitosa convivência, que de alguma maneira contribuíram para que fosse possível a conclusão desta jornada.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), pelo financiamento fundamental para a realização da minha pesquisa e bom funcionamento do INPA.

A todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

*Gratidão!*

*“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar”.*

**Josué 1.9**



## OMISSÃO DE MACRONUTRIENTES EM MUDAS DE ENXADA-VERDE (*Calopogonium mucunoides*) EM DOIS SOLOS DE TERRA FIRME DA AMAZÔNIA CENTRAL

**RESUMO:** A evolução dos solos da Amazônia, é uma combinação de fatores geológicos, geomorfológicos, vegetação e clima. Os solos formados apresentam características limitantes à exploração intensiva e maximização dos processos biológicos. A extrema pobreza em fósforo disponível, acidez elevada, saturação por alumínio alta, baixa CTC, pobreza em macro e micronutrientes, susceptibilidade a erosão e lixiviação são os principais condicionantes da expansão da agricultura na região. A espécie adubadeira *Calopogonium mucunoides* tem se mostrado como planta promissora para seu uso em solos de condições extremas, no entanto, ainda é incipiente o conhecimento acerca do aproveitamento de nutrientes para esta leguminosa. Com isso, este trabalho objetivou avaliar a resposta à fertilização química com macronutrientes, bem como os efeitos de sua omissão no desenvolvimento, sintomatologia de deficiência nutricional, nodulação e fixação de N<sub>2</sub> em mudas de *C. mucunoides*, em dois solos de terra firme da Amazônia Central. Para tanto, foi conduzido um experimento no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Campus V-8, em Manaus, com delineamento inteiramente ao acaso (DIC), constituído por um arranjo fatorial do tipo 2 x 7, com sete repetições, totalizando 14 tratamentos e 98 unidades experimentais. O Fator A, solos, foi considerado para duas classes de solos (Argissolo e Latossolo) e o Fator B, adubação com macronutrientes, foi considerado para condições de adubação: testemunha, completo (N+P+K+Ca+Mg) = (C), (C) -N, (C) -P, (C) -K, (C) -Ca e (C) -Mg. Foi também considerada a significância da interação solos x condições de adubação. Aos 84 dias após a semeadura, constatou-se que a espécie estudada apresenta considerada eficiência de uso de N, mesmo que nas condições deste estudo não tenha sido observada formação de nódulos radiculares. Os macronutrientes P e K foram os que mais limitaram o crescimento e produção de biomassa de enxada-verde. O decréscimo na produção de biomassa total seca de enxada-verde, apresentou a seguinte ordem: -P > -K > -Ca > -Mg > -N. A sintomatologia observada consistiu apenas em redução do crescimento das plantas e diminuição do ganho de biomassa.

Palavras-chave: Silvicultura, produção de mudas, adubação verde, macronutrientes, leguminosas herbáceas.

## OMISSION OF MACRONUTRIENTS IN SEEDS OF GREEN STRAWBERRY (*Calopogonium mucunoides*) IN TWO SOILS OF FIRM LAND IN THE CENTRAL AMAZON

The evolution of Amazonian soils is a combination of geological, geomorphological, vegetation and climate factors. The soils formed present limiting characteristics to intensive exploration and maximization of biological processes. The extreme poverty in available phosphorous, high acidity, high saturation by aluminium, low CEC, poverty in macro and micronutrients, susceptibility to erosion and leaching are the main conditioning factors for the expansion of agriculture in the region. The fertilizer species *Calopogonium mucunoides* has shown itself as a promising plant for its use in soils with extreme conditions, however, the knowledge about the use of nutrients for this legume is still incipient. Thus, this work aimed to evaluate the response to chemical fertilization with macronutrients, as well as the effects of its omission on development, symptoms of nutrient deficiency, nodulation and N<sub>2</sub> fixation in seedlings of *C. mucunoides*, in two terra firme soils in central Amazonia. For this, an experiment was conducted at the National Institute for Amazonian Research (INPA), Campus V-8, in Manaus, with entirely randomized design (DIC), constituted by a factorial arrangement of the type 2 x 7, with seven repetitions, totaling 14 treatments and 98 experimental units. Factor A, soils, was considered for two classes of soils (Argissolo and Latosolo) and Factor B, fertilization with macronutrients, was considered for fertilization conditions: control, complete (N+P+K+Ca+Mg) = (C), (C) -N, (C) -P, (C) -K, (C) -Ca and (C) -Mg. The significance of the interaction soils x fertilization conditions was also considered. At 84 days after sowing, it was found that the species studied presents considered efficiency of N use, even though in the conditions of this study no formation of root nodules was observed. The macronutrients P and K were those that most limited the growth and biomass production of green hoe. The decrease in total dry biomass production of green hoe, presented the following order: -P > -K > -Ca > -Mg > -N. The observed symptomatology consisted only in reduction of plant growth and decrease of biomass gain.

Key-words: Silviculture, seedling production, green manure, macronutrients, herbaceous legumes.

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	14
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1.	Latossolos e Argissolos.....	17
2.2.	Fixação biológica de N <sub>2</sub> e a dinâmica de nutrientes.....	19
2.3.	Enxada-verde ( <i>Calopogonium mucunoides</i> ).....	21
3.	OBJETIVOS.....	24
3.1.	Objetivo geral.....	24
3.2.	Objetivos específicos.....	24
4.	MATERIAL E MÉTODOS.....	25
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5.1.	Efeito da omissão de macronutrientes em dois solos da terra firme da Amazônia sobre o crescimento inicial em comprimento do caule de enxada-verde.....	30
5.2.	Efeito da omissão de macronutrientes nos solos Argissolo Vermelho Amarelo e Latossolo Amarelo sobre a partição de biomassa em mudas de enxada-verde.....	34
5.3.	Efeito da interação entre solos e condições de adubação com macronutrientes nos solos sobre o comprimento do caule e biomassa total seca das mudas de enxada-verde.....	44
6.	CONCLUSÕES.....	47
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Estruturas morfológicas de *Calopogonium mucunoides*: flor (a), folíolos (b), sementes (c) e plantas de calopogônio dispostas em campo. .... 22
- Figura 2. Área onde foi conduzido o experimento: Vista frontal da casa de vegetação, localizada no INPA Campus III (V-8) em Manaus, AM. .... 25
- Figura 3. Efeito da adubação mineral com macronutrientes nas taxas de incremento mensal do comprimento do caule, em mudas de enxada-verde (*Calopogonium mucunoides*), para duas classes de solo de terra firme da Amazônia Central. .... 31
- Figura 4. Efeito da omissão de macronutrientes na evolução das medidas do comprimento do caule, em mudas de enxada-verde (*Calopogonium mucunoides*), para duas classes de solos de terra firme da Amazônia Central. <sup>\*1 \*2 \*3</sup> ..... 32
- Figura 5. Efeito da omissão de macronutrientes nas taxas de incremento do comprimento do caule, em mudas de enxada-verde (*Calopogonium mucunoides*), para duas classes de solos de terra firme da Amazônia Central. <sup>\*1 \*2 \*3</sup> ..... 33
- Figura 6. Efeito da adubação mineral com macronutrientes em duas classes de solo de terra firme da Amazônia Central, sobre a biomassa da parte aérea fresca em mudas de enxada-verde (*Calopogonium mucunoides*), aos 84 dias após a semeadura. .... 35
- Figura 7. Efeito da omissão de macronutrientes em duas classes de solos de terra firme da Amazônia Central, na biomassa da parte aérea fresca (a), seca (b) e das folhas (c), em mudas de enxada-verde (*Calopogonium mucunoides*), aos 84 dias após a semeadura. <sup>\*1 \*2 \*3</sup> ..... 37
- Figura 8. Efeito da omissão de macronutrientes em duas classes de solos de terra firme da Amazônia Central, na biomassa do caule (a), das raízes (b) e total (c), em mudas de enxada-verde (*Calopogonium mucunoides*), aos 84 dias após a semeadura. <sup>\*1 \*2 \*3</sup> ..... 40
- Figura 9. Estimativas de desenvolvimento relativo do incremento mensal em comprimento do caule (a) e da biomassa total seca (b), de mudas de enxada-verde (*Calopogonium mucunoides*) submetidas à omissão de macronutrientes, pela técnica do elemento faltante, em comparação à adubação completa, para duas classes de solos de terra firme da Amazônia Central. <sup>\*1 \*2</sup> ..... 43

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Efeito da adubação mineral com macronutrientes, na evolução das medidas do comprimento do caule (cm), em mudas de enxada-verde (*Calopogonium mucunoides*), para duas classes de solos de terra firme da Amazônia Central. \*<sup>1</sup> ..... 30
- Tabela 2. Efeito da adubação mineral com macronutrientes em duas classes de solos de terra firme da Amazônia Central, sobre a biomassa da parte aérea, folhas, caule, raízes e total, em mudas de enxada-verde (*Calopogonium mucunoides*), aos 84 dias após a semeadura. \*<sup>1</sup> ..... 34
- Tabela 3. Efeito da interação entre duas classes de solos de terra firme da Amazônia Central e de tratamentos de adubação com macronutrientes, pela técnica de elemento faltante, sobre as taxas de incremento do comprimento do caule (cm mês<sup>-1</sup>), de mudas de enxada-verde (*Calopogonium mucunoides*), aos 84 dias após a semeadura. (n = 7) \*<sup>1</sup> \*<sup>2</sup> ..... 45
- Tabela 4. Efeito da interação entre duas classes de solos de terra firme da Amazônia Central e de tratamentos de adubação com macronutrientes, pela técnica de elemento faltante, sobre a biomassa total seca (mg) de enxada-verde (*Calopogonium mucunoides*), aos 84 dias após a semeadura. (n = 7) \*<sup>1</sup> \*<sup>2</sup> ..... 46

## 1. INTRODUÇÃO

A Amazônia ocupa uma área de 6.683.926 km<sup>2</sup>, correspondente a várias regiões e países, o contraste formado permite que a biodiversidade existente seja altamente complexa e dinâmica. A composição do bioma inclui componentes essenciais para o seu estabelecimento e manutenção, sendo os solos, destacados, entre os principais fatores que estão relacionados à conservação da floresta, porém, apresentam particularidades que os limitam em alguns aspectos (Nagy et al., 2016)

As condições edafoclimáticas da região Amazônica exercem total influência na formação e composição química dos solos. Segundo Rodrigues et al. (2017), solos formados sob condições de altas precipitações pluviométricas e boa drenagem são ácidos, como é o caso dos solos amazônicos, pois esse aspecto ambiental favorece a lixiviação dos cátions básicos solúveis com a consequente substituição por outros cátions menos solúveis, tais como H<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup>.

Na caracterização químicas desses solos, assim como em todos os demais, os elementos essenciais exercem funções específicas no ciclo das plantas (Malavolta et al. 1989), estando envolvidos em vários processos metabólicos relacionados à estrutura, constituintes de enzimas e na ativação enzimática, sendo considerados indispensáveis ao desenvolvimento vegetal. São mencionados os macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S, que são demandados em maiores quantidades pelas plantas. Já os micronutrientes B, Cl, Fe, Zn, Cu, Mo, Mn e Ni são demandados em quantidades inferiores (Epstein e Bloom 2006).

As principais classes de solos da Amazônia apresentam baixa disponibilidade natural desses elementos, acidez elevada, toxidez pelo excesso de Alumínio, baixa capacidade de troca de cátions (CTC). A elevada acidez de grande parte dos solos tropicais condiciona uma alta atividade do Al na solução do solo, deficiência de Ca, Mg e P, além da toxidez por Mn (Sousa et al. 2007). Nesse aspecto, a toxicidade por alumínio pode reduzir o desenvolvimento radicular das plantas, o que afeta a absorção de nutrientes, diminui a área de raízes a ser infectada por bactérias nodulíferas e as torna mais suscetíveis a doenças (Cardoso e Andreote 2016). Os efeitos podem ser observados, principalmente, no engrossamento das raízes e

diminuição nas suas ramificações, prejudicando a absorção de nutrientes e água (Sousa et al. 2007).

Com a elevação dos custos de insumos agrícolas que fazer a correção e adubação no solo, nos últimos anos tem se tornado cada vez mais evidente que a agricultura sustentável em áreas tropicais com solos frágeis, deve incluir um componente arbóreo (Alfaia e Souza 2002). As Fabaceas, uma das maiores famílias de plantas existentes no mundo, são amplamente distribuídas e cultivadas na região dos trópicos.

As espécies são conhecidas pela frequente formação de nódulos no sistema radicular, onde ocorre a associação com bactérias que realizam a fixação biológica do nitrogênio (FBN) presente na atmosfera. Devido às associações com bactérias fixadoras de N, as leguminosas, então, podem contribuir de forma efetiva para melhoria da qualidade do solo e crescimento vegetal (Franco et al. 1995). Leguminosas podem ser utilizadas como plantas de cobertura do solo, pois corroboram para a diminuição do impacto direto da chuva e dos raios solares no solo, permitindo maior infiltração e menores temperaturas, amenizando as perdas de água, e também atuam na inibição da germinação de plantas espontâneas (Lojka et al. 2012).

As Fabaceas também podem ser consideradas como “plantas adubadeiras”, já que são capazes de fixar nutrientes no solo (Barbosa 2014). São largamente utilizadas na adubação verde, que consiste no cultivo e corte de plantas imaturas, em plena floração, de preferência leguminosas, produzidas ou não no local, sem ou com incorporação da fitomassa, com finalidade precípua de aumento, preservação e/ou restauração da fertilidade e da produtividade (Wutke et al. 2014). A serapilheira dessas espécies é rica em nutrientes, principalmente N, melhorando a fertilidade do solo (Gonçalves et al. 2008), favorecendo a ciclagem de nutrientes e o processo de restauração de áreas degradadas (Costa et al. 2004).

Um dos desafios para consolidação das leguminosas na agricultura parte da necessidade de estabelecer uma base de dados ampla sobre as características funcionais para sua utilização. É relevante conhecer as exigências nutricionais de cada espécie, fator este preponderante para recomendação correta da adubação, aumentando a eficiência e minimizando danos ambientais decorrentes de aplicações desnecessárias ou em excesso (Andrade et al. 2018).

Considerando a incipiência dos estudos sobre a nutrição mineral de enxada-verde (*Calopogonium mucunoides* Desv) pesquisas que avaliem a adaptação a determinadas regiões permitem atribuir maior aplicabilidade desta espécie aos sistemas de cultivo locais. As informações podem fornecer subsídios para estratégias de reabilitação e recuperação de áreas degradadas, além de avaliações qualitativas e quantitativas das áreas sob processo de recuperação que são fortemente perturbadas ao longo do tempo.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Latossolos e Argissolos

A região Amazônica está situada na parte norte da América do Sul ocupando todos os Estados da Região Norte, mais o estado de Mato Grosso, o oeste do Maranhão e cinco municípios de Goiás. O bioma Amazônia é uma extensa região apresentando elevada diversidade geológica, geomorfológica, edáfica, climática e de vegetação (Vale Júnior et al. 2011).

De acordo com a natureza pedológica, a planície amazônica pode ser dividida em duas áreas distintas: a terra firme de formação terciária e a planície de inundação propriamente dita, denominada várzea ou terreno quaternário recente (Alfaia e Souza 2002). Dentre as classes de solo dominantes no estado do Amazonas, os Latossolos compreendem aproximadamente 45% da área do Estado, os Argissolos representam 26% da área, sendo predominantemente Latossolos Amarelos, cuja ocorrência se concentra próximo à região central do estado nas áreas de terra firme (Teixeira et al. 2010).

Os Argissolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou alta (Santos et al. 2018b). São originados principalmente de materiais argilosos ou areno-argilosos sedimentares. A principal limitação de uso é a fertilidade normalmente baixa, risco de erosão causada pela diferença de textura superficial e subsuperficial e condições de declividade, em contraponto, apresentam boas condições físicas de retenção de umidade e boa permeabilidade (Santos et al. 2018a). Devido à ocorrência de textura mais arenosa no horizonte superficial e, muitas vezes, uma drenagem restrita no horizonte Bt, os Argissolos são suscetíveis aos processos de erosão hídrica, principalmente quando ocorre relevo ondulado ou forte ondulado (Teixeira et al. 2010).

Já os Latossolos são formados pelo processo denominado latolização que consiste basicamente na remoção da sílica e das bases do perfil ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$  etc.), após transformação dos minerais primários constituintes. São solos minerais, não-hidromórficos, profundos (normalmente superiores a 2 m) com horizontes B muito espesso (> 50 cm) com

sequência de horizontes A, B e C pouco diferenciados (Sousa e Lobato 2017). A sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e as bases trocáveis (em particular Ca, Mg e K) são removidas do sistema, levando ao enriquecimento com óxidos de ferro e de alumínio que são agentes agregantes, dando à massa do solo aspecto maciço poroso; apresentam estrutura granular muito pequena; são macios quando secos e altamente friáveis quando úmidos (Sousa e Lobato 2017).

Os Latossolos são muito intemperizados, com pequena reserva de nutrientes para as plantas, representados normalmente por sua baixa a média capacidade de troca de cátions. Mais de 95% dos Latossolos são distróficos e ácidos, com pH entre 4,0 e 5,5 e teores de fósforo disponível extremamente baixos, quase sempre inferiores a  $1 \text{ mg/dm}^3$ . Em geral, são solos com grandes problemas de fertilidade (Sousa e Lobato 2017).

A evolução das paisagens, e em especial dos solos da Amazônia, é uma combinação de uma diversidade de fatores geológicos, geomorfológicos, vegetação e clima. Importantes alterações ocorreram tornando-se responsáveis pela diversidade e singularidade da região (Vale Júnior et al. 2011). Portanto, associado a esses fatores, em especial, material de origem, o relevo e o clima, os solos formados apresentam características limitantes à exploração intensiva e maximização dos processos biológicos. A extrema pobreza em fósforo, acidez elevada, saturação por alumínio alta, baixa CTC, pobreza em macro e micronutrientes, reduzida fixação de fósforo, susceptibilidade a erosão e lixiviação são os principais condicionantes da expansão da agricultura na região (Alfaia e Souza 2002, Vale Júnior et al. 2011, Noda et al. 2013).

Desse modo, a floresta tropical densa de terra firme, que cobre a maior parte da região e que se situa predominantemente sobre solos de baixa fertilidade química natural, deve sua sobrevivência e produtividade à sua alta diversidade vegetal, composta por espécies nativas adaptadas às condições climáticas e nutricionais do solo, sendo o processo de ciclagem de nutrientes importante no ecossistema da mata amazônica. Uma vez interrompido esse processo pela retirada da vegetação nativa, a reserva de nutrientes desses solos se exaure rapidamente (Jordan 1985, Fernandes 1997, Luizão 2007, Cunha et al. 2009)

## 2.2. Fixação biológica de N<sub>2</sub> e a dinâmica de nutrientes

A Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) possui grande importância no aspecto econômico e ecológico, tanto em sistemas agrícolas como florestais (Reis e Teixeira 2006). Bactérias do grupo dos rizóbios têm a capacidade de formar nódulos em raízes e caules de leguminosas (Freitas et al. 2007). Devido à sua grande diversidade, são encontradas nos mais diferentes tipos de habitats. A maioria de suas espécies é de vida livre, com ocorrência em todos os tipos de solo, rizosfera e filosfera, águas doces e salgadas (Moreira e Siqueira 2006).

A capacidade de realizar a FBN permite à planta suprir sua demanda por nitrogênio em solos com deficiência desse nutriente, favorecendo seu crescimento e a formação de matéria orgânica no solo (Guimarães 2015). Algumas espécies de leguminosas podem aportar elevadas quantidades de N aos sistemas de produção, podendo proporcionar aumentos de produtividade das culturas consorciadas ou em sucessão (Oliveira et al. 2006).

A FBN tem um papel fundamental na sustentabilidade dos ecossistemas, já que o nitrogênio de origem biológica está prontamente disponível para as plantas e é, portanto, menos susceptível a perdas por lixiviação, volatilização ou desnitrificação (Cardoso e Andreote 2016). O equilíbrio entre a vegetação e o solo é essencial para a manutenção de sua fertilidade, o que possibilita a adequada ciclagem dos nutrientes pela decomposição de detritos orgânicos e dos processos biogeoquímicos (Mbuthia et al. 2015).

A simbiose leguminosa-rizóbio é amplamente aceita como alternativa à fertilização química (Freitas et al. 2007). No entanto, existem fatores determinantes que podem interferir no processo de nodulação e fixação do N, estes, frequentemente, são relacionados com a fertilidade dos solos em que as plantas estão ambientadas. Moreira e Siqueira (2006) descrevem vários fatores bióticos e abióticos que podem interferir na interação leguminosa-bactéria. Alguns são intrínsecos da bactéria, outros são extrínsecos, envolvendo outros microrganismos do solo, fatores de clima e solo ou determinados pela planta hospedeira (Stralio et al. 1999).

A acidez do solo afeta todos os aspectos da nodulação e fixação biológica de nitrogênio, desde a sobrevivência e multiplicação do rizóbio no solo, até o processo de infecção e desenvolvimento do nódulo e, finalmente, a atividade de FBN (Graham 1992).

Entretanto, o hospedeiro pode ser mais afetado do que a bactéria (Moreira e Siqueira 2006), já que a acidez está diretamente relacionada a aspectos nutricionais indesejáveis, como menores teores de fósforo e cálcio e teores excessivos de alumínio. Valores de pH baixo bem como concentrações altas de alumínio em solução (comumente maiores que  $10\mu\text{M}$ ), possuem um efeito negativo na nodulação (Cardoso e Andreote 2016)

Outro fator está relacionado ao conteúdo de N presente no solo, pois o excesso de N-mineral reduz, drasticamente, a nodulação de leguminosas, uma vez que a nodulação ocorre em resposta às demandas nutricionais da planta. Na presença de N-mineral, tais demandas são reduzidas, não havendo, portanto, estímulo à nodulação (Moreira e Siqueira 2006). A aplicação demasiada de N-mineral nos solos pode diminuir a intensidade da deformação dos pelos absorventes, adesão do rizóbio e formação do cordão de infecção (Cardoso e Andreote 2016). Já pequenas doses de N-mineral podem beneficiar a FBN, funcionando como dose de arranque em determinadas culturas (Moreira e Siqueira 2006).

A temperatura, assim como os demais fatores, pode afetar etapas importantes da associação entre rizóbios e leguminosas, como a formação do cordão de infecção, colonização da raiz, formação e função dos nódulos (Cardoso e Andreote 2016). Em temperaturas altas há formação dos nódulos nas plantas, porém, estes são ineficientes em fixar o nitrogênio devido às modificações fisiológicas e bioquímicas nos pares simbiotes. No caso da bactéria, os plasmídeos que são responsáveis por carregar os genes simbióticos podem ser perdidos ou sofrer rearranjos genéticos. Já as temperaturas baixas retardam a infecção e formação dos nódulos. Por fim, mas não menos importante, as características de cada espécie de leguminosas são também fatores ponderantes na eficiência da FBN, em vista que as aptidões dos indivíduos sugerem demandas diferentes de nodulação e fixação (Cardoso e Andreote 2016).

De acordo com o tipo de solo, as deficiências nutricionais normalmente associadas às condições ácidas do solo, como de cálcio, magnésio, molibdênio e fósforo e a toxidez provocada pela elevação nos níveis de alumínio e manganês são fatores limitantes à simbiose (Straliotto e Rumjanek 1999). Para Epstein e Bloom (2006) uma deficiência pode se desenvolver se a concentração do elemento no solo ou em outro substrato nutriente é baixa ou

se o elemento está presente em formas químicas que o tornam indisponível para a absorção, concomitantemente, se a concentração no tecido da planta de elemento nutriente essencial cai abaixo do nível necessário para o crescimento ótimo, a planta é dita deficiente naquele elemento.

Algumas pesquisas já realizadas sobre a sintomatologia de deficiência de nutrientes em plantas cultivadas, nos principais cultivos econômicos tais como o café, a laranja, o algodão e a cana-de-açúcar relatam as respostas das plantas às deficiências. Os principais sintomas verificados para deficiência de macronutrientes, independente da planta pesquisada podem ser resumidos na Tabela 1.

Quadro 1. Principais sintomas de deficiência de macronutrientes verificados em cultivos econômicos, registrados em solo ou em solução nutriente (Epstein e Bloom 2006, Ernani et al. 2007).

MACRONUTRIENTES	SINTOMAS OBSERVADOS
N	Clorose generalizada ocorrendo nas folhas mais velhas.
P	Folhagem verde-escura ou azul-esverdeada. Desenvolvem-se pigmentos vermelhos, purpúreos e marrons nas folhas, especialmente ao longo das nervuras. Sob condições de deficiência severa, as plantas tornam-se enfezadas.
K	Clorose nas bordas das folhas seguida de necrose, surgem, inicialmente, nas folhas mais velhas.
Ca	Os sintomas ocorrem em regiões meristemáticas e folhas jovens. Pontos de crescimento são danificados ou mortos (“seca dos ramos”); em flores e em frutos em desenvolvimento, os sintomas são conhecidos como “podridão apical”. O crescimento das raízes é severamente afetado.
Mg	Os sintomas ocorrem primeiro nas folhas maduras. Há clorose marginal, frequentemente acompanhada pelo desenvolvimento de uma variedade de pigmentos.
S	Plantas são cloróticas e espigadas com sintomatologia nas regiões mais jovens da planta

### 2.3. Enxada-verde (*Calopogonium mucunoides*)

O *Calopogonium mucunoides* Desv., conhecido popularmente como enxada-verde, calopogônio, marmelada-de-boi, orelha de onça, entre outros, é uma leguminosa herbácea originária da América do Sul com ocorrência no Brasil (Roscov et al., 2006). É uma planta

trepadora de ciclo curto, vigorosa, que pode alcançar 1,0 m de altura (Herling e Pereira, 2016).

Possui flores com corola azul (Figura 1a) e formam cachos de 4 a 12 flores, as vagens possuem formato linear ou curvo, cobertas por densa pilosidade marrom e em média de 5 a 8 sementes por vagem. Os caules possuem pelos longos, marrom-amarelados e folhas trifoliadas (Figura 1b). Se estabelece facilmente a partir de sementes e, em pouco tempo, forma uma densa massa de folhagem com 0,50 m de altura (Figura 1d) (Herling e Pereira, 2016).

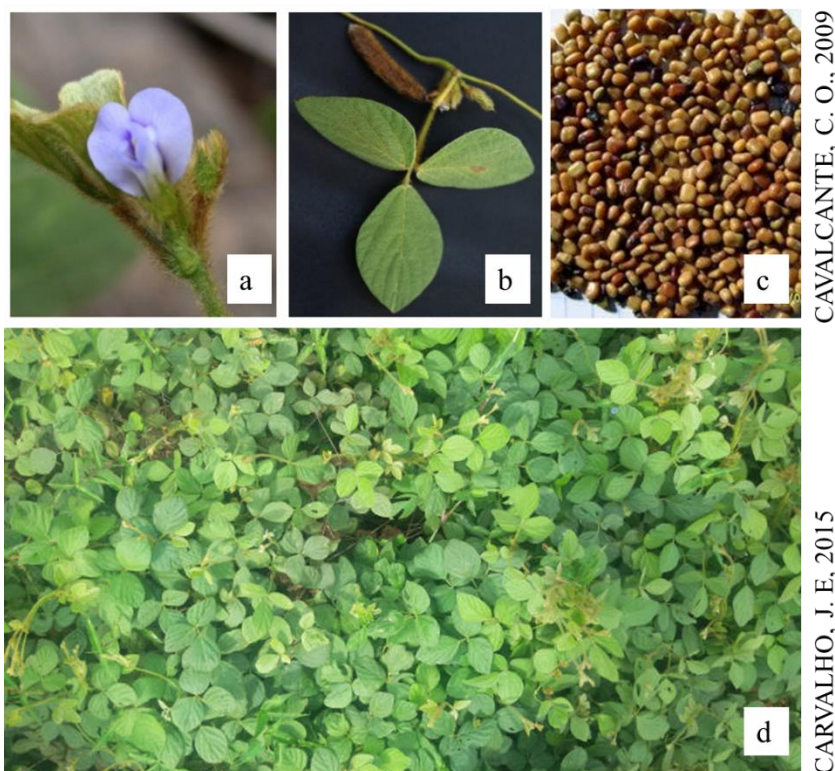


Figura 1. Estruturas morfológicas de *Calopogonium mucunoides*: flor (a), folíolos (b), sementes (c) e plantas de calopogônio dispostas em campo.

A enxada-verde pode ser utilizada como leguminosa forrageira. A frutificação e a maturação das vagens ocorrem 45 a 60 dias após a floração, respectivamente. A cultura apresenta um ciclo aproximado de 240 a 260 dias (COSTA et al. 2001). É uma planta adaptada as condições do clima tropical (úmido e quente). Quando a estação seca é relativamente longa e severa, pode morrer a cada ano, tornando-se uma planta anual, é utilizado para pastoreio e como campo de corte para feno, produzindo de 4 a 5 t MS/ha/ano, e, fixando em torno de 70 a 200 kg de N/ha/ano (ALCÂNTARA e BUFARAH, 1983).

Para os animais, possui baixa palatabilidade, devido principalmente pela grande quantidade de pelos presentes tanto no talo como nas folhas. Tem bom desempenho em solos relativamente ácidos. Pode ser empregada como cobertura vegetal, adubação verde, em consórcio e na produção de feno. Possui boa aceitação no período de seca, bem como, quando submetida ao processo de fenação (VILELA, 2005).

Por ser uma planta pertencente à família Fabaceae, a enxada-verde é capaz de formar nódulos que viabilizam a fixação biológica de N, o que a torna relevante para ser utilizada na recuperação de solos degradados e no combate à erosão, quando incorporado ao solo (Bufarah e Alcântara 1999). Embora as informações sobre enxada-verde que são encontradas na literatura demonstrem adaptação aos solos ácidos do Brasil, poucos trabalhos buscaram elucidar o comportamento dessa espécie na região amazônica bem como, descrever a dinâmica dos nutrientes necessários ao seu desenvolvimento em condições de estresse ou de equilíbrio nutricional.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo geral**

Avaliar a resposta à fertilização química com macronutrientes, bem como os efeitos de sua omissão no desenvolvimento e sintomatologia de deficiência nutricional em mudas de enxada-verde em dois solos de terra firme da Amazônia Central.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Identificar a demanda por macronutrientes da espécie *Calopogonium mucunoides* nos solos Latossolo Amarelo e Argissolo Vermelho Amarelo sob condições de omissão.
- Avaliar o desenvolvimento das mudas de *Calopogonium mucunoides* em Latossolo Amarelo e Argissolo Vermelho Amarelo.



#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

O efeito da adubação com macronutrientes, na forma de fertilizantes minerais, foi avaliado em mudas de enxada-verde (*Calopogonium mucunoides* Desv., Fabaceae, Faboideae, Phaseoleae), em um ensaio em vasos com solo, nas dependências do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), Campus III, em Manaus, AM. Os trabalhos foram realizados no Laboratório de Microbiologia do Solo do Inpa – LMS/Inpa, e, em condições semi-controladas, em casa de vegetação constituída por estrutura de madeira e coberta com telha plástica transparente, aberta lateralmente (Figura 2).



Figura 2. Área onde foi conduzido o experimento: Vista frontal da casa de vegetação, localizada no INPA Campus III (V-8) em Manaus, AM.

As sementes de enxada-verde foram procedentes de plantas cultivadas em solo Latossolo Amarelo na Estação Experimental de Fruticultura Tropical, no Inpa - EEFT/Inpa, BR 174, Km 45, município de Manaus, AM. Após a secagem a sombra, limpeza e beneficiamento dos frutos, o peso de 100 sementes foi de 1,59 g e mantido na coleção de sementes do LMS/Inpa. O armazenado foi em recipientes não porosos, mantidos a  $\pm 8^{\circ}\text{C}$ , temperatura de geladeira.

Dois solos agrícolas da terra firme da Amazônia Central foram selecionados para a pesquisa: um Latossolo Amarelo distrófico textura argilosa e um Argissolo Vermelho

Amarelo distrófico. O solo Argissolo Vermelho Amarelo foi coletado em Manaus, AM, na Estação Experimental de Hortaliças do Inpa, localizada na rodovia AM 010 (02° 59' S, 60° 01' W) em uma área com sistema agroflorestal com consórcio de frutíferas. O solo Latossolo Amarelo foi coletado na EEFT/Inpa (02° 37' S, 60° 02' W). Somente a camada superficial do solo foi escavada, e as amostras foram obtidas na profundidade de 10-20 cm. O preparo, consistiu na secagem a sombra por 48 h, seguido do peneiramento em malha de 0,5 cm, para triagem de restos de raízes e material grosseiro.

Antecedendo a aplicação dos fertilizantes, aferiu-se a massa dos recipientes preenchidos com cada solo com  $n = 10$ , tomando-se o peso médio como base para os cálculos de adubação. Os recipientes foram constituídos por vasos pretos de polipropileno, drenados, com capacidade para 1 kg solo<sup>-1</sup>.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com arranjo fatorial do tipo 2 x 7, constituído por duas Classes de solo (Argissolo e Latossolo) e sete condições de adubação: controle (sem adubação), adubação completa (N + P + K + Ca + Mg), e os demais empregando-se a técnica de elemento faltante, correspondendo a (-)N, (-)P, (-)K, (-)Ca e (-)Mg). Assim, os seguintes tratamentos foram considerados:

- 1) Solo Argissolo Vermelho Amarelo (testemunha, sem adubação).
- 2) Solo Argissolo Vermelho Amarelo (adubação completa: N + P + K + Ca + Mg).
- 3) Solo Argissolo Vermelho Amarelo (adubação completa, exceto N).
- 4) Solo Argissolo Vermelho Amarelo (adubação completa, exceto P).
- 5) Solo Argissolo Vermelho Amarelo (adubação completa, exceto K).
- 6) Solo Argissolo Vermelho Amarelo (adubação completa, exceto Ca).
- 7) Solo Argissolo Vermelho Amarelo (adubação completa, exceto Mg).
- 8) Solo Latossolo Amarelo (testemunha, sem adubação).
- 9) Solo Latossolo Amarelo (adubação completa: N + P + K + Ca + Mg).
- 10) Solo Latossolo Amarelo (adubação completa, exceto N).
- 11) Solo Latossolo Amarelo (adubação completa, exceto P).
- 12) Solo Latossolo Amarelo (adubação completa, exceto K).
- 13) Solo Latossolo Amarelo (adubação completa, exceto Ca).

14) Solo Latossolo Amarelo (adubação completa, exceto Mg).

A adubação com macronutrientes teve ao seguinte protocolo: como fonte de N foi utilizada a ureia (45 % de N) 100 kg ha<sup>-1</sup>, parcelada em duas aplicações de 50 kg ha<sup>-1</sup>, sendo a primeira, dois dias antes do plantio e a segunda 30 dias após o plantio, incorporando-se o adubo ao solo com o auxílio de um bastão de vidro; para o P, foi usado superfosfato triplo (42 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 200 kg ha<sup>-1</sup>; para o K, KCl (58 % de K<sub>2</sub>O) 150 kg ha<sup>-1</sup>; o Ca foi fornecido como CaCO<sub>3</sub> puro, 350 kg ha<sup>-1</sup>; e, o Mg usou-se MgCO<sub>3</sub>, 150 kg ha<sup>-1</sup>. As prescrições de adubação foram baseadas nas recomendações de Cravo (1990), para agricultura de alto insumo em solos da Amazônia. No solo Argissolo, foram adicionadas as quantidades de 0,14, 0,59, 0,32, 0,43 e 0,19 mg kg<sup>-1</sup>, para o N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, K, Ca e Mg e, no Latossolo, 0,10, 0,45, 0,24, 0,33 e 0,14 mg kg<sup>-1</sup>, para o N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, K, Ca e Mg, respectivamente. Como já mencionado, exceto o N, a adubação do solo foi praticada em dose única, dois dias antes da semeadura, e os fertilizantes foram homogeneizados aos solos, até não serem mais visualizados.

Todos os vasos receberam correção para micronutrientes, empregando-se solução líquida constituída por: 3,95 g de CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O; 2,23 g de ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 0,25 g de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>; 0,50 g de Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O; 5,00 g de FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 5,00 g de ácido cítrico e 250 mL de água destilada (Eira et al., 1972), distribuída com auxílio de pipeta 1 mL kg<sup>-1</sup> de solo. Na casa de vegetação, os vasos foram dispostos em bancadas de madeira de 80 cm de altura e casualizados quinzenalmente após o início do experimento. A irrigação foi diária e manual, com auxílio de regadores.

Antecedendo a semeadura, para superação da dormência, as sementes de enxada-verde, estas foram submetidas a escarificação química pela imersão em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub><sub>conc</sub> por 10 min, seguido de lavagem em água corrente até completa limpeza, e, da embebição em água a temperatura ambiente por 24 h (Varela e Gurgel, 2001). A semeadura foi feita diretamente nos recipientes, 4 sementes vaso<sup>-1</sup>, na profundidade de 0,5 cm. Após a emergência, aos 24 dias após a semeadura, foi feito um desbaste com auxílio de tesoura, com corte no coleto, mantendo-se 1 planta vaso<sup>-1</sup>.

O crescimento das plantas foi monitorado regularmente com medição do comprimento do caule, aos 24, 44, 64 e 84 dias após a semeadura. Como comprimento do caule,

considerou-se a medida entre o nível do solo e o meristema apical da muda, tomado com régua (Benincasa, 1998). Posteriormente, foi calculada a velocidade de crescimento, pelas taxas de incremento mensal, considerando-se as medidas tomadas aos 24º e 84 dias após a semeadura, pela fórmula  $(h_2-h_1/t_2-t_1)$ .30, onde  $h_1$  e  $h_2$  correspondem as médias das medidas do comprimento do caule efetuadas no tempo  $t_1$  e  $t_2$ , respectivamente (Benincasa 1988).

Durante a condução do ensaio, as plantas receberam limpezas regulares, com desbaste manual de plantas pioneiras e proteção a insetos visitantes ocasionais. A colheita das plantas de enxada-verde foi realizada aos 84 dias após a semeadura. Nesta ocasião, as plantas foram extraídas inteiras e, seccionadas com tesoura de poda, em raízes e parte aérea. A parte aérea foi pesada, determinando-se sua biomassa fresca, e, em seguida, foi acondicionada em sacos de papel, para procedimentos de secagem. As raízes foram lavadas, e após pré-secagem superficial feita com papel toalha, foram pesadas e também acondicionadas em sacos de papel. O material vegetal foi submetido a secagem em estufa a 65°C por 72 h, quando se procedeu nova pesagem.

Após a pesagem da biomassa da parte aérea seca, foi feita uma derriça manual das folhas, determinando-se a biomassa do caule seco. A biomassa de folhas secas foi obtida pela subtração entre o peso da parte aérea e peso do caule e a biomassa total seca foi obtida pela soma da parte aérea e das raízes. A relação raiz/parte aérea das plantas de enxada-verde foi calculada pela razão entre essas duas variáveis.

Na colheita, foi também separada uma amostra de cada tratamento para análise granulométrica e de suas características químicas. Estas determinações foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade Federal do Amazonas – Ufam, em Manaus, AM, seguindo a metodologia proposta por Ribeiro et al., (1999) para as características químicas e Embrapa (2006) para a análise textural, que consiste no método de pipetas. O pH foi determinado em potenciômetro em solução 1:2,5 utilizando-se água destilada deionizada; para a acidez potencial foi feita a extração com solução tamponada de acetato de cálcio 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; o fósforo foi obtido através da solubilização das formas fosfatadas minerais e orgânicas pelo H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; o potássio foi extraído com solução diluída de HCl e determinado por espectrofotometria de chama; para o Al<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> foi feita a extração com solução KCl 1

mol L<sup>-1</sup> e para o C orgânico, empregou-se o método de colorimetria através da oxidação da matéria orgânica via úmida com K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, em meio sulfúrico.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC), constituído por um arranjo fatorial do tipo 2 x 7, com sete repetições, totalizando 14 tratamentos e 98 unidades experimentais. O Fator A, solos, foi considerado para duas classes de solos (Argissolo e Latossolo) e o Fator B, adubação com macronutrientes, foi considerado para condições de adubação: testemunha, completo (N+P+K+Ca+Mg) = (C), (C) -N, (C) -P, (C) -K, (C) -Ca e (C) -Mg. Foi também considerada a significância da interação solos x condições de adubação.

Para processamento estatístico e aplicação da Anova, foi utilizando o software estatístico SISVAR (UFLA, versão 5.8, 2018). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey para comparação de médias obtidas entre tratamentos.

Foram feitas comparações relativas para obtenção de estimativas (%) de desenvolvimento relativo em biomassa foliar e total, considerando-se as respostas obtidas com o tratamento de fertilização química completa do solo comparado ao crescimento em comprimento do caule e biomassa total das plantas de enxada verde.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Efeito da omissão de macronutrientes em dois solos da terra firme da Amazônia sobre o crescimento inicial em comprimento do caule de enxada-verde

A evolução das medidas do comprimento do caule e ramos de enxada-verde, bem como seu incremento mensal de crescimento foi monitorada ao longo do período experimental. O estabelecimento das plantas, após a semeadura direta de sementes, e do desbaste, teve uma emergência inicial menos rápida aos 24 dias após a semeadura, em solo Argissolo, comparado ao Latossolo ( $P < 0,05$ ), no entanto, na avaliação subsequente, aos 44 dias, não havia diferenças no comprimento do caule entre os dois solos (Tabela 1).

Tabela 1. Efeito da adubação mineral com macronutrientes, na evolução das medidas do comprimento do caule (cm), em mudas de enxada-verde (*Calopogonium mucunoides*), para duas classes de solos de terra firme da Amazônia Central.\*<sup>1</sup>

Classes de solo	Dias após a semeadura			
	24	44	64	84
Argissolo Vermelho Amarelo	14,4 b	27,6 a	43,8 a	56,8 a
Latossolo Amarelo	16,0 a	26,4 a	38,3 b	50,3 a
Teste F	13,68*	0,82 <sup>ns</sup>	5,02*	3,33 <sup>ns</sup>
Coeficiente de Variação (%)	14,08	24,75	29,49	33,16

\*<sup>1</sup> - Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade ( $P < 0,05$ ), empregando-se o teste de Tukey; <sup>ns</sup> – não significativo.

Aos 64 dias, observou-se nova variação no crescimento do caule, e as plantas estabelecidas em solo Argissolo apresentavam crescimento superior ( $P < 0,05$ ) que em solo Latossolo, o que foi minimizado na medida tomada aos 84 dias após a semeadura (Tabela 1). O comprimento médio do caule aos 24 dias foi de 15,2 cm e dois meses após, as ramos já mediam 53,6 cm, em média. O incremento de comprimento do caule de enxada-verde é rápido, e a variação de crescimento observada para as mudas, está relacionada ao hábito de crescimento indeterminado que a espécie possui (Camargos 2007). Isto justifica valores de crescimento discrepantes entre as plantas, principalmente na fase inicial de estabelecimento. No entanto, observa-se que houve uma tendência de uniformização entre as plantas na fase final do estudo.

A velocidade de crescimento inicial de enxada-verde no comprimento do caule foi afetada pelo tipo de solo, e é significativamente mais rápida em solo Argissolo ( $P < 0,05$ ), quando comparada ao Latossolo (Figura 3). Entre os 24 e 84 dias após a semeadura, a taxa de incremento mensal do crescimento do comprimento do caule de enxada-verde em solo Argissolo, foi 19,3 % maior que em Latossolo, evidenciando que a expansão das ramas pode ser mais rápida neste solo.

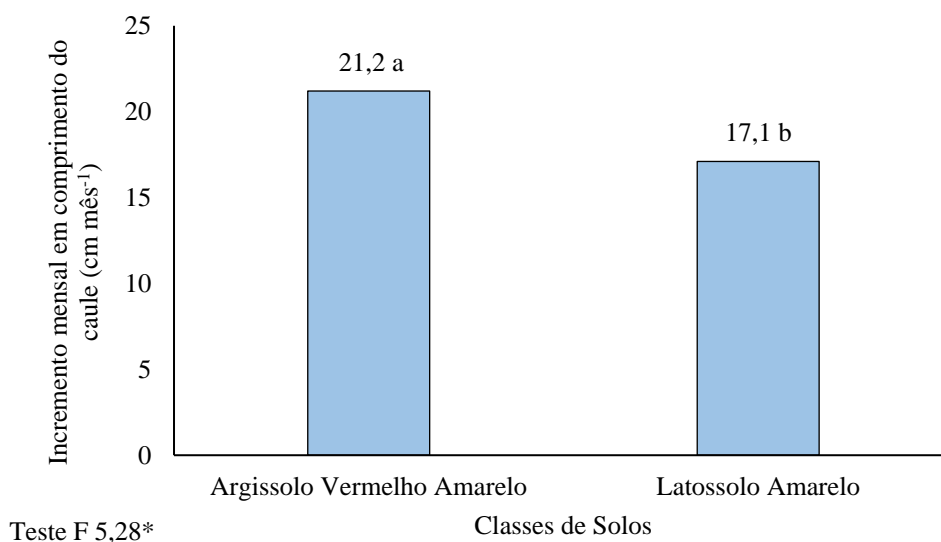


Figura 3. Efeito da adubação mineral com macronutrientes nas taxas de incremento mensal do comprimento do caule, em mudas de enxada-verde (*Calopogonium mucunoides*), para duas classes de solo de terra firme da Amazônia Central.

O crescimento inicial das mudas de enxada-verde também foi influenciado pela disponibilidade de macronutrientes nos solos avaliados, e as medidas da evolução em comprimento do caule estão apresentadas na Figura 4. Foi verificado que aos 24 dias após a semeadura, ainda não haviam diferenças significativas entre as plantas, no comprimento do caule, mas aos 44 dias as plantas que não receberam adubação com K e Ca apresentavam as menores médias de crescimento, comparadas com o tratamento completo e com omissão de N, efeito que foi atenuado nas avaliações feitas aos 64 dias. Aos 84 dias após a semeadura, as plantas de enxada-verde que cresciam sem adubação com N apresentavam a maior média de comprimento de rama, superando significativamente ( $P < 0,05$ ) aquelas que cresciam em solo sem adubação. Comparativamente, as plantas que cresceram em solo que recebeu

macronutrientes exceto N, aos 84 dias, apresentavam comprimento do caule 33,9% maior que as estabelecidas em solo não adubado.

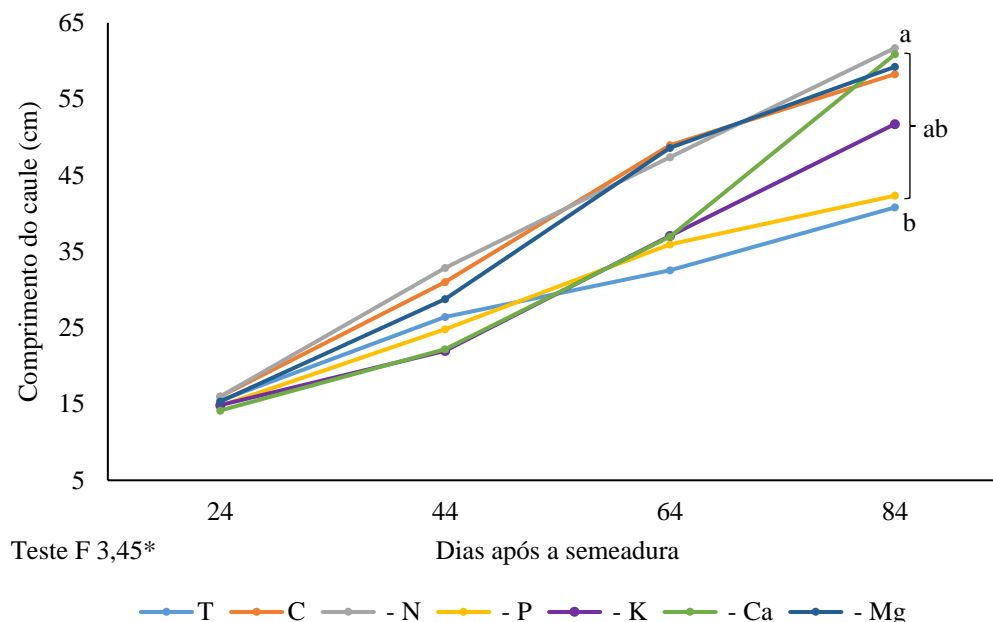


Figura 4. Efeito da omissão de macronutrientes na evolução das medidas do comprimento do caule, em mudas de enxada-verde (*Calopogonium mucunoides*), para duas classes de solos de terra firme da Amazônia Central.<sup>\*1 \*2 \*3</sup>

<sup>\*1</sup> - T – Testemunha: solo não adubado; C – Completo: adubação com N + P + K + Ca + Mg e tratamentos com omissão de cada macronutriente. <sup>\*2</sup> - Valores médios para as classes de solo Argissolo Vermelho Amarelo e Latossolo Amarelo. <sup>\*3</sup> - Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade ( $P < 0,05$ ), empregando-se o teste de Tukey.

Moreti et al., (2011) avaliando a omissão de nutrientes em mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*) em Latossolo Vermelho Distroférrico, constataram, aos 60 dias, valores significativamente superiores de altura da planta para o tratamento em que houve omissão de N. Tais valores equipararam-se ao tratamento completo, sugerindo a capacidade da espécie em tolerar ambientes com baixa disponibilidade de nitrogênio. Em concordância Vieira et al. (2014), buscando identificar a sintomatologia visual das carências de macronutrientes, avaliar o crescimento e a qualidade de mudas de mogno africano (*Khaya anthotheca*), cultivadas em solução nutritiva, aos 90 dias, verificaram que o comprimento do caule não foi afetado pela omissão dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S. Contrariamente, Locatelli et al. (2007), avaliando o crescimento em altura, diâmetro do colo e produção de matéria seca de mudas de cedro rosa (*Cedrela odorata* L.), em solução nutritiva, aos 45 dias, verificaram que o



comprimento do caule e o diâmetro foram afetados significativamente pela omissão dos macronutrientes N, P, Ca e Mg.

A adubação com macronutrientes, também influenciou significativamente ( $P < 0,05$ ), a velocidade de crescimento das plantas de enxada-verde em seu incremento mensal em comprimento do caule, que, entre os macronutrientes, foi menos afetada pela omissão de Ca e N (Figura 3). Assim, as médias de incremento mensal em comprimento do caule em plantas que não receberam N ou Ca foram maiores, em taxas de 44,3% e 45,7%, respectivamente para estes nutrientes, comparado a de plantas não adubadas.

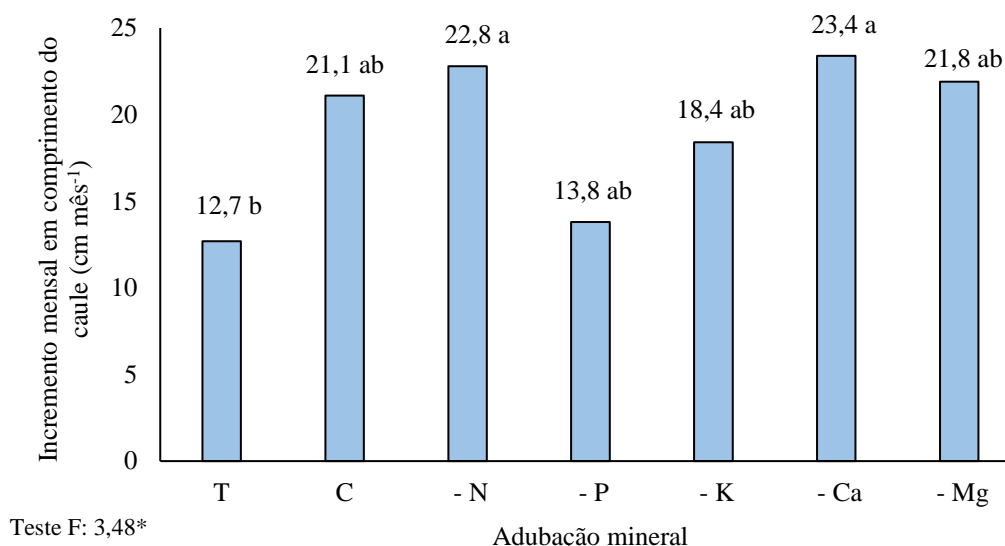


Figura 5. Efeito da omissão de macronutrientes nas taxas de incremento do comprimento do caule, em mudas de enxada-verde (*Calopogonium mucunoides*), para duas classes de solos de terra firme da Amazônia Central.<sup>\*1 \*2 \*3</sup>

<sup>\*1</sup> - T – Testemunha: solo não adubado; C – Completo: adubação com N + P + K + Ca + Mg e tratamentos com omissão de cada macronutriente. <sup>\*2</sup> - Valores médios para as classes de solo Argissolo Vermelho Amarelo e Latossolo Amarelo. <sup>\*3</sup> - Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade ( $P < 0,05$ ), empregando-se o teste de Tukey.

Os resultados apresentados na Figura 3, evidenciam que existe, nos solos estudados, uma importância nutricional do K e principalmente do P na expansão do caule, considerando as baixas respostas observadas quando estes nutrientes são omitidos. A literatura ratifica que a baixa disponibilidade de fósforo nos solos brasileiros deve-se ao material de origem e à forte interação do P com os colóides do solo, com menos de 0,1% desse elemento encontrado na solução do solo (Nunes et al., 2011). A deficiência de fósforo nas plantas pode reduzir a

respiração e a fotossíntese, retardando ou paralisando o crescimento celular, causando declínio na produção de biomassa e sementes, atraso na brotação, redução da emergência foliar e desenvolvimento de raízes secundárias (Veigas et al., 2013).

## 5.2. Efeito da omissão de macronutrientes nos solos Argissolo Vermelho Amarelo e Latossolo Amarelo sobre a partição de biomassa em mudas de enxada-verde

Uma das características das espécies de leguminosas herbáceas selecionadas para cultivo como forragem, adubo verde ou cobertura do solo é a sua habilidade de prosperar em diferentes condições de solo, o que evidencia sua rusticidade. Assim, aos 84 dias após a semeadura, não houve diferenças significativas ( $P>0,05$ ), no fracionamento de biomassa seca de enxada verde, para a parte aérea, folhas, caule, raízes e biomassa total seca (Tabela 2). Essa habilidade de se desenvolver em diferentes solos, é uma evidência de que esta leguminosa herbácea pode, potencialmente, ser melhor aproveitada nos agrossistemas de terra firme locais, onde a agricultura é praticada em solos Argissolos e Latossolos.

Tabela 2. Efeito da adubação mineral com macronutrientes em duas classes de solos de terra firme da Amazônia Central, sobre a biomassa da parte aérea, folhas, caule, raízes e total, em mudas de enxada-verde (*Calopogonium mucunoides*), aos 84 dias após a semeadura.\*<sup>1</sup>

Classes de solo	Biomassa seca (mg)				
	Parte aérea	Folhas	Caule	Raízes	Total
Argissolo Vermelho Amarelo	150 a	88 a	61 a	10 a	167 a
Latossolo Amarelo	155 a	96 a	58 a	11 a	160 a
Teste F	0,15 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>
Coef. variação (%)	38,96	49,48	34,66	41,22	38,47

\*<sup>1</sup> – Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade ( $P<0,05$ ), empregando-se o teste de Tukey. <sup>ns</sup> – não significativo.

De acordo com Fageria (et al. 2009), a inclusão de plantas de cobertura nos sistemas de cultivo é uma importante estratégia para melhorar a produtividade de culturas anuais e perenes cultivadas em solos pouco férteis da região tropical. A maioria dos solos da América tropical são Latossolos e Argissolos. Esses solos são ácidos e de baixa fertilidade. Existe um grande número de culturas de cobertura de leguminosas que podem ser tolerantes aos

estresses abióticos predominantes, como acidez do solo e baixa fertilidade (Fageria et al. 2011).

As plantas de enxada-verde, que não apresentaram diferenças significativas entre os solos para a compartimentação de biomassa após a secagem, apresentavam a biomassa da parte aérea fresca mais tenra em solo Latossolo que no Argissolo ( $P < 0,01$ ), e essa diferença foi destacada na Figura 6.

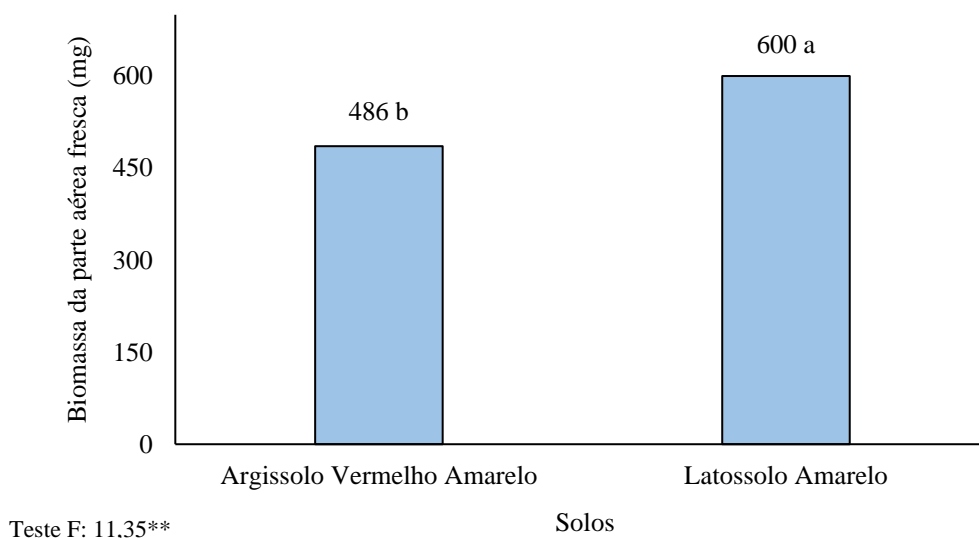


Figura 6. Efeito da adubação mineral com macronutrientes em duas classes de solo de terra firme da Amazônia Central, sobre a biomassa da parte aérea fresca em mudas de enxada-verde (*Calopogonium mucunoides*), aos 84 dias após a semeadura.

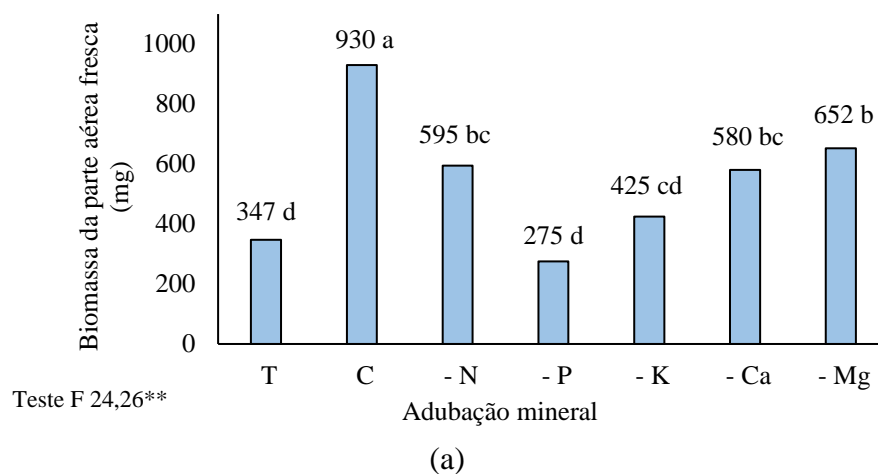
\*<sup>1</sup> – Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 1 % de probabilidade ( $P < 0,01$ ), empregando-se o teste de Tukey.

Sabe-se que na fração granulométrica do solo, as argilas tem maior capacidade de retenção de água que a fração arenosa (Lepsch 2016), sugerindo que os Latossolos, por armazenarem mais água, favorecem sua absorção, comparado aos Argissolos, que possuem maior dreno pela maior presença de cristais de areia. Após o corte, as plantas de enxada-verde que cresceram no Latossolo produziram maior quantidade de biomassa da parte aérea fresca que em Argissolo, um incremento estimado em 19,0%, ao passo que se compararmos a biomassa da parte aérea seca para comparações entre os dois solos, esse incremento é de somente 3,3% e não foi significativo ( $P > 0,05$ ).

Além da rusticidade, evidenciada pela habilidade da espécie em se estabelecer em diferentes condições edafoclimáticas, a produção de biomassa fresca palatável é uma

característica desejável entre as forrageiras. A produção de parte aérea tenra, em suas partes foliares e talos, é também valorizada em cultivos agrícolas, nas variadas técnicas agroecológicas relacionadas à adubação verde, facilitando o corte, manuseio e trituração, quando é feita com incorporação direta no substrato.

O desenvolvimento inicial das plantas de enxada-verde, foi afetado em resposta a omissão de macronutrientes, entre os adubos minerais aplicados ao solo, sendo identificadas diferenças significativas ( $P < 0,01$ ), na partição de biomassa da parte aérea fresca ou seca e para as folhas secas, 84 dias após a semeadura (Figura 7). Como verificada, a oferta completa dos macronutrientes na recomendação de adubação, favorece a expressão de desenvolvimento da planta, comparado aos solos onde um ou todos os macronutrientes foram suprimidos, o que se aplica para parte aérea e folhas de enxada-verde. Assim, nos solos adubados ( $P < 0,01$ ), a resposta das plantas a oferta de macronutrientes, foi 62,7, 68,1 e 72,9, maior que em solo não adubado, para a biomassa parte aérea fresca, parte aérea seca e foliar, demonstrando a alta demanda destes solos por nutrientes essenciais.



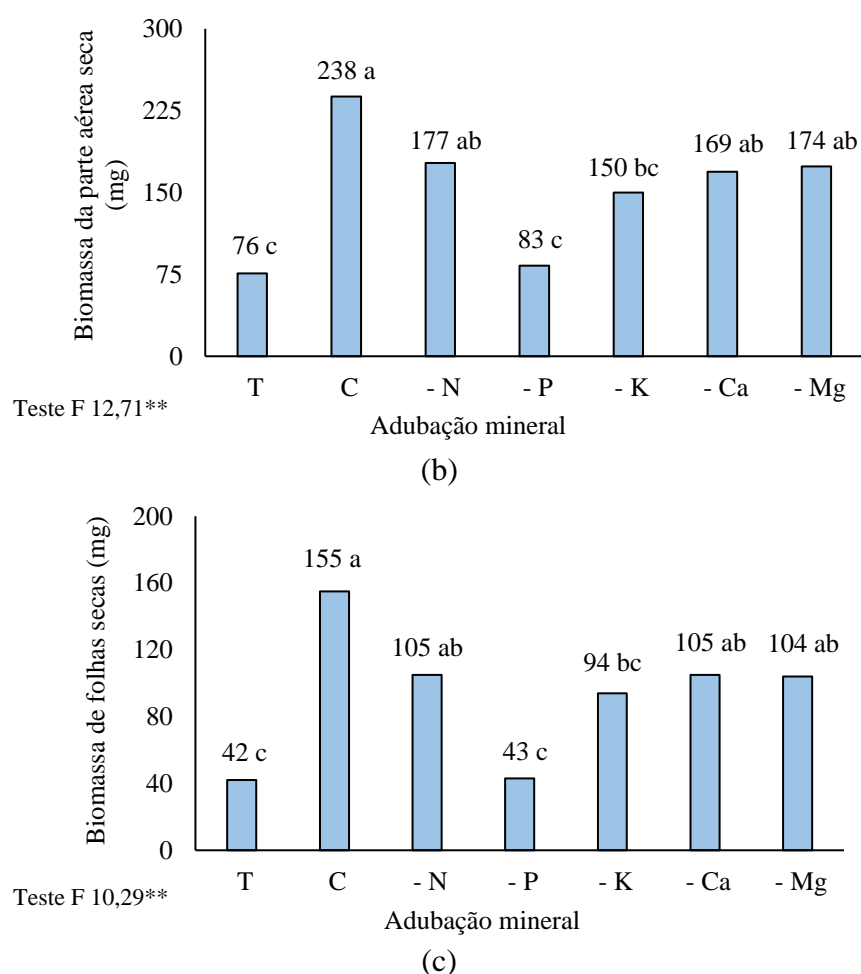


Figura 7. Efeito da omissão de macronutrientes em duas classes de solos de terra firme da Amazônia Central, na biomassa da parte aérea fresca (a), seca (b) e das folhas (c), em mudas de enxada-verde (*Calopogonium mucunoides*), aos 84 dias após a semeadura.<sup>\*1 \*2 \*3</sup>

<sup>\*1</sup> - T – Testemunha: solo não adubado; C – Completo: adubação com N + P + K + Ca + Mg e tratamentos com omissão de cada macronutriente. <sup>\*2</sup> - Valores médios para as classes de solo Argissolo Vermelho Amarelo e Latossolo Amarelo. <sup>\*3</sup> - Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 1 % de probabilidade ( $P < 0,01$ ), empregando-se o teste de Tukey.

A ausência de um dos macronutrientes aplicados aos solos, afetou a biomassa da parte aérea fresca de enxada-verde, em diferentes graus de importância, e, evidenciou a menor influência do Mg e uma drástica limitação de desenvolvimento das plantas na ausência de P (Figura 7a). Na omissão de P, o acúmulo de biomassa da parte aérea fresca nas plantas não diferiu daquelas no solo não adubado, com biomassa média inferior a este. Constatou-se que a omissão de K, também afetou o desenvolvimento da biomassa foliar fresca, apontando sua importância. Na adubação com macronutrientes, a omissão de N e Ca afetaram a biomassa

foliar fresca em grau comparável ao observado com a omissão de Mg. A adubação completa sobressaiu a todos os tratamentos atingindo as maiores médias.

Como o esperado, a biomassa da parte aérea seca de enxada-verde foi afetada de modo similar ao da parte aérea fresca, em resposta as condições de omissão de macronutrientes ao solo, e evidenciou a importância do suprimento adequado de P para o desenvolvimento das plantas (Figura 7b). O K, também foi importante, ao passo que as respostas das plantas à omissão de N, Ca e Mg, igualaram-se no acúmulo de matéria foliar após a secagem.

A biomassa foliar seca, também foi afetada pelas condições de adubação, referendando seu efeito no peso da parte aérea fresca ou após secagem, ou seja, o P foi o elemento mais condicionante, destacando-se também aqui a o efeito restritivo da omissão de potássio para o desenvolvimento foliar (Figura 7c). Na ausência de fósforo, a biomassa foliar teve resposta quase similar ao de plantas do tratamento controle, ou seja, aquelas sem a oferta de macronutrientes, evidenciando a necessidade de adubação com P para incremento do desenvolvimento vegetal. Quando o K foi omitido entre os macronutrientes, na comparação de biomassa foliar com as plantas que receberam adubação completa foram quantificadas em 39,3%, ao passo que para o fósforo foi de 72,3%.

Nas variáveis analisadas anteriormente, constatou-se que o P foi o elemento que mais inibiu o desenvolvimento das plantas. O fósforo é um nutriente onipresente no metabolismo das plantas, estando presente em diversas atividades bioquímicas importantes, sendo parte do DNA, RNA, ATP, dentre outros, sendo que sua ausência afeta o desenvolvimento das plantas (Epstein e Bloom, 2004)

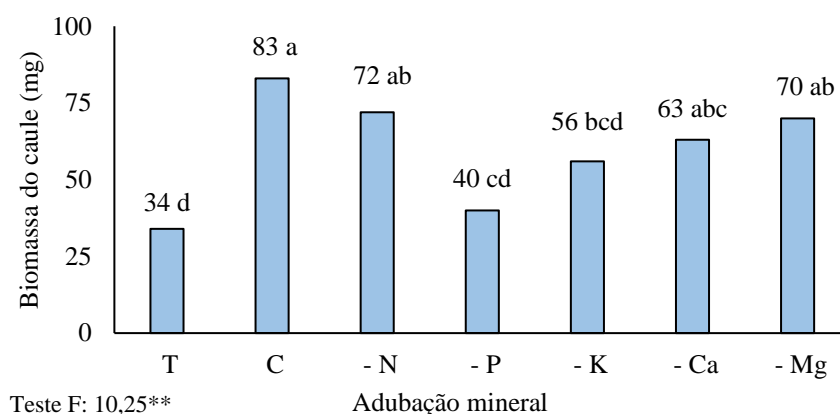
Ramos et al. (2020) avaliando o crescimento de *Dioclea apurensis* e *Bauhinia longipedicellata* em substrato de resíduos de mineração, constataram que a adição de NPK e micronutrientes incrementou um crescimento da planta satisfatório, em relação a testemunha para as duas Fabaceas. Por outro lado, Wallau et al (2008), avaliando a sintomatologia de nutrientes em mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) cultivadas em solução nutritiva, obteve que, com exceção dos tratamentos -S, -Zn, -Mg e P, na omissão dos outros nutrientes houve uma redução na produção de massa seca total, especialmente na omissão de N, K, Ca e Cu indicando maior demanda desses nutrientes na fase inicial de desenvolvimento

da planta. Moretti et al. (2011), ao avaliar as exigências nutricionais e o efeito da omissão de nutrientes no crescimento de mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*), constataram que as omissões de N, P, S e Ca foram as que mais acentuadamente diminuíram a produção de biomassa seca da parte aérea (folhas e caules).

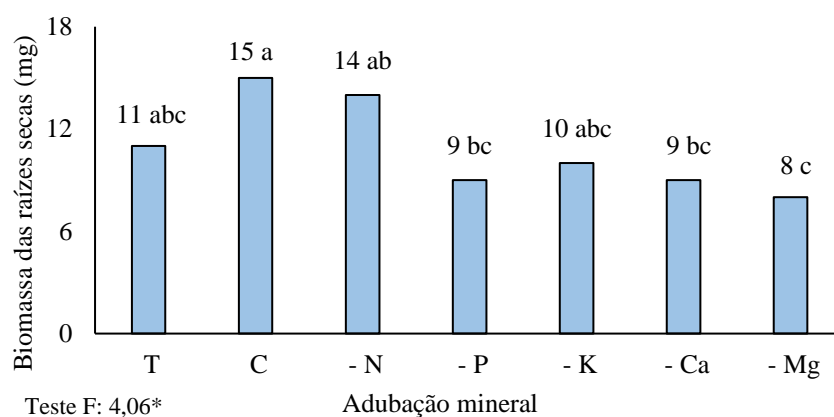
Nos solos de baixa fertilidade da Amazônia, N e P têm sido apontados, em muitas pesquisas, como os elementos mais limitantes a produção vegetal. Entretanto, em condições naturais, numerosas espécies de Fabaceae têm a habilidade de captar N<sub>2</sub> atmosférico quando em simbiose com rizóbios, e essa autonomia em N, promovida pela fixação biológica, pode evidenciar uma maior demanda por fósforo, que por N, naquelas leguminosas aparentemente não responsivas a omissão desse nutriente

As habilidades simbióticas ou associativas que muitas leguminosas estabelecem com microrganismos, como micorrizas e rizóbios, são uma importante participação na dinâmica de transformações químicas que envolve o ciclo biogeoquímico do N, muitas vezes permitindo sua autonomia pela fixação biológica de N<sub>2</sub>. A demanda acentuada por P, evidencia a atenção, nas formulações e recomendações de adubação para solos de terra firme. Neste caso, para numerosas espécies de leguminosas que constituem recursos de agrobiodiversidade as estratégias alternativas para absorção de N, podem favorecer as plantas de enxada-verde que cresceram na ausência de N, evidenciando a importância do suprimento adequado de P nesses solos. Para as espécies não leguminosas, o suprimento de N e P, respeitando-se as especificidades dos fertilizantes, é referendada.

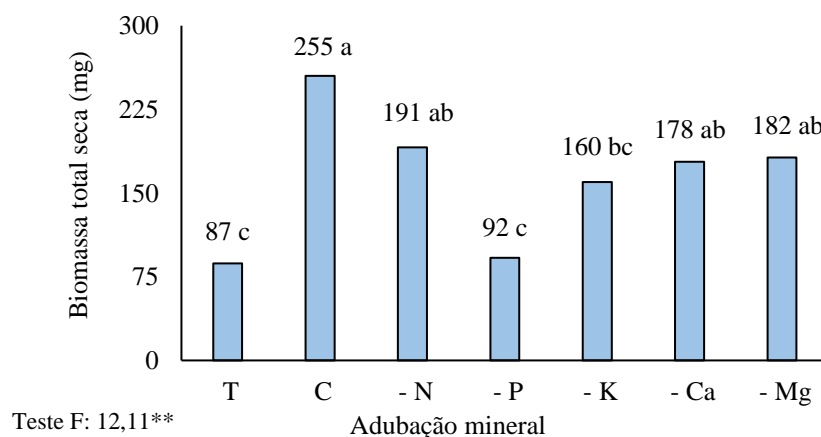
Em resposta às condições de adubação, foram também encontradas diferenças significativas na biomassa do caule ( $P < 0,01$ ), das raízes ( $P < 0,05$ ), e a soma total de biomassa ( $P < 0,01$ ) das plantas de enxada-verde (Figura 8).



(a)



(b)



(c)

Figura 8. Efeito da omissão de macronutrientes em duas classes de solos de terra firme da Amazônia Central, na biomassa do caule (a), das raízes (b) e total (c), em mudas de enxada-verde (*Calopogonium mucunoides*), aos 84 dias após a semeadura.\*<sup>1</sup> \*<sup>2</sup> \*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> - T - Testemunha: solo não adubado; C - Completo: adubação com N + P + K + Ca + Mg e tratamentos com omissão de cada macronutriente. \*<sup>2</sup> - Valores médios para as classes de solo Argissolo Vermelho Amarelo e Latossolo Amarelo. \*<sup>3</sup> - Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5 ou 1 % de probabilidade ( $P < 0,05$ ;  $P < 0,01$ ), empregando-se o teste de Tukey.



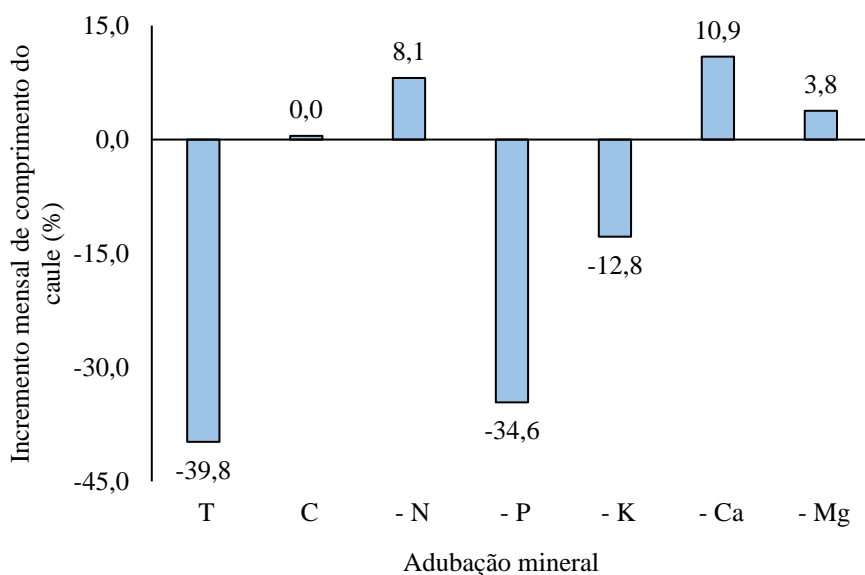
A biomassa do caule seco também foi reduzida na ausência de P, e também foi influenciada pela ausência de K, sendo esses os dois macronutrientes mais limitantes, nas condições de ensaio (Figura 6a). No desenvolvimento caulinar, nota-se uma menor demanda por N e Mg, que, comparativamente com plantas que receberam adubação completa, apresentaram queda de 13,2 e 15,6% de biomassa, ao passo que o desenvolvimento relativo sem P ou K, foi de 51,8 e 32,5%, respectivamente. De fato, na planta, N e Mg se acumulam muito mais nas folhas, o N por atender a demanda da síntese de proteínas dentre outras funções, e o Mg, por ser um elemento estrutural da molécula de clorofila, sendo diretamente envolvido com a parte verde da planta, onde processos fotossintéticos se estabelecem (Taiz et al, 2016).

Por outro lado, nos solos ácidos onde se desenvolveu, o sistema radicular de enxada-verde foi afetado na ausência de Mg, demonstrando-se que também ali este nutriente tem funções importantes (Figura 6b). De fato, a omissão de P, Ca e Mg na adubação com macronutrientes resultou nas menores médias de biomassa das raízes secas, que, comparados as plantas que receberam adubação completa, apresentaram perdas de 40,0% para P e Ca e de 46,7% para o Mg. A demanda por N no desenvolvimento radicular foi baixa, e não diferiu das plantas que receberam adubação completa, de fato, o N é muito móvel nos sistemas vasculares internos e suas formas iônicas deslocam-se com eficácia para a parte aérea da planta, e nas folhas sua função é mais acentuada.

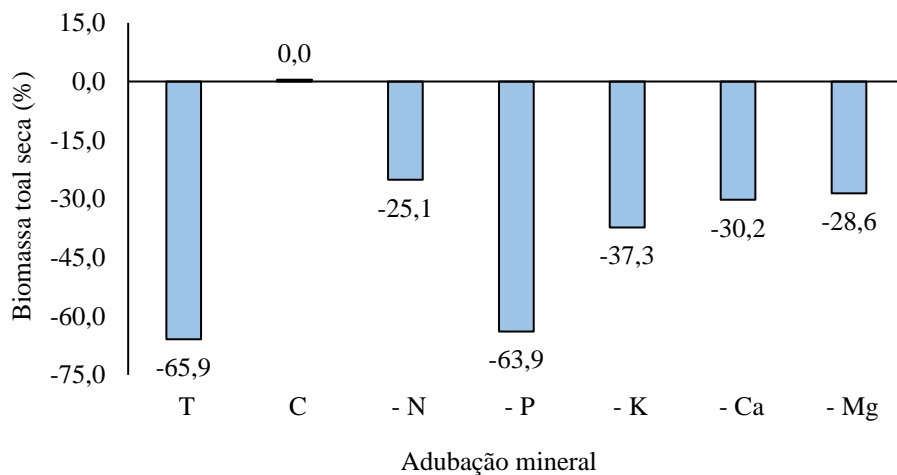
No desenvolvimento radicular de enxada-verde, não houve diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre as plantas que cresceram em solo que recebeu a adubação completa e as de solos não adubados, sugerindo que a omissão de um dos macronutrientes afeta o equilíbrio químico do solo, e, a demanda demarcada por um nutriente em menor concentração na solução do solo. Nos solos distróficos, uma das estratégias de estabelecimento das plantas é a ampliação de seu sistema radicular, em comprimento e volume, para incremento de sua capacidade de absorção de nutrientes essenciais. Em ambiente de escassez, as associações com fungos micorrízicos vesiculares também constituem uma estratégia eficiente para maior captação de nutrientes, já constatadas em muitas espécies cultivadas.

Considerando o detalhamento de partição da biomassa de enxada-verde e suas respostas as diferentes condições de adubação oferecidas, as médias obtidas para biomassa total seca de enxada-verde reforça a importância do P e K do desenvolvimento inicial, evidenciando sua maior tolerância a uma baixa oferta de Ca e Mg no solo, e, também, sua maior capacidade de absorção de N (Figura 6c). Considerando-se a lei de Liebig na nutrição mineral de plantas, em casos de maior estresse podem se manifestar sintomas de deficiência nutricional, comprometendo o desenvolvimento vegetal.

Algumas estimativas de rendimento relativo foram consideradas para esclarecer as principais condições de adubação que afetaram o estabelecimento inicial de enxada verde, e para destacar os nutrientes mais limitantes para a biomassa total seca, que expressou melhor as respostas, comparado a estas estimativas verificadas no incremento de crescimento mensal em comprimento do caule (Figura 9). Para tanto, a condição de adubação completa com macronutrientes foi usada como base para essas estimativas comparativas.



(a)



(b)

Figura 9. Estimativas de desenvolvimento relativo do incremento mensal em comprimento do caule (a) e da biomassa total seca (b), de mudas de enxada-verde (*Calopogonium mucunoides*) submetidas à omissão de macronutrientes, pela técnica do elemento faltante, em comparação à adubação completa, para duas classes de solos de terra firme da Amazônia Central.\*<sup>1</sup> \*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> – T – Testemunha: solo não adubado; C – Completo: adubação com N + P + K + Ca + Mg e tratamentos com omissão de cada macronutriente; \*<sup>2</sup> – Valores médios para as classes de solo Argissolo Vermelho Amarelo e Latossolo Amarelo.

Nas estimativas de incremento mensal de crescimento, o N, Ca e Mg foram pouco importantes, com taxas superiores ao das plantas que receberam todos os macronutrientes, ao passo que P foi o nutriente mais limitante, seguido do K (Figura 9a). Nas espécies herbáceas de crescimento indeterminado, como a enxada-verde, a velocidade de crescimento do caule e ramas, pode ser uma estratégia competitiva para ocupação do espaço do solo, especialmente no estabelecimento de novas áreas de pastagens, em sistemas consorciados com gramíneas. Assim, entre os macronutrientes, a omissão de P e K nas formulações de adubação para solo ácido pode afetar sua capacidade competitiva.

Se por um lado as taxas de incremento em crescimento mensal das ramas de enxada-verde foram afetadas pelo P e o K, as condições de adubação com macronutrientes pela técnica de elemento faltante, afetaram o rendimento relativo em biomassa total seca, para todos os macronutrientes, exceto enxofre, que não foi incluído, evidenciando o caráter distrófico dos solos para cultivo (Figura 9b). A maior restrição ao desenvolvimento da planta

em biomassa total seca foi verificada com a omissão de P, de tal modo que condicionou seu desenvolvimento em níveis comparáveis àquelas que cresceram em solo não adubado, estimados em  $\pm 1/3$  do obtido com a adubação completa dos macronutrientes. Com a omissão de K e o Ca, e também com valores bem próximos, o Mg,  $2/3$  do desenvolvimento da planta foi manifestado e  $1/4$  na ausência de N, que entre os macronutrientes aplicados resultou em menor restrição a biomassa total seca de enxada-verde. Aos 84 dias após a semeadura, o decréscimo na produção de biomassa total seca de enxada-verde, apresentou a seguinte ordem:  $-P > -K > -Ca > -Mg > -N$ .

Ressalva-se que a dominância de um dado nutriente depende dos níveis de acidez do solo e do balanço de íons presentes. Assim, embora se considere aqui a ação isolada que um dado elemento essencial pode exercer na demanda por nutrientes de um dado cultivo, o balanço de íons é mais importante que o nível absoluto presente. Desse modo, as necessidades de adubação devem também considerar características específicas do cultivo, tais como sua adaptação aos solos ácidos e a sensibilidade ou tolerância da espécie aos fatores associados a acidez, tais como a toxidez de  $Al^{+++}$  ou  $Mn^{++}$ , e aos baixos níveis de  $K^+$ ,  $Ca^{++}$   $Mg^{++}$ .

### **5.3. Efeito da interação entre solos e condições de adubação com macronutrientes nos solos sobre o comprimento do caule e biomassa total seca das mudas de enxada-verde**

A interação entre as variáveis solo e nutrientes afetou significativamente ( $p < 0,05$ ) os resultados em diferentes níveis. Na Tabela 3 estão apresentadas as interações entre solos e nutrientes sobre as taxas de incremento do comprimento do caule ( $cm\ m\ês^{-1}$ ) para as mudas de enxada-verde, aos 84 dias após a semeadura. Conforme pode ser observado, nas condições deste ensaio, as plantas cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo apresentaram desempenho superior às cultivadas em Latossolo Amarelo, com médias de  $21,2\ cm\ m\ês^{-1}$ . Entre os nutrientes avaliados no solo Argissolo Vermelho Amarelo, constatou-se que no tratamento que não foi aplicada a fonte de N, houve um aumento significativo na taxa de comprimento do caule. Já o tratamento testemunha, para este solo, foi o que mais limitou o crescimento das plantas (Tabela 3). Para o solo Latossolo Amarelo, na ausência do Ca as

plantas apresentaram maiores taxas de comprimento do caule (cm mês<sup>-1</sup>), por outro lado, o P foi o elemento que mais limitou esta variável.

Tabela 3. Efeito da interação entre duas classes de solos de terra firme da Amazônia Central e de tratamentos de adubação com macronutrientes, pela técnica de elemento faltante, sobre as taxas de incremento do comprimento do caule (cm mês<sup>-1</sup>), de mudas de enxada-verde (*Calopogonium mucunoides*), aos 84 dias após a semeadura. (n = 7)<sup>\*1 \*2</sup>

Adubação mineral	Classe de solo		Médias
	Argissolo Vermelho Amarelo	Latossolo Amarelo	
Testemunha	13,3 a C	12,0 b AB	12,7 B
Completo – C	19,6 a ABC	22,7 b AB	21,1 AB
C, sem N	32,3 a A	13,4 b AB	22,8 A
C, sem P	17,7 a BC	9,9 b B	13,8 AB
C, sem K	16,3 a BC	20,5 b AB	18,4 AB
C, sem Ca	20,9 a ABC	25,8 b A	23,4 A
C, sem Mg	28,2 a AB	15,7 b AB	21,9 AB
Médias	21,2 a	17,1 b	-

<sup>\*1</sup> – T – Testemunha: solo não adubado; C – Completo: adubação com N + P + K + Ca + Mg e tratamentos com omissão de cada macronutriente; <sup>\*2</sup> – Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si ao nível de 5 % (P<0,05) de probabilidade, empregando-se o teste de Tukey. Teste F 3,91\*; CV (%) 45,76.

A interação entre os solos Argissolo Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho Amarelo sobre a biomassa total seca (mg), não afetou significativamente (p<0,05) o desempenho das mudas (Tabela 4). No entanto, quando avaliou-se a interação entre nutrientes nos solos, obteve-se médias superiores para o tratamento que recebeu adubação completa no solo Latossolo Amarelo, 382 mg. Para a testemunha, C, sem N e C, sem P, a biomassa total seca foi significativamente afetada, sendo esses os nutrientes mais limitantes para as plantas neste solo.

Tabela 4. Efeito da interação entre duas classes de solos de terra firme da Amazônia Central e de tratamentos de adubação com macronutrientes, pela técnica de elemento faltante, sobre a biomassa total seca (mg) de enxada-verde (*Calopogonium mucunoides*), aos 84 dias após a semeadura. ( $n = 7$ ) <sup>\*1</sup> <sup>\*2</sup>

Adubação mineral	Classe de solo		Médias
	Argissolo Vermelho Amarelo	Latossolo Amarelo	
Testemunha	102 a B	71 a C	87 D
Completo - C	128 a B	382 a A	255 A
C, sem N	294 a A	88 a C	191 AB
C, sem P	101 a B	84 a C	92 CD
C, sem K	171 a B	150 a BC	160 BC
C, sem Ca	131 a B	225 a B	178 B
C, sem Mg	194 a AB	171 a BC	182 B
Médias	160 a	167 a	-

<sup>\*1</sup> - T – Testemunha: solo não adubado; C – Completo: adubação com N + P + K + Ca + Mg e tratamentos com omissão de cada macronutriente. <sup>\*2</sup> – Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si ao nível de 5 % ( $P < 0,05$ ) de probabilidade, empregando-se o teste de Tukey. Teste F 17,22; CV (%) 38,47.

No Argissolo Vermelho Amarelo, as maiores médias foram obtidas no tratamento sem adição de fonte nitrogenada, 294 mg, sendo a testemunha, e os tratamentos sem adição de P, K e Ca os que mais dificultaram o ganho de biomassa neste solo (Tabela 4).

## 6. CONCLUSÕES

Aos 84 dias após a semeadura, o decréscimo na produção de biomassa total seca de enxada-verde, apresentou a seguinte ordem:  $-P > -K > -Ca > -Mg > -N$ , sendo P e K os macronutrientes que mais limitaram o crescimento e produção de biomassa de enxada-verde.

A espécie estudada apresenta considerada eficiência de uso de N, mesmo que nas condições deste estudo não tenha sido observada formação de nódulos radiculares.

A sintomatologia observada consistiu apenas em redução do crescimento das plantas e diminuição do ganho de biomassa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abebe, T.; Wiersum, K.F.; Bongers, F. 2010. Spatial and temporal variation in crop diversity in agroforestry homegardens of southern Ethiopia. *Agroforestry Systems* 78: 309–322.
- Albuquerque, E. da S.; Souza, L.A.G. de. 2013. Efeito do substrato na formação de mudas de flemíngia (*Flemíngia macrophylla*) e tefrósia (*Tephrosia candida*) sob enviveiramento. In: Noda, H.; Souza, L.A.G. de; Filho, D.F. da S. (Orgs.), *Agricultura Familiar no Amazonas: Conservação dos recursos ambientais*, 1o edNERUA - CSAS - INPA, Manaus, AM, p.197–2018.
- ALCÂNTARA, P. B.; BUFARAH, G. *Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas*. 150p. il 1983.
- Alfaia, S.S.; Souza, L.A.G. de. 2002. Perspectivas do uso e manejo dos solos na Amazônia. In: Araujo, Q. reis de (Org.), *500 anos de uso do solo no Brasil*, 1o ed Editora da UESC, Ilhéus, BA, p.311–327.
- Andersson, M.S.; Schultze-Kraft, R.; Peters, M.; Hincapié, B.; Lascano, C.E. 2006. Morphological, agronomic and forage quality diversity of the *Flemingia macrophylla* world collection. *Field Crops Research* 96: 387–406.
- Andrade, R.H.M. de; Freitas, E.C.S. de; Paiva, H.N. de; Medeiros, R.A. de. 2018. Adubação fosfatada na produção de mudas de *Cassia ferruginea* e *Cassia grandis*. *Nucleus* 15: 41–49.
- Arruda, M.R.; Costa, J.R. 2003. Importância e alguns aspectos no uso de leguminosas na Amazônia. 1o ed Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM, 40p.
- Asare, E.O.; Shehu, Y.; Agishi, E.A. 1984. Preliminary studies on indigenous species for dry season grazing in the northern Guinea savanna zone of Nigeria. *Journal of Agricultural Science* 76: 325–328.
- Binh, D.B.; Tien, N.P.; Mui, N.T. 1998. Study on biomass yield and quality of *Flemingia macrophylla* and on soil fertility. Ministry of Agriculture: 137.
- Budelman, A. 1988. The decomposition of the leaf mulches of *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* and *Flemingia macrophylla* under humid tropical conditions. *Agroforestry Systems* 7: 33–45.
- Bufarah, G.; Alcântara, B.P. *Plantas forrageiras, gramíneas e leguminosas*. Nobel, São Paulo, 1999.
- Cardoso, E.J.B.N.; Andreote, F.D. 2016. Microbiologia do Solo. In: Andreote, F.D. (Org.) 2o ed ESALQ, Piracicaba, SP, 225p.
- Carvalho JM, Ramos SJ, Furtini Neto AE, Gastauer M, Caldeira Junior CF, Siqueira JO, Silva MLS (2017) Influence of nutrient management on growth and nutrient use efficiency



of two plant species for mineland revegetation. *Restor Ecol.* <https://doi.org/10.1111/rec.12572>

- Carvalho, José Eduardo. Controle integrado de plantas daninhas com uso de cobertura vegetal nas entrelinhas da tangerineira Ponkan em Cerro Azul, PR, e laranjeira Pera em Rio Preto da Eva, AM. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Brasília DF, 2015. Acessado em 20/02/2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/2280003/calopogonio>>.
- Cavalcante, C. O. Distribuição espacial de Leguminosas herbáceas em duas áreas de savana em Roraima. Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR: 2009. In: Dissertação de Mestrado do Programa de Recursos Naturais
- Costa, G.S.; Franco, A.A.; Damasceno, R.R.; Faria, R.S. 2004. Aporte De Nutrientes Pela Serapilheira Em Uma Área Degradada E Revegetada Com Leguminosas Arbóreas. *R. Bras. Ci. Solo* 28: 9.
- COSTA, N. L., TOWNSEND, C. R., MAGALHÃES, J. A., PEREIRA, R. G. A. Formação e manejo de pastagens de calopogônio em Rondônia. Porto Velho. 2p. (Embrapa-UEAPE Porto Velho. Comunicado Técnico, 34), 2001.
- Cunha, T.J.F.; Madari, B.E.; Canellas, L.P.; Ribeiro, L.P.; Benites, V. de M.; Santos, G. de A. 2009. Soil organic matter and fertility of anthropogenic dark earths (Terra Preta de Índio) in the Brazilian Amazon basin. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 33: 85–93.
- Epstein, E.; Bloom, A.J. 2006. *Nutrição Mineral: Princípios e perspectivas*. 2o ed Editora Planta, Londrina, PR, .
- Fernandes, E.C.M. 1997. The impact of selective logging and forest conversion for subsistence agriculture and pastures on terrestrial nutrient dynamics in the Amazon. *Ciência e Cultura* 49: 34–47.
- Franco, A.A.; Dias, L.; de Faria, S.; Francia Carneiro Campello, E.; M R Silva, E. 1995. Uso de leguminosas florestais noduladas e micorrizadas como agentes de recuperação e manutenção da vida do solo: Um modelo tecnológico. *Oecologia Brasiliensis* 01: 459–467.
- Freitas ECS, Paiva HN, Leite HG, Neto Oliveira SN. Crescimento e qualidade de mudas de *Cassia grandis* Linnaeus em resposta a adubação fosfatada e calagem. *Ciência Florestal* 2017, 27(2):509-519. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509827732> » <https://doi.org/https://doi.org/10.5902/1980509827732>
- Freitas, A.D. de S.; Vieira, C.L.; De Silva Santos, C.E.R.E.; Stamford, N.P.; De Lyra, M.D.C.C.P. 2007. Caracterização de rizóbios isolados de jacatupé cultivado em solo salino do estado de Pernambuco, Brasil. *Bragantia* 66: 497–504.
- Gonçalves, E. de O.; Paiva, H.N. de; Neves, J.C.L.; Gomes, J.M. 2008. Crescimento de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) sob diferentes doses de macronutrientes. *Revista Árvore* 32: 1029–1040.

- Graham, P.H. 1992. Stress tolerance in *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*, and nodulation under adverse soil conditions. *Canadian Journal of Microbiology* 38: 475–484.
- Guimarães, R.R.P. 2015. Avaliação da Qualidade Nutritiva da Biomassa Foliar de Leguminosas nativas Seleccionadas Para Adubação Verde em Agroecossistemas da Amazônia. INPA, 105p.
- Herling, V. R., Pereira, L. E. T.,. Leguminosas Forrageiras de Clima Tropical e Temperado. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, USP. Pirassununga, SP: 2016
- Herraiz, A.; Ribeiro, P.N.T. 2013. Promessas de Sustentabilidade: Sistemas Agroflorestais de Várzea e de Terra Firme na Calha do Rio Madeira, Sul do Amazonas. In: Tereza Moreira (Org.) 1o ed USAID, Humaitá, AM, 44p.
- ILDIS. 2005. International Legume Database and Information Service. International Legume Database and Information Service. (<http://www.ildis.org>). Accessed on 27 jun. 2019.
- Infozato, R. 1945. Estudo do Sistema Radicular de *Tephrosia candida* D. C. *Bagantia* 7: 49–54.
- Jordan, C.F. 1985. Nutrient cycling in tropical forest ecosystems. Principles and their application in management and conservation. John Wiley & Sons, New York, 185p.
- Lapointe, S.L. 2006. Leguminous Cover Crops and Their Interactions With Citrus and *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Florida Entomologist* 86: 80–85.
- LEPSCH, Igo F. Formação e conservação dos solos. Oficina de textos, 2ª Ed., 2016.
- Lojka, B.; Preininger, D.; Van Damme, P.; Rollo, A.; Banout, J. 2012. Use of the amazonian tree species *INGA edulis* for soil regeneration and weed control. *Journal of Tropical Forest Science* 24: 89–101.
- Luizão, F.J. 2007. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. *Ciência e Cultura* 59: 31–36.
- Maesen, L.J.G. van der. 2003. *Cajaninae* of Australia (Leguminosae: Papilionoideae). *Australian Systematic Botany* 16: 219–227.
- Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. De. 1989. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. In: Eurípedes Malavolta (Org.) 1o ed Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, Piracicaba, 201p.
- Mbuthia, L.W.; Acosta-Martínez, V.; DeBryun, J.; Schaeffer, S.; Tyler, D.; Odoi, E.; et al. 2015. Long term tillage, cover crop, and fertilization effects on microbial community structure, activity: Implications for soil quality. *Soil Biology and Biochemistry* 89: 24–34.
- Miller, R.P. 2009. Construindo a complexidade: o encontro de paradigmas agroflorestais. *Agrofloresta.net*: 21.

- Moreira, J.; Siqueira, F.M.S. 2006. Microbiologia e Bioquímica do solo. In: Lerner, M. (Org.) 2o ed Editora UFLA, Lavras, MG, 744p.
- MORETTI, B. S. et al. Crescimento e nutrição mineral de mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*) sob omissão de nutrientes. *Cerne*, Lavras, v. 17, n. 4, p. 453-463, out./dez. 2011
- MORETTI, B. S.; NETO, A. E. F.; PINTOS, S. I. C.; FURTINI, I.V.; MAGALAES, C. A. S. Crescimento e nutrição mineral de mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*) sob omissão de nutrientes. *Cerne*, Lavras, v. 17, n. 4, p. 453-463, 2011.
- Munguambe JF, Venturin N, Silva MLS, Carlos L, Silva DSN, Farias ES et al. Effect of deprivation of selected single nutrients on biometric parameters of cedar seedlings (*Acrocarpus fraxinifolius*) grown in nutritive solution. *African Journal of Agricultural Research* 2017, 12(39):2886-2894. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12384> » <https://doi.org/https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12384>
- NAGY, Laszlo; ARTAXO, Paulo; FORSBERG, Bruce R. Interactions between biosphere, atmosphere, and human land use in the Amazon basin: an introduction. In: *Interactions Between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2016. p. 3-15.
- Noda, H.; Machado, F.M.; Neto, R.A.C.; Filho, D.F. da S. 2013. Estabilidade da resistência genética da cultivar Yoshimatsu ao agente patogênico da “murcha bacteriana” do tomateiro. In: Noda, H.; Souza, L.A.G. de; Silva Filho, D.F. da (Orgs.), *Pesquisas Agronômicas para a Agricultura Sustentável na Amazônia Central*, 1o ed NERUA - CSAS - INPA, Manaus, AM, p.43–60.
- Nunes RDS, Sousa DMGD, Goedert WJ, Vivaldi LJ. Distribuição de fósforo no solo em razão do sistema de cultivo e manejo da adubação fosfatada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 2011, 35(3):877-888.
- Oliveira, F.L. de; Guerra, J.G.M.; Junqueira, R.M.; Silva, E.E. da; Oliveira, F.F. de; Espindola, J.A.A.; et al. 2006. Crescimento e produtividade do inhame cultivado entre faixas de guandu em sistema orgânico. *Horticultura Brasileira* 24: 53–58.
- Palmer MA, Ambrose RF, Poff NL (1997) Ecological theory and community restoration ecology. *Restor Ecol* 5(4):291–30
- Primavesi, A.M. 2008. Agroecologia e manejo do solo. *Agriculturas* 5, no 3: 7–10.
- Ramos, S.J., Gastauer, M., Mitre, S.K. et al. Plant growth and nutrient use efficiency of two native Fabaceae species for mineland revegetation in the eastern Amazon. *J. For. Res.* 31, 2287–2293 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11676-019-01004-w>
- Reis, V.M.; Teixeira, K.R. dos S. 2006. Fixação Biológica de Nitrogênio – Estado da Arte. In: Aquino, A.M.; Asis, R.L. (Orgs.), *Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável*, Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, p.151–180.

- Rizo, F.M. 2013. Uso de Cobertura Morta de *Flemingia macrophylla* na Produção Orgânica de Tomate Tipo Italiano. UFRRJ, 62p.
- Rochetko, J. M. 1995. Treatment and inoculation of the seed. Agroforestry for the peaceful technologie.
- Rodrigues, M. do R.L.; Teixeira, W.G.; Barros, M.E. de O.; Macedo, R.S.; Martins, G.C.; Ferraz, R.D.; et al. 2017. Uso do solo e adubação de espécies florestais nas condições edafoclimáticas da Base Petrolífera de Urucu, Coari, AM. 1o ed Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM, 44p.
- Roskov Y.R., Bisby F.A., Zarucchi J.L., Schrire B.D. & White R.J. (eds.) ILDIS World Database of Legumes: draft checklist, version 10 [published June 2006, but CD shows November 2005 date]. ILDIS, Reading, UK, 2006 [CD-Rom: ISBN 0 7049 1248 1] (also available here at <https://ildis.org/LegumeWeb10.01.shtml>)
- Rovedder APM, Suzuki LEAS, Dalmolin RSD, Reichert JM, Schenato RB. Compreensão e aplicabilidade do conceito de solo florestal. *Ciência Florestal* 2013, 23(3):517-528. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509810563> »  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5902/1980509810563>
- Santos, H.G. dos; Jacomine, P.K.T.; Anjos, L.H.C. dos; Oliveira, V.Á. de; Lumbreras, J.F.; Coelho, M.R.; et al. 2018b. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. rev e a ed Embrapa, Brasília, DF, 590p.
- Santos, H.G. dos; Zaroni, M.J.; Almeida, E. de P.C. 2018a. *Árvore do Conhecimento: Solos Tropicais*. Embrapa. ([https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONT000gmzitqc102wx5ok0liq1mq4i6tjgq.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gmzitqc102wx5ok0liq1mq4i6tjgq.html)). Accessed on 26 jun. 2019.
- Silva, P. de T.E. da; Brienza Júnior, S.; Yared, J.A.G.; Barros, P.L.C. de; Maciel, M. de N.M. 2008. Principais espécies florestais utilizadas em sistemas agroflorestais na Amazônia. *Rev. Ciênc. agrár.*, Bélem: 127–144.
- SINTOMAS DE DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS EM MUDAS DE MOGNO CULTIVADAS WALLAU, R. L. R. de et al. EM SOLUÇÃO NUTRITIVA Roberto Luiz Reginatto de Wallau<sup>1</sup>, Augusto Roberto Borges<sup>2</sup>, Diogo Rezende de Almeida<sup>3</sup>, Sânia Lúcia Camargos<sup>4</sup> (recebido: 2 de julho de 2007; aceito: 26 de setembro de 2008)
- Sousa, D.M.G. de; Lobato, E. 2017. *Latosolos*. Embrapa. ([http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01\\_96\\_10112005101956.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html)). Accessed on 26 jun. 2019.
- Sousa, D.M.G. de; Miranda, L.N. de; Oliveira, S.A. de. 2007. Acidez do Solo e sua Correção. In: Al., N. et (Org.), *Fertilidade do Solo*, 1o ed SBCS, Viçosa, MG, p.205–276.
- Stahl J, Ernani PR, Gatiboni LC, Chaves DM, Neves CU. Produção de massa seca e eficiência nutricional de clones de *Eucalyptus dunni* e *Eucalyptus benthamii* em função da adição de doses de fósforo ao solo. *Ciência Florestal* 2013, 23(2):287-295. DOI:

<https://doi.org/10.5902/198050989275>  
» <https://doi.org/https://doi.org/10.5902/198050989275>

- Stanley, T.D.; Ross, E.M. 1983. Flora of South-eastern Queensland. Queensland Department of Primary Industries 1.
- Stover HJ, Naeth MA, Wilkinson SR (2017) Relative performance of native cultivar and wild collected seed for grassland restoration. *Ecol Eng* 103(Part A):141–145
- Straliootto, R.; Rumjanek, N.G. 1999. Biodiversidade do Rizóbio que nodula o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e os principais fatores que afetam a simbiose. Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ, 53p.
- Sykes, W.R. 1970. Contributions to the flora of Niue. New Zealand Department of Scientific and Industrial Research Bulletin: 160.
- Teixeira, W.G.; Arruda, W.; Shinzato, E.; Macedo, R.S.; Martins, G.C.; Lima, H.N.; et al. 2010. Solos. 1. In: Maia, M.A.M.; Marmos, J.L. (Orgs.), Geodiversidade do Estado do Amazonas, 1o edCPRM, Manaus, AM, p.21.
- Tscharntke, T.; Clough, Y.; Bhagwat, S.A.; Buchori, D.; Faust, H.; Hertel, D.; et al. 2011. Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes - A review. *Journal of Applied Ecology* 48: 619–629.
- Vale Júnior, J.F. do; Souza, M.I.L. de; Nascimento, P.P.R.R.; Cruz, D.L. de S. 2011. Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável. *Revista Agro@Mambiente on-Line* 5: 158.
- Van Leeuwen, J.; Menezes, J.M.T.; Gomes, J.B.M.; Iriarte-Martel, J.H.; Clement, C.R. 1997. Sistemas agroflorestais para a Amazônia: importância e pesquisas realizadas. In: NODA, H.; SOUZA, L.A.G.; FONSECA, O.J.. (Orgs.), *Duas Décadas de Contribuição do INPA a Pesquisa Agrônômica no Trópico Úmido*, 1o edINPA, Manaus, AM, p.141–146.
- Veigas IJM, Sousa GO, Silva AF, Carvalho JG, Lima MM. Composição mineral e sintomas visuais de deficiências de nutrientes em plantas de pimenta-longa (*Piper hispidinervum* C. DC.). *Acta Amazonica* 2013, 43(1):43-50. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672013000100006>  
» <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S0044-59672013000100006>
- VILELA, H. Pastagem: Seleção de plantas forrageiras – Implantação e adubação. Editora Aprenda Fácil, Viçosa, MG, 283 p. 2005.
- White, R.O.; Nilsson-Leissner, G.; Truble, H.C. 1968. Las leguminosas en la agricultura. 1o ed Yugoslavia, 405p.
- Wutke, E.B.; Bulisani, E.A.; Mascarenhas, H.A.A. 1993. Curso sobre adubação verde no Instituto Agrônômico. Instituto Agrônômico, Campinas, 121p.