

POTENCIAL DA MUCUNA PRETA COMO ADUBO VERDE PARA
O ARROZ-DE-SEQUEIRO EM LATOSSOLO AMARELO
DA AMAZÔNIA

ROMILDO DA SILVA
Engº Agrº

Orientador: PROF. DR. TAKASHI MURAOKA

Tese apresentada à Escola Superior
de Agricultura "Luiz de Queiroz" da
Universidade de São Paulo, para
obtenção do título de Doutor em
Agronomia, Área de Concentração:
Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Janeiro de 1991

Silva, Romildo

S586p Potencial da mucuna preta como adubo verde para
o arroz-de-sequeiro em latossolo amarelo da Amazô-
nia. Piracicaba, 1991.

136p. ilus.

Tese - ESALQ

Bibliografia.

1. Adubo verde em arroz-de-sequeiro - Amazônia,
AM 2. Arroz-de-sequeiro - Adubação verde - Amazônia,
AM 3. Latossolo amarelo - Adubação - Amazônia, AM 4.
Mucuna preta como adubo - Potencial - Amazônia, AM
I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz,
Piracicaba

CDD 633.18

POTENCIAL DA MUCUNA PRETA COMO ADUBO VERDE PARA
O ARROZ-DE-SEQUEIRO EM LATOSSOLO AMARELO
DA AMAZÔNIA

ROMILDO DA SILVA

Aprovada em: 04.03.1991

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Takashi Muraoka	CENA/USP
Prof. Dr. Jorge de Castro Kiehl	ESALQ/USP
Prof. Dr. Luiz Antônio de Bastos Andrade	ESAL/LAVRAS
Prof. Dr. Paulo César Ocheuze Trivelin	CENA/USP
Prof. Dr. Valdemar Faquin	ESAL/LAVRAS



Prof. Takashi Muraoka
Orientador

A minha esposa Cleonice
e aos meus filhos Renato,
Rodrigo e Juninho

Dedico.

AGRADECIMENTOS

- A Dra. Siu Mui Tsai pela amizade e orientação inicial;
- Ao Dr. Takashi Muraoka pela amizade e dedicação na orientação do trabalho final;
- Coordenadoria de Pós-Graduação da ESAL, em especial ao Prof. Fabiano Ribeiro do Vale e Sra. Fátima; Elizabeth Silva Campos.
- Ao Curso de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP, Piracicaba, pela oportunidade, em especial ao Prof. Geraldo V. França;
- Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA - pela facilidades oferecidas;
- Aos amigos da Seção de Microbiologia do Solo, em especial à Francisco Montrazzi e Sr. Mário Bizetto pela valiosa colaboração neste trabalho;

- Aos pesquisadores e técnicos da Seção de Isótopos Estáveis e Hidrologia, em especial ao Dr. Paulo C. O. Trivelin, Neusa M. Augusti que colaboraram nas análises de ^{15}N ;
- A Eliane Z. Silvestre pela digitação deste trabalho;
- Em particular o Plínio B. Camargo, Paulo M. da Silva, José A. Bonassi, Roberto Bonetti, Marcelo M. Zacarias, Marisa C. Picolo, Marcos V. Cabral, Sr. Antonio Ferreira, Sra. Anésia Benassi e Márcio B. Gomide, pela colaboração na realização deste trabalho;
- A Seção de Pós-Graduação da ESALQ, em especial à sra. Dirce Alessi Pelegrino pela atenção e simpatia;
- A todos que direta ou indiretamente colaboraram na realização deste trabalho.

INDICE

	Pag.
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
RESUMO.....	xviii
SUMMARY.....	xxi
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISAO DE LITERATURA.....	05
2.1. Histórico.....	05
2.2. Adubação verde.....	07
2.3. Adoção da técnica da adubação verde no Brasil...	07
2.4. Efeito do adubo verde na utilização do nitro- gênio do fertilizante.....	09
2.5. Substâncias alelopáticas.....	10
2.6. Leguminosas para adubação verde.....	12
2.7. Potencial da leguminosa no fornecimento de ni- trogênio e recuperação do solo.....	13
2.8. Adubação verde para solo da amazônia.....	15
2.9. Nitrogênio para as plantas.....	18
2.10. Fósforo para as plantas.....	22
2.11. Cultura de arroz-de-sequeiro.....	23

3. MATERIAL E METODOS.....	27
3.1. Seleção da leguminosa.....	27
3.2. Marcação isotrópica da mucuna.....	28
3.3. Incubação do solo com mucuna - ^{15}N	31
3.4. Solo utilizado.....	32
3.5. Tratamentos e delineamento experimental.....	32
3.6. Planta teste.....	32
3.7. Colheita.....	34
3.8. Parâmetros avaliados.....	35
3.8.1. Produção de matéria seca total.....	35
3.8.2. Nitrogênio total na planta.....	35
3.8.3. Nitrogênio no arroz derivado da mucuna (NdMuc).....	35
3.8.4. Nitrogênio no arroz derivado do N-fixado pela mucuna.....	35
3.8.5. Fósforo na planta.....	35
3.8.6. Produção de grãos pelo arroz.....	35
3.8.7. Recuperação do nitrogênio da mucuna (%RNM).....	35
3.9. Fórmulas matemáticas.....	35
3.9.1. Porcentagem de nitrogênio fixado pela mucuna (NFixMuc) (FRIED & MÍDDELBOE, 1977).....	36
3.9.2. Nitrogênio da planta de arroz derivado do mucuna ^{15}N (% NdMuc).....	36

3.9.3. Análise estatística.....	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.1. Seleção da leguminosa.....	38
4.2. Marcação isotópica e outros parâmetros da mucuna.....	39
4.3. Produção de matéria seca total no arroz.....	40
4.3.1. Primeiro cultivo.....	40
4.3.2. Segundo cultivo.....	43
4.3.3. Matéria seca total acumulada no arroz... ..	48
4.4. Nitrogênio total na planta.....	49
4.4.1. Primeiro cultivo.....	49
4.4.2. Segundo cultivo.....	53
4.4.3. Quantidades de nitrogênio acumulado.....	58
4.4.4. Teor total acumulado.....	62
4.4.5. Concentração de nitrogênio na planta.....	62
4.5. Nitrogênio no arroz derivado da mucuna - NdMuc	65
4.5.1. Concentração de nitrogênio no arroz derivado da mucuna (mgMdNuc).....	65
4.5.2. Percentagem de nitrogênio no arroz derivado de mucuna (% NdMuc).....	76
4.6. Nitrogênio no arroz derivado do N-fixado pela mucuna (NdFixMuc).....	79
4.6.1. Porcentagem de nitrogênio no arroz derivado do N-fixado pela mucuna.....	79

4.6.2. Concentração de nitrogênio no arroz do N- fixado pela mucuna.....	82
4.7. Fósforo na planta.....	89
4.7.1. Teor de fósforo na planta.....	89
4.7.2. Concentração de fósforo na planta.....	96
4.8. Produção de grãos.....	101
4.9. Recuperação pelas plantas de arroz do nitro- gênio da mucuna (% RNM).....	107
5. CONCLUSÕES.....	112
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	114
APENDICE.....	135

LISTA TABELAS

- 1 - Resultados da análise química da amostra de Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa utilizado na marcação isotópica da mucuna..... 30
- 2 - Características químicas e físicas das amostras do Latossolo Amarelo da Amazônia coletado sob três condições de uso do solo..... 33
- 3 - Composição da solução utilizado no cultivo do arroz-de-sequeiro..... 34
- 4 - Esquema da análise da variância referente aos parâmetros avaliados..... 37
- 5 - Análises variância da produção de matéria seca total (colmos/folhas + grãos e raízes) do arroz no primeiro (1), segundo cultivo (2) e produção acumulada (3), aos 120 dias após emergência (DAE).. 41

- 6 - Valores médios para produção de matéria pelo arroz aos 120 DAE. Médias de 36 repetições..... 46
- 7 - Análises de variância do teor de nitrogênio (%) na (colmos/folhas + grãos, e raízes) nos dois cultivos e o teor acumulado do arroz aos 120 DAE.... 50
- 8 - Valores médios (%) dos teores de nitrogênio total na planta de arroz (colmos folhas + grãos + raízes) aos 120 DAE. Médias 36 repetições..... 51
- 9 - Teor de nitrogênio em % no arroz aos 120 DAE. em função da aplicação da mucuna, doses de fósforo e três condições de solos de Manaus. Média de 12 repetições..... 54
- 10 - Análise de variância da concentração de nitrogênio total na planta de arroz (colomos/folhas + grãos + raízes) nos dois cultivos e quantidade acumulada aos 120DAE..... 61
- 11 - Valores médios das concentrações de nitrogênio total no primeiro (1) e segundo cultivo (2) e o total acumulado pelo arroz no 120 DAE. Médias de 36 repetições..... 64

- 12 - Análise de variância da concentração de nitrogênio no arroz derivado da mucuna nos dois cultivos e produção acumulada (mgNdMuc)..... 66
- 13 - Valores médios das concentrações de nitrogênio no arroz derivado da mucuna no primeiro cultivo (1), segundo cultivo (2) e acumulada (3) aos 120 DAE. Médias 36 repetições..... 69
- 14 - Análise de variância da percentagem de nitrogênio no arroz derivado da mucuna (% NdMuc), no primeiro (1), segundo cultivo (2) e o acumulado (3) aos 120 DAE..... 76
- 15 - Teor de nitrogênio na planta de arroz derivado da mucuna (%NdMuc) aos 120 DAE. Médias de 12 repetições..... 77
- 16 - Análises de variância da percentagem de nitrogênio no arroz derivado do N-fixado pela mucuna (% NdFixMuc) no primeiro (1), segundo cultivo (2) e acumulado (3) aos 120 DAE..... 79
- 17 - Percentagem de nitrogênio no arroz derivado do N-fixado pela mucuna no primeiro (1), segundo cultivo (2) e acumulado (3) aos 120 DAE. Médias de 36 repetições..... 80

18 - Percentagem de nitrogênio na planta de arroz derivado N-fixado pela mucuna, no primeiro e segundo cultivos aos 120 DAE. Média de 12 repetições.....	82
19 - Análises de variância da concentração de nitrogênio no arroz derivado do N-fixado pela mucuna, no primeiro (1), segundo (2) e acumulado (3) aos 120 DAE.....	84
20 - Valores médios das concentrações de nitrogênio no arroz derivado do N-fixado pela mucuna no primeiro (1) segundo cultivo (2) e a quantidade acumulada (3) aos 120 DAE. Média de 36 repetições.....	85
21 - Análises de variância do teor de fósforo na planta toda (Colmo + folhas, grãos e raízes) no primeiro (1), segundo cultivo (2) e acumulado (3) aos 120DAE.....	91
22 - Valores médios do teor de fósforo no arroz, no primeiro (1), segundo cultivo (2) e total acumulado (3) nos dois cultivos ao 120 DAE. Médias de 36 repetições.....	92

23 - Teor de fósforo (%) nas plantas de arroz (colmos + folhas + raízes) no primeiro (1) e segundo cultivo (2) aos 120 DAE. Média de 12 repetições.....	93
24 - Análises de variâncias da concentração de fósforo, arroz, planta toda (colmo + folhas, grãos, raízes) aos 120 DAE.....	96
25 - Valores médios da concentração de fósforo no arroz no primeiro (1), segundo (2), cultivo e total acumulado (3) nos dois cultivos aos 120 DAE. Médias de 12 repetições.....	98
26 - Análises de variância da produção de grãos do arroz aos 120 DAE.....	102
27 - Valores médios da produção de grãos do arroz no primeiro cultivo (1), segundo cultivo (2) e produção acumulada (3) aos 120 DAE. Média de 12 repetições.....	104
28 - Recuperação do nitrogênio da mucuna (%RNM) pelo arroz em dois cultivos sucessivos. Médias de 12 repetições.....	109

LISTA DE FIGURAS

FIGURA

- 1 - Produção de matéria seca do arroz em função da mucuna (1) e fósforo (2) nas três condições de uso do solo..... 44
- 2 - Produção de matéria seca do arroz em função da mucuna e fósforo condições de (1- pastagem; 2- floresta; 3-queimada)..... 47
- 3 - Nitrogênio total no arroz (colmos + grãos + raízes) em função da mucuna (1) e fósforo (2) nas três condições de uso do solo..... 57
- 4 - Nitrogênio acumulado no arroz em função da mucuna nas condições de uso do solo (1- pastagem; 2- floresta; 3-queimada)..... 59
- 5 - Nitrogênio no derivado mucuna em função das doses de mucuna (1) e doses de fósforo (2) nas condições de uso do solo..... 69

- 6 - Nitrogênio no arroz derivado da mucuna em função das doses de mucuna e fósforo nas condições de pastagem (1); floresta (2) queimada (3)..... 72
- 7 - Nitrogênio no arroz derivado do N-fixado pela mucuna em função das doses de mucuna (1) e fósforo (2) nas três condições de solo..... 87
- 8 - Nitrogênio no arroz deriva do N-fixado pela mucuna nas doses mucuna e fósforo nas condições de pastagem (1); floresta (2) e queimada (3)..... 88
- 9 - Fósforo total no arroz em função da mucuna (1) e fósforo (2) nas três condições de uso do solo... 99
- 10 - Nitrogênio no arroz deriva do N-fixada pela mucuna em função doses de mucuna (1) e fósforo (2) nas três condições de solo..... 101
- 11 - Produção de grãos de arroz em função da mucuna (1) e fósforo (2) nas três condições de uso do solo..... 105

12 - Produção de grãos do arroz em função da mucuna e
fósforo nas condições (1 - pastagens; 2 -
floresta; 3 - queimada)..... 106

POTENCIAL DA MUCUNA PRETA COMO ADUBO VERDE PARA
O ARROZ-DE-SEQUEIRO EM LATOSSOLO AMARELO
DA AMAZÔNIA

Autor: ROMILDO DA SILVA

Orientador: TAKASHI MURAOKA

RESUMO

Avaliou-se em casa de vegetação o potencial da mucuna preta (*Styrolobium aterrinum* Piper e Tracy) como adubo verde para a cultura do arroz-de-sequeiro (*Oryza sativa* L.) cultivar IAC-47, em amostras de um Latossolo Amarelo da Amazônia, coletados sob três condições de uso: pastagens, floresta e queimada, submetido a três níveis de fósforo.

A mucuna foi marcada com ^{15}N - 10% e colhida aos 55 dias após emergência (DAE). Depois de 6 horas da colheita foi cortada em pedaços pequenos e incorporada na amostra de terra de 2kg e acondicionada em vasos de barro, onde se cultivou o arroz por 2 cultivos consecutivos sem suplementação com fertilizante. As quantidades de mucuna adicionada foram 20 e 40g de massa verde por vaso e as doses de fósforo foram 40 e 80mg de P_2O_5 por vaso.

A técnica da atividade da redução do acetileno (ARA) foi utilizada para avaliar a capacidade de fixação de

nitrogênio da mucuna no momento da colheita. A diluição isotópica do ^{15}N foi utilizada para quantificar o nitrogênio do ar fixado pela mucuna bem como a quantidade de nitrogênio transferido para o arroz.

A mucuna apresentou boa capacidade de fixar nitrogênio (69%) aos 55 DAE e uma produção de massa verde equivalente a 27t/ha. O nitrogênio no arroz derivado da mucuna foi de 42% do N-total e a fixação contribuiu com 28,4% do N transferido da mucuna para a planta de arroz.

O fósforo foi o que influenciou significativamente o desenvolvimento do arroz e a condição de uso do solo teve pouca influência no comportamento da planta nos tratamentos com 40 e 80mg P_2O_5 /vaso.

A recuperação do nitrogênio da mucuna pelo arroz, quando foram aplicadas 20g/vaso de mucuna (197mg N/vaso) e 40mg P_2O_5 /vaso, foi superior nas três condições de uso do solo quando comparada com os resultados na aplicação de 40g/vaso de mucuna e 80mg de P_2O_5 /vaso. Do total absorvido pela planta, aproximadamente 60% do N-mucuna, 80% foram assimilados no primeiro cultivo nos tratamentos com fósforo, sendo que nos tratamentos sem fósforo a maior absorção foi de 63-84% no segundo cultivo, com exceção do solo de queimada, que não apresentou diferenças significativas entre os dois cultivos.

Embora o desenvolvimento da planta no segundo ano tenha sido menor, a recuperação do nitrogênio da mucuna (%RNM) pelo arroz neste experimento atingiu 52, 61 e 59% com 197mg N-mucuna/ vaso e 40mg P₂O₅ e 49, 60 e 64% com 394mg N-mucuna/vaso e 80mg P₂O₅/vaso para pastagem, floresta e queimada, respectivamente. Isso indicou que dose intermediárias de mucuna e fósforo tiveram o mesmo efeito que o dobro dessas doses. No entanto, deve-se considerar que foram feitos apenas dois cultivos sucessivos do arroz e que os solos utilizados possuíam teor alto de matéria orgânica.

POTENTIALITY OF BLACK VELVET BEAN AS GREEN MANURE
FOR DRYLAND RICE GROWN IN AN AMAZONIC
YELLOW LATOSOL

Author: ROMILDO DA SILVA

Adviser: TAKASHI MURAOKA

SUMMARY

The potentiality of black velvet bean (*Stylozobium aterrimum* Piper e Tracy) as green manure for dryland rice (*Oryza sativa* L.) cv. IAC-47, grown in samples of Amazonic Yellow Latosol collected under three usage conditions: pasture, forest, burning treatment, subjected to three levels of phosphorus fertilization was evaluated.

Black velvet bean was labeled with 10% of ^{15}N and harvested at 55 days after emergence (DAE). Six hours after harvest it was chopped in small pieces and incorporated in a 2kg soil sample, placed in a pot and then cultivated for two consecutive years, without supplementation of any fertilization. The quantities of black velvet bean added to the soil were 20 and 40g of fresh weight per pot and phosphorus levels were 40 and 80 mg of P_2O_5 per pot.

The technique of acetylene reduction activity (ARA) was used at harvest to evaluate the ability of

nitrogen fixation by the black to velvet bean. ^{15}N - isotopic dilution was used to quantify the atmospheric nitrogen fixed by the black velvet bean as well as the amount of nitrogen transferred to the rice plant.

The black velvet bean presented at 55 DAE good ability for nitrogen fixation (69%) and 27t/ha of green mass production. The nitrogen of the rice plant derived from the black velvet bean accounted for 42% of the total N, and the fixed N contributed to 28,4% of the N transferred from the velvet bean to the rice plant.

Phosphorus was the nutrient which most influenced rice plant growth, and the conditions of soil usage had little effect on rice plant behavior, under the conditions of this experiment.

Nitrogen recovered from black velvet bean by the rice plant under the 20g per pot of the green manure (197mg of N/pot) and 40mg of P_2O_5 per pot, was higher in the three soil usages than the 40g per pot of black velvet bean and 80mg of P_2O_5 per pot treatment. From the total N taken up the rice plant, about 60% black velvet bean - N, 80% were assimilated in the first crop in the phosphorus treatments where as in the treatments without this element, the greatest absorption was 63 to 84% in the second crop, except in the soil under burning, which was not different in both crops.

Although rice plant growth in the second crop was smallest, black velvet bean - N accumulated in the rice plant reached 52%, 61%, and 59% in the 20g black velvet bean 40mg P_2O_5 per pot treatment, respectively for pasture, forest and burning. With 40g black velvet bean 80mg P_2O_5 per pot treatment, the nitrogen recovered were 49%, 60%, and 64% for pasture, forest, and burning, respectively. These results show that intermediary doses of black velvet bean and phosphorus had the same effects as doses twofold higher. However, we should consider that rice was cultivated only for two consecutive years and that the soils used were high in organic matter.

1. INTRODUÇÃO

O sistema de produção agrícola do Brasil, nos últimos anos, vem sofrendo da falta de recursos, principalmente dos insumos básicos, para manter se quer um nível de rendimento compatível com às necessidades da população. O pouco uso de práticas de conservação e melhoria das condições físicas e químicas levam ao empobrecimento do solo, refletindo na produtividade.

O manejo inadequado do solo pode, ao longo do tempo, trazer sérias consequências, exaurindo-o de suas reservas orgânicas e minerais, transformando-o em terras de baixa fertilidade (ANDRADE, 1982). Segundo MELLO & BRASIL SOBRINHO, (1960) nos solos tropicais onde existem condições favoráveis à ocorrência destes fenômenos, como por exemplo, decréscimo do conteúdo de matéria orgânica, torna-se necessário o emprego constante de práticas que visam minimizar este problema.

A alta produtividade de um solo é geralmente associada ao seu teor e quantidade da matéria orgânica (LAL & KANG, 1962). Esta tem efeito direto sobre as propriedades

físicas, químicas, físico-químicas e biológica, como por exemplo, a estruturação, fonte de nitrogênio, maior CTC e manutenção da flora microbiana refletindo no desenvolvimento da planta (KIEHL, 1985).

A manutenção da cobertura vegetal e sua incorporação no solo, independentemente da espécie, terá influência no desenvolvimento da cultura subsequente. Entretanto, as leguminosas possuem um maior potencial em relação às demais, devido a capacidade de fixar nitrogênio do ar, quando associados com bactérias dos gêneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* e *Azorhizobium*. Outra característica importante das leguminosas é a associação tríplice leguminosa-rizóbio-micorriza vesículo-arbuscular (MVA), como um meio de aumentar a produtividade das leguminosas, devido a maior modulação efetiva, consequência da maior absorção de fósforo (Barea & Azcon-Aguilar, 1983, citados por FAQUIN, 1988). Além destas características, o cultivo de certas espécies de leguminosas pode diminuir a infestação de nematóides (SHARMA et alii, 1982) e provocar modificações benéficas na estrutura do solo (JOFFE, 1955; KUMAR-RAO et alii 1983).

A grande variabilidade de espécies existente na família das leguminosas fez com que uma gama muito grande de finalidades sejam encontradas entre elas. Destacamos a alimentação, forragem, lenha, madeira, adubação verde e

matérias primas variadas. Dentre estas utilidades, destaca-se a adubação verde, visto que esta prática, além de fornecer quantidades expressivas de nitrogênio adquirido do ar, reservatório inesgotável do elemento importante para as plantas, contribui no aproveitamento e reciclagem de outros nutrientes adicionados, preservando assim um nível mais adequado durante o ciclo das culturas e melhoria na qualidade dos produtos.

No Brasil, a adoção da prática de adubação verde é muito pouco difundida entre os agricultores, devido a falta de conhecimento do seu potencial como fonte de nutrientes para as plantas e pela inexistência de um sistema de manejo adequado que evite a perda de um ano agrícola para produção de massa verde a ser incorporada.

A resolução dos problemas acima mencionado, como o primeiro deles, poderá ser feito através de técnicas da marcação isotópica (MURAOKA, 1984) e no segundo caso utilizar espécies destinada à adubação verde que possa ser cultivada na entressafra ou em consórcio com a cultura principal (VIEIRA, 1961).

O cultivo do arroz-de-sequeiro é praticado em todo território nacional ocupando maior área cultivada em relação ao sistema irrigado. No entanto, a produtividade é muito baixa, tendo em vista que a cultura é instalada em solos de baixa fertilidade, com problemas de regime de

chuva e falta de infra-estrutura para absorver um sistema de manejo mais tecnificado.

Assim a determinação do real potencial de espécies de leguminosas destinadas à adubação verde a fim de favorecer o desenvolvimento das plantas em solos de baixa fertilidade, traz um grande benefício para o médio e pequeno agricultor.

Tendo em vista as considerações apresentadas é objetivo deste trabalho, avaliar através da técnica da diluição isotópica ^{15}N , o potencial da mucuna preta (*Styrolobium aterrimum* Piper e Tracy) como adubo verde para o fornecimento de nitrogênio para cultura do arroz-de-sequeiro (*Dryza sativa* L.) cultivar IAC-47, adubados com 3 níveis de fósforo e cultivado durante 2 cultivos em amostra de solo da Amazônia, coletados sob 3 condições de uso da região.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Histórico

Desde que o homem deixou a exploração extrativa e passou ao cultivo intensivo do solo, estava preocupado em aumentar a produção de energia para manter a vida no globo terrestre. Atualmente, com a densidade populacional crescente e as constantes crises nos setores energéticos, esta preocupação torna-se mais proeminente, requerendo cada vez mais o aperfeiçoamento do setor produtivo, no sentido de economizar energia fóssil, através de utilização dos recursos naturais. Existem na natureza inúmeros sistemas interativos, os quais, uma vez compreendidos seus mecanismos de ação serão extremamente úteis para incrementar a produção, podendo oferecer uma alternativa viável para resolver pelo menos em parte a dependência do setor industrial.

Várias são as possibilidades de se favorecer a produção primária, sem contudo perturbar o ambiente. Dentre elas, a utilização das plantas na reciclagem dos nutrientes

e manutenção da fertilidade do solo é, do ponto de vista agrícola, a decisão mais sensata a ser tomada. Neste sentido, as plantas que, mesmo em solo de baixa fertilidade natural, conseguem acumular quantidades de nutrientes para outras culturas e que, quando incorporadas ao solo e decompostas não liberam compostos nocivos à cultura subsequente, poderão ser utilizadas como fonte de nutrição para plantas.

A prática de incorporação de plantas no solo com o objetivo de conservá-lo e/ou melhorar sua fertilidade para o cultivo subsequente é denominada de adubação verde. MONTOJOS & GARGANTINI (1963) relatam que as leguminosas foram cultivadas pelos suíços entre os anos de 5.000 a 4.000 a.C.. Referem-se ainda o plantio da soja entre 3.000 e 2.000 a.C. pelos chineses e o emprego das leguminosas na agricultura pelo egípcios. Apesar da importância na manutenção e/ou melhoria da fertilidade dos solos ser reconhecida desde os primórdios da agricultura, somente no século passado o fenômeno da fixação biológica do nitrogênio (FBN) foi explicada (MONTOJOS & GARGANTINI, 1963). Na literatura especializada encontra-se uma lacuna entre os anos 50 e 80 nas publicações referente à adubação verde, retomando seu interesse somente nos últimos dez anos; quando aumentou a importância desta prática,

principalmente considerando que as perspectivas na crise energética não teria solução a curto prazo.

2.2. Adubação verde

Em princípio, a técnica da adubação verde se justifica para solos de baixa fertilidade natural, o que ocorre na maioria dos solos da região tropical, desde que as espécies utilizadas se desenvolvam a contento. Dentre estas plantas, DUQUE et alii (1986) consideram as leguminosas como as mais promissoras, pela grande capacidade de absorver fósforo em solos de baixa disponibilidade. Talvez tão importante quanto esta, seja a capacidade de fixação simbiótica do N_2 , por esta família (ANDREW, 1978). DEMATTE (1988), considera que a fixação biológica do nitrogênio seja, sem dúvida nenhuma, um dos tópicos que deve ser focado no manejo de solo de baixa fertilidade. Entretanto, como se trata de sistema simbiótico entre leguminosa e rizóbio para aquisição de N atmosférico, certos requerimentos nutricionais e de acidez do solo devem ser observados (MUNS et alii 1978; HALLYDAY, 1979).

2.3. Adoção da técnica da adubação verde no Brasil

Adubação verde, rotação de culturas e o manejo

integrado de pragas constitui, pois, práticas de maior importância e prioridade, tanto por resultarem em sistemas biologicamente mais eficientes, como por reduzirem a poluição ambiental (FREITAS, 1984).

Adubos verdes vêm sendo utilizados há mais de trinta anos com excelentes resultados sob as mais diversas condições de produção, tanto no Estado de São Paulo (MIYASAKA, 1984) quanto no resto do país. Os benefícios resultantes da adubação verde podem ser aumentados pela inoculação com estripes de *Rhizobium* mais eficientes, associação micorriza, aplicações mais elevadas de fosfatos naturais e a inclusão de micronutrientes como, molibdênio e cobalto, justificando a multiplicação dos trabalhos de pesquisa e experimentação em todo país. (FRANCO & SOUTO, 1984) Segundo FREITAS (1984) se 1/4 da área utilizada na agricultura fosse praticada com adubação verde a quantidade de nitrogênio fixado da atmosfera representaria uma economia de cerca de 15 bilhões de dólares, além de racionalizar o uso de adubações fosfatada, através da utilização de fosfato naturais.

Embora encontra-se na literatura dados de pesquisas obtidos nas mais diversas instituições do país, os quais indicam um efeito favorável na produção agrícola, esta prática ainda continua restrita a um reduzido número de agricultores (FREITAS et alii, 1984).

A grande limitação do uso de leguminosas para adubo verde está na compatibilização do cultivo da cultura com a leguminosa na mesma área (FRANCO & SOUTO 1984), na perda de área de cultivo da cultura comercial (MIYASAKA, 1966) e dificuldade de determinar com precisão a real contribuição do adubo verde na nutrição das plantas comercialmente cultivadas (MURAOKA, 1984).

2.4. Efeito do adubo verde na utilização do nitrogênio do fertilizante

A eficiência na utilização do nitrogênio do fertilizante pelo trigo foi aumentada de 13% quando este foi cultivado após o cultivo de leguminosa, indicando que a leguminosa, antes de um cultivo, estabiliza a produção e melhora a qualidade do produto da cultura subsequente (BADARUDINN & MEYER, 1989). Na Austria o sistema de rotação mais economicamente eficiente é o que envolve ervilha - trigo - cevada (MAHLER & AULD, 1989). Outro efeito observado no trabalho de WADE & SANCHEZ (1983) feito na bacia amazônica, usando "mulching" e Kudzu no manejo do solo, foi uma diminuição na temperatura do solo, número de plantas invasoras e uma elevação do pH, diminuição da saturação de Al e aumento da disponibilidade de P, Ca, Mg, quando incorporou o Kudzu. PALM et alii (1988) comparou

produção de arroz (*Oryza sativa* L.) após adubação verde com *Sesbania* e constataram que aplicação de 440g *sesbania/m*² e 4,8g N/*m*² proporcionaram a maior produção. Este gênero de planta está sendo muito estudado no Senegal (DREYFUS, 1984 e 1985) na Índia (BHARDWAJ et alii 1988), sendo muito promissor para arroz inundado.

2.5. Substâncias alelopáticas

Quando se pensa em adubação verde, a intenção maior é o suprimento de nutrientes para as plantas no próximo cultivo. No entanto, a incorporação de massa vegetal possivelmente estará introduzindo no solo uma série de complexos orgânicos os quais após a decomposição da matéria orgânica pode dar origem a uma variedade de compostos menores. Estes em função do tipo de vegetal incorporado poderão ter uma influência diferenciada. Além disso, os exsudatos das raízes poderão também ter efeito no desenvolvimento da própria ou de outras espécies.

As substâncias alelopáticas liberadas pelas plantas e conhecidas até o presente momento pertencem, principalmente a um único agrupamento químico - a dos compostos fenólicos, geralmente na forma de ácidos. Muitas vezes são produzidas a partir de outros compostos (isoflavonóides, alcalóides) os quais, uma vez degradados

no solo, são finalmente transformados em ácidos fenólicos (LORENZI, 1984).

Entre estes, os mais frequentemente encontrados são ácido p-cumárico, ácido fenílico, ácido vanílico, ácido p-hidrobencóico-acético e ácido salicílico (CHOU & LIN, 1976; CHOU & PATICK, 1976). Este grupo de compostos pertence a uma das categorias de herbicidas mais usadas atualmente na agricultura - a dos fenoxiderivados. São herbicidas hormonais dos quais o mais popular é o 2,4D (ácido 2,4 dicloro-fenoxiacético).

Segundo CRISTIDIS & HARRISON (1955), os produtos da decomposição dos adubos verdes de várias leguminosas podem prejudicar não somente a germinação, mas também o desenvolvimento inicial das culturas implantadas. MIYASAKA et alii (1966) verificaram que o feijoeiro, após cultivo sucesivos com sorgo, diminui sensivelmente o "stand" da cultura. Abdel-Wahab (1984), citado por AZCON & OCAMPO (1984) e AMES et alii (1984) verificaram que certos produtos do exsudatos de plantas são importantes na colonização de fungos microrrízicos nas raízes de muitas plantas. A atividade microbiana é importante para a produtividade das culturas e reciclagem de nutrientes e podem ser alteradas pelo tipo de material introduzido pelas práticas culturas (DORAN et alii, 1987).

2.6. Leguminosas para adubação verde

As plantas de várias famílias, tais como crucíferas, convovuláceas e gramíneas, são utilizadas como adubo verde, mas em escala bem menor que as leguminosas do grupo das papilionóideas. Estas plantas, após incorporadas ao solo, constituem uma fonte potencial de N e de outros nutrientes para as culturas. Além destes efeitos sobre algumas propriedades do solo, em muitas espécies de leguminosas tem-se verificado efeito nematicida (SHARMA, et alii 1982). Um levantamento feito REDDY et alii (1989) verificaram que as leguminosas *Cajanus cajan*, *Crotalaria spectabilis*, *Indigofera hirsuta*, *Aeschynomene americana* e *Stylobium deeringian* reduziram a população de *Meloidogyne incognita* no solo a cada ano de plantio. *Vigna radiata* em solo não fumigado, seguido de rotação com *Indigo pilosa* e *Crotalaria*, reduziu a população de *Belomolaninus longicandatus*. Rotação com *Indigo pilosa* e cravo de defunto *Tagetis erecta* reduziu a população de *Pratilenchus brachyurus* sp. e *M. incognita*.

Segundo MORRIS et alii (1986a) as leguminosas tropicais de crescimento rápido com 30 a 40 dias de desenvolvimento fornece de 40 a 80 KgNha⁻¹ e que esta quantidade é menos eficiente que a correspondente de fertilizante inorgânico, mas que ambas fontes podem ser

combinadas para aumentar a eficiência de recuperação do N adicionado, pela cultura do arroz. Ainda MORRIS et alii (1986b) se 70 a 80 KgNha^{-1} for adicionado na forma de adubo aproximadamente 35 a 50% e recuperado pelo arroz. Desta maneira o adubo verde pode ser considerado como uma fonte complementar de nitrogênio.

Em experimento conduzido por DAKORA et alii (1987) onde testaram o efeito da adubação verde, amendôim e cowpea e fertilizante nitrogenados $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (0; 30; 60; 90 e 120 KgNha^{-1}), para produção de grãos e matéria seca do milho, verificaram que na dose zero de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ com a aplicação do adubo verde, a produção de grãos foi superior em 89 e 95% para amendôim e cowpea, respectivamente. Neste mesmo experimento observaram que o benefício do amendôim para milho foi o equivalente a 60KgN do fertilizante por hectare, isto é, a produção de grãos do milho nos tratamentos com zero de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ mais amendôim foi estatisticamente igual à aplicação de 60 KgNha^{-1} .

2.7. Potencial da leguminosa no fornecimento de nitrogênio e recuperação do solo

O potencial das leguminosas em fornecer nitrogênio para as plantas, além dos fatores do meio, está

na dependência da sua capacidade de fixar nitrogênio. Segundo MURAOKA (1984), tem-se dado pouca ênfase na quantificação da eficiência quanto ao fornecimento de nutrientes para as culturas. Isto se deve principalmente pela quantidade relativamente pequena de nutrientes contida nos adubos verdes, o que dificulta a avaliação de qualquer acréscimo no teor dos elementos na planta, causada pela aplicação do adubo verde.

Esta avaliação pode ser feita através da marcação do adubo verde com respectivos isótopos, como por exemplo ^{15}N , ^{32}P , ^{35}S etc, a qual permite quantificação exata de quantidades pequenas MURAOKA (1984). FRANCO & SOUTO (1984) apresentam a capacidade potencial, em $\text{KgNha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, de algumas leguminosas em fixar nitrogênio. Entre elas destacam a centrosema (112); estilosantes (30-196); guandu (41-280); feijão-de-porco (49-196); mucuna preta (157) e crotalaria (154). Entretanto, os autores alertam que a capacidade de fixar nitrogênio destas leguminosas depende da eficiência das estirpes nativas ou introduzidas, além dos fatores bióticos abióticos no sistema solo-planta.

A mucuna preta, também conhecida como feijão veludo, é de hábito de crescimento indeterminado, com ciclo de 5 a 6 meses, possui sementes grandes (650g 1000 sementes), duras, não sendo necessário escarificação, boa tolerância ao armazenamento, produz de 10 a 40t/ha de massa

verde, incorporando de 60 a 300kgN/ha dependendo das condições de ambiente e associa-se bem com culturas no final do ciclo (DUQUE et alii 1986).

2.8. Adubação verde para solo da amazônia

Os objetivos da adubação verde se estendem além do fornecimento de N. Nas áreas cujas características do solo e tipo de manejo adotado podem levar a uma degradação da fertilidade natural, esta prática é indispensável. Este fato, como em várias outras regiões do Brasil, ocorre nas áreas de cultivo da Amazônia, onde a maioria dos solos são Oxissóis com alto teor de argila e baixa concentração de óxidos de Fe (menos de 5%) com horizonte superficial raso. A retirada da vegetação deixa o solo desnudo, facilitando a erosão. Além disso, a baixa fertilidade é atribuída à baixa CTC, que é uma característica dos Oxissóis do Brasil, com lixiviação de nutrientes é muito grande, justificando a utilização de cobertura vegetal que proporciona ao agricultor itinerante da região uma possibilidade de produção mais eficiente a curto e longo prazo (DEMATTE, 1988).

SANCHEZ & SALINAS (1981) afirmam que culturas intensivas tendo como base a utilização de sistema de manejo tecnificado, somente se justificam em regiões que

apresentam condições de infra-estrutura adequada. Por outro lado, ficou também demonstrado, em seu trabalho, que a utilização de cultivos intensivos, com manejo inadequado, podem ocasionar degradação do solo. Infelizmente, grande parte da Amazônia Brasileira não possui ainda infra-estrutura adequada que permita instalar, em grande escala, o sistema intensivo de cultivo, com elevado nível de manejo, mesmo porque o custo da produção agrícola não pode competir com o Centro Sul do País. Para os autores, a solução mais viável no momento para melhorar as condições da região seria, a utilização de variedades tolerantes às condições de baixa fertilidade do solo; promoção do máximo retorno dos resíduos das culturas para o solo; maximização da produção por unidade de fertilizante aplicado; utilização das características favoráveis dos solos ácido e utilização da fixação biológica do nitrogênio.

DEMATTE (1988), levando em consideração condições precárias da Amazônia Brasileira, diz que não é interessante trabalhar com doses máximas econômicas, e sim com 80% da produção econômica, e reduzir para a metade a quantidade de fertilizante fosfatado. Sanchez (1985) citado por DEMATTE (1988) considera que alternando um ano de cultivo da cultura comercial com adubo verde, pode reduzir

a queda na produção por um período maior, considerando que após o segundo ano de cultivo a área é abandonada.

O Latossolo Amarelo (Oxissol, menos de 5% óxido de Fe) predomina na Amazônia e sua baixa fertilidade natural é resultante das condições gênese, pois são solos provenientes da evolução dos sedimentos caulíniticos do Terciário e Quaternário. Tais solos apresentam fertilidade química abaixo da média; no entanto, devido boas propriedades físicas que possuem, são perfeitamente agricultáveis, desde que a técnica agronômica adequada se faça presente, principalmente com o emprego de adubo organo-mineral e sistema de rotação de culturas.

Através da combinação de quatro gramíneas e cinco leguminosas, Sanchez (1985), citado por DEMATTE (1988), conseguiu uma produtividade em termos de ganho de peso do animal da ordem de 700kg/ha/ano contra 200kg/ha/ano em sistema de monocultivo. SANCHEZ & SALINAS (1984), utilizando sistema de rotação entre milho-arroz-soja e corretivo + fertilizante após 94 meses de cultivo verificou que, com exceção de K e do Zn, as concentrações dos demais elementos nos primeiros 15 cm aumentaram significativamente e o pH 4,0 na floresta natural passou para 5,7 no sistema de cultivo utilizado.

2.9. Nitrogênio para as plantas

A fonte primária de nitrogênio para as plantas se encontra na atmosfera, na forma de gás N_2 . Os principais meios pelos quais o nitrogênio é incorporado ao sistema solo-animal são pelos processos industriais e biológicos. Entre os processos biológicos, a associação de leguminosas-rizóbio constitui numa fonte importante de conversão de N_2 a NH_4^+ o qual é imediatamente assimilado pela planta. A aquisição do N diretamente do ar é privilégio de poucas famílias de planta, sendo que as mais conhecidas são as leguminosas pertencente ao grupo das Papilionoideae.

Com o uso de plantas melhoradas de alta produtividade, que exigem também maiores quantidades de fertilizantes, a exportação de nutrientes através dos produtos é muito grande, empobrecendo cada vez mais o solo, tornando o custo de produção muitas vezes inviável economicamente (DEMATTE, 1988).

Para contornar este problema, a própria natureza nos fornece mecanismos que, após compreendido seu modo de ação, podem auxiliar na minimização das dificuldades encontradas na produção agrícola. SIDIRAS & PAVAN (1985) consideram que as práticas de manejo que visam à cobertura e a proteção do solo com resíduos de plantas condicionam

uma acentuada recuperação da fertilidade e, conseqüentemente, um ambiente favorável ao desenvolvimento das plantas cultivadas. Para FREITAS et alii (1984) a combinação de corretivos químicos e materiais orgânicos podem ter efeitos no movimento de água, e de acordo com HOLANDA et alii (1984) as opções para restauração da fertilidade do solo, no Rio Grande do Norte, são a adubação mineral, adubação orgânica e pousio. A primeira é inacessível ao agricultor pelos elevados custos; o restabelecimento da fertilidade pelo pousio é pequeno sendo, portanto, a matéria orgânica a opção mais viável. BERTON et alii (1989) apresentam bons resultados com emprego do lodo urbano na produção do milho. O aproveitamento das associações plantas-microorganismos no aproveitamento e aquisição de nutrientes também contribui para produção vegetal. A fixação biológica do nitrogênio representa uma parcela muito grande no fluxo de nitrogênio para o solo, comparado com o processo industrial (SIQUEIRA & FRANCO et alii 1988; PAUL & CLARK, 1989). Neste aspecto, a associação leguminosas-rizóbio ocupa lugar de destaque (ALEXANDER, 1977), juntamente com o sistema Azolla-anabaena para sistema de arroz inundado.

A capacidade das leguminosas em fixar N atmosférico pode ser aproveitadas como fonte alternativa de

N para outras culturas, desde que o sistema seja ajustado de maneira adequada para cada condição.

A introdução de material orgânico no solo não garante uma disponibilidade total de N para as plantas, visto que a liberação e a manutenção do N no solo está na dependência dos processos microbiológicos. Segundo MORRIS et alii (1986), cerca de 25 a 50% do N é recuperado pelo arroz quando este é adicionado na forma de adubo verde. A incorporação de resíduos de *Medicago* marcado com ^{15}N revelou que 60 a 65% do N permaneceu no solo na forma orgânica por 32 semanas (Ladd, 1985 citado por DAKORA, 1987). O N na forma orgânica predomina no solo, com cerca de 98% do N total, sendo o restante na forma de nitrato e amônio (BARTHOLOMEW, 1965; SIQUEIRA & FRANCO, 1988). Uma vez que quase a totalidade do N absorvido pelas plantas é na forma inorgânica, e com a maior fonte é a forma orgânica, a sua disponibilidade é reduzida (ALEXANDER, 1977). A conversão em formas disponíveis para as plantas é feita através do processo de amonificação, que transforma N orgânico em amônia, sendo a seguir oxidado a nitrato pelo processo de nitrificação, a forma predominante e disponível para ser absorvida pelas plantas.

A disponibilidade de N para as plantas depende dos dois processos microbiológicos que ocorrem simultaneamente no solo, a mineralização e a imobilização.

A intensidade de cada processo é o que vai determinar a maior ou menor disponibilidade de nitrogênio em dado momento. Quanto maior for a diferença entre a C/N do material introduzido e a C/N da população microbiana, que é aproximadamente de 11 a 45 (ALEXANDER, 1977) em estado de equilíbrio no solo, maior será a imobilização, sendo o inverso também verdadeiro, desde que nenhum fator externo venha a alterar os processos. A quantidade e a composição dos materiais orgânicos influenciam diretamente o balanço do N mineral e total (KANAMORI & YASUDA, 1979), sendo que os processos de mineralização e mobilização podem ser avaliados por métodos diretos (BROADBENT & TYLER, 1962; HIROSE, 1973) ou pela liberação de dióxido de carbono pela amostra durante a decomposição (SHIELDS & PAUL, 1973).

Os processos de transformações do nitrogênio no solo estão sujeitos a influência de vários fatores ambientais, como pH (SILVA, 1947; KINJO et alii 1978) estado nutricional da planta (PRIMAVESI, 1974) temperatura e aeração (THIAGALINEAN & KANEHIRO, 1973; CASSAMANS & MUNS, 1980) e inididores químicos (SOUZA, 1988). Estes fatores, associados ao tipo de solo, tem influência muito grande nos processos de formação e perda de N, os quais, regulam sua disponibilidade no solo (JENKINSON & AYANABA, 1979).

2.10. Fósforo para as plantas

A literatura apresenta muitos trabalhos que relatam a deficiência de fósforo nos solos tropicais (KAMPRATH, 1973; VOLKWEISS & RAIJ, 1977; DEMATTE, 1988). A maioria dos solos brasileiros responde bem à adubação fosfatada, sendo que as quantidades requeridas para ótimo desenvolvimento das plantas são sempre maiores que aquelas utilizadas (RAIJ et alii 1982). Em um trabalho realizado por LOPES (1984), em 518 amostras coletadas nas regiões sob vegetação de cerrado em Minas Gerais e Goiás, verificou que 92% delas apresentaram teores de fósforo abaixo de 2ppm. O fósforo e o nitrogênio são os nutrientes que mais limitam a produção nas regiões tropicais, sendo que, para as leguminosas, a ter uma maior importância (ROY & KANWAR, 1979). RAMOS (1973) verificou efeito altamente significativo na interação fósforo e nitrogênio para a produção do trigo e ROY & KANWAR (1979) indicam que a melhor relação entre nitrogênio e fósforo é de 2:1 para a cultura do arroz.

No solo, as formas de ocorrência do fósforo está na dependência do pH, mas normalmente esse elemento encontra-se na forma de ortofosfato derivado do ácido fosfórico, ligado a óxidos de ferro e alumínio, cálcio e matéria orgânica. Em solos ácidos, os óxidos de ferro e

alumínio assumem grande importância e em solos neutros e alcalinos são encontrados os fosfatos de cálcio de baixa solubilidade (RAIJ et alii 1981).

As formas de fósforo orgânicos no solo são representadas pelos fosfolípidos e ácidos nucleicos que representa de 5 a 14% do total (HALSTEAD & MCKERCHER, 1973). O ácido fítico e os isômeros de inositol esterificado ocorreram em maiores proporções, constituindo cerca de 50% ou mais do fósforo orgânico (Anderson, 1967 e Evans, 1985) citados por ABBOUD (1986). A forma orgânica varia de 20 a 80% do fósforo total nos solos (HAYNES, 1984), justificando assim a atenção que se dá ao papel do fósforo orgânico na fração do solo em estudos de fertilidade.

O fósforo pode ter uma absorção facilitada pelas plantas através das associações micorrízicas (BONETTI, 1984; SIQUEIRA & FRANCO e PAULA et alii, 1988).

2.11. Cultura de arroz-de-sequeiro

A cultura de arroz no Brasil ocupa uma área de cerca de 5,4 milhões de hectares, com rendimento médio de 1.680Kg/ha, e o consumo "per capita" de 45Kg/ano. Seu cultivo se estende por todo território nacional, desde a Roraima até o Rio Grande do Sul, ocupando o 3^o lugar em

área colhida e o 4^o em valor de produção, sendo esta destinada totalmente ao consumo interno (BARBOSA FILHO, 1987).

Tradicionalmente no Brasil o sistema de cultivo predominante é o de sequeiro, com aproximadamente 60% da produção zocupando 76% da área cultivada (FAGERIA, 1984). O sistema irrigado contribui com 30% da produção e uma área cultivada de 12%. O restante é cultivado em terras baixas sem controle da irrigação (BLUMENSCHHEIN et alii, 1983). A maior parte do arroz irrigado está localizada nas áreas mais férteis, as várzeas, ao passo que o cultivo de sequeiro é feito nas áreas pouco férteis, principalmente nos solos sob vegetação de cerrados.

Como as demais culturas, o maior problema da produção de arroz no país é o da baixa fertilidade dos solos (FAGERIA, 1984) e as dificuldades de manter umidade compatível com as exigências da cultura (STONE, 1983). Em termos nutricionais, o fósforo é o mais limitante seguido pelo nitrogênio, sendo que os demais nutrientes exigidos em proporções menores, com exceção do potássio (FAGERIA, 1984).

O nitrogênio aumenta o número de perfilhos e com isso o número de panículas, aumenta também o número e tamanho dos grãos e o teor de proteínas. No entanto sabe-se que o nitrogênio é responsável pelo crescimento

vegetativo, que nem sempre é convertido em produção de grãos. Altas doses de N podem acarretar problemas, principalmente para o arroz de sequeiro, que responde menos à adubação nitrogenada do que o arroz irrigado. As cultivares de sequeiro, submetidos a altas doses de nitrogênio, produzem número muito grande de perfilhos e de folhas novas, provocando sombreamento, acamamento e conseqüente queda de produção (BARBOSA FILHO, 1987).

ALLISON (1966) observou que excessivas quantidades de sais de amônio aplicadas podem resultar em baixa recuperação de nitrogênio, até nos solos neutros, quando esse excesso interfere na nitrificação. KOYAMA et alii (1973) encontraram eficiência variando de 39-93% do sulfato de amônio aplicado no arroz, sendo que a maior dose de aplicação em cobertura correspondeu à uma alta taxa de recuperação de nitrogênio. MURAYAMA (1979) afirmou que a eficiência do nitrogênio aplicado é alta nos solos levemente adubados e baixa nos que recebem maior adubação. Segundo ORTIZ (1981) sulfato de amônio e uréia tiveram um comportamento similar na produção de matéria seca do arroz, embora tenha havido uma tendência de maior resposta do sulfato de amônio. O autor ainda salientou que, com níveis crescentes de fósforo, a concentração de N na planta também aumenta.

A adubação verde na rizicultura brasileira é praticamente desconhecida. Nos países asiáticos, principalmente Filipinas, essa técnica tem sido estudada e utilizada como fonte alternativa N para a cultura do arroz. O potencial das leguminosas como adubo verde para o arroz foi claramente reconhecida em 1936 pelo Instituto Internacional de Pesquisa do Arroz mencionando que, a aplicação de um adubo verde pode promover um grande progresso no crescimento assegurando uma produção superior em relação ao sistema tradicional nas Filipinas.

As leguminosas mais utilizadas como adubos verdes na Índia, nos Países Asiáticos e Africanos são as pertencentes ao gênero *Sesbania*. Cerca de seis espécies se destacam, sendo que a mais utilizada a *Sesbania rostrata*, acumulando até 267KgN/ha. Esta alta taxa se deve ao fato que estas plantas formam módulos eficientes tanto nas raízes como no caule (ROGER & WATANABE, 1986). Estudos conduzidos por CHAI (1985) na China e DREYFUS (1985) no Senegal comparando espécies de *Sesbania*, apontam muitas delas com potencial alto para suprimento de N para arroz inundado, podendo acumular 70KgN/ha e 100KgN/ha em 50 e 100 dias respectivamente. No Brasil este gênero é pouco conhecido, sendo possível que algumas espécies possam ser utilizadas em áreas de arroz inundado.

3. MATERIAL E METODOS

Um experimento, com dois cultivos consecutivos, foi conduzido em casa de vegetação do Centro de Energia Nuclear na Agricultura-USP, Piracicaba. Foi utilizado como adubo verde mucuna-preta (*Stylobium aterrimum* Piper e Tracy) e como planta teste o arroz (*Oryza sativa* L.) IAC-47, cultivar de sequeiro, cultivado em um Latossolo Amarelo da Amazônia, coletado sob três condições de uso do solo e três doses de fósforo.

3.1. Seleção da leguminosa

A escolha da mucuna preta foi feita a partir de um teste seletivo antes do experimento propriamente dito. Nesta seleção, testou-se a capacidade de produção de massa verde e acúmulo de nitrogênio biologicamente fixado num período de 100 dias. As leguminosas testadas foram: mucuna preta, mucuna anã, lab-lab guandu, ervilhaca e duas espécies de *Sesbania*: *S. rostrata* e *S. aculeata*.

As sementes das plantas foram semeadas em uma amostra de 5kg/vaso em outubro de 1986 e colhidas em janeiro de 1987. Cada uma recebeu adubação suplementar com P e K na proporção 60 e 30kg/ha de P_2O_5 e K_2O , respectivamente. Com exceção da *Sesbania* que foi inoculada com *Azorhizobium caulinodans* estirpe RS571, demais com *Rhizobium cowpea* estirpe CPAC-42 ambas cedidas pelo Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado (CPAC - EMBRAPA - Brasília).

3.2. Marcação isotrópica da mucuna

Para a obtenção da mucuna preta marcada com ^{15}N e também estimar a fixação de nitrogênio atmosférico, esta foi cultivada em uma amostra de Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa, cujos resultados da análise química e recomendações técnicas se encontram na (Tabela 1). Uma amostra de terra 40kg foi colocada em caixa de plástico com 40x30x20cm de comprimento, largura e altura respectivamente, proporcionando uma área de $1200cm^2$, onde foi semeada a mucuna em oito caixas. Em outras duas caixas, com mesma área e capacidade em uma foi semeado o arroz-de-sequeiro (*Dryza sativa* L.) cultivar IAC-47 e a outra para soja (*Glycine max* (L.) Meril) CPAC-292 não nodulante, como plantas controle.

Após a germinação, em todas caixas fez-se o desbaste, deixando 20 plantas, densidade que permaneceu até o final da época da colheita. Nesta ocasião foi aplicado, para todas, o equivalente a 10kgN/ha na forma de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ enriquecido com 10% de átomos de ^{15}N em excesso (10% at ^{15}N exc.). Também foi feita a inoculação da mucuna preta com *Rhizobium cowpea* estripe CPAC-42 numa concentração de 10^8 células por grama de inoculante turfoso.

Devido ao tipo de crescimento indeterminado (tipo 4), a mucuna foi tutorado individualmente, com barbante afixado na estrutura do teto da casa de vegetação. As plantas permaneceram em crescimento na casa de vegetação de outubro a dezembro 1987 período de 55 dias após a emergência (DAE). Manteve-se o nível de unidade em torno de 60% da capacidade de vaso, através de observação visual diária.

Após 55 dias da emergência as plantas foram colhidas, separado o sistema radicular e a parte aérea imediatamente triturada e após 4 horas pesada e coletada uma amostra para determinação da umidade, através da secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até peso constante.

TABELA 1 - Resultados da análise química da amostra de Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa utilizado na marcação isotópica da mucuna. Departamento de Química - Nutrição Mineral de Plantas. ESALQ - Piracicaba.

Meq/100 cm ³									
P. res. M.O. (%)	pHCaCl	K	Ca	Mg	H+Al	S	T	V	
4,1mb	3,02a	4,65b	0,13b	1,00b	0,38b	4,46m	4,5m	6,0m	25,3b
mb = muito baixo, b = baixo, m = médio, a = alto, ma = muito alto									
Calagem e adubação									
Cal.t/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Unidade	Fonte			
4	0	80	30	20	kg/ha	super triplo sulfato potássio			

O sistema radicular logo que separado da parte aérea foi colocado em vidro de boca larga com 1 litro de capacidade, fechado hermeticamente. Posteriormente retirou-se 10% do ar com uma seringa, em seguida, injetou-se o acetileno na mesma proporção, incubou-se por 1 hora, retirando após 1ml e injetando-se 0,5ml no cromatografo a gás tipo BECKMAN com detector de ionização da chama H₂ a 175°C, segundo DILWORTH (1966), SHOLLHORN & BURRIS (1966).

O sistema radicular da soja recebeu mesmo tratamento acima mencionado para mucuna.

O nitrogênio total e átomos % de ^{15}N excesso nas plantas foram determinado pelos métodos Kjeldhal (BREMER, 1965) e DUMAS (TRIVELIN et alii 1973) respectivamente.

3.3. Incubação do solo com mucuna - ^{15}N

Vasos contendo 2kg da amostra de Latossolo Amarelo da Amazônia receberam 0, 20 e 40g o que é equivalente a 20 e 40t/ha de massa verde triturada, a qual foi incorporada. A unidade do solo, logo após a incorporação, foi elevada para em torno de 60% da capacidade de retenção de água, calculada antes da incorporação pela determinação do volume total de poros. No momento da incorporação o pH do solo situava entre 5,8 e 6,2, pois foi corrigido baseando-se na necessidade de calagem recomendada por RAIJ et alii (1985), visando elevar a saturação de bases em 70% utilizando calcáreo dolomítico calcinado. Durante o período de incubação, que durou 40 dias, a cada 8 dias foi feito o revolvimento da terra do vaso. A unidade foi mantida por pesagem dos mesmos, completando-se a diferença com água destilada.

3.4. Solo utilizado

Foram utilizadas as amostras terra de um Latossolo Amarelo da região da Amazônia coletados, cerca de 60km de Manaus, na área experimental da Fucada, em terrenos sob pastagem com seis anos, floresta e queimada a um ano. As características químicas e físicas do solo encontram-se na Tabela 2.

3.5. Tratamentos e delineamento experimental

As três doses de massa verde de mucuna e três sistemas de uso do solo de onde foram coletadas as amostras, associadas a três doses de fósforo sob a forma de superfosfato simples, 0, 40 e 80mg de P_2O_5 /vaso o equivalente a 40 e 80kg/ha, compuseram o fatorial 3x3x3. O delineamento experimental foi inteiramente casualizados com quatro repetições.

3.6. Planta teste

Utilizou-se, como planta teste o arroz-de-sequeiro (*Oryza sativa* L.) cultivar IAC-47, ciclo médio de 120-130 dias e porte médio. As sementes foram fornecidas pelo Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo. O teor de potássio das amostras de solo foi elevado para 194ppm com a

TABELA 2 - Características químicas e físicas das amostras do Latossolo Amarelo da Amazônia coletado sob três condições.

PARAMETRO	PASTAGEM	FLORESTA	QUEIMADA
pH em (H ₂ O)	4.5 Ac	4.2 AcE	4.9 AcE
P (ppm)	6 B	4 B	7 B
K (ppm)	55 M	25 B	194 A
Ca(meq/100cc)	1.4 B	1.4 B	1.8 M
Mg "	0.1 B	0.1 B	0.1 B
Al "	1.2 A	1.5 A	0.9 M
H + AL "	8.8 A	7.9 A	7.9 A
S "	1.6 B	0.6 B	2.4 M
t "	2.8 M	2.1 B	3.3 M
T "	10.4 A	7.8 M	10.3 A
m (%)	42 A	73 MA	27 A
V (%)	16 MB	7 MB	23 MB
Carbono (%)	3.2 A	2.0 A	3.3 A
Mat.org (%)	5.4 A	3.4 A	5.8 A
Areia (%)	19	11	24
Limo (%)	11	15	15
Argila (%)	70	74	61

^{1/} Análises realizadas no Instituto de Química "JOHN H. WHEELLOCK". Departamento de Ciências do Solo. ESAL - Lavras-MG

A = alto AcE = acidez elevada B = baixo M = médio
 MA = muito alto MB = muito baixo.
 Extrator:

aplicação de KCl, com exceção das amostras provenientes da queimada, que possuía nível alto do elemento. Os demais nutrientes foram fornecidos

TABELA 3 - Composição da solução utilizado no cultivo do arroz-de-sequeiro.

REAGENTE	G/100ml
Na_2MoO_4	70,0
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	15,8
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	8,9
H_3BO_3	1,0
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	20,0
Acido cítrico	0,1
$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0,1

Laboratório: Seção de Microbiologia do solo CENA ESALQ/USP.

pela calcareo anteriormente mencionado e através da solução cuja composição encontra-se na Tabela 3, na proporção de 1ml/kg de terra.

O arroz foi cultivado duas vezes consecutivos, de janeiro de 1988 a fevereiro de 1989, na mesma amostra de solo sem nenhuma suplementação com fertilizante.

3.7. Colheita

Quando os grãos atingiram a maturação, toda planta foi cortada rente ao solo e separada em raiz, colmos

+ folhas e grãos, sendo a seguir secas em estufa a 65°C com circulação forçada de ar até atingir peso constante. Após a pesagem as amostras foram moídas em moinho tipo Willey com peneira com 40 meshes, para análise de N total (BREMNER, 1965) e ^{15}N (TRIVELIN et alii, 1973) e fósforo total pelo método proposto por KRUG (1982).

3.8. Parâmetros avaliados

3.8.1. Produção de matéria seca total

3.8.2. Nitrogênio total na planta

3.8.3. Nitrogênio no arroz derivado da mucuna (NdMuc)

3.8.4. Nitrogênio no arroz derivado da fixação pela mucuna

3.8.5. Fósforo na planta

3.8.6. Produção de grãos pelo arroz

3.8.7. Recuperação do nitrogênio da mucuna (%RNM)

3.9. Fórmulas matemáticas

3.9.1. Porcentagem de nitrogênio fixado pela mucuna
(NFixMuc) (FRIED & MIDDELBOE, 1977)

$$NFixMuc = \left[1 - \frac{\text{At\% } ^{15}\text{N exc. (SF)}}{\text{At\% } ^{15}\text{N exc. (SNF)}} \right] \times 100$$

At% ^{15}N exc. ---> Atoms por cento de ^{15}N em excesso

SF ---> Sistema fixador (no caso a mucuna)

SNF ---> Sistema não fixador (no caso a soja
CPAC-292)

3.9.2. Nitrogênio da planta de arroz derivado da
mucuna ^{15}N (% NdMuc)

O nitrogênio das plantas de arroz derivado da mucuna, foi calculada, baseando-se na equação da diluição isotópica para cálculo da porcentagem de nitrogênio na planta derivada do fertilizante (IAEA, 1973), pelas seguintes equações:

$$\% \text{ NdMuc} = \left[\frac{\text{At\% } ^{15}\text{N exc. (arroz)}}{\text{At\% } ^{15}\text{N exc. (mucuna)}} \right] \times 100 \quad e$$

$$\text{NdMuc (mg/vaso)} = \frac{\% \text{ NdMuc. (N - total do arroz)}}{100}$$

3.9.3. Análise estatística

A análise de variância foi realizada como método estatístico para avaliar os tratamentos segundo esquema de blocos inteiramente casualizados (PIMENTEL & GOMES, 1970), Tabela 4.

TABELA 4 - Esquema da análise da variância referente aos parâmetros avaliados.

Causa da variação	Graus liberdade
Solos	2
Mucuna	2
Fósforo	2
Solos x mucuna	4
Solos x fósforo	4
Massa verde x fósforo	4
Solos x mucuna x fósforo	8
Resíduos	81
Total	107

4. RESULTADOS E DISCUSSAO

4.1. Seleção da leguminosa

Dentre as plantas testadas a mucuna preta apresentou a maior produção de massa verde (23,5g/vaso com 5kg solo), N total (3,15), massa seca de módulos (2,06g/vaso) e capacidade relativa de fixar N_2 de 35,8 $\mu\text{mol g}^{-1}$. Embora o lab-lab e guandu tenham apresentado resultados semelhantes em termos de nitrogênio fixado, a produção de massa verde foi menor. As demais espécies apresentaram resultados muito inferiores. A sesbania teve um desenvolvimento insignificante e a nodulação não existiu. Embora a mucuna seja considerada não específica em termos de nodulação, esta mostrou-se bastante eficiente com a estirpe CPAC-42, quando comparada com plantas não inoculadas. Indicando assim que o problema de especificidade hospedeira em termos de maior capacidade fixadora de nitrogênio deve ser melhor estudada.

4.2. Marcação isotópica e outros parâmetros da mucuna

Na época da colheita da mucuna, antes da incorporação no solo, esta apresentou os seguintes resultados: N-total de toda planta (3,5%); N-fixado (69%) do total; atividade da nitrogenase ($35,8 \text{ mol C}_2\text{H}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ nod.} \cdot \text{h}^{-1}$); At% excesso de ^{15}N (0,111); C-total (33,35%), relação C/N (9,6); P-total (0,16%); K (0,97%); Ca (1,44%); Mg (0,22%); Fe (375 ppm), Cu (9 ppm); Zn (27 ppm); Mn (70 ppm) e teor de água (71,8%). Para obter o valor da quantidade relativa de nitrogênio fixado foi utilizada como planta controle soja não nodulante e arroz, que apresentaram excesso de ^{15}N de 0,342% e 0,367%, respectivamente. Pelos valores verifica-se que a marcação da mucuna com ^{15}N foi muito baixa em relação às plantas controle. Considerando que o ciclo da mucuna é de 5 a 6 meses e esta determinação foi feita com 55 dias (DAE), e devido à boa nodulação, pode ser justificado o baixo excesso de ^{15}N , resultado da boa nodulação que proporcionou alta eficiência na fixação de nitrogênio, diluindo o ^{15}N absorvido do fertilizante.

A atividade da nitrogenase dos nódulos apresentou valor relativamente alto se considerarmos, por exemplo o feijão, que em média é de 8 a $10 \text{ mol g}^{-1} \text{ nod h}^{-1}$ na época de pleno desenvolvimento da planta, época de maior

exigência que ocorre na floração (HUNGRIA & NEVES, 1986). Para marcação da mucuna com ^{15}N , assim como para outras leguminosas com boa capacidade de fixação de N, seria necessário, para ter plantas marcadas com conteúdo relativamente alto do isótopo o uso de fertilizante com enriquecimento mais alto ou em quantidade maior de ^{15}N , neste caso reduzindo proporcionalmente na planta a quantidade de nitrogênio fixado em relação ao absorvido (^{15}N). Outra alternativa, a mais correta, mas menos viável pelo alto custo, seria a marcação usando diretamente o N_2 marcado, como foi realizado por TRIVELIN (1982).

4.3. Produção de matéria seca total do arroz

Os valores dos quadrados médios e dos coeficientes de variação obtidos na análise de variância para a produção de matéria seca total (colmos e folhas + grãos + raízes) e a produção acumulada de dois cultivos, são apresentados na Tabela 5.

4.3.1. Primeiro cultivo

Observa-se que, houve diferença significativas nos tratamentos solos, mucuna e fósforo, mas as interações entre os fatores não se observou nenhum efeito

TABELA 5 - Análises variância da produção de matéria seca total (colmos/folhas + grãos e raízes) do arroz no primeiro (1), segundo cultivo (2) e produção acumulada (3), aos 120 dias após emergência (DAE).

CAUSA DE VARIACAO	GL	QUADRADO MEDIO		
		PRODUCAO	MATERIA	SECA/VASO
		1/	2/	3/
Solos (S)	2	368,121**	360,667**	833,821**
Mucuna (M)	2	48,887**	84,237**	118,322**
Fósforo (F)	2	41199,921**	1604,344**	641,337**
Inter. (SxM)	4	16,534ns	20,586**	35,665ns
Inter. (SxF)	4	22,069ns	52,627**	67,028**
Inter. (MxF)	4	17,775ns	141,528**	104,796**
Inter. (SxMxF)	8	7,755ns	16,271ns	31,697ns
Resíduo	81	11,857ns	15,452	25,447
Total	107			
C.V. (%)		18,71	24,22	18,53

*; **; ns: Significativo a 5%; 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

1/primeiro cultivo 2/segundo cultivo 3/produção acumulada

significativo. A produção de matéria seca em função da condição de uso do solo verificou-se que, pastagem e queimada apresentaram valores médio estatisticamente semelhantes 20,68 e 19,79, respectivamente. Estes foram

superiores estatisticamente em relação a condição de floresta que foi de 14,75g/vaso. O valor médio de 19,58g/vaso para mucuna na dose de 20g/vaso foi superior aos obtidos para testemunha e 40g/vaso, que foram 18,36 e 19,29, respectivamente. As médias para o tratamento fósforo são: 6,08; 22,96 e 26,19g de matéria seca por vasos, para testemunha 40 e 80mg P_2O_5 /vaso, respectivamente. Estes valores diferem estatisticamente entre eles (Tabela 6).

Na Figura 1 são apresentados os resultados da produção de matéria seca pelo arroz. Na observação da Figura 1 verifica-se que, nas doses de mucuna adicionadas não apresentaram nenhuma diferença estatística em relação a testemunha no primeiro cultivo. Observa-se apenas, um efeito da aplicação do fósforo sobre produção de matéria total do arroz. No desdobramento dos graus de liberdade nota-se pela Figura 2, efeito do fósforo limitando a produção da matéria seca. Nos tratamentos sem aplicação de fósforo e doses de mucuna a produção foi baixa em relação aos tratamentos com fósforo e mucuna. Dentro de cada dose de fósforo não houve diferenças significativas entre 0; 20 e 40g/vaso de mucuna nas três condições de uso do solo.

TABELA 6 - Valores médios para produção de matéria pelo arroz aos 120 DAE. Médias de 36 repetições.

Tratamento	Produção matéria seca g/vaso		
	<u>1/</u>	<u>2/</u>	<u>3/</u>
Solos			
Pastagem	19,79 Aa	19,82 Aa	39,61 a
Floresta	14,76 Ba	14,99 Ba	29,99 C
Queimada	20,68 Aa	13,85 Bb	34,54 b
Mucuna			
0	18,62 ABa	14,45 Ba	33,07 B
20	19,58 Aa	17,08 Aa	36,66 A
40	17,29 Ba	17,13 Aa	34,42 AB
Fósforo			
0	6,08 Cb	23,80 Aa	29,88 B
40	22,96 Ba	13,65 Bb	36,61 A
80	26,44 Aa	11,21 Cb	37,65 A

Letras maiúsculas compara na vertical e minúscula na horizontal (Tukey 5%)

Mucuna: massa verde incorporada (g/vaso)

Fósforo: superfosfato simples (mg/vaso)

1/ primeiro cultivo 2/ segundo cultivo 3/ produção acumulada

4.3.2. Segundo cultivo

Os quadrados médios da produção de matéria seca total obtidos da análise de variância no segundo cultivo

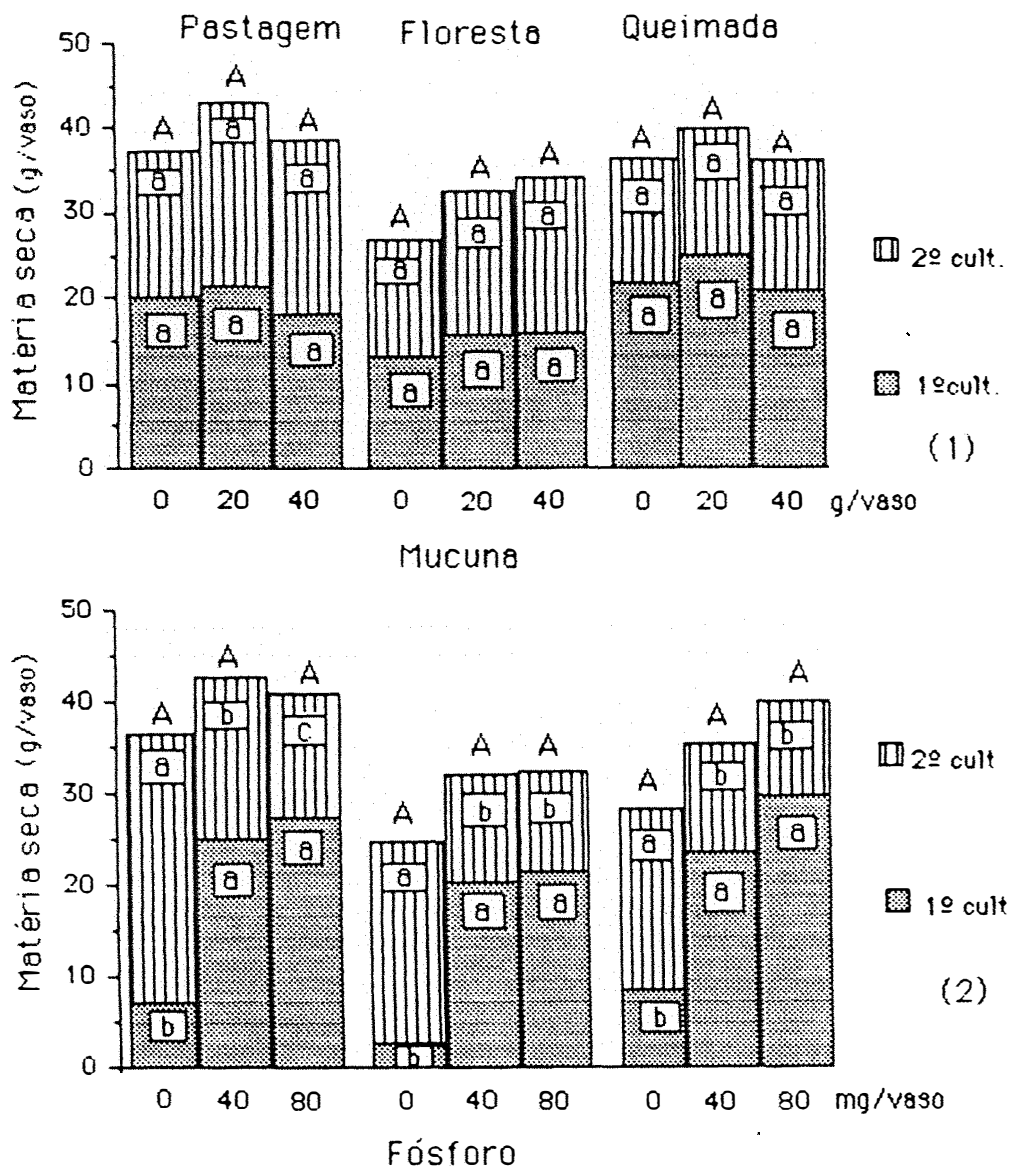


Figura 1-Prdução de matéria seca do arroz em função da mucuna (1) e fósforo (2) nas três condições de uso do solo

Letras minúsculas compara dentro do primeiro e segundo cultivo e as maiúsculas o total dos cultivos (Tukey 5%)

podem ser observados na Tabela 5 coluna 2. Verifica-se que, com exceção da interação (S x M x F), todos valores apresentaram diferenças significativas. O valor médio de 19,79g na pastagem foi superior estatisticamente a 14,99 e 13,85 para floresta e queimada respectivamente (Tabela 6). Estes dois últimos não apresentaram diferenças estatísticas significativas. Para a aplicação de 20 e 40g/vaso de mucuna o comportamento foi semelhante e estatisticamente superior ao tratamento sem mucuna. As médias obtidas para o tratamento fósforo no segundo cultivo foram: 23,80; 13,65 e 11,21g de matéria seca por vaso nos tratamentos sem fósforo, 20 e 80mg P_2O_5 /vaso, respectivamente. Estes valores apresentaram diferenças significativas. A condição de uso do solo não influenciou nos tratamentos com mucuna, nas três condições de uso, foram estatisticamente semelhantes. O solo de pastagem, com exceção da dose 80mg P_2O_5 /vaso onde todos tiveram comportamento estatisticamente iguais, foi superior nos tratamentos sem fósforo e com 40mg P_2O_5 /vaso.

No desdobramento das interações significativas apresentadas na análise de variância para a produção de matéria verifica-se quando se compara dose de mucuna e condição de uso do solo (Figura 1), não houve diferença estatística significativa entre elas. A produção de matéria seca total foi igual à produção das testemunhas.

Quando se relaciona doses de fósforo e condição de uso de solo (pastagem, floresta e queimada) a produção de matéria devido a fósforo foi estatisticamente inferior a testemunha (Figura 1). Na dose de 80mg P_2O_5 /vaso foi igual a 40mg P_2O_5 para todas as condições de uso do solo.

Na Figura 2 estão plotados os valores da produção de matéria seca total para as três condições de uso do solo. Observa-se que a produção no segundo cultivo, foi maior na testemunha, fato já observado na Figura 1, onde mostra que as diferenças significativas podem ser devido a baixa produção neste tratamento no primeiro cultivo, ou seja, teve um efeito residual do fósforo. Com exceção do solo de floresta na dose de 40mg P_2O_5 /vaso, onde apresentou resposta significativa à aplicação de fósforo e mucuna, nos demais solos, a produção foi estatisticamente igual em cada tratamento. Nos tratamentos com 40g de mucuna e 80mg P_2O_5 /vaso, observa-se uma tendência de diminuição da produção de matéria seca em todas as condições de uso do solo, sendo mais acentuada no solo de queimada e em menor proporção na floresta, embora estas diferenças não tenham apresentado diferenças estatísticas significativas (Figura 2).

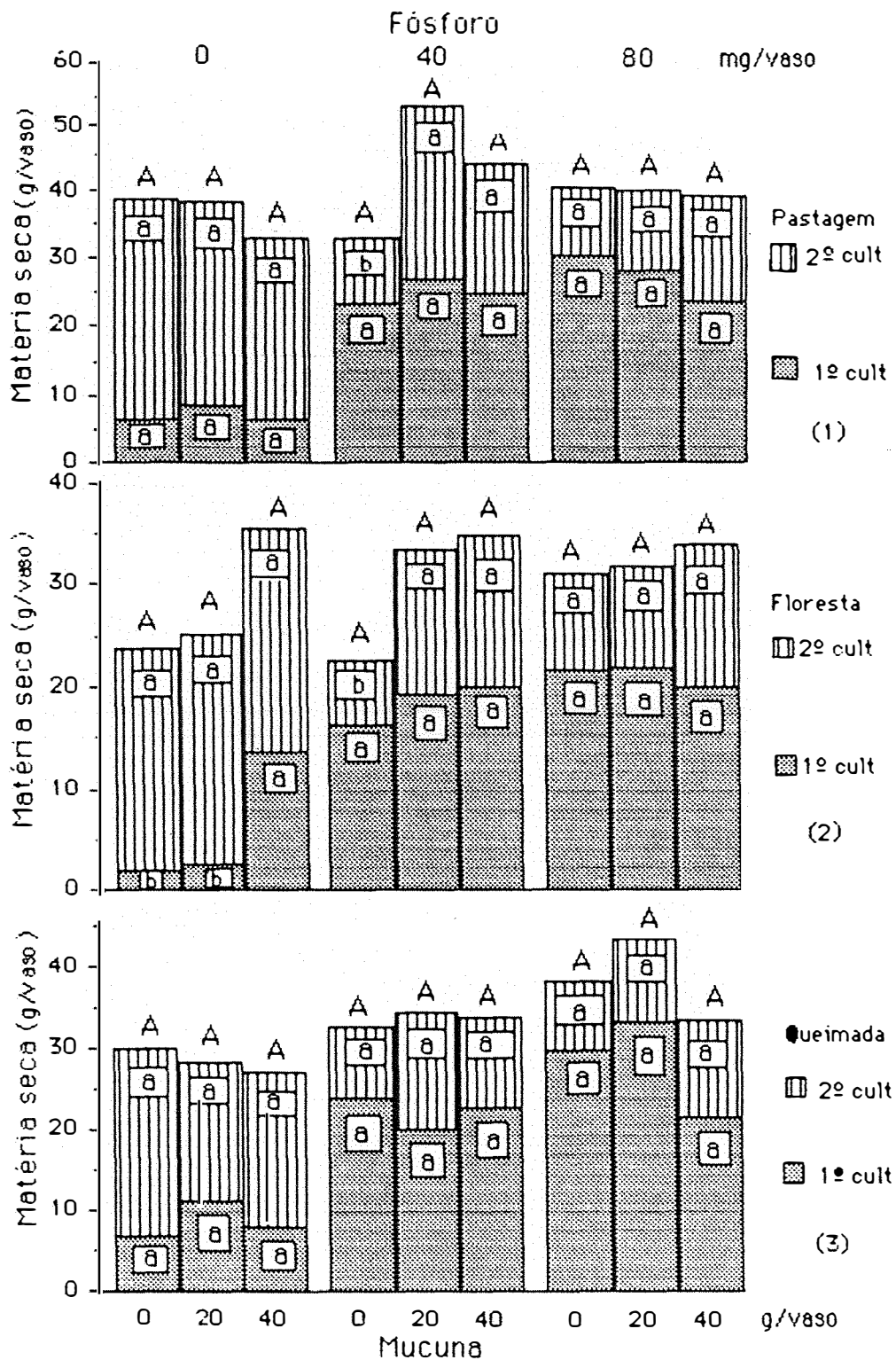


Figura 2 - Produção de matéria seca do arroz em função da mucuna e fósforo nas tres condições de uso do solo (1-pastagem ; 2-queimada ; 3-queimada) Letras minúsculas compara dentro do primeiro e segundo cultivo e maiúsculas o total dos cultivos (Tukey 5%)

4.3.3. Matéria seca total acumulada no arroz

Os resultados da análise de variância para matéria seca total do arroz, em dois cultivos sucessivos, encontram-se na Tabela 5, coluna 3. Observa-se que, com exceção das interações solos x mucuna e solos x mucuna x fósforo que não foram significativos, as demais causas de variação apresentaram valores de quadrado médio significativos.

Os valores médios da produção acumulada do arroz nos três tratamentos e dois cultivos sucessivos encontram-se na Tabela 6. Observa-se que, para o tratamento solo a condição de pastagem apresentou produção inferior em relação a queimada e floresta. No tratamento onde adicionou mucuna na dose de 20g/vaso foi igual a dose 40g/vaso e esta última não apresentou diferença significativa em relação a testemunha. No tratamento com fósforo, as doses de 40 e 80mg P_2O_5 /vaso as quantidades de matéria seca acumuladas nos dois cultivos foram semelhantes estatisticamente e superior ao tratamento sem fósforo.

No desdobramento dos graus de liberdade das interações significativas para produção acumulada não apresentaram diferenças significativas, sendo a quantidade de matéria seca acumulada estatisticamente iguais (Figura 2).

4.4. Nitrogênio total na planta

Os quadrados médios da análise de variância do teor de nitrogênio total na planta de arroz (colmos, folhas + grãos e raízes) encontram-se na Tabela 7. A análise do teor de nitrogênio foi feita por partes da planta, obtendo-se a partir dos resultados a média ponderada.

4.4.1. Primeiro cultivo

Observa-se na Tabela 7 coluna 1, que apenas as interações solos x mucuna e solo x mucuna x fósforo não apresentaram diferenças significativas, as demais indicam possíveis diferenças para os teores de nitrogênio nos tratamentos envolvidos.

Os valores médios obtidos para os tratamentos solos, mucuna e fósforo podem ser observados na Tabela 8. Na coluna 1 nota-se que, o solo de pastagem e queimada apresentaram maiores teores de nitrogênio em relação a de floresta. Nos tratamentos com 20 e 40g/vaso de mucuna os teores de nitrogênio são estatisticamente iguais e superior em relação ao tratamento sem mucuna. Nos tratamentos com 40 e 80mg P_2O_5 /vaso não apresentaram diferenças significativas em relação aos teores de nitrogênio, apenas com relação ao tratamento sem fósforo, foram estatisticamente superior.

TABELA 7 - Análises de variância do teor de nitrogênio (%) na
(colmos/folhas + grãos, e raízes) nos dois cultivos e
o teor acumulado do arroz aos 120 DAE.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio		
		Nitrogênio total (%)		
		1/	2/	3/
Solos (S)	2	0,360 **	0,345 **	0,002 ns
Mucuna (M)	2	0,193 **	0,011 ns	0,278 **
Fósforo (F)	2	0,156 **	0,136 **	0,009 ns
Inter. (SxM)	4	0,036 ns	0,022 ns	0,083 ns
Inter. (SxF)	4	0,640 **	0,061 **	0,342 **
Inter. (MxF)	4	0,221 *	0,008 ns	0,184 **
Inter. (SxMxF)	8	0,064	0,008 ns	0,016 ns
Resíduo	81	0,064	0,013	0,043
Total	107			
C.V. (%)		11,12	11,42	7,60

*; **; ns: Significativo a 5%; 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

1/primeiro cultivo 2/segundo cultivo 3/produção acumulada

TABELA 8 - Valores médios (%) dos teores de nitrogênio total na planta de arroz (colmos folhas + grãos + raízes) aos 120 DAE. Médias 36 repetições.

Tratamento	% nitrogênio		
	<u>1/</u>	<u>2/</u>	<u>3/</u>
Solos			
Pastagem	1,81 Aa	0,92 Bb	1,37 A
Floresta	1,61 Ba	1,12 Ab	1,36 A
Queimada	1,73 Aa	0,99 Bb	1,36 A
Mucuna (g/vaso)			
0	1,63 Ba	0,99 Aa	1,31 B
20	1,75 Aa	1,00 Aa	1,38 A
40	1,76 Aa	1,03 Aa	2,40 A
Fósforo (mg/vaso)			
0	1,65 Ba	1,08 Aa	1,36 A
40	1,78 Aa	0,95 Bb	1,37 A
80	1,71 ABa	0,99 Bb	1,35 A

Letras maiúsculas compara na vertical e minúscula na horizontal (Tukey 5%)

Mucuna: massa verde incorporada (g/vaso)

Fósforo: superfosfato simples (mg/vaso)

1/ primeiro cultivo 2/ segundo cultivo 3/ produção acumulada

A percentagem de nitrogênio (Tabela 9) extraído pelo arroz durante o primeiro cultivo (Tabela 7 coluna 1) comparados com 0,74% para colmos + folhas e 1,26% para espiguetas na maturação completa obtidos por ISHIZUKA (1964), indica que não houve limitação do elemento para planta.

Na Tabela 9 encontram-se os valores médios dos teores de nitrogênio na planta. Verifica-se que não houve diferenças significativas entre doses de mucuna e condição de uso do solo no primeiro cultivo. As diferenças existentes entre estes tratamentos surgiram independentemente um do outro, visto que o teor médio de nitrogênio foi estatisticamente inferior no solo de queimada, o mesmo acontecendo para o tratamento sem mucuna. Já para os tratamentos envolvendo fósforo e condição de uso do solo, a dose zero de fósforo nas condições de pastagem e queimada foram superiores a de floresta. Com a aplicação de 40mg de P_2O_5 /vaso o teor de nitrogênio da condição de floresta igualou-se ao de queimada que teve uma diminuição no seu teor de nitrogênio em relação ao tratamento sem fósforo. Na dose 80mg P_2O_5 /vaso a condição de floresta foi igual ao de pastagem e superior à queimada. A média para os tratamentos solos indica que o fator fósforo influenciou mais nas condições de pastagem e floresta do que em queimada. O fósforo foi limitante no solo oriundo da

floresta, visto que, respondeu a aplicação de maior dose utilizada.

4.4.2. Segundo cultivo

Os quadrados médios obtidos na análise de variância para o teor de nitrogênio na planta de arroz encontram-se na Tabela 7 coluna 2. Nota-se que, os tratamentos solos e fósforo ea interação entre estes apresetaram diferenças significativas. O fator mucuna não apresentou diferença significativa para o teor de nitrogênio na planta de arroz.

Na Tabela 8 coluna 2 encontram-se os valores médios do teor de nitrogênio na planta de arroz no segundo cultivo. Verifica-se que, na condição de solo de floresta o arroz apresentou maior teor de nitrogênio na planta. A mucuna não influenciou significativamente na extração do nitrogênio do meio, no segundo cultivo. Para o fósforo, no segundo cultivo quando nas doses de aplicação de 40 e 80mg P_2O_5 /vaso o teor de nitrogênio nestes tratamentos foram significativamente inferiores com relação ao tratamento sem fósforo.

No desdobramento dos graus de liberdade da interação solos x fósforo (Tabela 9, parte 2), verifica-se que, o teor de nitrogênio sem a aplicação de fósforo foi

TABELA 9 - Teor de nitrogênio em % no arroz aos 120 DAE. em função da aplicação da mucuna, doses de fósforo e três condições de solos de Manaus. Média de 12 repetições.

TRATAMENTO	PASTAGEM	FLORESTA	QUEIMADA	MEDIA
<u>1/</u>				
MUCUNA				
0	1.69Aa	1.56Aa	1.64Aa	1.63 B
20	1.84Aa	1.59Aa	1.82Aa	1.75 A
40	1.89Aa	1.67Aa	1.72Aa	1.76 A
Média	1.81 a	1.73 a	1.61 b	1.71
FOSFORO				
0	1.75Ba	1.29Bb	1.91Aa	1.65 B
40	1.94Aa	1.72Ab	1.69Bb	1.78 A
80	1.73Bab	1.82Aa	1.58Bb	1.71 AB
Média	1.81 a	1.73 a	1.61 b	1.71
<u>2/</u>				
MUCUNA				
0	0.86Aa	1.13Aa	0.99Aa	0.99A
20	0.91Aa	1.12Aa	0.98Aa	1.00A
40	1.00Aa	1.10Aa	0.99Aa	1.03A
Média	0.92 b	1.12 a	0.99 b	1.00
FOSFORO				
0	1.01 Ab	1.25 Aa	0.97 Ab	1.08 A
40	0.84 Bb	1.03 Ba	1.00 Aa	0.95 B
80	0.92 b	1.07 Ba	1.00 Aa	0.99 B
Média	0.92 b	1.12 a	0.99 b	1.01

Letras maiúsculas compara na vertical minúsculas na horizontal (Tukey a 5%)

Mucuna: massa verde incorporada (ha)

Fósforo: superfosfato simples (mg P₂O₅)

1/ Primeiro cultivo 2/ Segundo cultivo 3/ Terceiro cultivo

superior no solo de floresta e semelhante no solo de queimada e superior à dose intermediária de fósforo no solo de pastagem. O maior teor de nitrogênio no tratamento zero de fósforo pode ser devido ao baixo desenvolvimento do arroz no primeiro cultivo, tendo assim um efeito unidirecional no segundo cultivo.

Na Tabela 10 coluna 2 encontram-se os resultados da análise de variância para as quantidades de nitrogênio absorvido pelo arroz no segundo cultivo. Verifica-se que apenas efeitos significativos tratamentos individualmente.

Nos tratamentos envolvendo as condições de solo verifica-se uma inversão em termos de quantidade de nitrogênio absorvido pelo arroz cultivado nas condições de solo de floresta e queimada, do primeiro para segundo cultivo (Tabela 11). Este resultado se deve também a diminuição na produção de matéria seca do arroz no solo de queimada (Tabela 6) e um aumento no teor de nitrogênio no solo de floresta (Tabela 8) no segundo cultivo. Verifica-se uma diminuição na produção de matéria seca do arroz nas três condições de solo no segundo cultivo. Nos tratamentos com mucuna não houve diferenças significativas nas quantidades de nitrogênio absorvido. Para o tratamento sem fósforo a quantidade de nitrogênio absorvido pelo arroz no solo floresta foi maior em relação as doses 40 e 80mg/vaso (Tabela 11). Este resultado se deve ao baixo

desenvolvimento do arroz no primeiro cultivo, limitado pela baixa disponibilidade de nitrogênio.

Na Figura 3 encontra-se as quantidades de nitrogênio na planta em função da adição de mucuna e fósforo durante ciclo cultura de 120 dias. Não houve diferenças significativas com a adição de mucuna como fonte de nitrogênio nas três condições de solo. Embora não apresenta diferenças significativas, na dosagem de 20g/vaso de mucuna, esta apresenta uma resposta no nitrogênio acumulado nos solos de pastagem e queimada.

Nos tratamentos envolvendo condição de solo e fósforo (Figura 3) a concentração de nitrogênio por vaso no segundo cultivo apresentou resposta significativa no tratamento sem fósforo em relação a adição de fósforo no primeiro cultivo. Este resultado sugere que tenha havido também uma limitação de nitrogênio no primeiro cultivo, tornando-se disponível no segundo, visto que a quantidade de nitrogênio acumulado foi maior com tratamento com nitrogênio no arroz com os tratamentos mucuna e fósforo para as três condições de uso do solo. A absorção de nitrogênio foi maior nos tratamentos sem fósforo sem e com mucuna no segundo cultivo (Figura 4).

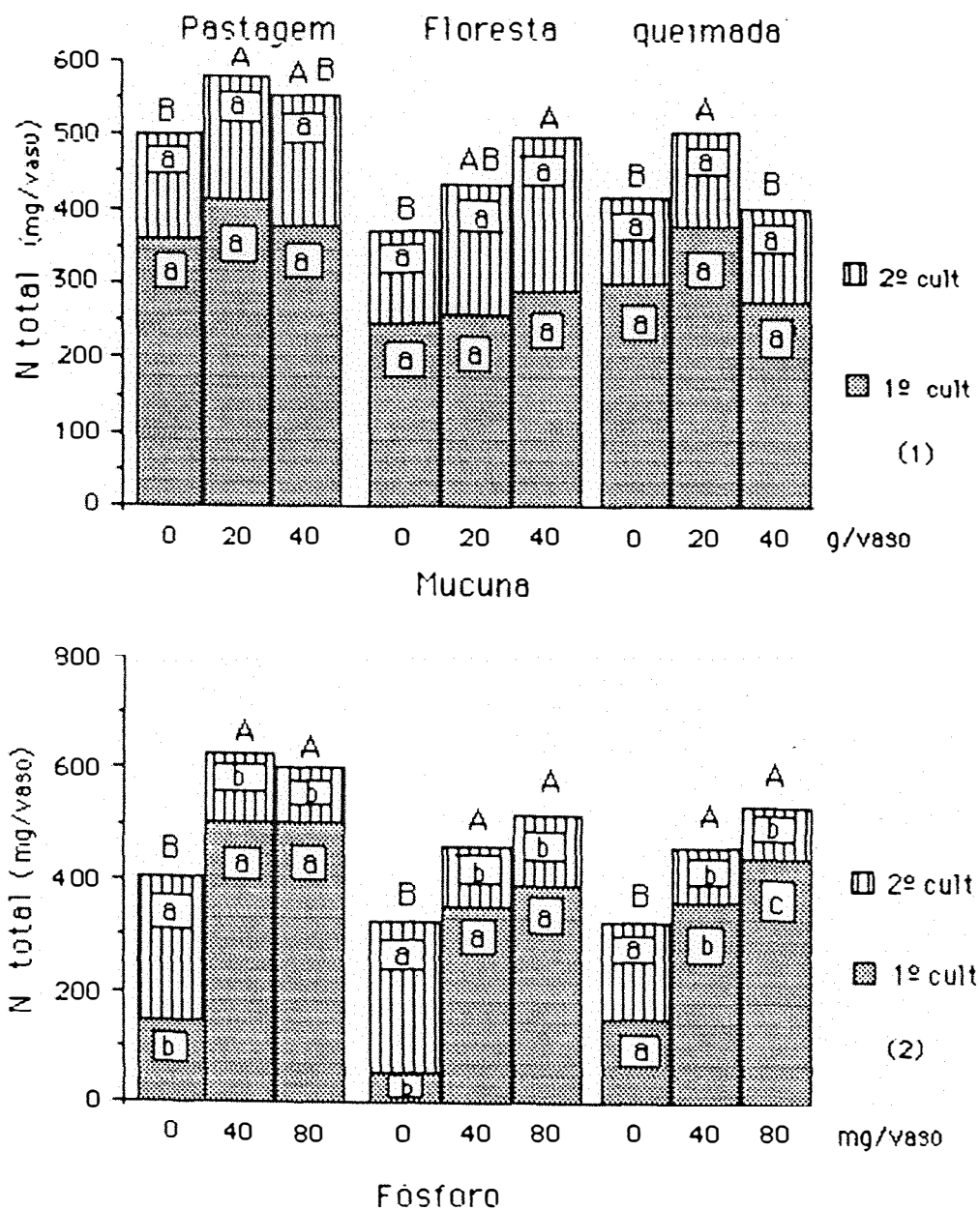


Figura 3- Nitrogênio total no arroz (colmos+grãos+raízes) em função mucuna(1) e fósforo(2) nas tres condições de uso do solo. Letras minúsculas compara dentro do primeiro e segundo cultivo e as maiúsculas o total dos cultivos (Tukey 5%)

4.4.3. Quantidades de nitrogênio acumulado

Os quadrados médios da análise de variância do total de nitrogênio acumulado pelo arroz durante os dois cultivos encontram-se na Tabela 10, coluna 3. Observa-se que, houve efeitos significativos para os tratamentos isolados e para a interação solos e mucuna.

A concentração média de nitrogênio para os tratamentos solos, mucuna e fósforo são apresentados na Tabela 11. Observa-se que o arroz cultivado no solo sob condição de floresta acumulou uma quantidade menor de nitrogênio durante dois cultivos. Estes resultados podem estar ligado a menor concentração de fósforo e matéria orgânica originalmente existente nesse solo. Nas demais condições de uso do solo o arroz acumulou quantidades semelhantes de nitrogênio.

No tratamento com mucuna onde 197 e 394mg N/vaso foram adicionados a quantidade total de nitrogênio acumulado foi superior em relação ao tratamento sem mucuna, proporcionando um acréscimo de 73,29 a 52,72mg N por vaso respectivamente. Segundo MEDEIROS & MALAVOLTA (1980) uma produção de 1000kg de grãos em casca do cultivar da IAC-47 de sequeiro extrai 90,34kg N/ha. Assim cerca de 58,35 a 81,12% do N poderá ser fornecido pela mucuna para mesmo nível de produção, nas condições deste experimento.

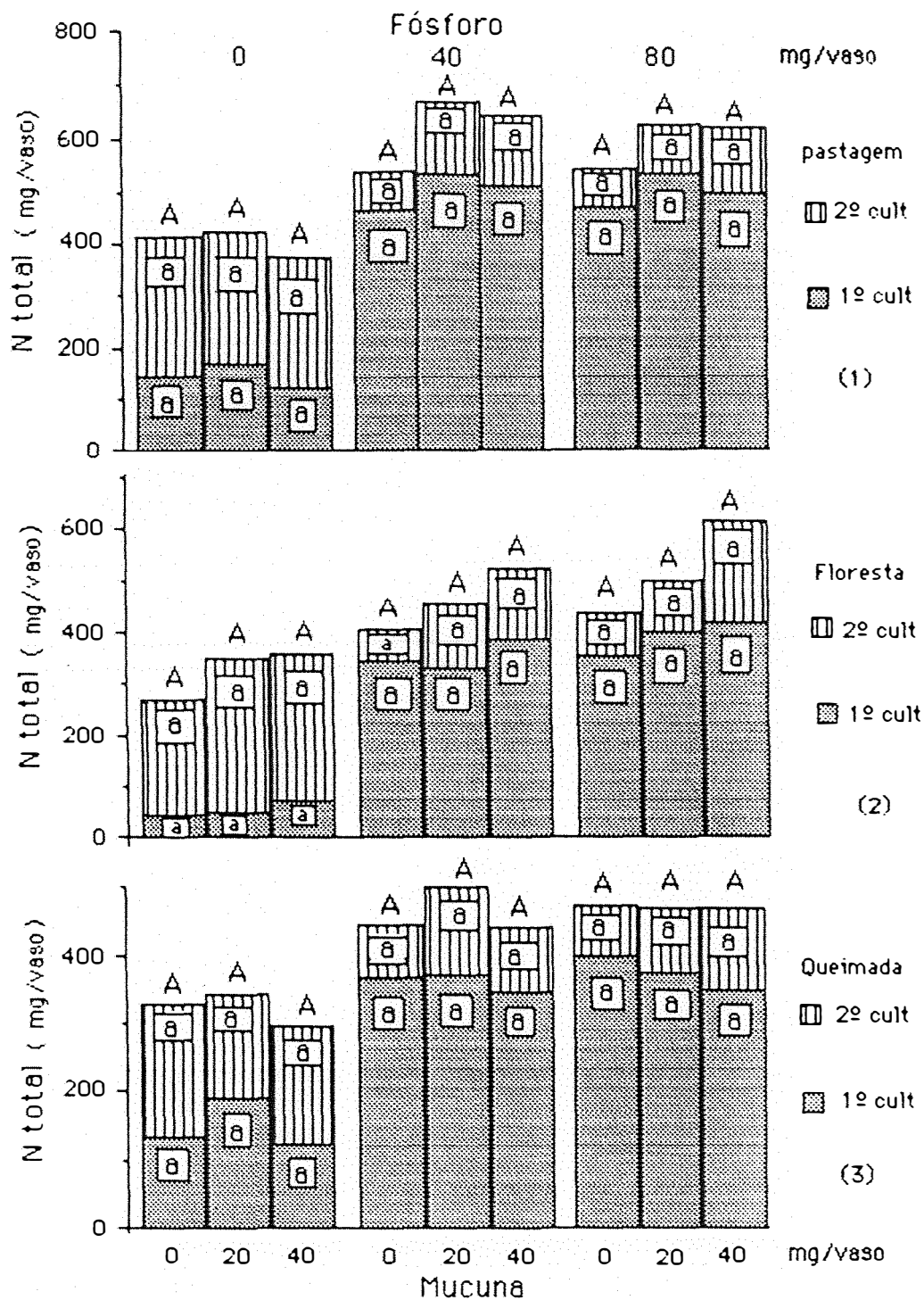


Figura 4 -Nitrogênio acumulado no arroz em função da mucuna e fósforo nas condições de uso do solo (1-pastagem ; 2-floresta 3- queimada)
 Letras minúsculas compara dentro do primeiro e segundo cultivo e as maiúsculas o total dos cultivos (Tukey 5%)

No tratamento com fósforo à adição de 40 e 80mg/vaso na forma de superfosfato simples proporcionou um acréscimo de nitrogênio de 163,62 a 204,00kg N/ha respectivamente, o que poderá corresponder a uma produção de 1800 a 2258kg de grãos em casca com base nos dados apresentado por MEDEIROS & MALAVOLTA (1980). O aumento na absorção de nitrogênio em função da adubação fosfatada é mencionado por RAMOS (1973).

Embora na Tabela 10 não se verifica interação significativa no desdobramento dos graus de liberdade encontra-se diferenças significativas nos tratamentos mucuna x solos e fósforo x solos para absorção acumulado do nitrogênio pelo arroz. Na Figura 3 observa-se que, a quantidade acumulada de nitrogênio na condição de pastagem e queimada e 20g/vaso de mucuna foi superior em relação a zero e 40g/g de mucuna e semelhante em relação a última no solo de floresta. A adição de 40 e 80mg/vaso de fósforo nas três condições de solo, proporcionou maior acúmulo de nitrogênio pelo arroz em relação ao tratamento sem adição de fósforo na forma de super fosfato simples.

TABELA 10 - Análise de variância da concentração de nitrogênio total na planta de arroz (colomos/folhas + grãos + raízes) nos dois cultivos e quantidade acumulada aos 120DAE.

Causa de Variação	GL	QUADRADOS MEDIOS		
		Concentração nitrogênio (mg/vaso)		
		1/	2/	3/
Solos (S)	2	183112,831**	21649,961**	132625,973**
Mucuna (M)	2	22034,427**	18155,031**	51431,660**
Fosfóro (F)	2	117937,817**	197877,914**	421507,162**
Interação (SxM)	4	13817,031**	4093,218 ns	23469,819**
Interação (SxF)	4	16530,940**	9506,254 ns	10189,716 ns
Interação (MxF)	4	7705,603 ns	5834,106 ns	6332,079 ns
Interação (SxMxF)	8	4166,904 ns	1812,444 ns	7684,852 ns
Resíduo	81	4978,102 ns	2198,631	5028,544
TOTAL	107			
CV (%)		21,90	31,02	14,95

*; **; ns: Significativo a 5%; 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

1/primeiro cultivo 2/segundo cultivo 3/quantidade acumulada

4.4.4. Teor total acumulado

Os quadrados médios da análise de variância do teor de nitrogênio no arroz são apresentados na Tabela 7 coluna 3. Neste, o fator mucuna e as interações solos x fósforo apresentam diferenças significativas.

No desbramento das interações não observou-se nenhum efeito interativo entre os fatores. A Condição de uso do solo e doses de fósforo comportaram-se de maneira semelhante, apenas a aplicação de 20 e 40g de mucuna por vaso diferiu significativamente em relação à testemunha no teor acumulado de nitrogênio, conforme pode ser observado na Tabela 8. Os valores obtidos situa-se entre àqueles obtidos por ISHIZUKA (1964) na época de maturação completa do arroz.

4.4.5. Concentração de nitrogênio na planta

Os resultados da análise de variância para concentração de nitrogênio na planta de arroz aos 120 DAE, encontram-se na Tabela 10. Observa-se que, no primeiro cultivo os fatores solos, mucuna, fósforo e as interações solos mucuna apresentaram diferenças significativas. No entanto, no desdobramento destas interações não verificou nenhuma diferença estatística. Dentro de cada fator isolado

pode-se observar na Tabela 11 que, no primeiro cultivo o acúmulo de nitrogênio na planta cultivada no solo de floresta foi inferior às demais condições de uso do solo. Ainda no primeiro cultivo a aplicação de mucuna e fósforo no solo proporcionou maior quantidade de nitrogênio no arroz.

Os efeitos da adição de mucuna como fonte de nitrogênio e superfosfato simples como fonte fósforo para o arroz podem ser observado na Figura 3. Nota-se que, no tratamento sem e com mucuna as quantidades de nitrogênio acumulado foram iguais nas condições do solo de pastagem e floresta. Nas condições de solo de queimada a aplicação 20g/vaso de mucuna apresentou maior acúmulo de nitrogênio em relação aos tratamentos sem e com 40g/vaso de mucuna. Estes resultados poderá ser justificado, no caso do solo de pastagem e floresta, pelo alto teor de matéria orgânica. Entretanto para o solo queimado que possui teor mais elevado de matéria orgânica, como pode ser observado na Tabela 2, não se justifica baseando nesta característica.

A quantidade de nitrogênio na planta de arroz em função da adubação fosfatada pode ser notada na Figura 3. Observa-se que, no primeiro cultivo no tratamento sem

TABELA 11 - Valores médios das concentrações de nitrogênio total no primeiro (1) e segundo cultivo (2) e o total acumulado pelo arroz no 120 DAE. Médias de 36 repetições.

Tratamento	mg N/vaso		
	1/	2/	3/
Solos			
Pastagem	383,94 Aa	160,31 Ab	544,26 A
Floresta	264,81 Ca	169,75 Ab	437,63 B
Queimada	317,81 Ba	123,35 Bb	440,70 A
Mucuna			
0	302,37 Aa	126,76 Aa	432,19 B
20	349,81 Aa	155,66 Aa	505,48 A
40	313,92 Aa	170,99 Aa	484,91 A
Fósforo			
0	114,08 Bb	226,75 Aa	351,76 B
40	444,87 Aa	108,84 Bb	515,38 A
80	406,54 Aa	107,83 Bb	555,76 A

Letras maiúsculas compara na vertical minúsculas na horizontal (Tukey a 5%)

Mucuna: massa verde incorporada (g/vaso)

Fósforo: superfosfato simples (mg/vaso)

1/ Primeiro cultivo 2/ Segundo cultivo 3/ Terceiro cultivo

adição de fósforo a aquisição de nitrogênio foi muito inferior em relação aos tratamentos com fósforo. Este resultado é função da baixa produção de matéria seca pelo arroz (Figura 1). Indicando que o fósforo limitou a produção de matéria seca no primeiro ano, tendo em vista a baixa concentração do elemento no solo. Também a mineralização do N-mucuna pode ter sido limitada por falta de fósforo. Na Figura 4 observa-se que, nos tratamentos sem adição de fósforo e com mucuna o comportamento foi o mesmo, ou seja, baixa quantidade de nitrogênio acumulado no primeiro ano. Mesmo a mineralização da matéria original do solo pode ser limitada por falta de fósforo.

A mesma observação pode ser feita quando se compara a absorção de nitrogênio em função da mucuna e fósforo nas três condições de solo (Figura 4).

4.5. Nitrogênio no arroz derivado da mucuna - NdMuc.

4.5.1. Concentração de nitrogênio no arroz derivado da mucuna (mgNdMuc)

Os valores dos quadrados médios obtidos na análise de variância para as quantidades de nitrogênio no arroz derivado da mucuna encontram-se na Tabela 12. Nos

TABELA 12 - Análise de variância da concentração de nitrogênio no arroz derivado da mucuna nos dois cultivos e produção acumulada (mgNdMuc).

Causa de Variação	GL	QUADRADOS MEDIOS		
		Concentração nitrogênio (mg/vaso)		
		<u>1/</u>	<u>2/</u>	<u>3/</u>
Solos (S)	2	1,284 ns	7,379 **	4,672 ns
Mucuna (M)	2	819,364 **	374,821 **	476,952 **
Fosfóro (F)	2	147,344 **	20,565 **	2,867 ns
Inter. (SxM)	4	0,801 ns	2,845 **	2,034 ns
Inter. (SxF)	4	3,352 ns	1,510 ns	5,111 ns
Inter. (MxF)	4	39,33 **	8,136 **	11,415 **
Inter. (SxMxF)	8	1,714 ns	0,938 ns	6,190 ns
Resíduo	81	1,748	1,042	2,605
TOTAL	107			
CV (%)		20,84	22,26	31,08

*; **; ns: Significativo a 5%; 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

1/primeiro cultivo 2/segundo cultivo. 3/produção acumulada

tratamentos isolados e as interações solo-mucuna e mucuna x fósforo apresentaram valores de F significativos.

As quantidades médias de nitrogênio acumulado no arroz derivado da mucuna para os tratamentos testados

encontra-se na Tabela 13. No primeiro cultivo, coluna 1, verifica-se que as condições de uso do solo não apresentaram diferenças significativas, embora nesse tratamento a quantidade de nitrogênio acumulado na planta de arroz tenha sido diferente entre as condições de uso do solo (Tabela 11). No tratamento com mucuna a adição de 40g/vaso foi superior a dose de 20g/vaso. Com base nas quantidades de nitrogênio adicionados, tendo como fonte a mucuna, verifica-se que, com 197 e 394mg/vaso a percentagem de NdMuc no arroz foi 30,77% e 25,98% respectivamente, no primeiro cultivo. Com relação ao efeito do fósforo na absorção do N-mucuna observa-se que, as doses de 40 e 80mg P_2O_5 /vaso foram estatisticamente superior ao tratamento sem fósforo e não apresentaram diferenças significativas entre as doses.

Na Figura 5, encontram-se as quantidades de nitrogênio no arroz derivado da mucuna, no primeiro, segundo cultivo e a acumulada durante os dois cultivos, nas três condições de solo. Verifica-se que no primeiro cultivo não houve diferenças entre as doses de mucuna e fósforo.

Os valores dos quadrados médios obtidos na análise de variância para NdMuc no segundo cultivo encontram-se na Tabela 12 coluna 2. Verifica-se que, com exceção das interações solos x fósforo e solos x mucuna x fósforo, em todos ocorrem diferenças significativas.

TABELA 13 - Valores médios das concentrações de nitrogênio no arroz derivado da mucuna no primeiro cultivo (1), segundo cultivo (2) e acumulada (3) aos 120 DAF. Médias 36 repetições.

TRATAMENTO	NdMuc (mg/vaso)		
	<u>1/</u>	<u>2/</u>	<u>3/</u>
Solos			
Pastagem	39,54Aa	17,74 Ba	57,28A
Floresta	36,72Aa	25,08Aa	61,80A
Queimada	41,47Aa	17,64 Ba	59,11A
Mucuna			
0	0,00 Ca	0,00 Ca	0,00 C
20	60,62 Ba	29,22 Bb	89,84 B
40	102,57Aa	51,65Ab	154,22A
	1%		
FOSFORO			
0	15,05 Bb	28,77Aa	43,82 B
40	54,72Aa	15,89 Bb	70,61A
80	56,085Aa	16,53 Bb	72,61A

Letras maiúsculas compara na vertical minúsculas na horizontal (Tukey a 5%)

Mucuna: massa verde incorporada (t/ha)

Fósforo: superfosfato simples (mg P₂O₅)

1/ Primeiro cultivo 2/ Segundo cultivo 3/ Terceiro cultivo

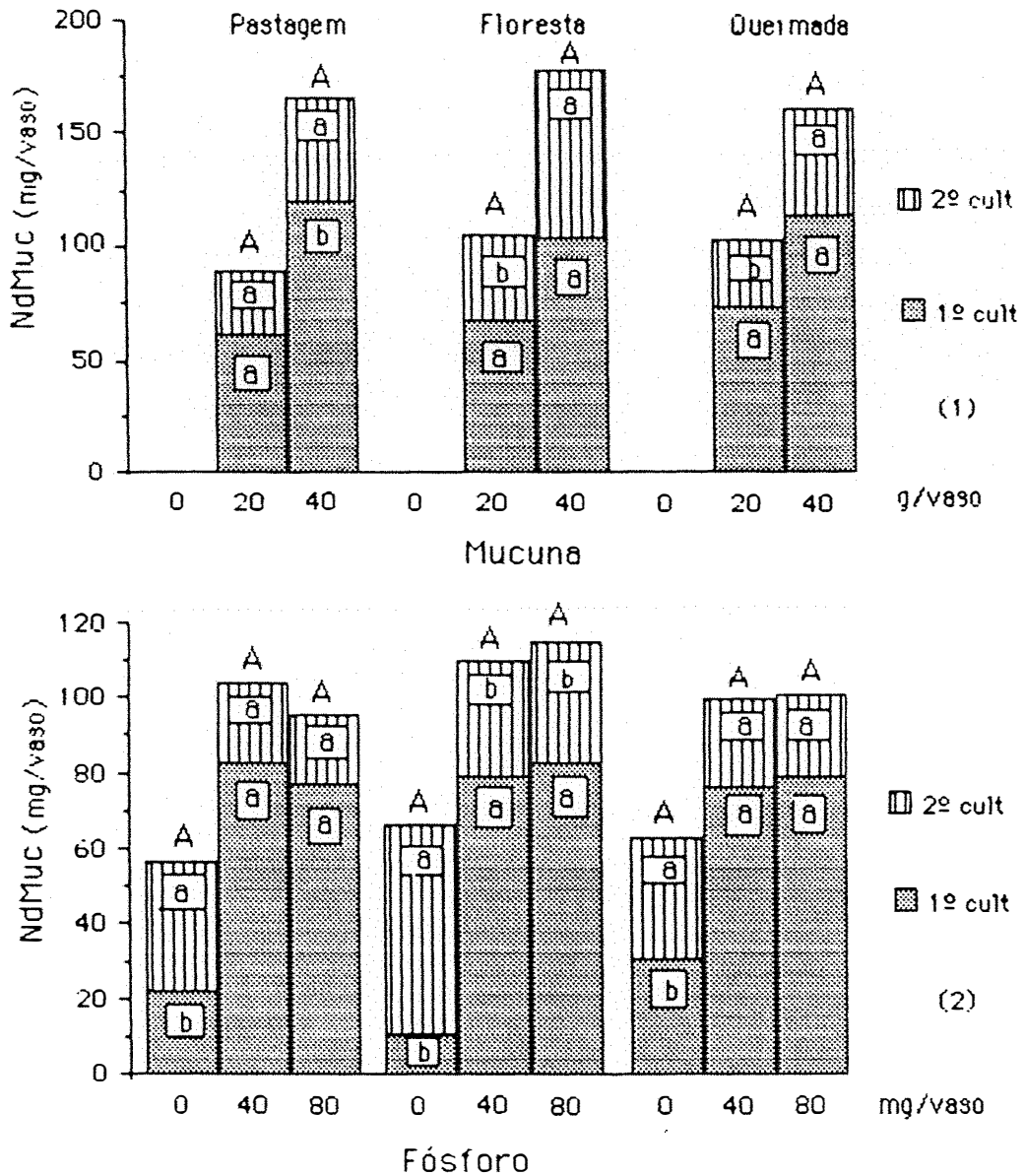


Figura 5- Nitrogênio no arroz derivado da mucuna em função das doses de mucuna (1) e doses de fósforo (2) nas três condições de uso do solo

Letras minúsculas compara dentro do primeiro e segundo cultivo e as maiúsculas o total dos cultivos(Tukey 5%)

As quantidades médias de nitrogênio no arroz derivado da mucuna em função dos três fatores testados podem ser observados na Tabela 13. Nota-se que a condição de solo sob floresta apresenta valor médio superior às condições de solo de pastagens e queimada. Este resultado, provavelmente, seja devido ao nível mais baixo de matéria orgânica do solo de floresta, respondendo à adição de mucuna, apresentando maior teor de N nos tecidos (Tabela 8), visto que a matéria seca acumulada não foi superior a condição de solo de queimada e inferior a de pastagens (Tabela 6). Uma outra possível justificativa para tal resposta pode ser baseada na produção de matéria seca no primeiro cultivo, onde a falta de fósforo, provavelmente diminui a taxa de mineralização do nitrogênio no primeiro cultivo, tornando disponível para arroz no segundo cultivo. O efeito residual dos componentes testado pode ser observado nas Figuras 1 e 2, onde no segundo cultivo o tratamento sem fósforo teve maior acúmulo de matéria seca, principalmente na condição de solo de floresta. Os efeitos significativos das doses de mucuna podem ser observados na Tabela 13, coluna 2. Duplicando a dose de mucuna aumentou cerca de 76% o teor de nitrogênio da mucuna no arroz, sendo esta diferença significativa em relação a menor dose e na ausência da mucuna. No tratamento com fósforo no segundo cultivo, sem adição deste

elemento, a quantidade de nitrogênio acumulado no arroz foi superior em relação às doses adicionadas no início do experimento, indicando assim que possivelmente houve maior extração do fósforo no primeiro cultivo ou uma maior disponibilidade de N-mucuna no segundo cultivo, visto que a quantidade de matéria seca foi maior nos tratamentos sem fósforo.

No desdobramento das interações significativas os efeitos dos tratamentos podem ser observados na Figura 5. Verifica-se que para doses de mucuna e condição de uso do solo houve diferenças significativas entre as doses de mucuna para as três condições de uso do solo. Na maior dose o acúmulo de N-mucuna também foi maior. No tratamento envolvendo fósforo e condição de solo apenas na condição de floresta houve diferença significativa, sendo que no tratamento sem fósforo N-mucuna no arroz foi maior em relação às duas doses aplicadas (Figura 5).

Quando se compara os efeitos da interação mucuna e fósforo para cada condição de solo não detectou-se nenhuma diferença significativa para os tratamentos (Figura 6), embora exista uma tendência de aumento de N no arroz com o aumento da dose de mucuna e fósforo.

A análise de variância para o total de nitrogênio acumulado no arroz derivado da mucuna encontram-se na

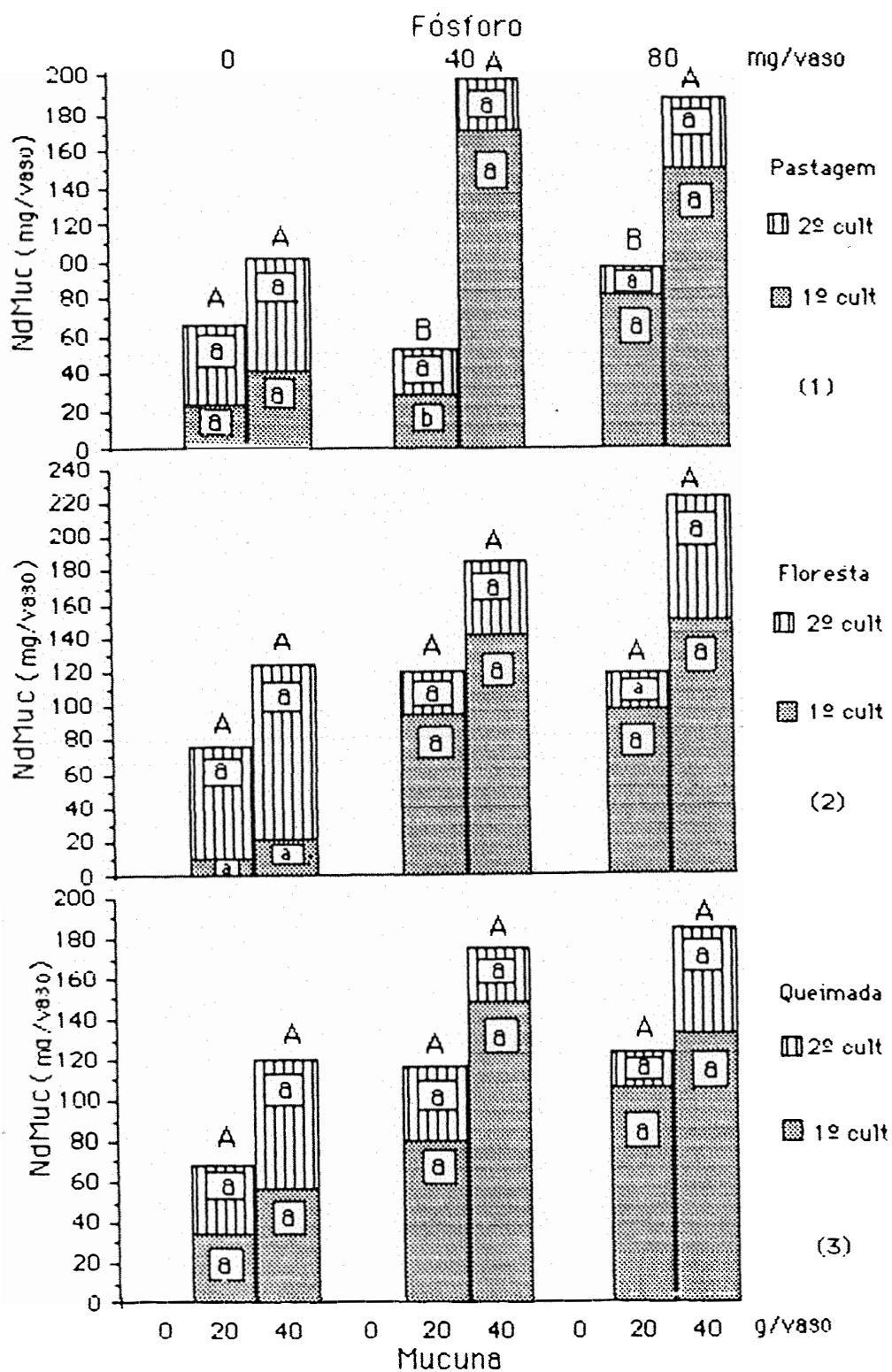


Figura 6 - Nitrogênio no arroz derivado da mucuna em função das doses de mucuna e fósforo nas condições de (1-pastagem; 2-floresta; 3-queimada) Letras minúsculas compara dentro do primeiro e segundo cultivo e as maiúsculas o total dos cultivos (Tukey 5%)

Tabela 12, coluna 3. Nesta observa-se que, apenas o fator mucuna e a interação desta com fósforo indicam diferenças significativas.

Os valores médios do total de nitrogênio acumulado nos dois cultivos em função dos tratamentos condição de uso de solo, mucuna e fósforo encontram-se na Tabela 13, coluna 3. Verifica-se que a condição de uso do solo não influenciou neste parâmetro. A adição de mucuna aumentou a quantidade de N no arroz com o aumento da dose. A aplicação de 40g/vaso de mucuna resultou em 71,66% de aumento em relação a dose de 20g/vaso de mucuna. Do total de NdMuc acumulado nos dois cultivos aproximadamente 67% ocorreu no primeiro cultivo e 33% no segundo. Considerando que foram aplicados 197 e 394mg N/vaso na forma de mucuna, 89,84 e 164,22mg N/vaso foram absorvidos pela planta de arroz. Assim a contribuição da mucuna no fornecimento de nitrogênio foi de 45 e 39% respectivamente. Pelo exposto a dose 20g/vaso de mucuna favoreceu mais o desenvolvimento do arroz, embora estatisticamente tenha tido uma menor contribuição no acúmulo de nitrogênio total (Tabela 13).

No tratamento envolvendo doses de fósforo e o total de nitrogênio acumulado pelo arroz nos dois cultivos as doses de 40 e 80mg P_2O_5 /vaso foram iguais. No tratamento sem fósforo a quantidade acumulada é menor em relação aos tratamentos anteriores.

Os efeitos dos tratamentos sobre as quantidades de nitrogênio absorvido pelo arroz durante o primeiro e segundo cultivo podem ser observados na Tabela 13. e Figura 6. No tratamento solos não houve diferença significativa entre as condições de uso do mesmo entre os dois cultivos, embora perceba-se uma tendência de diminuir a quantidade acumulada do primeiro para o segundo cultivo. Já para o tratamento com mucuna o efeito na diminuição do N acumulado apresentou diferenças significativas. Esta queda no acúmulo de N-mucuna do primeiro para o segundo cultivo foi em torno de 50% para ambos tratamentos. Indicando que, nas condições deste experimento a manutenção do nível de nitrogênio obtido no primeiro cultivo seria necessário suplementação, no segundo cultivo, de 10g/vaso de mucuna, considerando que não houve nenhuma restrição na disponibilidade da N-mucuna para planta.

Para o tratamento fósforo houve um aumento da ordem de 91% do primeiro para o segundo cultivo no tratamento sem fósforo, resultado da baixa produção de matéria seca no primeiro cultivo, sendo portanto um efeito residual de fósforo ou nitrogênio. Nas doses de 40 e 80mg/vaso de fósforo as quantidades de nitrogênio por vaso reduziram cerca de 244% do primeiro cultivo para o segundo, indicando assim que nas condições deste experimento o

fósforo foi o fator que mais limitou o acúmulo de N-mucuna no arroz.

4.5.2. Percentagem de nitrogênio no arroz derivado de mucuna (% NdMuc)

Os quadrados médios da análise de variância dos teores de nitrogênio no arroz derivado da mucuna (%NdMuc), são apresentados na Tabela 14. Na coluna 1 representa o primeiro cultivo, onde verifica-se que, com exceção das interações mucuna x fósforo, todas causas de variação foram significativas.

Os resultados do desdobramento das interações encontram-se na Tabela 15. Verifica-se que, no primeiro cultivo, houve efeito significativo de doses de mucuna nas três condições de uso do solo. Na dose de 20g/vaso a melhor resposta foi no solo de floresta e semelhante entre pastagem e queimada. Já para a aplicação de 40g/vaso de mucuna a % NdMuc foi maior no solo de queimada e estatisticamente semelhantes no solo de pastagem e floresta. No entanto, as médias para fator solos foram semelhantes, diferindo apenas para doses de mucuna, onde a maior quantidade de N-mucuna absorvido foi de 42% no solo sob condição de queimada na dose de 40g/vaso. O efeito da mucuna no segundo cultivo foi semelhante ao primeiro ou

TABELA 14 - Análise de variância da percentagem de nitrogênio no arroz derivado da mucuna (% NdMuc), no primeiro (1), segundo cultivo (2) e o acumulado (3) aos 120 DAE.

Causa de Variação	GL	QUADRADOS MEDIOS		
		% NdMuc		
		<u>1/</u>	<u>2/</u>	<u>3/</u>
Solos (S)	2	2,140**	5,973**	4,456**
Mucuna (M)	2	219,375**	245,665**	498,084**
Fosfóro (F)	2	1,507**	1,173**	0,334 ns
Inter. (SxM)	4	3,610**	1,648**	2,416**
Inter. (SxF)	4	1,541**	2,386**	0,442 ns
Inter. (MxF)	4	0,675ns	0,461ns	0,267ns
Inter. (SxMxF)	8	0,896**	0,667**	0,519 ns
Resíduo	81	0,296	0,240	0,261
TOTAL	107			
CV (%)		14,45	12,50	9,84

*;** ns: Significativo a 5%; 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

1/primeiro cultivo 2/segundo cultivo 3/produção acumulada.

seja, maior dose, maior a quantidade de nitrogênio no arroz derivado da mucuna, independente da condição de solo. Sendo que o maior percentual foi de 35,80% no solo de floresta.

TABELA 15 - Teor de nitrogênio na planta de arroz derivado da mucuna (%NdMuc) aos 120 DAE. Médias de 12 repetições.

Tratamento	Pastagem	Floresta	Queimada	Média
Mucuna		1/		
0	0,00 Ca	0,00 Ca	0,00 Ca	0,00 C
20	14,93 Bb	27,23 Ba	19,56 Bb	20,57 B
40	31,16Ab	34,83Ab	42,06Aa	36,01A
Média	15,36a	20,68a	20,54a	18,86
Fósforo				
0	16,36Ab	18,20 Bb	21,29Aa	18,16A
40	15,80Ab	21,70Aa	21,40Aab	19,63A
80	13,93Ab	22,80Aa	18,73Aab	18,48A
Média	15,36a	20,68a	20,59a	18,91
Mucuna		1/		
0	0,00 Ca	0,00 Ca	0,00 Ca	0,00
20	16,95 Bb	21,37 Ba	22,29 Ba	20,20
40	27,48Ac	35,80Aa	33,26Ab	32,18
Média	14,81 c	19,05a	18,51 b	17,46
Fósforo				
0	13,30Ab	18,98Aa	19,58Aa	17,28A
40	14,85Ab	18,58Aa	17,75Aab	17,06A
80	16,38Ab	19,05a	18,01Aa	17,99A
Média	14,84a	19,05a	18,45a	17,44

Letras maiúsculas compara na vertical e minúsculas na horizontal, no primeiro (1) e segundo cultivo (2) (Tukey 5%)

Mucuna: massa verde incorporada (g/vaso)

Fósforo: superfosfato simples (mg F_2O_5 /vaso)

O fator fosforo independente da dose e condição de uso do solo não influenciou na quantidade de nitrogênio no arroz derivado da mucuna.

4.6. Nitrogênio no arroz derivado do N-fixado pela mucuna (NdFixMuc)

4.6.1. Percentagem de nitrogênio no arroz derivado do N fixado pela mucuna

Os quadrados médios da percentagem de nitrogênio no arroz derivado do N-fixado pela mucuna encontram-se na Tabela 16. Onde verifica-se efeito significativos para fator solos no percentual acumulado, e mucuna no primeiro, segundo e no percentual acumulado e a interação solos x mucuna no primeiro cultivo e no percentual acumulado.

Os valores médios ponderados do nitrogênio no arroz derivado do N fixado pela mucuna em função dos tratamentos: condição de uso do solo, mucuna e doses de fósforo, no primeiro, segundo cultivo e a acumulada encontram-se na Tabela 17.

Nos tratamentos solos a condição de pastagem o valor médio de nitrogênio no arroz derivado da fixação foi menor em relação à condição de floresta e queimada, no primeiro cultivo e no total acumulado, sendo que no segundo

TABELA 16 - Análises de variância da percentagem de nitrogénio no arroz derivado do N-fixado pela mucuna (% NdFixMuc) no primeiro (1), segundo cultivo (2) e acumulado (3) aos 120 DAE.

Causa de Variação	GL	QUADRADO MEDIO		
		% NdFixMuc		
		<u>1/</u>	<u>2/</u>	<u>3/</u>
Solos (S)	2	2,519 ns	2,96 ns	3,528**
Mucuna (M)	2	155,734**	139,938**	332,165**
Fósforo (F)	2	0,441 ns	0,039 ns	0,025 ns
Interação (SxM)	4	0,763**	0,758 ns	1,002**
Interação (SxF)	4	0,316 ns	0,093 ns	0,112 ns
Interação (MxF)	4	0,187 ns	0,415 ns	0,037 ns
Interação (SxMxF)	8	0,347 ns	0,025 ns	0,097 ns
Resíduo	81	0,264	0,455	0,196 ns
TOTAL	107			
CV (%)		15,54	20,88	10,07

**; ns: Significativo a 5%; 1% de probabilidade e não justificativo, respectivamente.

1/primeiro cultivo 2/segundo cultivo 3/produção acumulada

cultivo o solo de floresta foi semelhante ao de pastagem. Para todas as condições de uso do solo não houve diferenças significativas entre o primeiro e segundo cultivo. No tratamento com mucuna, dobrando a quantidade de mucuna

TABELA 17 - Percentagem de nitrogênio no arroz derivado do N fixado pela mucuna no primeiro (1), segundo cultivo (2) e acumulado (3) aos 120 DAE. Médias de 36 repetições.

Tratamento	% NdfixMuc		
	<u>1/</u>	<u>2/</u>	<u>3/</u>
Solos			
Pastagem	8,06 Ba	7,78 Ba	15,28 B
Floresta	10,68 Aa	9,64 ABa	19,60 A
Queimada	11,29 Aa	11,01 Aa	20,24 A
Mucuna			
0	0,00 Ca	0,00 Ca	0,00 C
20	10,67 Ba	14,61 Ba	30,72 B
40	20,29 Aa	21,47 Aa	47,79 A
Fósforo			
0	9,70 Aa	9,34 Aa	18,46 A
40	10,80 Aa	9,28 Aa	18,04 A
80	9,40 Aa	9,68 Aa	18,43 A

Letras maiúsculas compara na vertical e minúsculas na horizontal, no primeiro (1) e segundo cultivo (2) (Tukey 5%)

Mucuna: massa verde incorporada (t/ha)

Fósforo: superfosfato simples (Kg F_2O_5 /ha)

aplicada de 20 para 40g/vaso aumentou a porcentagem de nitrogênio no arroz derivado da fixação pela mucuna (Tabela 17, coluna 1, 2, 3).

A percentagem de nitrogênio no arroz derivado do N-fixado da mucuna, nas três condições de uso do solo em função das doses mucuna e fósforo no primeiro e segundo cultivo encontram-se na Tabela 18. No primeiro cultivo verifica-se um aumento do N-fixado da mucuna no arroz nas três condições de uso do solo. No segundo cultivo, com exceção do solo de floresta onde a dose de 20g/vaso de mucuna foi menor em relação à pastagem e queimada, esta quantidade adicionada, ou seja, 20g/vaso teve um efeito semelhante quando aplicou 40g/vaso de mucuna. Para o tratamento fósforo, não se observou nenhum efeito significativo entre as doses aplicadas e sem aplicação de fósforo, nas três condições de uso nos dois cultivos do arroz (Tabela 18).

4.6.2. Concentração de nitrogênio no arroz do N-fixado pela mucuna

Os quadrados médios da análise de variância da concentração de nitrogênio no arroz derivado do N-fixado pela mucuna encontram-se na Tabela 19. Verifica-se efeitos significativos da mucuna, fósforo e a interação destes, no primeiro e segundo cultivo. A condição de solo, apenas no segundo cultivo foi significativo. A quantidade acumulada

TABELA 18 - Percentagem de nitrogênio na planta de arroz derivado N-fixado pela mucuna, no primeiro e segundo cultivos aos 120 DAE. Média de 12 repetições.

Tratamento	Pastagem	Floresta	Queimada	Média
Mucuna <u>1/</u>				
0	0,00 Ca	0,00 Ca	0,00 Ca	0,00 C
20	10,57 Bb	16,52 Ba	17,36 Ba	14,16 B
40	20,68 Ab	24,71 Aab	28,44 Aa	24,61 A
Média	10,41 b	13,74 a	15,26 a	13,13
Fósforo				
0	10,89 Aa	13,29 Aa	14,17 Aa	12,78 A
40	10,90 Aa	13,66 Aa	18,78 Aa	14,44 A
80	9,45 Aa	14,28 Aa	12,85 Aa	12,18 A
Média	10,41 b	13,74 a	15,26 a	13,13
Mucuna <u>1/</u>				
0	0,00 ba	0,00 Ca	0,00 Ba	0,00 C
20	11,41 Aa	14,25 B	23,12 Aa	16,26 B
40	15,84 Ab	23,16 Aa	24,09 Aa	21,03 A
Média	9,08 b	12,47 ab	15,73 a	12,43
Fósforo				
0	8,91 Aa	12,65 Aa	15,02 Aa	12,19 A
40	9,90 Aa	11,78 Aa	15,72 Aa	14,13 A
80	8,44 Aa	12,97 Aa	16,46 Aa	12,62 A
Média	9,08 b	12,46 ab	15,73 a	12,42

Letras maiúsculas compara na vertical e minúsculas na horizontal no primeiro (1) e segundo cultivo (2) (Tukey 5%)

Mucuna: massa verde incorporada (t/ha)

Fósforo: superfosfato simples (Kg P_2O_5 /ha)

de nitrogênio no arroz somente apresentou valor de F significativo para fator mucuna.

As concentrações médias de nitrogênio no arroz derivado do N-fixado pela mucuna encontram-se na Tabela 20. Observa-se que, no primeiro cultivo a condição de uso do solo não influenciou na concentração do Ndfixe Muc no arroz, visto que, nas três condições os valores são estatisticamente semelhantes. A condição de floresta no segundo cultivo, acumulou quantidade maior de NdfixeMuc do que pastagem e queimada. As quantidades totais acumuladas foram semelhantes em relação ao tratamento solos.

A contribuição da mucuna no fornecimento de nitrogênio biologicamente fixado é verificado na Tabela 20. Observa-se que cerca de 66% e 34% do N-fixado pela mucuna foi transferido para a planta de arroz no primeiro e segundo cultivo respectivamente. A contribuição, em termos de quantidade de N-fixado, durante os dois cultivos foi da ordem de 31,46% e 27%, quando foram adicionados 20 e 40g/vaso respectivamente.

A adição de fósforo provocou maior acúmulo de N-fixado pela mucuna no arroz no primeiro cultivo e na quantidade total acumulada. No segundo cultivo no tratamento sem fósforo foi maior em relação as doses de

TABELA 19 - Análises de variância da concentração de nitrogênio no arroz derivado do N-fixado pela mucuna, no primeiro (1), segundo (2) e acumulado (3) aos 120 DAE.

Causa de Variação	GL	QUADRADO MEDIO		
		mg NdFi x Muc/vaso		
		<u>1/</u>	<u>2/</u>	<u>3/</u>
Solos (S)	2	2,647 ns	4,862**	0,656 ns.
Mucuna (M)	2	533,085**	340,767**	438,884**
Fosforo (F)	2	100,629**	13,556**	0,107 ns
Inter. (SxM)	4	1,181 ns	1,881 ns	0,251 ns
Inter. (SxF)	4	2,037 ns	1,001 ns	2,622 ns
Inter. (MxF)	4	26,635**	5,359**	6,000 ns
Inter. (SxMxF)	8	1,027 ns	0,622 ns	3,449 ns
Resíduo	81	1,054	0,689	3,104
Total	107			
CV (%)		19,25	21,68	35,62

**; ns: Significativo a 5%; 1% de probabilidade e não justificativo, respectivamente.

1/ primeiro cultivo 2/ segundo cultivo 3/ produção acumulada

TABELA 20 - Valores médios das concentrações de nitrogênio no arroz derivado do N-fixado pela mucuna no primeiro (1) segundo cultivo (2) e a quantidade acumulada (3) aos 120 DAE. Média de 36 repetições.

Tratamento	mg Ndfi x Muc		
	<u>1/</u>	<u>2/</u>	<u>3/</u>
Solos			
Pastagem	27,28Aa	12,24 Ba	39,52A
Floresta	25,33Aa	17,30Aa	42,60A
Queimada	28,61Aa	12,17 Ba	40,78A
MUCUNA			
0	0,00 Ca	0,00 Ca	0,00 C
20	41,82 Ba	20,16 Bb	61,98 B
40	70,77Aa	35,63Ab	106,41A
FOSFORO			
0	10,38 Bb	19,85Aa	30,23 B
40	37,75Aa	10,96 Bb	48,72A
80	38,69Aa	11,40 Bb	50,10A

Letras maiúsculas compara na vertical e minúscula na horizontal pelo Tukey 5%.

1/ primeiro cultivo; 2/ segundo cultivo; 3/ acumulada

fósforo aplicadas. Não houve diferença entre a aplicação de 40 e 80mg P_2O_5 /vaso.

Na Figura 7 encontram-se as quantidades parciais e totais de nitrogênio no arroz derivado do N-fixado pela mucuna. A observação da Figura 7, onde verifica-se o efeito significativo da mucuna na transferência do N atmosférico para o arroz, intermediado pela associação entre mucuna e rizóbio. Tanto no primeiro como no segundo cultivo e no total acumulado, houve resposta significativa para doses de mucuna adicionada, nas três condições de uso do solo. O efeito da adição de fósforo no acúmulo de N-fixado é observado no primeiro cultivo para as três condições de uso do solo, no entanto o efeito de doses do elemento é notado somente na condição de solo de queimada a dose de 40mg P_2O_5 /vaso. Nas condições de pastagem e floresta o N-fixado no arroz, no tratamento sem fósforo no segundo cultivo foi superior em relação a 40 e 80mg P_2O_5 /vaso e igual na condição de queimada. Este resultado pode ser justificado pela limitação na produção de matéria seca ocorrida no primeiro cultivo.

As quantidades de nitrogênio no arroz derivado do N-fixado pela mucuna em função das doses de mucuna e fósforo nas três condições de uso do solo, podem ser observadas na Figura 8. Verifica-se que não houve efeito em nenhum tratamento. Embora não tenha observado diferenças

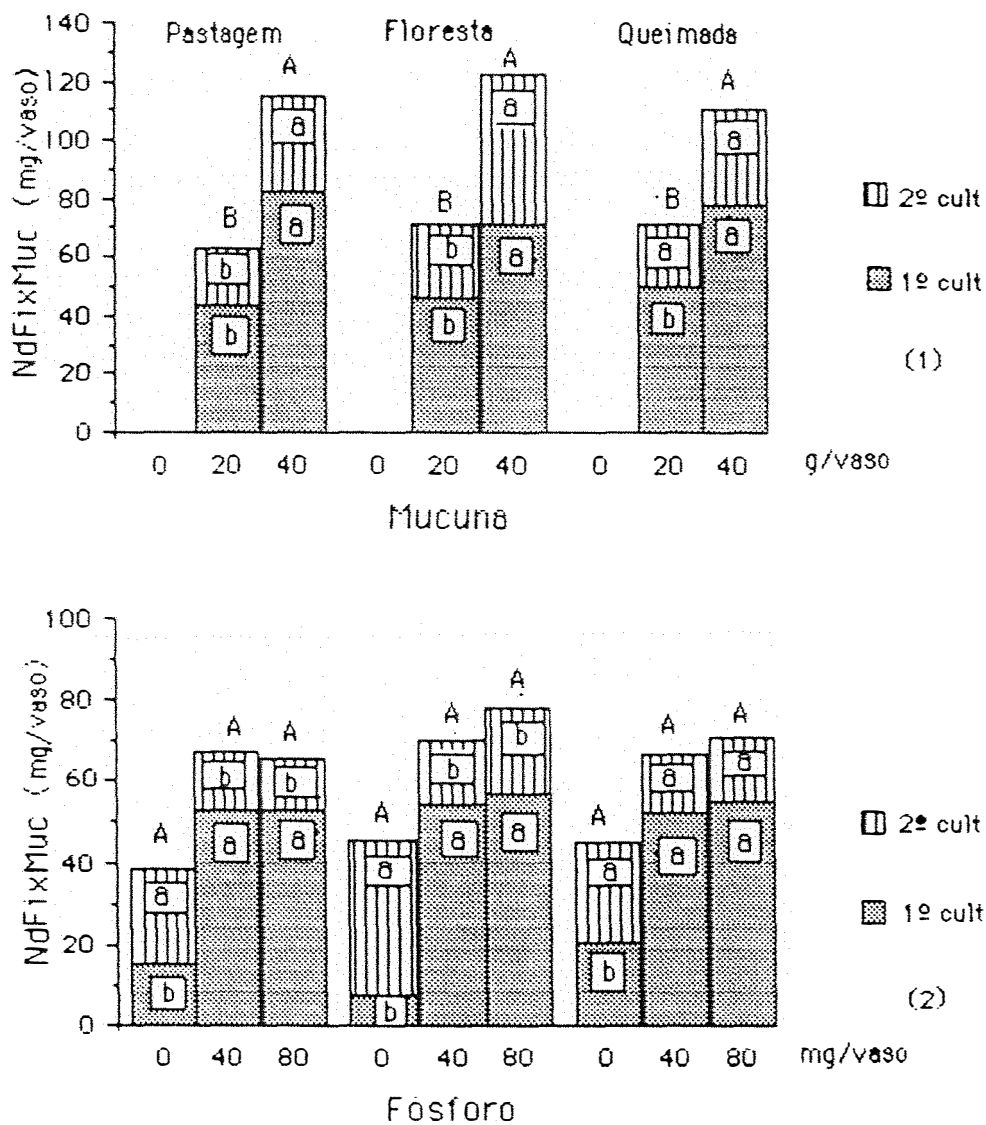


Figura 7 - Nitrogênio no arroz derivado do N-fixado pela mucuna em função das doses de mucuna (1) e fósforo (2) nas tres condições de uso do solo

Letras minúsculas compara dentro do primeiro e segundo cultivo e as miúsculas o total dos cultivos (Tukey 5%)

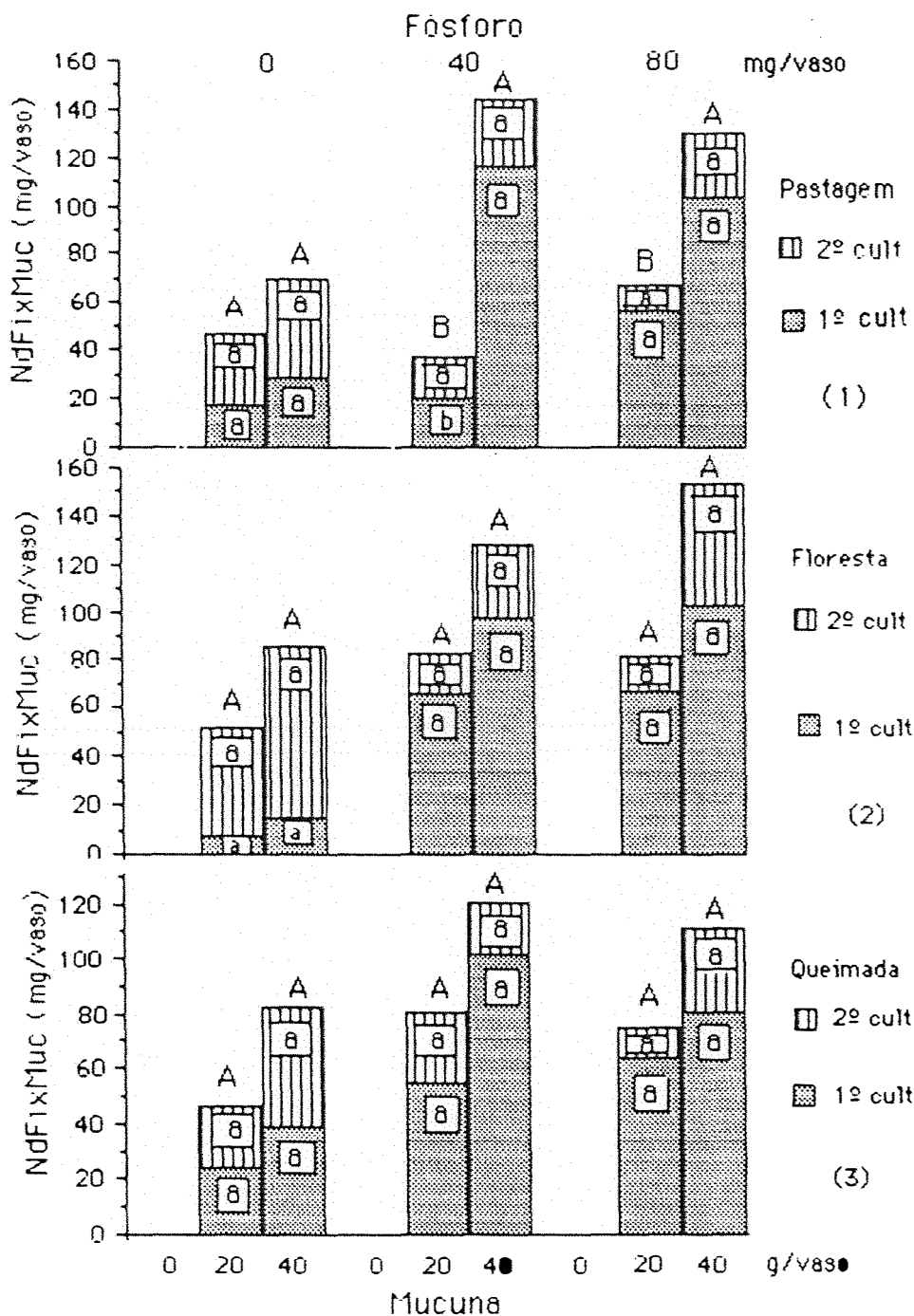


Figura 8 - Nitrogênio no arroz derivado do N-fixado pela mucuna nas doses mucuna e fósforo nas três condições de uso do solo (1-pastagem 2-floresta ; 3-queimada)

Letras minúsculas compara dentro do primeiro e segundo cultivo e as maiúsculas o total dos cultivos(Tukey5%)

significativas entre os tratamentos, as doses de 40g de mucuna/vaso e 40mg P_2O_5 /vaso apresentou uma tendência de maior acúmulo de N-fixado nas três condições de uso do solo, no primeiro cultivo. O total acumulado mostra que, nos dois cultivos, dose intermediária de fósforo e a maior dose de mucuna teve mesmo efeito para o arroz. No tratamento sem fósforo, para a condição de floresta, no segundo cultivo as quantidades de N-fixado da mucuna no arroz foi maior em relação ao primeiro cultivo, mostrando assim que a baixa quantidade acumulada no primeiro cultivo foi devido a problema de disponibilidade de nitrogênio para o desenvolvimento da planta. Este efeito pode ser observado através da análise da produção de matéria seca total na planta de arroz (Figura 8).

4.7. Fósforo na planta

4.7.1. Teor de fósforo na planta

Os quadrados médios da análise de variância do teor de fósforo na planta de arroz, no primeiro, segundo cultivo e teor acumulado, encontram-se na Tabela 21. Verifica-se que, apenas a interação mucuna x fósforo não apresentou resultado significativo no segundo cultivo, os fatores solos, mucuna, fósforo e a interação mucuna x

fósforo apresentaram resultados significativo para o teor de fósforo na planta. No teor acumulado, com exceção do fator mucuna e a interação solos x mucuna x fósforo, todos foram significativos.

Os teores médios de fósforo na planta de arroz encontram-se na Tabela 22, onde verifica-se que, os valores em geral, estão acima de 0,15%, valor encontrado por ISHIZUKA (1964), na fase de maturação completa do arroz. Indicando que mesmo no tratamento sem adição do fósforo este não limitou o desenvolvimento do arroz.

Entre três condições de solo, na de floresta, o teor de fósforo foi menor no primeiro cultivo e igualando com a condição de queimada e sendo superior ao de pastagem no segundo cultivo. O teor total de fósforo acumulado pelo arroz, na condição de queimada foi superior em relação a floresta e pastagem, as quais, apresentaram valores estatisticamente semelhantes. Doses de mucuna somente no primeiro cultivo influenciou na absorção de fósforo, no segundo cultivo foi menor em ambas doses aplicadas e o total acumulado não apresentou diferenças em relação ao tratamento sem adição de mucuna.

A adição de fósforo resultou num maior acúmulo do elemento na planta, fato já esperado tendo em vista baixo nível no solo.

TABELA 21 - Análises de variância do teor de fósforo na planta toda (Colmo + folhas, grãos e raízes) no primeiro (1), segundo cultivo (2) e acumulado (3) aos 120 DAE.

Causa de Variação	GL	QUADRADO MEDIO		
		% P		
		<u>1/</u>	<u>2/</u>	<u>3/</u>
Solos (S)	2	0,008**	0,035**	0,025**
Mucuna (M)	2	0,002**	0,010**	0,006 ns
Fósforo (F)	2	0,051**	0,082**	0,0265**
Interação (SxM)	4	0,001**	0,004 ns	0,006**
Interação (SxF)	4	0,006**	0,002 ns	0,007**
Interação (MxF)	4	0,0004 ns	0,010**	0,010**
Interação (SxMxF)	8	0,002**	0,002 ns	0,002 ns
Resíduo	81	0,0005	0,002	0,002
TOTAL	107			
CV (%)		11,48	16,68	10,45

**; ns: Significativo a 5%; 1% de probabilidade e não justificativo, respectivamente.

1/ primeiro cultivo 2/ segundo cultivo 3/ produção acumulada

TABELA 22 - Valores médios do teor de fósforo no arroz, no primeiro (1), segundo cultivo (2) e total acumulado (3) nos dois cultivos ao 120 DAE. Médias de 36 repetições.

Tratamento	% P		
	<u>1/</u>	<u>2/</u>	<u>3/</u>
Solos			
Pastagem	0,21 Aa	0,22 Ba	0,24 B
Floresta	0,18 Bb	0,27 Aa	0,22 B
Queimada	0,20 Ab	0,29 Aa	0,24 A
Mucuna			
0	0,19 Bb	0,28 Aa	0,23 A
20	0,19 Bb	0,25 Ba	0,20 A
40	0,20 Ab	0,25 Ba	0,22 A
Fósforo			
0	0,15 Ca	0,21 Ba	0,18 C
40	0,21 Ba	0,28 Aa	0,24 B
80	0,22 Aa	0,30 Aa	0,26 A

Letras maiúsculas compara na vertical e minúsculas na horizontal (Tukey 5%)

Mucuna: massa verde incorporada (t/ha)

Fósforo: superfosfato simples (Kg P_2O_5 /ha)

Na Tabela 23 encontram-se os resultados do desdobramento das interações. Verifica-se que, o tratamento

TABELA 23 - Teor de fósforo (%) nas plantas de arroz (colmos +
folhas + raízes) no primeiro (1) e segundo cultivo
(2) aos 120 DAE. Média de 12 repetições.

Tratamento	Pastagem	Floresta	Queimada	Média
<u>1/</u>				
Mucuna				
0	0,20 Aa	0,17 Bb	0,19 Aa	0,19 B
20	0,21 Aa	0,16 Bb	0,20 Aa	0,19 B
40	0,22 Aa	0,20 Aa	0,20 Aa	0,20 A
Média	0,21 a	0,18 b	0,20 a	0,19
<u>Fósforo</u>				
0	0,15 Bb	0,12 Bc	0,19 Ba	0,15 B
40	0,23 Aa	0,20 Ab	0,20 ABb	0,21 A
80	0,24 Aa	0,22 Ab	0,21 Ab	0,22 A
Média	0,21 a	0,18 b	0,20 a	0,19
D.N.S.	%	%	%	%
C.V. (%)	11,4			
<u>2/</u>				
Mucuna				
0	0,23 Aa	0,31 Aa	0,30 Aa	0,28 A
20	0,23 Aa	0,24 Aa	0,28 Aa	0,25 B
40	0,22 Aa	0,25 Aa	0,28 Aa	0,25 B
Média	0,22 b	0,27 a	0,29 a	0,26
<u>Fósforo</u>				
0	0,18 Aa	0,21 Aa	0,23 Aa	0,21 B
40	0,23 Aa	0,28 Aa	0,31 Aa	0,28 A
80	0,27 Aa	0,31 Aa	0,31 Aa	0,30 A
Média	0,22 b	0,27 a	0,29 a	0,26
C.V. (%)	16,6			

Letras maiúsculas compara na vertical e minúsculas na horizontal
no primeiro (1) e segundo cultivo (2) (Tukey 5%)

Mucuna: massa verde incorporada (g/vaso)

Fósforo: superfosfato simples (mg P₂O₅/vaso)

mucuna, apenas no solo de floresta teve influência na absorção de fósforo no primeiro cultivo, no segundo cultivo esta diferença não existiu.

Para o tratamento fósforo, a adição de 40 e 80mg/vaso de P_2O_5 não apresentaram diferenciação significativas entre uma e outra dose na absorção do fósforo, mas superior em relação ao tratamento sem adição de fósforo.

No segundo cultivo a adição de fósforo não apresentou diferenças significativas em nenhuma condição de uso do solo. Observando o valor médio do teor de fósforo no solo de floresta, tanto para mucuna como para doses de fósforo nos dois cultivos verifica-se uma resposta do primeiro para o segundo cultivo. Esse resultado sugere que houve uma limitação de nitrogênio, tendo em vista que a quantidade de fósforo no solo não alterou do primeiro para o segundo cultivo. Pode ser que a mineralização do N-mucuna tenha sido baixa no primeiro cultivo, sendo posteriormente disponível para o arroz no segundo cultivo.

4.7.2. Concentração de fósforo na planta

Os resultados da análise de variância da concentração de fósforo planta de arroz, encontram-se na

Tabela 24. Nesta, verifica-se que os fatores solo e fósforo foram significativos no primeiro e segundo cultivo e na quantidade total acumulada de fósforo na planta. A mucuna apenas no segundo cultivo apresentou valor significativo. As interações solos x mucuna para quantidade acumulada, solos x fósforo no primeiro cultivo e mucuna x fósforo no primeiro e segundo cultivo foram significativos.

Os valores médios das concentrações de fósforo nos três tratamentos, solos, mucuna e fósforo encontram-se na Tabela 25. O efeito significativo das condições de uso do solo é verificado no primeiro e segundo cultivo e na quantidade fósforo acumulado pelo arroz. Sendo que na condição de pastagem, a quantidade de fósforo acumulado é maior, depois floresta e finalmente queimada, no primeiro cultivo. No segundo cultivo as concentrações entre pastagem e florestas foram semelhantes, esta última igual ao solo de queimada.

Na produção acumulada a condição de pastagem foi superior em relação à condição de floresta e queimada, sendo as duas últimas estatisticamente iguais. Nas condições de pastagem e queimada não houve diferenças

TABELA 24 - Análises de variâncias da concentração de fósforo, arroz, planta toda (colmo + folhas, grãos, raízes) aos 120 DAP.

Causa de Variação	GL	QUADRADO MEDIO		
		mg p/vaso		
		<u>1/</u>	<u>2/</u>	<u>3/</u>
Solos (S)	2	2163,410**	330,916*	3700,083**
Mucuna (M)	2	127,297 ns	288,617*	330,777 ns
Fósforo (F)	2	26467,914**	2622,210**	12631,194**
Interação (SxM)	4	311,433 ns	186,190 ns	759,777**
Interação (SxF)	4	465,070**	120,342 ns	398,861 ns
Interação (MxF)	4	365,720*	284,378*	563,263 ns
Interação (SxMxF)	8	100,081 ns	89,770 ns	240,409 ns
Resíduo	81	105,847	89,508	184,60
TOTAL	107			
CV (%)		25,63	24,09	17,21

**, *, ns: Significativo a 5%; 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

1/ primeiro cultivo 2/ segundo cultivo 3/ produção acumulada

entre o primeiro e segundo cultivo, apenas na condição de floresta a quantidade acumulada diminui do primeiro para o segundo.

No tratamento com mucuna não houve diferenças significativas na concentração de fósforo na planta, independentemente das doses, e na quantidade acumulada dos dois cultivos. Não houve também diferença entre o primeiro e o cultivo no acúmulo de fósforo na planta com a adição de mucuna.

As concentrações parciais e acumuladas de fósforo na planta de arroz nos tratamentos envolvendo doses de mucuna e fósforo para cada condição de uso do solo encontra-se na Figura 9. Observa-se que para todas as condições de solos a mucuna não apresenta diferença entre doses aplicadas e o tratamento sem mucuna, tanto no primeiro como no segundo cultivo e também no total de fósforo acumulado. Em todas as condições de solo as quantidades acumuladas de fósforo absorvida pelo arroz foram estatisticamente iguais no tratamento mucuna (Tabela 25 e Figura 9).

Com relação aos efeitos da adição de fósforo, verifica-se uma resposta positiva na absorção do elemento nas três condições de uso do solo (Figura 9). Observa-se que, na condição de pastagem, houve diferença entre os tratamentos sem fósforo e com fósforo, não existiu diferença entre doses no primeiro bem como no segundo cultivo. No primeiro cultivo a aplicação do fertilizante fosfatado aumentou a absorção do nutriente. No segundo

TABELA 25 - Valores médios da concentração de fósforo no arroz no primeiro (1), segundo (2), cultivo e total acumulado (3) nos dois cultivos aos 120 DAE. Médias de 12 repetições.

Tratamento	mg por vaso		
	<u>1/</u>	<u>2/</u>	<u>3/</u>
Solos			
Pastagem	47,72 Aa	42,64 Aa	90,36 A
Floresta	40,45 Ba	38,31 ABb	78,76 B
Queimada	32,23 Ca	36,81 Ba	69,04 B
Mucuna			
0	40,41 Aa	36,00 Aa	76,41 A
20	41,86 Aa	40,62 Aa	82,48 A
40	38,13 Aa	41,14 Aa	79,27 A
Fósforo			
0	9,97 Cb	49,04 Aa (1%)	59,01 C
40	47,95 Ba	35,34 Bb (1%)	83,29 B
80	62,48 Aa	33,37 Bb (1%)	95,85 A

Letras maiúsculas compara na vertical e minúsculas na horizontal (Tukey 5%)

1/ primeiro cultivo 2/ segundo cultivo 3/ produção acumulada

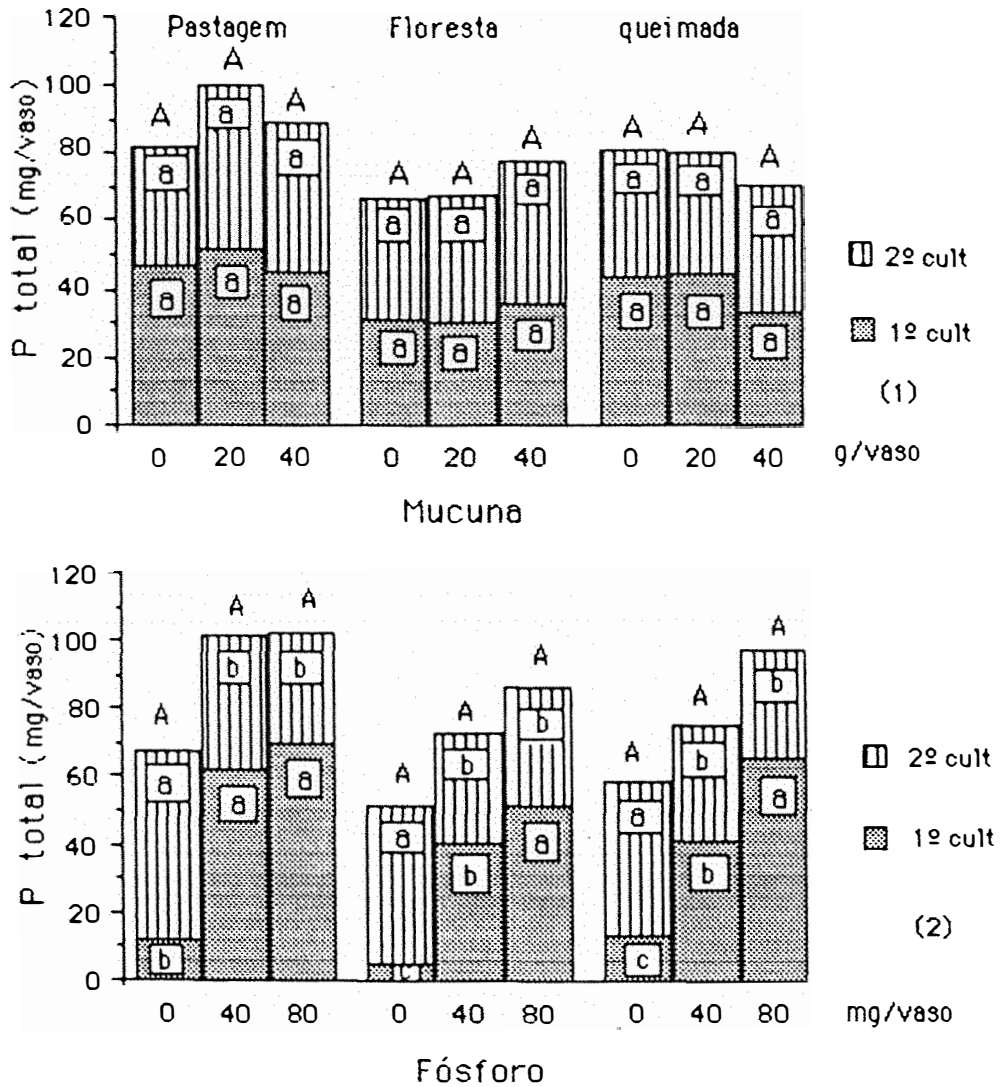


Figura 9 - Fósforo total no arroz em função da mucuna (1) e fósforo (2) nas tres condições de uso do solo

Letras minúsculas compra dentro do primeiro e segundo cultivo e as maiúsculas o total dos cultivos(Tukey5%)

cultivo no tratamento sem adição do fertilizante fosfatado a quantidade absorvida foi maior. Este resultado indica que teve um efeito residual de fósforo do primeiro para o segundo cultivo ou uma limitação do nitrogênio no primeiro cultivo, visto que, somente no início do experimento foram adicionados os fertilizantes.

Os efeitos da interação mucuna e fósforo para cada condição de uso do solo pode ser verificado na Figura 10. Observa-se que, em nenhuma situação envolvida houve efeito da mucuna na absorção de fósforo, somente a adição do fertilizante aumentou a absorção do mesmo. A baixa concentração de fósforo na planta de arroz, no tratamento sem fósforo, no primeiro cultivo nas três condições de solo e uma maior absorção nos mesmos tratamentos no segundo cultivo, confirma a hipótese de que a baixa produção de matéria foi devido a limitação de nitrogênio, possivelmente mineralização lenta.

4.8. Produção de grãos

Os quadrados médios da análise de variância da produção de grãos pelo arroz em dois cultivos consecutivos e a produção acumulada encontram-se na Tabela 26. Verifica-se que, os tratamentos solos e fósforo apresentam valores significativos para a produção de grãos no primeiro

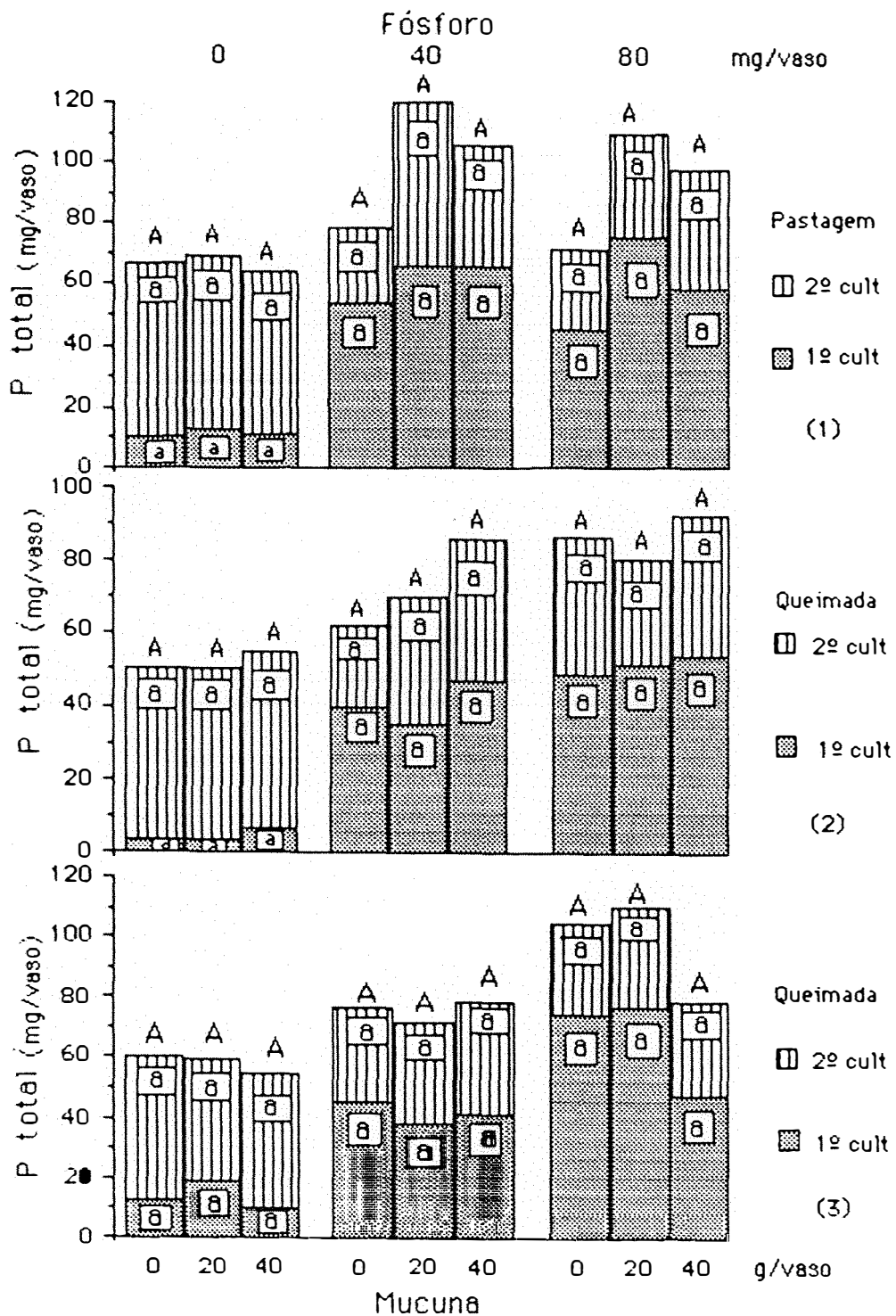


Figura 10 - Fósforo total no arroz em função da mucuna e fósforo nas tres condições de uso do solo (1-pastagem ; 2-floresta , 3-queimada)
 Letras minúsculas compara dentro do primeiro e segundo cultivo e as maiúsculas o total dos cultivos(Tukey 5%)

TABELA 26 - Análises de variância da produção de grãos do arroz aos 120 DAP.

Causa de Variação	GL	QUADRADO MEDIO		
		mg p/vaso		
		<u>1/</u>	<u>2/</u>	<u>3/</u>
Solos (S)	2	4,692**	1,806**	199,890**
Mucuna (M)	2	0,385 ns	0,727**	0,965 ns
Fósforo (F)	2	18,752**	0,513**	226,247**
Interação (SxM)	4	0,044ns	0,211ns	4,078ns
Interação (SxF)	4	0,131ns	0,523**	1,691ns
Interação (MxF)	4	0,235ns	0,200ns	4,812ns
Interação (SxMxF)	8	0,048ns	0,083ns	1,418ns
Resíduo	81	0,151	0,096	4,311
TOTAL	107			
CV (%)		18,08	17,49	32,09

**, ns: Significativo a 1% e não significativo, respectivamente.

1/ primeiro cultivo 2/ segundo cultivo 3/ produção acumulada

e segundo cultivo e também para a produção acumulada. Nos tratamentos com mucuna, apenas no segundo cultivo verificou-se efeito significativo para produção de grãos. Para as interações apenas aquela envolvendo solos e fósforo no segundo cultivo foi significativa.

A produção média de grãos de arroz, nos tratamentos solos, mucuna e fósforo encontra-se na Tabela 27. Onde verifica-se que na condição de solo de floresta a produção de grãos foi menor em relação às outras condições no primeiro e segundo cultivo, conseqüentemente a acumulada também foi menor. A condição de solo de pastagem produziu maior quantidade de grãos.

No tratamento com adição de mucuna, apenas no segundo cultivo apresentou resposta significativa, mas não houve diferença entre doses. A produção acumulada foi semelhante independentemente da dose de mucuna. Para o tratamento com fósforo houve efeito de doses do elemento no primeiro cultivo, no segundo cultivo não manteve mesmo nível de produção que ficou abaixo da produção do tratamento sem adição de fósforo. Na produção acumulada a maior dose de fósforo adicionada proporcionou maior produção (Tabela 27).

A produção de grãos pelo arroz nos tratamentos mucuna e fósforo nas três condições de uso do solo no primeiro e segundo cultivo e o total produzido encontram-se na Figura 11. Onde observa-se que, a adição de mucuna, de maneira geral, não influenciou na produção de grãos no primeiro, segundo cultivo e produção acumulada (Figura 11).

TABELA 27 - Valores médios da produção de grãos do arroz no primeiro cultivo (1), segundo cultivo (2) e produção acumulada (3) aos 120 DAE. Média de 12 repetições.

Tratamento	g/vaso		
	<u>1/</u>	<u>2/</u>	<u>3/</u>
Solos			
Pastagem	5,02 Aa	3,04 Aa	8,71 A
Floresta	2,05 Ba	1,44 Ca	4,02 C
Queimada	4,00 Aa	2,08 Ba	6,67 B
Mucuna			
0	4,02 Aa	1,62 Bb	8,50 A
20	3,69 Aa	2,29 Ab	9,04 A
40	3,13 Aa	2,59 Aa	6,61 A
Fósforo			
0	0,76 Cb	2,65 Aa	3,74 C
40	4,83 Ba	1,84 Bb	6,98 B
80	6,26 Aa	1,99 Bb	8,67 A
CV (%)	18,01	17,49	32,07

Letras maiúsculas compara na vertical e minúsculas na horizontal (Tukey 5%).

1/primeiro cultivo 2/segundo cultivo 3/produção acumulada

Para os tratamentos envolvendo doses de fósforo nas três condições de uso do solo (Figura 11), no primeiro cultivo a adição de fósforo proporcionou uma maior produção em relação ao tratamento sem adição de fertilizante

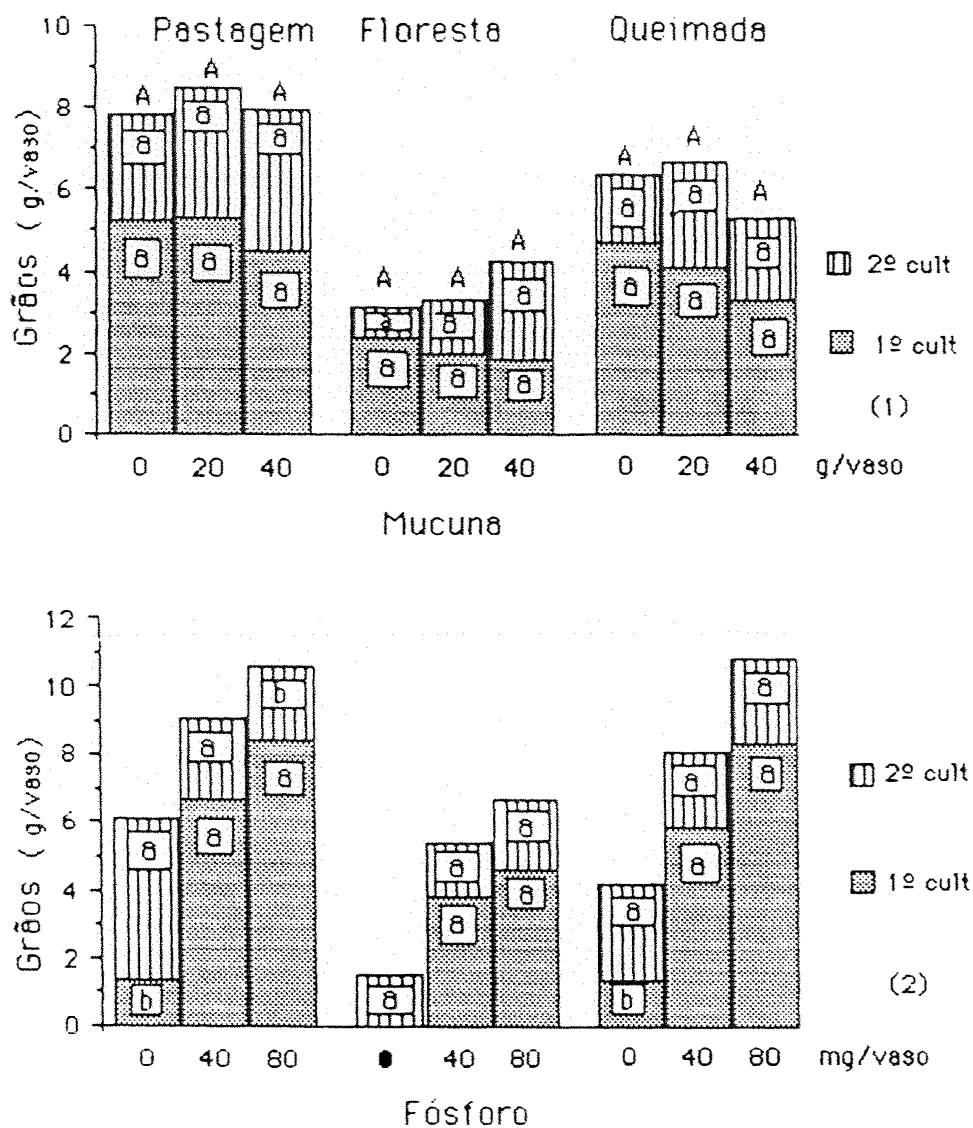


Figura 11 - Produção de grãos de arroz em função da mucuna (1) e fósforo (2) nas três condições de uso do solo

Letras minúsculas compara dentro do primeiro e segundo cultivo e as maiúsculas o total dos cultivos (Tukey 5%)

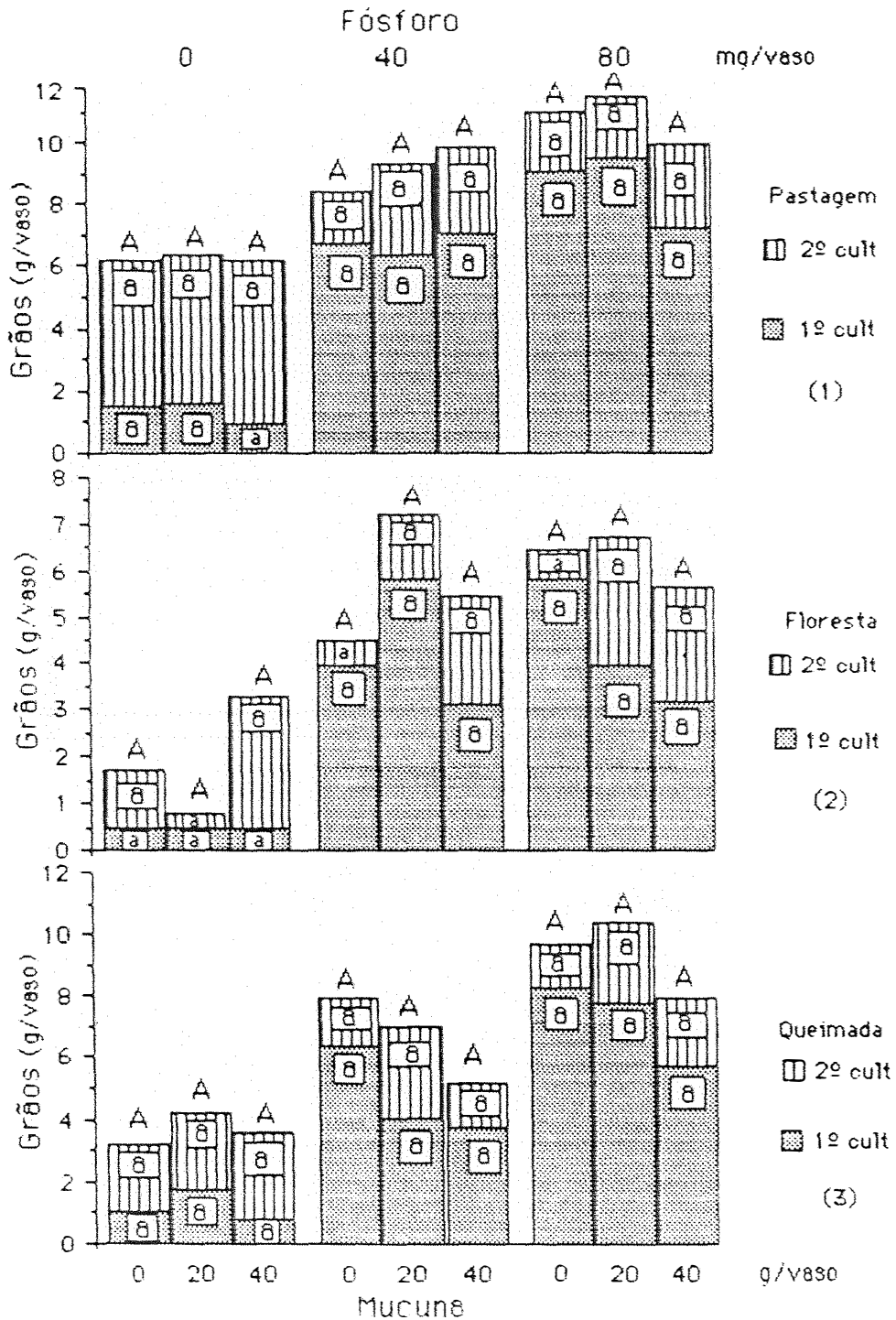


Figura 12 - Produção de grãos do arroz em função da mucuna e fósforo nas condições (1-pastagem ; 2- floresta , 3- queimada)
 Letras minúsculas compara dentro do primeiro e segundo cultivo e as maiúsculas o total dos cultivos(Tukey 5%)

fosfatado, nas condições de floresta não houve diferença significativa. No segundo cultivo a condição de pastagem sem adição de fósforo a produção foi maior, fato já mencionado anteriormente, como sendo consequência do menor acúmulo de matéria seca no primeiro cultivo. Para as demais condições de uso do solo o comportamento em termos de produção de grãos foi semelhante em relação ao primeiro cultivo. A produção acumulada foi semelhante independentemente dos tratamentos.

As produções parciais e acumulada de grãos de arroz em função dos tratamentos mucuna e fósforo nas condições de uso do solo encontram-se na Figura 12. Observa-se que os resultados obtidos na produção de grãos estão relacionados com a quantidade de matéria seca (Figura 2) e com a concentração de fósforo na planta (Figura 10). Entretanto, as limitações ocorridas na produção se deve a outro nutriente, possivelmente nitrogênio, e não ao fósforo. Verifica-se que não houve resposta da produção pelo arroz nos dos tratamentos submetidos.

4.9. Recuperação pelas plantas de arroz do nitrogênio da mucuna (% RNM)

Os valores obtidos para a recuperação do nitrogênio da mucuna (% RNM) para os diferentes tratamentos encontram-se na Tabela 28.

O nitrogênio da mucuna no arroz não foi afetada pela condições de uso do solo. Observa-se que no tratamento sem aplicação de fósforo houve uma maior recuperação do nitrogênio derivado da mucuna no segundo cultivo com exceção do solo de queimada. Nos demais tratamentos com fósforo a recuperação do nitrogênio foi muito superior no primeiro cultivo e, conseqüentemente baixa produção no segundo ano, devido a baixa disponibilidade de nitrogênio, visto que o máximo de utilização de nitrogênio da mucuna foram 52,0; 61,0 e 59,0% com aplicação de 197mg N-mucuna e 80mg P_2O_5 /vaso, nos solos de pastagem, floresta e queimada, respectivamente. OSCAR (1981) obteve para o cultivar IAC-25 eficiência na utilização de N-sulfato e N-uréia de 45 e 34%, respectivamente.

As doses maiores de fósforo não influenciaram na utilização da N-mucuna, ao contrário do proposto por KAMPRATH (1975) que relata que a absorção do nitrogênio mineral é influenciada pelo fósforo, não sendo afetado porém pelo adubo verde.

O N residual da mucuna após o segundo cultivo não foi calculado devido ao baixo enriquecimento de ^{15}N observado. Baseando-se nos dados da Tabela 28 notamos que

TABELA 28 - Recuperação do nitrogênio da mucuna (%RNM) pelo arroz em dois cultivos sucessivos. Médias de 12 repetições.

MUCUNA (g/vaso)	FOSFORO (Kg/ha)								
	0			40			80		
	Pastagem								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
20	12.7	21.2	33.9	40.1	12.6	52.7	41.2	8.3	49.5
40	10.5	15.13	25.8	43.1	9.8	52.9	38.3	9.7	48.0
	Floresta								
20	5.2	32.9	38.1	48.1	13.0	61.1	49.5	10.5	60.0
40	5.3	26.1	31.4	36.0	11.0	47.0	38.0	18.6	46.6
	Queimada								
20	17.5	17.1	34.6	40.5	19.0	59.5	53.5	10.5	64.0
40	14.3	16.3	30.6	37.7	16.8	54.5	33.8	13.1	46.9

1 - primeiro cultivo, 2 - segundo cultivo, 3 - total

aproximadamente a metade do N-mucuna ficou no solo, não considerando a volatilização que deve ter sido baixa, uma vez que a mucuna foi incorporada e a volatilização só ocorre após a mineralização do nitrogênio orgânico. Como o experimento durou cerca de 12 meses, tempo mais do que suficiente para mineralização do N-mucuna, supõe-se que o que permaneceu no solo se encontra em forma pouco disponível ou de difícil mineralização, visto que a análise de N-total no final do experimento mostrou pouca alteração na concentração nitrogênio total em relação ao inicialmente existente.

5. CONCLUSÕES

A mucuna preta tem um grande potencial como adubo verde, haja visto a sua alta capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico e boa produção de massa verde, mesmo colhida precocemente, quando cerca de 69% do N da planta foi proveniente da fixação simbiótica.

A mineralização do nitrogênio da mucuna incorporada ao solo foi mais rápido nos tratamentos com fósforo, pois o arroz, mesmo no primeiro cultivo, conseguiu absorver considerável proporção do nitrogênio da mucuna (42% NdMuc). Portanto o fósforo limitou a disponibilidade de nitrogênio para o arroz no primeiro cultivo através da diminuição da velocidade de mineralização da mucuna nos tratamentos sem fósforo.

O nitrogênio residual da mucuna no solo após o segundo cultivo, estimado indiretamente representa cerca da metade do adicionado como adubo verde. Partes deste nitrogênio são representados pelas formas menos disponíveis de N ou aquelas de difícil mineralização.

O tipo de cobertura vegetal do solo (floresta, pastagem e queimada) não influenciou no aproveitamento do nitrogênio da mucuna pelo arroz, sendo de 28,4% a máxima contribuição do nitrogênio pela mucuna, no total de nitrogênio acumulado pelo arroz.

A maior contribuição para o arroz foi a adubação fosfatada, tendo em vista a baixa concentração do elemento no solo, afetando positivamente no aproveitamento do nitrogênio da mucuna.

A aplicação de dose alta de mucuna, parece ter efeito depressivo no arroz, em certas situações.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABBOUD, A.C.S. *Eficiência da adubação verde associada a fosfato natural de Patos de Minas*. Itaguaí, URRJ, 1986. 288p. (Dissertação de Mestrado).
- ABDEL-WAHAB, A.M. Vesicular-arbuscular mycorrhizal associations in some egyptian plants. *Egyptian Journal Botany*, Palumpur. 17(2-3)191-3. 1974.
- ALEXANDER, M. *Introduction to soil microbiology*. New York, John Wiley & Sons, 1977. 467p.
- ALLISON, F.E. The fate of nitrogen applied to soil. *Advances in Agronomy*, New York, 18:219-58. 1966.
- AMES, R.N.; REID, C.P.P. & INGHAN, E.R. Rhizosphere bacterial population response to root colonization by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus. *New Phytologist*, Oxford, 96:555-63, 1984..pa

- ANDRADE, L.A.B. *Efeito da incorporação de Crotalaria juncea L. sobre algumas características do solo e do desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (Socharum spp.)*, Piracicaba, 1982. 108p.
- ANDREW, C.S. Legumes in acid soils. In: DOBEREINER, J.; BURRIS, R.H.; HOLLAENDER, A.; FRANCO, A.A.; NEYRA, C.A. & SCOTT, D.B. eds. *Limitations and potencial for nitrogen fixation in tropics*. New York, 1978, Plenum Press, p.135-60.
- AZCON, R. & OCAMPO, J.A. Effect of root exsudation on V.S. mycorrhizal infection all early states of plant growth. *Plant and Soil*, The Hague, 82:133-8. 1984.
- BADARUDDIN, M. & MEYER, D.W. Forage legume effects on soil nitrogen and grain yield, and nitrogen nutrition of wheat. *Agronomy Journal*, Madison, 81:419-24, 1989.
- BARBOSA FILHO, M.P. *Nutrição e adubação do arroz de sequeiro e irrigado*. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1987. 129p. (Boletim Técnico 9).

- BARTHOLOMEW, W.V. Mineralization and imobilization of nitrogen in the decomposition of plant and animal residues. In: BARTHOLOMEW, W.V. & CLARK, F.E. eds. *Soil nitrogen*. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. p.285-306.
- BERTELSN, H. Effect of temperature on H₂ evolution and acetilene reduction in pea nodules and in isolated bacteroids. *Plant and Soil*, The Haque, 77:335-58, 1985.
- BERTON, R.S.; CAMARGO, O.A. & VALADARES, J.M.A.S. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 13:187-192, 1989.
- BHARDWAJ, S.P.; FRASAD, S.N. & SINGH, G. Economizing by green manure in rice-wheat rotation. *Indian Journal Agricultural Science*, Palampur, 51(2):86-90, 1981.
- BONETTI, R. Efeito de micorrizas vesiculares arbusculares na nodulação, crescimento e absorção de fósforo e nitrogênio em siratro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 8:189-92, 1984.

BOUCHER, D.H.; ESPINOSA, J.; ROMERO, S. & OLISSMAN, S.R.

Out season planting of grain legumes as green manure for a tropical raised-field Agrosystem. *Biology Agriculture Horticulture*, Alexandria, 1:127-33, 1983.

BLUMENSCHNEIN, A.; AQUINO, A.R.; BLUMENSCHNEIN, F.;

DALL'ACQUA, F. A cultura do arroz de sequeiro no Brasil: problemas e perspectivas. In: FERREIRA, M.E.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. ed. *Cultura do arroz de sequeiro - fatores afetando a produtividade*. Piracicaba,, Instituto da Potassa & Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 1983. p15-34.

BREMNER, J.M. Total nitrogen. IN: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. & CLARK, F.G., ed. *Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties*. Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pt.2, p.1149-78. (Agronomy, 9).

BROADBENT, F.E. Source and sinks of nitrate in soils. In: ANNUAL TRACE CONTAMINANTS CONFERENCE, 1, Rann, 1973. *Proceedings...* Rann, NSF, 19773. p.108-19.

BROADBENT, F.E. & TYLER, K.B. Laboratory and greenhouse investigation of nitrogen immobilization. *Soil Science Society American Proceeding*, Madison, 26:459-62. 1962.

- CASSAMAN, K.G. & MUNS, D.N. Nitrogen mineralization as affected by soil moisture, temperature, and depth. *Soil Science American Journal*, Madison 44(6):1233-7, 1980.
- CHOU, C.H. & LIN, H.J. Autointoxication mechanism of (*Oryza sativa* L.) phytotoxic effects of decomposing rice residues soil. *Journal of Chemical Ecology*, Pequin, 2:353-67, 1976.
- CHOU, C.H. & PATRICK, I.A. Identification and phytotoxic activity of compounds produced during decomposition of corn an rye residues in soil. *Journal of Chemical Ecology*, Pequin. 2:369-87, 1976.
- CHRISTIDIS, B.C. & HARRISON, G.J. *Cotton growing problems*. New York, McGraw-Hill Book Co., 1955. 633p.
- COSGROVE, D.J. Metabolism of organic phosphate in soil. In: McLAREM, A.D. & PETERSON, G.H. eds. *Soil Biochemistry*, Marcel New York, Dekker Jnc. 1967. p.216-28.
- DAKORA, F.D.; ABOYINGA, R.A.; MAHAMA, Y. & APASEKU J. Assesment of N₂ fixation in groundnut (*Arachis hypogea* L.) and Cowpea (*Vigna unguiculatea* L. Walp) and their relative N contribution to a succeeding maize crop in Northern Ghana. *Mircen Journal*, Ghana, 3:389-99, 1987.

- DAY, J.M.; ROUGHLEY, R.J.; FLAGLESHAM, A.R.S.; DYE, M. & WHIT, S. P. Effect of high soil temperatures on nodulation of cowpea, (*vigna unguiculata*). *Annals of Applical Biology*, Londres, 87:476-81, 1978.
- DEMATTE, J.L.I. Manejo de solos ácidos dos trópicos úmidos da Região Amazônica. Campinas, Fundação Cargill, 1988. 215p.
- DEPSCH, R.; SIDIRAS, N. & HEINJMANN, F.X. Manejo do solo com cobertura verde de inverno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Campinas, 20:761-3, 1985.
- DILWORTH, M.J. Acetylene reduction by nitrogen fixing preparations of *Clostridium pasteurianun*. *Biochemical Biophysical Acta*, 127:285-94, 1966.
- DORAN, J.W.; FRAGER, D.G.; CULIK, M.N. & LIEBHARDI, W.C. Influence of alternative and conventional Agriculture management on soil microbiol processes and nitrogen availability. *American Journal of Alternative Agriculture*. Lincol, 2(3):99-106, 1987.
- DOROFEE, A. Adubação verde. *Revista Ceres Viçosa*, 1(1):24-29, 1939.

DREYFUS, B. New and unusual microorganisms and Niches. In: KRUG, G.M.J. & REDDY, C.A. eds. *Current Perspectives in Microbial Ecology*. Washington, American Society for Microbiology, 1984. p.161-7.

DREYFUS, B. Observations on the use of *Sesbania rostrata* as green manure in paddy fields. *Mircen Journal*, Dorchester, 1:111-25, 1985.

DUQUE, F.F.; DE-POLLI, H.; SOUTO, S.M.; SOUTO, D.L. Utilização mais intensiva e deversificada de adubo verdes. *A lavoura Seropédica*, LXXXVIII: 20-3, 1986.

ELMORE, R.W. & JACKOBS, J.A. Yield and nitrogen yield of sorghum intercropped with nodulation on non nodulation soybeans. *Agronomy Journal*, Madison, 78:780-2, 1986.

FAGERIA, N.K. *Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz*. Rio de Janeiro, EMBRAPA, 1984. 225p.

FAQUIN, V. *Cinética da absorção de fosfato, nutrição mineral, crescimento e produção da soja sob influencia de micorriza vesículo-arbuscular (MVA)*. Piracicaba, ESALQ/USP, 1988. 136P. (Tese Doutorado).

- FRANCO, A.A. & SOUTO, S.M. Contribuição da Fixação biológica de N_2 na adubação verde. In: FUNDAÇÃO CARGILL. Adubação verde no Brasil. Campinas, 1984 p.199-217.
- FREITAS, L.M.M. Aspectos práticos da adubação verde: problemas e alternativas. In: FUNDAÇÃO CARGILL. Adubação verde no Brasil. Campinas. 1984. p.161-76.
- FREITAS, J.A.D.; COELHO, M.A. & FERREYRA, H.F.F. Efeito de corretivos químicos e materias orgânicos no movimento da água e estrutura do solo salino-sódico. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, Campinas, 8:261-4, 1984.
- FRIED, M. & MIDDELBORE, V. Measument of amount of nitrogen fixed by legume crop. *Plant and Soil*, The Hague, 47:713-5, 1977.
- GIRI, G.; DE. R. Short season fodder legume effects on the grain yeld and nitrogen economy of barley under dryland condition. *Journal of Agriculture Science.*, London, 96:457-611, 1981.
- GOH, K.M. Comparasion and evaluation of methods for including nitrate in the total nitrogen determination of soil. *Journal of the Science of Food.*, Agriculture, London, 23:275-84, 1972.

- GOMEZ, A.A. & JANDSTRA, H.G. As analysis of role of legume in multiple cropping systems. In: VICENT, J.M.; WHITNEY, A.S. & BOSE, J. eds. Exploiting the legume - Rhizobium symbiosis in tropical agriculture. Hawai University of Hawaii, 1977. p.81-95. (Colec. Trop. Agric. Misc. Rubl. 145).
- HALLIDAY, J. In: SANCHEZ, P. & TERGAS, L.E. ed. Pasture production in soils of the tropics. Cali, , CIAT, 1979. p.123-38.
- HALSTEAD, R.L. & MCKERCHER, R.B. Biochemistry and cycling of phosphorus. In: PAUL, E.A. & McLAREN, P. eds. Soils Biochemistry, New York, Marcel Dekker, 1975. v.4 p. 31-63.
- HAYNES, R.J. Lime and phophate in soil-plant system. Advances Agronomy, New York, 37:249-315, 1984.
- HESTERMAN, O.B.; RUSSELE, M.P.; SHEAFFER, C.C. & HEICHEL, G.H. Nitrogen utilization from fertilizer and legume residues in legume-corn rotation. Agronomy Journal, Madison, 79:726-31, 1987.

HIROSE, S. Immobilization inorganic nitrogen during the decomposition of rice straw compost under upland conditions. *Soil Science and Plant Nutrition*, Manchester, 20:331-40, 1973.

HOLANDA, J.S.; TORRES FILHO, J. & BEZERRA NETO, F. Alterações na fertilidade de dois solos adubados com esterco de curral e cultivados com caupi. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 8:301-4, 1984.

HUNGRIA, M. & NEVES, M.C.P. Ontogenia da fixação biológica do nitrogênio em *Phaseolus vulgaris*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília 21(7):715-30, 1986.

IAEA. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Principles and Guidelines for the use of Isotopically Labelled Fertilizers in Field and Growth Chamber Experiments. In: ----. *Tracer manual on crops*. Viena, 1973. p.119-27. (Technical Reports Series, 171).

ISHIZUKA, Y. Nutrient uptake at different stages of growth. In: SYMPOSIUM ON THE MINERAL NUTRITION OF THE RICE PLANT, 4, Los Bãnos, 1964. *Proceedings...* Los Bãnos, IRRI, 1964. p.199-217.

JENKISON, D.S. & AYANABA, A. Decomposition of carbon-14 labelled plant material under tropical conditions. *Soil Science Society American Journal*, Madison 41:912-5, 1977.

JOFFE, J.S. Green manuring viewed by a pedologist. *Advances in Agronomy*, New York, 7:141-86, 1955.

KAGE, H. Prática de adubação verde na Alta Mogiana em São Paulo e Minas Gerais. In: FUNDAÇÃO CARGILL. *Adubação verde no Brasil*. Campinas, 1984, p.119-57.

KAMPRATH, E.J. Fósforo. In: SANCHEZ, P.A., ed. *Un resumen de las investigaciones edafologicas en la America Latina Tropical*. U.S.A., North Carolina Agricultural Experiment Station. 1973. p.151-76 (Technical Bulletin, 219).

KANAMORI, T. & YASUDA, T. Immobilization, mineralization and the availability of the fertilizer nitrogen during the decomposition of the organic matters applied of soil. *Plant and Soil*, The Hague, 52:219-27, 1973.

0 KIEHL, E.J. *Fertilizantes orgânicos*. São Paulo, Agronômica Ceres, 1985. 492p.

KINJO, T.; MARCOS, Z.Z. & JACOB, O.M. Produção de nitrato por incubação de amostras do horizonte de solos da região canavieira de Piracicaba. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 2:98-103, 1978.

KOYAMA, T.; CHAMMEK, C.; NIAMSRICHAND, N. Nitrogen application technology for tropical rice as determined by field experiments using ^{15}N tracer technique. *Plant and Soil*, The Hague 5(3):1-79. 1973.

KRUG, F.J. *Determinação de espécies químicas de interesse em plantas e solos*. Piracicaba, CENA/USP, 1982. 14p. (Mimiografado).

KUMAR-RAO, J.V.D.K.; DART, P.J. & SASTRY, V.S.S. Residual effect of pigeonpea (*Cajanus cajan*) on yield and nitrogen response of maize. *Experimental Agriculture*, Helsinki, 19:131-41. 1983.

LAL, R. & KANG, B.T. Management of organic matter in soil of tropics and subtropics. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON SOIL SCIENCE, 12, New Delhi, 1975. *Non-rum biotec nitrogen fixation and organic matter in the tropics*. New Delhi, Society of Soil Science, 1975. p.152-72.

- LAL, R.; KANG, B.T.; MOORMAN, F.R.; JU, A.S. & MOORMAN, J.C.
Problemas de manejo de suelos y posibles soluciones en
Nigeria Ocidental. In: BORNEMISH, E. & ALVARADA, B. eds.
Manejo de suelos en America Tropical. Raleigh, North
Carolina Station University, 1962. p.380-417.
- LOPES, A.S. *Solos sob cerrado*. Características,
propriedades e manejo. Piracicaba, Associação
Brasileira de Pesquisa de Potassa e do Fosfato, 1984.
162p.
- LORENZI, H. Inibição alelopática de plantas daninhas. In:
FUNDAÇÃO CARGILL. *Adubação verde no Brasil*. Campinas,
1984. p.183-98.
- MAHLER, R.L. & AULD, D.Z. Evolution of the green manure
potencial of austrian winter peas in northern Idaho.
Agronomy Journal, Madison 81:258-64, 1989.
- MEDEIROS, A.A. & MALAVOLTA, E. Exigências nutricionais do
arroz (*Oryza sativa* L.) C.V. IAC-47 e IAC-35. *Anais da
ESALQ*, Piracicaba, 37:401-18, 1980.

MELLO, F.A.F. & BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Efeitos da incorporação de resíduos de mucuna preta, *Crotalaria juncea* L. e feijão baiano. I. Influência sobre a produção de arroz. *Revista de Agricultura*, Piracicaba 35(1):33-40, 1960.

MIYASAKA, S. Histórico do estudo de adubação verde, leguminosas viáveis. In: FUNDAÇÃO CARGILL. *Adubação Verde no Brasil*. Campinas, 1984. p.64-123.

MIYASAKA, A.; FREIRE, E.S.; MASCARENHAS, H.A.A.; NERY, C. CAMPANA, M. & SORDI, G. Efeito da adubação verde com um gramínea e quatro leguminosas sobre a produção do feijoeiro "da seca" em terra roxa misturada. *Bragantia*, Campinas, 25:277-89, 1966.

MONTOJOS, J.C. & GARGANTINI, H. Fixação do nitrogênio do ar pelas bactérias que vivem em simbiose com as raízes das leguminosa. *Bragantia*, Campinas, 22(58):731-9, 1963.

MORRIS, R.A.; FURROC, R.E. & DIZON, M.A. Rice responses to a short-duration green manure. I. Grain yield. *Agronomy Journal*, Madison, 78(3):409-12, 1986.

- MUNS, D.N. In: ANDREW & KAMPRATH, E.J., ed. **Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils**. Melbourne, CSIRO, 1978, p.247-64.
- MURAOKA, T. Utilização de técnicas nucleares nos estudos da adubação verde. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p.195-6.
- MURAYAMA, N. The importance of nitrogen for rice production. IN: SYMPOSIUM ON NITROGEN AND RICE, Manila, 1979. *Nitrogen and Rice*, Manila, IRRI, 1979. p.25-45.
- MUZZILLI, O.; OLIVEIRA, E.L. GERAGE, A.C. & TRONERO, M.T. Adubação nitrogenada em milho no Paraná. III. Influência da recuperação do solo com adubação verde de inverno nas respostas à adubação nitrogenada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 18(1):23-7, 1983.
- OLIVEIRA, E.L.; MUZZILLI, O.; IGUEK & TORNERO, M.T.T. Avaliação da Eficiência Agronômica de Fosfatos Naturais. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, Campinas 8(1):63-7, 1984.
- ORTIZ, O.G.B. *Efeito de fontes de nitrogênio - ^{15}N e de modos de aplicação da uréia - ^{15}N no arroz (*Oryza sativa* L.) em solos*. Piracicaba, ESALQ, 1981, 64p. (Tese MS).

- PACHECO, E.G. & OLIVEIRA, A.C. Efeito da adubação verde com leguminosas perenes e do preparo do solo sobre a produção do milho. IN: REUNIAO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 13, Londrina, 1980. 125p.
- PALM, O.; WEERAKOON, W.L.; SILVA, M.A.P. de; ROSSWALL, T. Nitrogen mineralization of Sesbania sesban used as green manure for lowland rice in Srilanka. *Plant and Soil*, The Haque. 108(2):210-19, 1988.
- PASCHOAL, A.D. O onus do modelo da agricultura industrial. *Revista Brasileira Tecnologia.*, Brasília, 14:17-27, 1983.
- PAUL, E.A. & CLARK, F.E. *Soil microbiology and biochemistry*. San Diego, Academic Press, 1989. 271p.
- PAULA, M.A.; SIQUEIRA, J.O.; PINTO, J.E.B.P. & PASQUAL, M. Germinação e crescimento micelial de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares na presença de exsudatos e extratos de células vegetais obtidas in vitro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 13(3):275-80, 1989.
- PIMENTEL GOMES, F. *Curso de Estatística Experimental*. 8.ed., Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", 1978. 430p.

- PRIMAVESSI, A.M. Nitrogen increase in soil by semi-aerobic straw decomposition in presence of phosphorus and calcium. *Agrochimica, Pisa*, 18:403. 1974.
- RAIJ, B. van; CABALA-ROSAND, P. & LOBATO, E. Adubação fosfatada no Brasil; Apreciação geral, conclusões e recomendações. In: OLIVEIRA, A.J.; LOURENÇO, S. & GOEDERT, W.J. eds. **Adubação fosfatada no Brasil**. EMBRAPA-DID, 1982. p.9-28. (Documentos, 21).
- RAIJ, B. van.; FEITOSA, C.T. & GROHMANN, F. Eficiência Agronômica dos fosfatos naturais brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 18, Salvador, 1981. Mesa redonda sobre adubação fosfatada no Brasil. Salvador, SBLS, 1981. p.40-70.
- RAIJ, B. van.; SILVA, M.N.; BATAGLIA, O.C.; QUAGIO, J.A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H; BELLINAZZI Jr., R; DECHEN, A.R. & TRANI, P.E. *Recomendações de Adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas, Instituto Agronômico. 1985. 107p. (Boletim Técnico, 100).
- RAMOS, M. Efeitos do nitrogênio e fósforo sobre as características agronômicas da variedade de trigo IAS 54 e suas relações com a produção. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Série Agronômica, Rio de Janeiro, 8(6):213-969, 1973.

REDDY, K.C.; SOFFES, A.R.; PRINE, G.M. & DUNN, R.A.
Tropical legume for green manure. II. Nematode
populations and their effects on succeeding crops yields.
Agronomy Journal, Madison, 78(1):5-10, 1989.

ROGER, P.A. & WATANABE, I. Technologies for utilizing
biological nitrogen fixation in wetland rice:
potentialities, current usage, and limiting factors.
Fertilizer Research, North Carolina, 9:39-77, 1986.

ROY, R.N. & KANWAR, J.S. Importance of phosphorus in
balanced fertilization in India. *Phosphorus in
Agriculture*, London, 3(76):97-120, 1979.

SANCHEZ, P.A. & SALINAS, J. Low input technology for
managing Oxids and ultixois in tropical America.
Advances in Agronomy, New York, 34:279-406, 1981.

SANCHEZ, P.A. & SALINAS, J. *Suelos ácidos: Estratégias
para su manejo com bajos insumos em América Tropical.*
Bogotá, Sociedade Colombiana Ciência do Solo, 1984. 93p.

SCHOLLOHORN, R. & BURRIS, R.H. Study of intermediates in
nitrogen fixation. *Fed. Proc.*, Berna, 24:710, 1966.

- SHARMA, R.D.; PEREIRA, J. & RESCK, D.V.S. *Eficiência de adubos verdes no controle de nematóides associado a soja nos cerrados*. Brasília, EMBRAPA-CPAC, Brasília, 1982. 30p. (Boletim de Pesquisa, 13).
- SHIELDS, J.A. & PAUL, E.A. Decomposition of ^{14}C -labelled plant material under field conditions. *Canadian Journal of Soil Science*, Toronton, 53:297-306, 1973.
- SIDIRAS, N. & PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no nível de Fertilidade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 9:249-54, 1985.
- SILVA, J.A. Determinação do pH ótimo do desenvolvimento de germes nitrificantes do solo em meio de laboratório. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 1, *Anais...* Rio de Janeiro, 1979. p.173-83.
- SIQUEIRA, J.O. & FRANCO, A.A. *Biotechnology do solo: fundamentos e perspectivas*. Brasília, MEC, 1988. 235p.
- SOUZA, I.F. Alelopatia de plantas daninhas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 13(150):225-32.
- STONE, L.F. *Produtividade e utilização do nitrogênio pelo arroz (Oryza sativa L.): efeitos de deficiência hídrica, cultivares e vermiculita*. Piracicaba, ESALQ, 1983. 200p. (Tese MS).

- TEIXEIRA, S.M. & SANINT, L.R. Arroz em Minas Gerais, situação atual e contribuição da pesquisa. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 14(161):144-23, 1989.
- THIAGALINGAM, K. & KAMEHIRO, Y. Effect of temperature of nitrogen transformation in Hawaiian soil. *Plant and Soil*, The Hague, 38:177-89, 1973.
- TRIVELIN, P.C.O. *Medida da fixação simbiótica do nitrogênio marcando-se a atmosfera do solo com $^{15}\text{N}_2$ a baixo enriquecimento isotópico*. Piracicaba, ESALQ, 1982. 162p. (Tese de Doutorado).
- TRIVELIN, P.C.O.; SALATI, E.; MATSUI, E. *Preparo de amostras para análise de ^{15}N por espectrometria de massa*. Piracicaba, CENA, 1973. 41p. (Boletim Técnico BT-002).
- VIEIRA, C. Efeito da adubação verde intercalar sobre o rendimento do milho. *Experientae*, Viçosa, 1:2-23, 1961.
- VOLKWEISS, S.J. & RAIJ, B.V. Retenção e disponibilidade de Fósforo em solos: In: SIMPOSIO SOBRE CERRADO, 4, Brasília, 1976. *Quarto Simpósio sobre o cerrado*; Bases para utilização agropecuária. Belo Horizonte, Itatiaia, 1977. p.317-32.

WADE, M.K. & SANCHEZ, P.A. Mutching and green manure applications for continuous crop production in Amazon Basin. *Agronomy Journal*, Madison, 75:39-45, 1983.

WATANABE, I. Use of green manures in north east of Asia. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. *Organic matter an Rice*. IRRI Los Banos, 1984. p.39-77.

APENDICE

APENDICE 1 - Resultado das análises químicas e granulométricas do solo
de pastagem¹.

Mucuna Fósforo	0			20			40		
	0	40	80	0	40	80	0	40	80
pH (H ₂ O)	5.5	5.5	5.5	5.8	5.6	5.5	5.5	5.6	5.7
P (ppm)	18	23	30	14	24	44	14	25	64
K (ppm)	52	60	60	44	42	64	44	40	51
Ca (meq/100cc)	4.0	5.0	5.3	4.7	4.9	5.9	4.3	5.3	6.3
Mg (meq/100cc)	1.8	1.5	2.1	1.1	1.4	2.1	1.4	0.9	1.4
Al (meq/100cc)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
H+Al (meq/100cc)	2.9	2.6	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.3
S (meq/100cc)	7.2	8.0	8.9	6.9	7.4	9.7	6.8	7.4	9.0
t (meq/100cc)	7.3	8.1	9.0	7.0	7.5	9.8	6.9	7.5	9.1
T (meq/100cc)	10.1	10.6	11.8	9.8	10.3	12.6	9.7	10.3	11.3
m (%)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
V (%)	71	76	75	71	72	77	70	72	80
Carbono (%)	2.8	2.7	1.9	3.2	2.4	3.3	2.8	2.7	3.2
Mat. org. (%)	4.9	4.6	3.3	5.4	4.1	5.8	4.9	4.6	5.4
Areia (%)	28	22	25	1	2	2	25	28	24
Limo (%)	25	23	21	3	2	2	18	19	26
Argila (%)	47	55	54	5	5	5	57	53	50

¹ - Laboratório: Instituto de Química "JOHN H. WHELLOCH". Departamento
de Ciência do Solo, ESAL, Lavras - MG.

APENDICE 2 - Resultado das análises químicas e granulométricas do solo de floresta¹.

Mucuna Fósforo	0			20			40		
	0	40	80	0	40	80	0	40	80
pH (H ₂ O)	5.9	5.9	5.8	5.9	5.8	5.9	5.8	6.0	5.9
P (ppm)	16	18	30	13	33	12	20	14	32
K (ppm)	42	66	69	68	67	58	52	46	48
Ca (meq/100cc)	3.6	4.0	5.5	5.2	6.2	4.9	4.3	3.6	4.6
Mg (meq/100cc)	1.3	2.1	1.9	1.1	1.0	1.1	1.5	1.2	1.2
Al (meq/100cc)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
H+Al (meq/100cc)	1.7	1.7	1.7	1.7	1.9	1.7	1.9	1.9	1.9
S (meq/100cc)	6.1	7.8	9.2	8.1	8.9	7.5	7.2	6.0	7.0
t (meq/100cc)	6.2	7.9	9.3	8.2	9.0	7.6	7.3	6.1	7.1
T (meq/100cc)	8.5	7.8	9.5	10.9	9.8	10.8	9.1	7.9	8.9
m (%)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
V (%)	78	82	84	83	82	82	79	76	79
Carbono (%)	2.4	1.3	1.3	1.7	1.4	1.5	1.7	1.7	1.6
Mat. org. (%)	4.1	2.2	2.3	2.9	2.5	2.6	2.9	3.0	2.7
Areia (%)	14	14	14	15	13	13	14	14	13
Limo (%)	22	28	21	27	24	20	20	18	23
Argila (%)	64	58	65	68	63	67	66	68	64

¹ - Laboratório: Instituto de Química "JOHN H. WHELLOCH". Departamento de Ciência do Solo, ESAL, Lavras - MG.

APENDICE 3 - Resultado das análises químicas e granulométricas do solo
de queimada¹.

Mucuna Fósforo	0			20			40		
	0	40	80	0	40	80	0	40	80
pH (H ₂ O)	5.7	5.6	5.6	5.7	5.8	5.7	5.9	5.8	5.6
P (ppm)	11	23	28	20	27	11	16	23	48
K (ppm)	47	58	56	67	51	57	49	57	68
Ca (meq/100cc)	4.9	5.1	5.9	6.1	5.8	4.5	5.0	5.3	6.0
Mg (meq/100cc)	1.4	3.0	2.1	2.8	1.4	2.0	1.9	2.3	2.0
Al (meq/100cc)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
H+Al (meq/100cc)	2.6	2.3	2.3	2.1	2.3	2.3	2.6	2.3	2.1
S (meq/100cc)	7.5	9.6	9.4	10.6	8.5	8.0	8.2	9.1	9.8
t (meq/100cc)	7.6	9.7	9.5	10.7	8.6	8.1	8.3	9.2	9.9
T (meq/100cc)	10.1	11.9	11.7	12.9	10.6	10.3	10.8	11.4	11.9
m (%)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
V (%)	74	81	80	82	80	78	76	80	82
Carbono (%)	2.4	2.5	2.2	2.4	2.5	2.3	2.5	2.6	2.4
Mat. org. (%)	4.1	4.3	3.8	4.1	4.3	4.0	4.3	4.4	4.1
Areia (%)	20	21	19	22	21	20	24	21	20
Limo (%)	18	18	19	26	19	17	20	23	38
Argila (%)	62	61	62	52	60	63	56	56	42

¹ - Laboratório: Instituto de Química "JOHN H. WHELLOCH". Departamento
de Ciência do Solo, ESAL, Lavras - MG.