



**ÉPOCAS DE PREPARO DE SOLO E
ADUBAÇÕES PARA CULTURAS DE
SUBSISTÊNCIA SOB COBERTURA MORTA**

MAURÍCIO MÖLLER PARRY

2002

54112
MFN 046323

MAURÍCIO MÖLLER PARRY

**ÉPOCAS DE PREPARO DE SOLO E ADUBAÇÕES PARA
CULTURAS DE SUBSISTÊNCIA SOB COBERTURA MORTA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "Doutor".

Orientadora:

Dra. Janice Guedes de Carvalho

LAVRAS
MINAS GERAIS-BRASIL



Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA

Parry, Mauricio Möller

Épocas de preparo de solo e adubações para culturas de subsistência sob
cobertura morta / Mauricio Möller Parry. -- Lavras : UFLA, 2002.
xx p. 170: il.

Orientador: Janice Guedes de Carvalho.
Tese (Doutorado) – UFLA.
Bibliografia.

1. Cobertura morta. 2. Época de plantio. 3. Milho. 4. Mandioca. 5. Arroz. 6.
Feijão caupi. 7. Latossolo Amarelo. 8. Amazônia Oriental. 9. Estado nutricional.
10. Produção. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-631.5

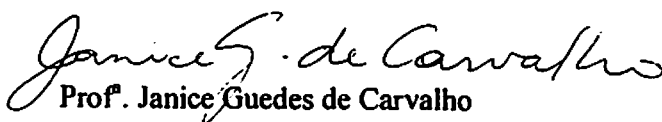
MAURÍCIO MÖLLER PARRY

**ÉPOCAS DE PREPARO DE SOLO E ADUBAÇÕES PARA
CULTURAS DE SUBSISTÊNCIA SOB COBERTURA MORTA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "Doutor".

Aprovada em 10/09/2002

Prof. Marx Leandro Naves Silva	UFLA
Prof. Augusto Ramalho	UFLA
Prof. Nilton Curi	UFLA
Pesq. Miralda Bueno de Paula	EPAMIG


Prof. Janice Guedes de Carvalho

UFLA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS-BRASIL

**A minha família, que sempre esteja amparada e abençoada por Nossa
Senhora de Nazaré**

&

Aos Amigos

*Pode ser que um dia deixemos de nos falar...
Mas, enquanto houver amizade,
Faremos as pazes de novo.*

*Pode ser que um dia o tempo passe...
Mas, se a amizade permanecer,
Um do outro há de se lembrar.*

*Pode ser que um dia nos afastemos...
Mas, se formos amigos de verdade,
A amizade nos reaproximará.*

*Pode ser que um dia não mais existamos...
Mas, se ainda sobrar amizade,
Nascemos de novo, um para o outro.*

*Pode ser que um dia tudo acabe...
Mas, com a amizade construiremos tudo novamente,
Cada vez de forma diferente,
Sendo único e inesquecível cada momento
Que juntos viveremos e nos lembraremos pra sempre.*

*Há duas formas para viver sua vida
Uma é acreditar que não existe milagre
A outra é acreditar que todas as coisas são um milagre.*

Albert Einstein

Ofereço

Aos meus pais Ivor e Diana

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras pelo aceite e à Coordenadoria do Projeto SHIFT-Capoeira pela oportunidade de realização do curso de Doutorado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Departamento de Ciência do Solo da UFLA e à EMBRAPA Amazônia Oriental pela disponibilização de seus espaços físicos e pelas análises químicas.

À Professora Janice Guedes de Carvalho pela amizade, confiança e atenção a mim dispensados.

À Dra. Socorro Andrade Kato pela co-orientação e dedicação com as atividades de campo, juntamente com Osvaldo Kato, Maria Tereza Primo dos Santos e Urbano Marcelo Felipe Marques.

Aos membro da banca de tese, Prof. Augusto Ramalho, Prof. Marx Leandro Silva Naves, Prof. Nilton Curi e à Pesquisadora Miralda Bueno de Paula, pelas valiosas sugestões.

Aos professores dos Departamentos de Ciência do Solo, Ciências Florestais e Ciências Exatas pelos conhecimentos transmitidos ao longo deste Curso.

Aos funcionários do Departamento de Ciência do Solo pela dedicação e alegre convivência, em especial ao Adalberto Ribeiro.

Aos colegas de curso, em especial à Ana Rosa, Cida, Edilson, Júlio Bertoni, Alex Teixeira, Alessandra Mayomi e Alexandre D'Andrea, pela prestimosa ajuda, obrigado.

Aos meus irmãos, Marcelo, Beatriz, Renato e Ricardo e sobrinhos, pelo incentivo, amor e carinho.

E aos amigos Isabel e Eduardo, Marcos Kondo, Gislene Santos, Giuliano e Edilene Marchi, Desirée Maria Esmeraldino, Fabiano Guimarães, Sílvia e Carlinhos, João Bosco e Cleuza, Ana Carolina Amorim, Rayres, e Michela Belarmino, pelo agradável convívio. Não esquecerei.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	2
2.1 A agricultura familiar.....	2
2.2 O solo sob o sistema de agricultura familiar.....	6
2.3 A importância da vegetação secundária para a agricultura familiar.....	8
2.4 A adoção de práticas conservacionistas.....	11
2.5 Resposta das culturas à agricultura tradicional e ao uso de fertilizantes.....	13
2.6 Comportamento das culturas de subsistência e suas relações com o meio biofísico.....	15
2.7 Nutrição de plantas.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Descrição da área de estudo.....	21
3.2 Preparo da área experimental.....	23
3.3 Variáveis avaliadas.....	27
3.4 Análise estatística.....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1 Solo.....	28
4.1.1 Características químicas do solo no preparo de área.....	28
4.1.2 Características químicas do solo após os ciclos de cultivos.....	31
4.2 Estado nutricional das culturas de subsistência.....	47
4.2.1 Estado nutricional da cultura do milho.....	47
4.2.1.1 biomassa aérea.....	47
4.2.1.2 grãos.....	54
4.2.1.3 sabugo.....	57
4.2.1.4 palha da espiga.....	60
4.2.1.5 colmo + inflorescência.....	65
4.2.1.6 acúmulo de nutrientes na cultura do milho.....	69
4.2.2 Estado nutricional da cultura da mandioca.....	75
4.2.2.1 folhas.....	75
4.2.2.2 ramas.....	80
4.2.2.3 raízes.....	84
4.2.2.4 acúmulo de nutrientes na cultura da mandioca.....	89
4.2.3 Estado nutricional da cultura do caupi.....	95
4.2.3.1 plantas.....	95
4.2.3.2 vagens.....	102
4.2.3.3 grãos.....	106

4.2.3.4 Acúmulo de nutrientes na cultura de caupi.....	111
4.2.4 Estado nutricional da cultura do arroz.....	117
4.2.4.1 Plantas.....	117
4.2.4.2 Grãos.....	124
4.2.4.3 Acúmulo de nutrientes na cultura de arroz.....	129
4.3 Produções das culturas de subsistência.....	134
4.3.1 Produção de milho.....	134
4.3.2 Produção de mandioca.....	139
4.3.3 Produção de caupi.....	142
4.3.4 Produção de arroz.....	145
5 CONCLUSÕES.....	148
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	150

RESUMO

PARRY, Mauricio Möller. **Épocas de preparo de solo e adubações para culturas de subsistência sob cobertura.** Lavras: UFLA. 2002. 170 p. (Tese – Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)*

Como alternativa para cultivos nos trópicos úmidos sem o uso do fogo, estudos apontam para a adoção de práticas culturais que simulem os ciclos dos nutrientes da vegetação nativa, como a adoção de cobertura viva ou morta e aportes de nutrientes. Com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes épocas de preparo de área e adubações na produção e estado nutricional das culturas. O trabalho foi conduzido no Município de Igarapé-Açu, no Estado do Pará, num Latossolo Amarelo coeso típico. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema subparcela. Na parcela foram estudadas as épocas de plantio (Época 1- plantios a partir de janeiro/1998; Época 2- plantios começando em março/1998; Época 3- plantios a partir de maio/1998; Época 4- plantios em julho/1998), com as culturas do milho (*Zea mays* L.), mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), arroz (*Oriza sativa* L.) e feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.) e nas subparcelas, dois níveis de adubação (Adubação 1, com NPK e Adubação 2, NPK + SFT). O preparo de área se deu com a derrubada e trituração da capoeira, com o material sendo distribuído sobre o solo na forma de cobertura morta. O solo foi amostrado nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-50 cm. Para efeito de avaliação do estado nutricional das culturas, foram coletadas amostras de tecido vegetal de várias partes das plantas no período de colheita. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e para as características em que houve significância, procedeu-se ao teste de Scott-Knote em nível de 5%. Com exceção da matéria orgânica e do pH, que não sofreram alterações, houve aumentos nos teores dos demais nutrientes avaliados no solo, no final do estudo. Os teores foliares dos nutrientes estavam em níveis adequados, com exceção de N, P e K no milho, S e B na mandioca, Ca e Mg no caupi e K no arroz. As culturas apresentaram valores médios totais de acúmulo de nutrientes na seguinte ordem decrescente: $N > K > Ca > Mg > P \geq S > Cu \geq Mn \geq Fe > Zn > B$. As culturas apresentaram valores médios totais de nutrientes exportados na seguinte ordem decrescente: $N > K > Ca > P \geq Mg \geq S > Cu > Fe \geq Mn > Zn > B$. As quatro culturas apresentaram boas produtividades médias, estando acima das médias estadual. Há a possibilidade de se obterem até duas safras de milho em plantios sucessivos. O plantio de mandioca no período de menor precipitação não afetou a produção.

*- Comitê Orientador: Janice Guedes de Carvalho – UFLA (Orientadora), Maria do Socorro Andrade Kato – EMBRAPA Amazônia Oriental.

O atraso do plantio do caupi provocou decréscimo de produção. Os plantios de arroz no período de menor precipitação tenderam para produções menores, mas seus rendimentos foram incrementados quando cultivado após o feijão caupi. A adubação com maior nível de P (NPK+P) proporcionou incrementos na ordem de 12, 15, 39 e 87% nas produções de mandioca, arroz, milho e caupi, respectivamente.

ABSTRACT

PARRY, Mauricio Möller. **Soil preparation epochs and fertilizations for subsistence crops under mulching.** Lavras: UFLA, 2002. 170 p. (Thesis - Doctorate in Soils and Nutrition of Plants)*

As alternative for planting crops in the humid tropics without the use of fire, studies point out for the adoption of cultural practices that simulate the cycles of the nutrients of the native vegetation, as the adoption of mulch and contributions of nutrients. The objectives of this work were to evaluate the effect of different epochs of soil preparation and fertilization on the production and on the state nutritional of the crops. The work was realized in Igarapé-Açu county, Pará state, in a argissolic cohesive Yellow Latossol (Oxisol). The experimental design was the randomized complete block, in split-plot. In the plots were studied the planting epochs: Epoch 1 - planting on January, 1998; Epoch 2 - planting on March, 1998; Epoch 3 - planting on May, 1998; Epoch 4 - planting on July, 1998. The studied crops were corn (*Zea mays* L.), cassava (*Manihot esculenta* Crantz), rice (*Oriza sativa* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.). In the split-plots, were studied two fertilization levels: Fertilization 1, with NPK and fertilization 2, with NPK + additional level of P – triple superfosfate. After the manual clearing of the secondary vegetation, the aboveground plant biomass was immediately chopped with a tractor-propelled silage chopper and the material was uniformly distributed over the experimental area in the form of mulching. The soil was sampled at the depths of 0-10, 10-20, 20-30, and 30-50 cm. The experimental data were submitted to the variance analysis and the Scott-Knott test at the 5% level was used. Except for the organic matter and the pH, the others attributes stay unaltered or increased their amounts. The foliar content of the nutrients were in appropriate levels except for N, P and K in the corn plants, S and B in the cassava plants, Ca and Mg in the cowpea plants and K in the rice plants at harvesting time. The plants of the four crops presented the nutrients accumulation average in the following decreasing order: $N > K > Ca > Mg > P \geq S > Cu \geq Mn \geq Fe > Zn > B$. The nutrients exportation occurred in the decreasing order: $N > K > Ca > P \geq Mg \geq S > Cu > Fe \geq Mn > Zn > B$. The four crops presented productivities than the average productivity of Pará state. The delaying of the corn planting showed that one can obtain up two crops in the system in successive plantings. The cassava planting in the dry season didn't affect its production. The delaying the in cowpea planting provoked a decrease in its production.

*- Guidance Committee: Janice Guedes de Carvalho - UFLA (Major Professor), Maria do Socorro Andrade Kato - EMBRAPA Eastern Amazon.

The rice crops of dry season, tended for smaller productions, except for the rice planted after cowpea. The fertilization 2 with additional level of P, provided increments of 12, 15, 39, and 87% in the productions of cassava, rice, corn and cowpea crops, respectively.

1 INTRODUÇÃO

Em regiões onde a agricultura tradicionalmente praticada é a de cultivos de subsistência, a disponibilidade de elementos minerais às plantas é, sem dúvida, o fator primordial ao qual estas culturas de ciclo curto respondem, com crescimento, desenvolvimento e produções, permitindo, desta forma, que as famílias proprietárias de pequenos lotes agrícolas e de domínio restritamente familiar, como na grande maioria da Amazônia Oriental, se mantenham no campo.

A quantidade e o estado em que os elementos minerais se encontram no solo é que definem as maneiras de suprir as necessidades nutricionais e metabólicas pela absorção dos elementos químicos necessários às plantas. As maneiras como o conjunto de processos e reações afeta a dinâmica dos nutrientes no sistema solo-planta determinarão a manutenção da vida e o crescimento dos constituintes de seu metabolismo.

O manejo de área tradicional nestas regiões, denominado agricultura migratória e utilizado há tempos pelos agricultores familiares, é caracterizado pelo sistema de derruba e queima de pequenas áreas de floresta ou vegetação secundária, geralmente variando de 0,3 a 2,0 ha⁻¹ ano⁻¹. A vegetação possui grande capacidade de regeneração; porém, com o tempo de pousio reduzido, a reposição dos nutrientes se faz de maneira lenta e incompleta, por haver a quebra do sistema planta-solo-planta, provocando a redução nas produções (Sampaio, 1998).

Nas condições impostas à vegetação pelo agravante do rápido crescimento das populações no Nordeste Paraense, onde se registra a maior densidade demográfica da Amazônia Oriental (30 hab km⁻²) (Burger & Flohrschütz, 1986), levariam o sistema de agricultura familiar para a auto destruição. Segundo Sánchez (1977) este sistema não suportaria pressão superior

à 25 hab km⁻². Conseqüência deste fato é notado no Município de Igarapé-Açu com 42,8 hab km⁻² (Anuário..., 1999), onde as áreas cultivadas e o tempo que estas passam em pousio estão diminuindo e produzindo pouco. Fenômeno semelhante foi observado por Okali (1992), na Nigéria.

Como alternativa para cultivos nos trópicos úmidos, Ewel et al. (1991) apontam a adoção de práticas culturais que simulem os ciclos dos nutrientes da vegetação nativa. Para tal, recomendam a adoção de cobertura viva ou morta e maiores quantidades de fertilizantes, estimulando assim, também a regeneração da vegetação secundária no momento do pousio. Este manejo se empregado na Amazônia, possivelmente tornaria o sistema de agricultura familiar sustentável, mantendo maiores quantidades de nutrientes no sistema e a biodiversidade ao se eliminar a queima.

Assim, este trabalho tem como objetivos avaliar o efeito de diferentes épocas de preparo do solo e adubações sobre o estado nutricional final e produção das culturas de milho, mandioca, arroz e caupi e sobre a fertilidade do solo sob cobertura morta.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A agricultura familiar

Os solos da Região Bragantina, no Nordeste Paraense, apresentam-se com baixos teores de matéria orgânica, fósforo assimilável, bases trocáveis, CTC e reservas minerais. Em grande parte da região, o solo é Latossolo Amarelo álico a moderado, de textura média. A vegetação predominante, que normalmente os recobre, é formada pela capoeira, nome dado à vegetação de floresta secundária (Martins et al., 1990), com diferentes idades de pousio (Metzger et al., 1998). O pousio é um termo para referenciar o tempo que a área cultivada fica em repouso entre dois ciclos de cultivo (Sampaio, 1998).

Com a redução do período de pousio há a diminuição da fertilidade e da produtividade dos solos de forma acentuada (Diez et al., 1991; Bandy et al., 1993). A capacidade natural de recuperação dos solos e regenerativa da vegetação também são reduzidos (Trenbath et al., 1990), conseqüentemente, ocorre o declínio gradual do estoque de nutrientes, queda da produção de biomassa e perda de biodiversidade em decorrência das seguidas queimas e cultivos (Juo & Manu, 1996). Como alternativa a estes curtos pousios, Diez et al. (1991) obtiveram resultados excelentes em relação à recuperação e à manutenção da fertilidade do solo quando, após o desflorestamento e a queima da vegetação, as áreas foram submetidas a pousios mais longos (6-9 anos). Estes resultados foram ainda melhores com a introdução de pastagens.

Estudos realizados por Smyth & Bastos (1984) com vários sistemas florestais, dentre eles um de capoeira com 12 anos de idade, todos sob o mesmo tipo de solo (Latosolo Amarelo), avaliaram as alterações na fertilidade do solo, após serem queimados. Antes da queima, o solo sob a capoeira apresentava maiores teores de Ca, Mg e K e menor saturação em Al que o solo sob mata, situação que se inverte após este processo devido à menor quantidade de biomassa contida pela capoeira. Uzêda (1995), trabalhando com sistemas de manejo, verificou que áreas não queimadas apresentaram maiores teores de C orgânico e N no solo, corroborando outros autores (Aldunate & Mejía, 1991; Hölscher et al., 1997; Kato, 1998), que relacionaram estas diferenças com a volatilização do C e N pela combustão da matéria orgânica. Estes mesmos incrementos nos teores de Ca, Mg e K, diminuição na concentração de Al e a estabilização do pH entre 6,0 e 7,0, foram obtidos também por Brinkmann & Nascimento (1973) em derrubadas e queimadas praticadas na América Central.

A atividade humana, através do desmatamento e queima das florestas tropicais, promove um incremento na ordem de 20% na concentração de carbono lançado na atmosfera (Garcia-Oliva et al., 1999). Os balanços de nutrientes

compreendidos entre a floresta e a atmosfera são supostamente alterados significativamente de acordo com o tipo de trato que se dá aos solos tropicais (Medina, 1991; Schulze & Mooney, 1994; SSSA, 1998). A derrubada total ou parcial das florestas e sua queima provocam impacto sobre os mecanismos biológicos de conservação dos nutrientes, principalmente o carbono (Daniel, 2000), sendo parcialmente restabelecidos com a formação de uma mata secundária. Este processo pode levar anos, com um número bem menor de espécies em relação à formação vegetal original (Palm et al., 1996; Tinker et al., 1996; Smyth et al., 1999).

Estudos dentro do Projeto Tipitamba (nome indígena das capoeiras) têm mostrado que uma vegetação de capoeira de aproximadamente de 4 anos de idade apresenta biomassa aérea seca em torno de 35 t ha^{-1} , biomassa bem menor do que a mata primária, com valores que variam entre $112,5$ e 500 t ha^{-1} de matéria seca (Medina, 1991; Bruijnzeef & Critchley, 1994), sendo 75% do total formados por ramos e troncos; 15 a 20% por raízes e de 4 a 6% por folhas (Vieira, 1988). Nestes tipos de ecossistema, é a vegetação, com seus resíduos, que contribuem com o maior fornecimento de matéria orgânica para o solo (Brady, 1989). A quebra destes ciclos provoca o desequilíbrio do sistema devido às perdas contínuas de matéria orgânica, que podem ser agravadas com o tipo de manejo praticado dentro de menor tempo.

Estudos com a vegetação secundária demonstram que na capoeira de aproximadamente 4 anos de idade, a biomassa da parte aérea seca varia entre 28 e 46 t ha^{-1} ; com 20 anos de idade, podem ocorrer até 95 t ha^{-1} (Nunez, 1995). Essa biomassa representa, em média, 35% da biomassa de uma floresta primária (Vieira et al., 1996). Na floresta primária a biomassa pode alcançar valores que variam entre 113 e 500 t ha^{-1} de matéria seca (Medina, 1991; Bruijnzeef & Critchley, 1994), sendo 75% do total formados por ramos e troncos; 15 a 20% por raízes e de 4 a 6% por folhas.

A prática da queima repetidas vezes, numa mesma área de capoeira, pode acarretar a perda, por volatilização, de 96% do N contido na biomassa seca desta vegetação, aproximadamente 220 kg ha⁻¹ de N, e ainda 47% de P, 48% de K e 76% de S. Estas perdas podem ser ainda maiores se as cinzas forem arrastadas pelas enxurradas, tornando-se de fundamental importância o desenvolvimento de novas técnicas de manejo, evitando a prática da queima (Hölscher et al., 1997).

Em Latossolo Vermelho de cerrado, Dynia & Camargo (1995) praticaram durante mais de seis anos, cultivos em rotação com tratamentos que incluíam adubação fosfatada e calagem + adubação, além do testemunha. Após pousio de dois anos, avaliaram os efeitos dos tratamentos sobre a adsorção e o movimento de alguns nutrientes no solo e concluíram que estes tratamentos reduziram a adsorção de nutrientes na camada arável do solo (0-20 cm), sendo intensa sua presença em camadas subsequentes, sem modificar entretanto, sua energia de ligação ao solo.

Silveira & Stone (2001), avaliando os teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistemas de preparo do solo, em um Latossolo Vermelho de Goiás, verificaram que o calcário aplicado num sistema de plantio direto não promove a diminuição da acidez de forma desejada (nas camadas sub superficiais) como em sistemas que empregam a grade e o arado, sendo este o principal fator para os menores índices dos nutrientes estudados nas camadas mais profundas, podendo ainda haver o processo de reacidificação, causada principalmente pelo uso de adubação nitrogenada. A rotação de culturas manteve, após 12 cultivos, teores de matéria orgânica do solo semelhantes aos iniciais, segundo os autores. Estes resultados corroboram os obtidos por Baeumer & Bakermans (1973), citados por Parra (1986), que ressaltaram ser a permanência dos resíduos vegetais mantidos sobre o solo responsável pelos maiores teores dos nutrientes nos sistemas de plantio direto, nas camadas

superficiais, que os encontrados em sistemas convencionais, devendo ocorrer o inverso nas camadas subjacentes.

Em áreas de pastagens queimadas há aumento da densidade do solo, empobrecimento da fertilidade (C, N, Ca e Mg por exemplo), aumento na temperatura, diminuição da população da já diminuta diversidade das micro e mesofaunas do solo (Assis Júnior, 2000) e conseqüente diminuição da decomposição dos resíduos orgânicos. Estes fatores podem se agravar, dependendo da posição destes solos em relação à paisagem (Hofstede, 1995).

2.2 O solo sob o sistema de agricultura familiar

O clima da região Amazônica é o principal fator que contribui para o acelerado processo de intemperismo por que passam seus solos. Os solos que se formaram sob estas condições, são em sua maioria pobres quimicamente e ricos em óxidos de alumínio e caulinita. O material de origem também é pobre, por este motivo, não possuem a capacidade de repor as quantidades de nutrientes perdidas, tendo baixa capacidade de troca de cátions (Kitamura & Möller, 1979; Rodrigues, 1998). São as características químicas dos solos da região, o maior obstáculo para a prática e o desenvolvimento da agricultura.

A toxidez por alumínio e as baixas reservas de cálcio e potássio são comuns e afetam, igualmente, o desenvolvimento das plantas (Sánchez et al., 1982). O único evento que ocorre na região e que ainda assim, de uma maneira incompleta, possui a capacidade de suprir e manter os nutrientes dentro do sistema natural, é a decomposição dos despojos desses ecossistemas e sua rápida mineralização. Normalmente, em regiões tropicais, não é difícil a constatação do declínio da quantidade de matéria orgânica contida no solo, após alguns anos de cultivo (Jordan, 1985).

Atualmente o tipo de agricultura praticada é um agravante para o empobrecimento dos solos. A queima da vegetação deixa o solo desprotegido,

apesar das boas produções promovidas através do pronto fornecimento de nutrientes pelas cinzas (Kato et al., 1998). Entretanto, este benefício é logo exaurido em decorrência do arraste das cinzas, provocado pelo escoamento superficial da água das chuvas e exportação pelas colheitas, reduzindo o tempo de uso da terra. Fatos semelhantes foram relatados por Juo et al. (1995) quando trabalhavam na Nigéria.

Em avaliações realizadas por Brinkmann & Nascimento (1973) num Latossolo Amarelo, na região de Manaus, verificaram que as cinzas promoveram acréscimo temporário do pH do solo, aumentando de 3,8 para 4,5, decrescendo com o tempo e voltando aos valores iniciais após quatro meses. O mesmo ocorre com a capacidade de troca de cátions e com as bases e o oposto para o alumínio.

O manejo de área com cobertura morta influencia no melhoramento do solo para as plantas e na atividade microbiana, reduz a incidência de plantas daninhas (Araújo et al., 1993), aumentando as produções da agricultura de subsistência praticada na Amazônia, a partir do segundo ano de cultivo (Kato et al., 1998), superando as produções das áreas preparadas com o sistema tradicional, que inclui a queima da vegetação. Esta prática também exerce benefícios físicos como a retenção de um maior volume de água, por maior tempo e na proteção do solo evitando erosão, sendo este sistema um dos mais recomendados para a região dos trópicos úmidos (Sampaio, 1998).

O método de adição de resíduos de plantas ao solo, afeta a taxa de decomposição e o desenvolvimento de reservas de matéria orgânica. Quando deixados na superfície, os resíduos são rapidamente secos, e assim, tendem a decompor mais lentamente que aqueles que são incorporados. Desta forma, a decomposição de resíduos na superfície do solo, poderia resultar em baixa taxa de mineralização, liberando os nutrientes lentamente para as plantas (Kato et al., 1998).

2.3 A importância da vegetação secundária para a agricultura familiar

A vegetação que se forma a partir do abandono tem função fundamental para a estabilidade dos ecossistemas de capoeira. Essa vegetação é responsável, na falta da cobertura originária de floresta primária, pela proteção do solo contra erosão, regula as reservas de água, mantém estáveis os microclimas, fornecendo ainda abrigo e alimento para as populações de animais silvestres (Kürten, 1998). Além destas funções, a vegetação secundária é responsável pela manutenção da fertilidade do solo, através do acúmulo de nutrientes na parte aérea da fitomassa, de modo a possibilitar uma nova fase de cultivo. Esta reserva a ser formada, através dos ciclos dos nutrientes, só deve ser considerada juntamente com as do solo e da serapilheira, pois somente assim se poderá obter um quadro completo do potencial de nutrientes da vegetação secundária (Denich, 1989).

A biomassa de serapilheira depositada por esta vegetação de 1, 4, 15 e 30 anos é de 3,7, 9,9, 10,1 e 13 t ha⁻¹ por ano, respectivamente (Diekmann, 1997). A quebra deste ciclo provoca o desequilíbrio do sistema devido às perdas contínuas de matéria orgânica, podendo ser agravado com o tipo de manejo praticado dentro de 20 a 30 anos de possíveis cultivos (Kiehl, 1985). Desta forma, a vegetação secundária deve ser melhor aproveitada por sistemas de manejo que retenham em maiores quantidades os nutrientes nela contidos, pois do tipo de preparo do solo é que dependerá a manutenção de sua fertilidade.

Como visto acima, a capoeira está sendo utilizada como fonte de nutrientes, obtidos através da queima da biomassa. Até a primeira metade da década de 80, não se conheciam, na Amazônia Oriental, estudos sobre seu aproveitamento como adubos orgânicos. Embora reconhecendo a complexidade de problemas técnico-científicos no aproveitamento da capoeira sem uso do fogo, começaram a surgir nos anos 80, projetos dando a devida importância às formas alternativas de aproveitamento das capoeiras, tendo em vista que esta se trata de um recurso disponível aos agricultores e que no uso atual se perde uma

grande parte dos nutrientes da matéria orgânica (Brasil et al., 1986).

Denich (1989) determinou que as maiores parcelas percentuais das reservas de nutrientes, nos sítios de vegetação secundária, estão contidas no solo (0-100 cm) com 60 a 80% das reservas de P, Ca, Mg e Cu, assim como 90 a 100% das reservas de N, Fe, Mn e Zn. Moraes (1991) determinou que 42% do N estocado no solo estão na camada de 0-20cm e que o C estocado nesta mesma camada, quantificado por Cerri (1989), é de 90 t ha⁻¹. O C e N são bastante vulneráveis ao cultivo por se encontrarem em maior quantidade nas camadas superficiais do solo. No solo também são encontrados aproximadamente 78% de toda a matéria orgânica do sistema. Na vegetação e na serapilheira, somente os macronutrientes são encontrados em quantidades mais expressivas. Nelas, as porcentagens chegam a 5, 35, 43, 20 e 25%, respectivamente, de N, P, K, Ca e Mg.

Schubart (1977) demonstrou que a biomassa (peso de matéria seca) de um ecossistema florestal da Amazônia Central, com exceção dos animais, é de 473 t ha⁻¹ e contém, em kg ha⁻¹, 2.983 de N, 66 de P, 497 de K, 506 de Ca, 256 de Mg e 239 de Na. Este mesmo autor ressalta que 70% de N e P estão contidos na fração orgânica. O comportamento extraordinário do N e P explica-se pelo fato de estes nutrientes estarem ligados quimicamente ao húmus e só serem postos à disposição das plantas com a mineralização dele. Já os outros nutrientes são íons móveis facilmente utilizáveis pelas plantas, podendo ser trocados por outros íons (preferencialmente H) da água de percolação ou das raízes (Sampaio, 1997).

Segundo Ewel et al. (1981), a produção de serapilheira nas florestas tropicais é maior do que nos demais ecossistemas. Entretanto, a quantidade de nutrientes da serapilheira dos diferentes tipos de florestas não apresenta diferenças significativas, com exceção do N, que é consideravelmente maior nos trópicos (Sánchez, 1981).

A lavagem pluvial das copas e troncos das árvores contribui de maneira significativa nos processos de transferência de nutrientes da vegetação para o solo. Nye (1961), em estudo de ciclagem de nutrientes numa floresta tropical adulta, estimou que cerca de 12 kg de N, 4 kg de P, 220 kg de K, 311 kg de Ca e 70 kg de Mg por ha foram adicionados ao solo através da lavagem pluvial das copas.

Os ciclos de nutrientes das florestas de terra firme são ciclos diretos, em que os nutrientes liberados após a decomposição da matéria orgânica ficam na solução do solo prontamente disponíveis às plantas, ou ainda podem ir diretamente para a vegetação através de fungos micorrízicos (Herrera et al., 1981). Estes só são quebrados com os cultivos, pois possibilitam as perdas pelas enxurradas e pelas exportações de grãos de algumas culturas e de folhas e raízes da cultura da mandioca.

No caso do sistema de produção habitual da região, as quantidades de P e K acumuladas na fitomassa da parte aérea não são suficientes para suportar uma fase de cultivo de dois anos. Pesquisas futuras deverão incluir, em todos os casos, o cálculo do balanço de nutrientes de modo a tornar possível a apuração da duração das fases de pousio necessária para a agricultura tradicional (Denich, 1989)

A grande quantidade de espécies de leguminosas existentes nas capoeiras sugere a possibilidade de se trabalhar melhor seu potencial na fixação de N nestes ecossistemas de solos pobres. Recentes avaliações demonstraram ser este nutriente, juntamente com o P, os maiores estimuladores no desenvolvimento da vegetação nativa, aumentando sua biomassa após quatro meses da aplicação em até 56%, aumentando a diversidade de espécies, cada uma respondendo de maneira diferente da outra e diminuindo a incidência de gramíneas (Davidson, 2001 em comunicação pessoal).

2.4 A adoção de práticas conservacionistas

A cobertura morta formada por restos culturais ou por material triturado de vegetação secundária e sua incorporação influenciam no melhoramento do solo para as plantas e na atividade microbiana, além de reduzirem o número de plantas daninhas, quando deixadas sobre o solo (Araújo et al., 1993), e aumentam as produções de milho, arroz, mandioca e caupi, a partir do segundo ano de cultivo (Kato et al., 1998), prolongando o tempo de utilização de uma mesma área.

O método de adição e tipo de resíduos de plantas no solo afeta a taxa de decomposição e o desenvolvimento de reservas de matéria orgânica. Quando deixados na superfície, os resíduos são rapidamente secos e, assim, tendem a se decompor mais lentamente que aqueles que são incorporados. Desta forma, a decomposição de resíduos na superfície do solo poderia resultar em baixa taxa de mineralização. A disponibilidade de nutrientes da biomassa aérea da vegetação é influenciada pelas práticas de manejo, sendo alta imediatamente após a queima e reduzida com o tempo. Quando a vegetação não é queimada, a disponibilidade é menor no início, devido à liberação ser função da atividade microbiana, e aumenta com o tempo devido à decomposição da matéria orgânica (Kato et al., 1998).

Ghuman & Lal (1991) avaliando diferentes tipos de preparo de área com e sem queima, verificaram que a prática de cultivo sobre a vegetação somente derrubada, aumentou significativamente todas as características químicas de solo avaliadas (pH, C orgânico, N total, Ca, Mg e K), ficando este tratamento sempre com valores acima de todos os demais, durante os quatro anos de estudos, numa região tropical úmida da Nigéria. Ao final dos estudos, estes autores recomendaram a prática de derruba e não queima como sendo a ideal para regiões tropicais úmidas. Em relação a produção de grãos, decréscimo de 47 a 80% na produção, foram observados por Kato et al. (1999) em sistema com

queima. Em sistemas sem queima, o acréscimo na produção foi de 47% na cultura do arroz e de 27% na de feijão caupi, em períodos de maior precipitação (Kato et al., 1999).

No caso específico da cultura de feijão, a cobertura morta, além dos benefícios já conhecidos, é benéfica no combate à incidência de mela do feijoeiro. Como resultado dos estudos realizados na região de Manaus, Ritzinger et al. (1992) recomendam, para a região, o uso da palha do café, pois os melhores resultados de proteção contra a mela e produção foram obtidos com este material nos dois períodos avaliados (maior e menor precipitação).

O adequado manejo da cobertura morta em áreas não mecanizadas propiciou, em Latossolo Vermelho escuro do cerrado de Goiás, boas produções de feijão. Neste mesmo estudo, Stone & Moreira (2000) verificaram ser este sistema mais vantajoso em relação a outros que empregam a mecanização, com maior economia de água aplicada por aspersores.

Em estudos de decomposição da serapilheira, Byard et al. (1996), avaliando os resíduos de três espécies florestais, observaram que entre 16 e 23% do material não decompostos nos 12 primeiros meses, fato esse que provavelmente beneficia o desenvolvimento inicial de plântulas de milho, além de promover o aumento nos teores de N.

Outras vantagens da cobertura morta são: a redução da velocidade da enxurrada, prevenindo erosão, e a retenção de uma maior umidade no solo quanto maior for esta cobertura (Lopes et al., 1987). Esta prática também diminui a densidade do solo com o passar dos anos, devido a manutenção do nível de matéria orgânica. Assim fica mantida a sustentabilidade das culturas na área, sendo esta prática muito utilizada pelos sistemas de manejo conservacionistas, em plantio direto (Benatti Júnior et al., 1984).

A rotação de culturas associada ao sistema de plantio direto, beneficia a agregação do solo quando comparada à sucessão de apenas duas culturas. O

incremento de C orgânico ao solo promovido por este sistema de manejo, também promove maior atividade microbiana (Campos et al., 1995).

Em sistemas de plantio direto com rotações de culturas, demonstraram que este sistema promove maior concentração de matéria orgânica na camada superficial, mantendo este nível após oito anos de sucessões de culturas, como também de bases trocáveis e N-total, e diminuindo a acidez do solo e a emissão de CO₂ para a atmosfera quando comparados a outros sistemas de plantio (Parra, 1986).

2.5 Resposta das culturas à agricultura familiar e ao uso de fertilizantes

O uso de doses adequadas e balanceadas de fertilizantes ocupa lugar de destaque dentre os diferentes fatores de produção e produtividade. Para que a vocação agrícola possa ser realmente exercitada, há necessidade não apenas de aumentar o consumo de fertilizantes, como também de utilizá-los de maneira mais eficiente possível, refletindo em aumentos sensíveis de produtividade e, por consequência, da produção e dos lucros do agricultor (Lopes, 1996).

Atualmente, no Brasil, recomenda-se a aplicação de N nas diversas culturas com base em curvas de resposta médias que relacionam produção e doses aplicadas e, em alguns casos, levando-se em consideração a produção esperada e o histórico da gleba cultivada. Deve-se buscar métodos que permitam controlar de forma mais satisfatória o uso de adubos nitrogenados, minimizando possíveis problemas advindos de seu uso em excesso (Oliveira, 1998).

O N do solo está em constantes transformações. Sua disponibilidade é afetada pela umidade, temperatura, lixiviação, textura e profundidade do solo atividade microbiológica, reação do solo, fertilidade e material orgânico, dentre outros fatores. Em função da dinâmica do N no solo, a sua quantificação no solo e na planta para recomendações de adubação tem sido pouco utilizada. Resultados obtidos em campo mostram que muitas vezes não há correlação entre

as quantidades estimadas de N no solo e a produção obtida, ou mesmo com o conteúdo de N na planta. Entretanto, não se pode desprezar tal prática como suporte às recomendações de adubação, principalmente quando surge tal necessidade (Oliveira, 1998).

Na cultura do arroz a deficiência de potássio geralmente está associada à toxidez de ferro (Lopes, 1996). Assis (1997) comenta que as deficiências de N e P provocam decréscimo no perfilhamento e a matéria seca da parte aérea é afetada pela falta de N, P e K. Por ser aplicado como nutriente secundário na forma de sulfato de amônio e super simples, pouca atenção tem sido dada à demanda de S pelo arroz. Todavia, com a tendência de substituir estas formas de nutrientes por formulações mais concentradas, a deficiência de S tende a aumentar (Mesquita, 1993).

Em culturas de subsistência, Santos & Reis (1994), avaliando a eficiência energética de cada uma no sistema de plantio direto, obtiveram como resposta a melhor eficiência do milho em relação às demais culturas estudadas, tanto as de inverno como as de verão, ou seja, no milho houve menores gastos e maiores produções.

A baixa produtividade do milho no Brasil ($2,7 \text{ t ha}^{-1}$) é, em grande parte, explicada pelo uso de reduzidas quantidades de adubos na cultura, sendo o N um dos nutrientes que apresentam os maiores efeitos sobre a produção de grãos nesta cultura (Büll & Cantarella, 1993; Anuário..., 1999). Este problema se agrava quando verificamos que a produção cai pela metade em sistemas que se utilizam da queima da vegetação. No Estado do Pará, a agricultura familiar é responsável por grande parte da produção de milho, mesmo esta sendo destinada à alimentação animal, só produzindo pouco mais da metade da média nacional ($1,6 \text{ t ha}^{-1}$). O Município de Igarapé-Açu chega a produzir somente $0,7 \text{ t ha}^{-1}$ neste sistema. Esta baixa produtividade também é verificada em outras culturas

de subsistência como arroz, mandioca e feijão caupi (Kato, 1998; Anuário..., 1999).

2.6 Comportamento das culturas de subsistência e suas relações com o meio biofísico

A composição mineral dos grãos é importante não só para a alimentação, mas também para a germinação das sementes. Um importante aspecto é a remobilização de nutrientes para a formação de raízes e parte aérea enquanto a absorção de nutrientes minerais do solo é inadequada. O N é um dos nutrientes que têm maior influência sobre a produção e a qualidade protéica de grãos de milho (Marschner, 1995).

Em sistemas de plantio direto em Latossolo Vermelho, a calagem não alterou os teores dos nutrientes (N, P, K e S) nas folhas de soja, e Moreira et al. (2001) verificaram maiores produções de soja e milho em áreas cultivadas por mais tempo neste sistema, sem que a calagem tenha contribuído para isso. Fernandes et al. (1999), trabalhando em Latossolo Vermelho, também verificaram os melhores rendimentos de milho em plantio direto, assim como os maiores acúmulos de nutrientes nos tecidos das plantas, independente das adubações praticadas.

Atualmente, a mandioca é cultivada em todas as regiões tropicais do mundo, sendo que, em várias delas, constitui a principal cultura de subsistência, servindo como principal fonte de carboidratos para mais de 500 milhões de pessoas (Passos et al., 1994). No Brasil, a mandioca é um alimento de sustentação calórica da dieta de grande parte da população e sempre faz parte da agricultura de subsistência.

Dentre as folhas verdes, as folhas de mandioca se destacam por serem uma excelente fonte protéica, possuírem baixo custo de produção, por serem consideradas resíduo de uma cultura de subsistência amplamente adaptada às

nossas condições, e também por não competirem com o principal produto comercial da cultura, que são as raízes. Somando-se a isso, as folhas de mandioca são também ricas em vitaminas A, C e em alguns minerais (Carvalho & Kato, 1987).

Normalmente, o milho é cultivado em regiões com precipitações variando entre 300 e 5.000 mm ano⁻¹ porque, durante seu ciclo, esta cultura necessita de uma precipitação semelhante a 600 mm. Dois dias de estresse hídrico no florescimento provocam a queda de rendimento na ordem de 20%. Quando este período alcança oito dias, o decréscimo pode ser de 50%. Durante o desenvolvimento da planta, a falta de água é crucial para a produção em três estágios, que são: no início da floração, durante o período de fertilização e no enchimento dos grãos (Magalhães et al., 1995).

Pesquisas realizadas em diferentes épocas, para a introdução da cultura do milho no campo, tiveram como fator limitante ao seu franco desenvolvimento e produção de grãos a disponibilidade de água no solo. A falta de água no solo no período que antecede a floração faz com que diminua a quantidade de matéria seca das espigas e da parte aérea da planta, assim como todos os demais parâmetros avaliados (Ferreira, 1997b).

Para as semeaduras feitas em períodos com menor precipitação, são recomendadas variedades precoces. Desta forma, Costa & Campos (1993) em pesquisas realizadas no Acre, obtiveram boas produções de grãos fora da estação ideal (a partir de outubro) plantando nos meses de março e abril, proporcionando duas safras por ano agrícola.

Sangoi & Almeida (1993), avaliando densidade e épocas de semeadura da cultura do milho consorciada com feijão, observaram que não houve efeito significativo do arranjo de plantas de milho sobre o rendimento de grãos de milho e feijão e que com o atraso da semeadura do milho houve um incremento na produção de grãos de feijão. Os arranjos e épocas testados não diferiram entre

si, entretanto, foram superiores aos monocultivos.

A adubação nitrogenada não afeta significativamente a maioria das características agronômicas da cultura do milho. Entretanto, Ferreira (1997a) e Oliveira (1998) observaram incrementos significativos nas produções de grãos e peso de cem grãos influenciadas por esta prática. Ferreira (1997a) observou ainda, aumento significativo de todos os nutrientes analisados nas partes da planta.

Ao avaliarem o efeito de datas de plantio sobre o feijão cultivado no outono – inverno em Minas Gerais, Vieira et al. (1991) observaram que com o afastamento dos plantios do mês de abril, as produções tenderam a diminuir, havendo sempre interações positivas entre datas de plantio e cultivar, e ainda o alongamento do ciclo biológico das cultivares.

2.7 Nutrição de plantas

A qualidade da matéria orgânica adicionada no solo tem um papel fundamental como nutriente para a planta, pois a disponibilidade dos nutrientes depende da liberação dos mesmos pelos microrganismos que atuam na decomposição do material orgânico fresco. A disponibilidade aumenta por um determinado período de tempo durante a decomposição da matéria orgânica, até atingir o equilíbrio (Kato et al., 1998).

A matéria orgânica do solo funciona como reserva de nutrientes, melhorando as propriedades químicas, físicas e biológicas. Na melhoria não há dúvida que pode ser substituída, muitas vezes com vantagens, pelos adubos minerais (Pimentel, 1991). Entretanto, com a introdução da cobertura morta, formada pelo material triturado da vegetação secundária, há a possibilidade de fornecimento gradual dos nutrientes presentes na biomassa da capoeira para as futuras culturas, reduzindo os gastos com insumos.

Quanto à capacidade de retenção da água no solo, a matéria orgânica tem influência direta, pois afeta a estrutura do solo, favorecendo a sua aeração e fazendo com que haja um aumento na sua capacidade de retenção de água. Com isso, observa-se a diminuição da densidade do mesmo, favorecendo a exploração de um maior volume pelas raízes das plantas (Sánchez, 1977), o que também ocorre com a cobertura morta (Kato et al., 1998).

A adição de resíduos orgânicos ao solo visa, principalmente, o suprimento de N para as culturas, o qual se encontra quase totalmente na forma orgânica, sendo necessária a sua conversão para formas inorgânicas, pela mineralização, para se tornar disponível para as plantas. Isso depende da natureza dos resíduos (Fauci & Dick, 1994), do tipo de solo, temperatura, dentre outros fatores que afetam a atividade microbiana do solo (Oliveira, 1998). A adubação orgânica isolada ou associada à adubação química pode tornar-se alternativa a ser utilizada pelos agricultores, mesmo considerando as dificuldades de seu uso, além de ser a matéria orgânica complexa e variável, conforme a procedência do material utilizado (Gomes, 1995).

Atualmente, no Brasil, recomenda-se a aplicação de N, P e K nas diversas culturas com base em curvas de resposta médias, que relacionam produção e doses aplicadas, e, em alguns casos, levando-se em consideração a produção esperada e o histórico da gleba cultivada. Deve-se buscar métodos que permitam controlar, de forma mais satisfatória, o uso de adubos nitrogenados, minimizando possíveis problemas advindos de seu uso excessivo (Oliveira, 1998).

Ao avaliarem os efeitos de micronutrientes no rendimento e na composição química do arroz, Galvão et al. (1978) verificaram que somente a omissão do zinco provocou decréscimo significativo no rendimento da cultura em relação ao tratamento completo, demonstrando ser o zinco, o micronutriente mais limitante para esta cultura. Também na cultura do arroz, as respostas à

adubação potássica não tem sido verificadas com tanta frequência como para nitrogênio e fósforo (Fornasieri Filho & Fornasieri, 1993). A deficiência de potássio geralmente está associada à toxidez de ferro (Lopes, 1996). Assis (1997) comenta que a deficiência de N e P provocam decréscimo no perfilhamento e a matéria seca da parte aérea é afetada pela falta de N, P e K. Por ser aplicado como nutriente secundário na forma de sulfato de amônio e super simples, pouca atenção tem sido dada à demanda de S pelo arroz; porém, com a tendência de substituir estas formas de nutrientes por formulações mais concentradas, a deficiência de S tende a aumentar (Mesquita, 1993).

A estabilidade de cultivares de milho em relação às alterações ambientais foi estudada por Souza et al. (1991) em dois locais e com quatro épocas de plantio. Como resposta, houve interações significativas entre cultivar x local e cultivar x época, sendo a primeira superior, mostrando, assim, a importância da avaliação em mais locais e que a influência das épocas sobre as interações foi baixa, por ser complexa. Maior número de variedades também deve ser estudado, pois variedades que produziram bem em locais desfavoráveis não obtiveram o mesmo êxito em melhores ambientes.

Atualmente, a mandioca é cultivada em todas as regiões tropicais do mundo, constituindo, em várias delas, a principal cultura de subsistência, servindo como principal fonte de carboidratos para mais de 500 milhões de pessoas (Passos et al., 1994). No Brasil, a mandioca é um alimento de sustentação calórica da dieta de grande parte da população e sempre faz parte da agricultura de subsistência (Fonseca, 1996).

Estudando o efeito do manejo de adubos verdes na produção de mandioca, Amabile et al. (1994) obtiveram resultados que mostraram diferenças significativas na produção de raízes e no rendimento de amido, destacando-se os tratamentos que receberam a incorporação de adubos verdes. Quanto ao teor de amido, não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos.

Com o objetivo de avaliar a produção e a distribuição de matéria seca de duas cultivares de mandioca, Sangoi & Kruse (1993) trabalharam em Santa Catarina, em regiões com estação de crescimento estival reduzida. Como resultados, as cultivares apresentaram padrões bastante distintos de distribuição e acúmulo de matéria seca nas diferentes frações da planta. A cultivar de esgalhamento mais baixo alcançou maior rendimento de raízes por área, mostrando ser uma boa alternativa para regiões de curta estação estival de crescimento.

Howeler & Cadavid (1983), também estudando a acumulação e a distribuição de matéria seca e nutrientes após um ano de cultivo da mandioca, determinaram que a maior concentração de nutrientes na planta ocorreu entre 2 e 3 meses, decrescendo com o tempo, porém as concentrações de N, P e S tenderam ser elevadas nas folhas, enquanto as de K, Ca e Mg foram mais altas nos pecíolos e nos galhos. A concentração de Mn foi particularmente mais elevada nos pecíolos, considerando que a concentração de Fe foi baixa nos pecíolos e alta nas raízes; B e Cu foram eventualmente distribuídos dentro das plantas. No final do ciclo de desenvolvimento, os nutrientes tenderam a se translocar para as raízes. Somente Ca, Mg e Mn se acumularam mais nos galhos do que nas raízes. Estes mesmos autores concluíram que, com a remoção da colheita, as reservas de nutrientes do solo podem se esgotar seriamente, particularmente a de K, e em menor escala, as de N. As concentrações de P assimilável, Ca e Mg, não foram afetadas com o crescimento da planta, enquanto o K assimilável decresceu notadamente durante o ciclo de crescimento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área de estudo

O Município de Igarapé-Açu está localizado a 140 km a leste de Belém, na Região Bragantina, no nordeste do Estado do Pará, entre as coordenadas 0° 55' e 1° 20' S e 47° 20' e 47° 50' W (Bastos et al., 1995). A área experimental localiza-se em propriedade de pequeno agricultor, na comunidade de Nossa Senhora de Belém, às margens do Ramal do Prata, a 5 km da sede do município (Figura 1).

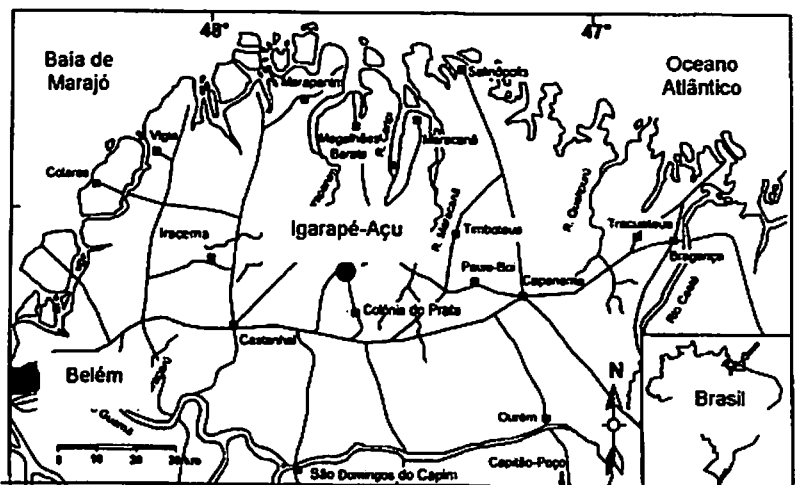


FIGURA 1- Mapa da localização do Município de Igarapé-Açu, na Região Bragantina no Nordeste Paraense.

A precipitação pluviométrica anual é de aproximadamente 2.500 mm, podendo ocorrer algumas variações sazonais. Os meses em que são registrados os maiores índices pluviométricos são, invariavelmente, março e abril, com médias superiores a 400 mm mensais, e os meses mais secos são setembro, outubro e novembro, com médias que ficam abaixo de 100 mm (Figura 2). As

maiores temperaturas (33,0 °C) são verificadas durante a estação mais seca e as mais amenas (19,0 °C), durante a estação das chuvas. A temperatura média anual é de aproximadamente 27,0 °C, com a umidade relativa do ar oscilando na faixa de 85% (Bastos et al., 1995).

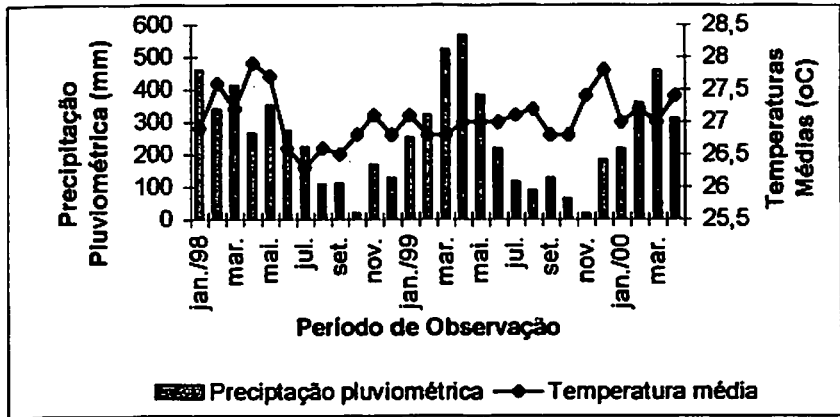


FIGURA 2- Representação gráfica da precipitação pluviométrica mensal (mm) e temperatura média mensal (°C) medidos durante o período de cultivo de janeiro de 1998 a maio de 2000, no Município de Igarapé-Açu, Pará. Bastos et al., 2002 (comunicação pessoal).

A vegetação que recobria o Latossolo Amarelo coeso típico da área experimental era constituída por uma capoeira, vegetação secundária que surge após o corte da floresta primária para a implantação da agricultura. A capoeira possuía sete anos de idade e não ultrapassava 5 metros de altura. Era densa e constituída em grande parte por cipós e lianas, árvores com menos de 10 cm de diâmetro, muita “sororoca” (uma espécie de helicônia) e poucas gramíneas.

O solo da área experimental é um Latossolo Amarelo coeso típico (LAX), A moderado de textura média da formação Barreiras, com baixo teor de matéria orgânica, fósforo assimilável, teor de bases trocáveis e CTC. Os atributos químicos e físicos do solo estão descritos na Tabela 1.

TABELA 1- Atributos químicos e físicos do Latossolo Amarelo da área experimental nas quatro profundidades estudadas por ocasião do preparo de área.

Elemento *	Unidade	Profundidades (cm)			
		0 – 10	10 – 20	20 – 30	30 – 50
pH (H ₂ O)		5,4	5,2	5,1	5,0
P	mg/dm ³	3,0	2,0	1,0	1,0
K	mg/dm ³	45,0	27,0	20,0	13,0
Ca	cmol _c /dm ³	2,0	1,0	0,8	0,6
Mg	cmol _c /dm ³	0,7	0,4	0,3	0,3
Al	cmol _c /dm ³	0,2	0,3	0,6	0,7
H + Al	cmol _c /dm ³	3,5	3,2	3,0	3,1
S.B.	cmol _c /dm ³	2,9	1,5	1,2	1,0
t	cmol _c /dm ³	3,3	2,1	1,6	1,5
T	cmol _c /dm ³	6,4	4,7	4,2	4,1
m	%	6,8	20,8	31,1	39,0
V	%	45,3	31,9	28,6	24,4
M.O.	dag kg ⁻¹	3,1	1,9	1,2	0,9
Areia gr.	%	68,0	63,0	59,0	53,0
Areia fina	%	19,0	21,0	20,0	22,0
Silte	%	5,0	5,0	4,0	6,0
Argila	%	8,0	11,0	17,0	19,0
Densidade	g/cm ³	1,27	1,47	1,49	1,51

*Determinações realizadas segundo metodologia da EMBRAPA (1997).

3.2 Preparo da área experimental

O estudo foi conduzido numa área que possuía capoeira de 7 anos de idade. Foram demarcadas parcelas e as áreas de isolamento entre elas. Inicialmente, somente a vegetação destas faixas foi cortada e retirada do local. Um mês antes do início dos plantios de cada um dos tratamentos, derrubou-se a vegetação existente nas parcelas, com corte a 5,0 cm de altura a partir do solo. Este material foi triturado com o auxílio de uma ensilhadreira acoplada a um trator de rodas. O material já triturado foi distribuído de forma homogênea sobre o solo das parcelas, na forma de cobertura morta. As quantidades de material

depositado sobre o solo em cada uma das épocas de plantio foram: 49,7 t ha⁻¹ na época 1; 49,7 t ha⁻¹ na época 2; 45,6 t ha⁻¹ na época 3; 43,3 t ha⁻¹ na época 4.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, com os tratamentos dispostos no esquema de parcelas subdivididas. Nas parcelas foram testadas quatro épocas de preparo de área sem o uso do fogo, nas subparcelas, dois níveis de adubação. As parcelas mediam 23,0 x 23,0 m, separadas umas das outras por faixas de um metro e meio de largura. As subparcelas mediam 11,5 x 23,0 m, sendo que a área útil total do experimento foi de 8.464 m².

Os tratamentos nas parcelas foram as quatro épocas de preparo de área: Época 1- janeiro/1998 (início da estação chuvosa); Época 2- março/1998 (meio da estação chuvosa); Época 3- maio/1998 (final da estação das chuvas); Época 4- julho/1998 (início da estação menos chuvosa).

O sistema de cultivo foi o plantio de milho (*Zea mays* L., variedade BR 106) consorciado com mandioca (*Manihot esculenta* Crantz, variedade Olho Verde); após a colheita da mandioca, houve plantio de arroz (*Oriza sativa* L., variedade Maravilha) e, posteriormente, do caupi (*Vigna unguiculata* L., variedade BR 3 Tracueteua), nas épocas 1 e 2. Nas épocas 3 e 4, após a colheita da mandioca, foram o caupi e o arroz, respectivamente.

Neste experimento, o ciclo de cultivo que se iniciou em janeiro de 1998 (Época 1), é tido como Tratamento testemunha, por ser tradicionalmente o período de introdução de novos cultivos na região (Tabela 2), os demais tratamentos são as novas épocas de plantios propostas.

TABELA 2- Datas de plantio e de colheita das quatro épocas de preparo da área para as culturas e suas cultivares. Igarapé-Açu - PA, 1998/2000.

Épocas de Preparo	Fases do experimento	Culturas			
		Milho	Mandioca	Arroz	Caupi
1	Plantio	27/01/98	24/02/98	02/02/99	27/07/99
Janeiro	Colheita	19/05/98	19/01/99	10/06/99	05/11/99
2	Plantio	11/03/98	23/04/98	16/02/99	04/08/99
Março	Colheita	16/07/98	10/03/99	22/07/99	06/11/99
3	Plantio	12/05/98	19/06/98	07/10/99	15/07/99
Maiο	Colheita	02/09/98	04/05/99	07/02/00	16/10/99
4	Plantio	09/07/98	04/08/98	08/11/99	09/08/99
Julho	Colheita	11/11/98	22/07/99	01/03/00	06/11/99

Os tratamentos nas subparcelas foram os dois tipos de adubação (Tabela 3). As adubações nas culturas do milho, arroz e caupi foram as recomendadas pela EMBRAPA, sendo uma básica e outra com uma força maior de P. A cultura da mandioca, por ser considerada pouco exigente, foi beneficiada pela adubação residual da cultura do milho.

TABELA 3- Quantidades dos nutrientes utilizados nas adubações praticadas nas culturas do milho, arroz e caupi na área experimental de Igarapé-Açu, Pará.

Culturas	Adubações	Nutrientes (kg ha ⁻¹)		
		N	P	K
Milho	1	20	60	42
	2	20	85	42
Arroz	1	50	25	25
	2	50	50	25
Caupi	1	10	50	50
	2	10	100	50

Nas adubações da cultura do milho foi usado o NPK na formulação (10-28-20); para completar os 85 kg de P da segunda adubação, foi usado o superfosfatotriplo. O N, o P e o K das adubações das culturas do arroz e do caupi

foram aplicados na forma de uréia, superfosfatotriplo e cloreto de potássio respectivamente, conforme discriminado na Tabela 3.

Foram feitas coletas de solo em datas que precederam cada um dos preparos de área e ao final dos quatro ciclos de cultivo, sendo elas: Época 1- as amostras foram coletadas em janeiro de 1998 e em novembro de 1999; Época 2- fevereiro de 1998 e novembro de 1999; Época 3- abril de 1998 e fevereiro de 2000; Época 4- junho de 1998 e março de 2000.

As amostras de solo foram coletadas com o auxílio de trado “holandês” sulcado. Foram feitas de 8 amostras simples nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-50 cm para formar uma amostra composta de cada (profundidade), em cada uma das sub parcelas, no preparo das áreas e no final do experimento. As amostras foram embaladas em sacos plásticos, levadas para casa de vegetação, onde foram secas ao ar. As análises seguiram a metodologia da EMBRAPA (1997).

Os espaçamentos de plantios foram: 1,0 x 0,50 metros para a cultura do milho; 1,0 x 1,0 metro para a mandioca, com as linhas de plantio coincidindo no meio das entre linhas do plantio do milho; 0,50 x 0,50 metros para a cultura do caupi; e de 0,30 x 0,30 metros para a cultura do arroz. Foram deixadas duas plantas de milho por cova, assim como de caupi. As estacas de maniva possuíam 25 cm em média e no semeio do arroz, as máquinas do tipo “tico-tico” foram ajustadas para depositar 10 sementes em média por cova.

Nas colheitas as áreas amostradas dentro de cada uma subparcela, eliminando-se as bordas possuía: 20,0 m² para avaliação da cultura do milho; 16,0 m² para avaliação da cultura da mandioca; as áreas amostradas de arroz foram de 9,0 m²; 9,0 m² para a cultura do caupi.

Para efeito de avaliação do estado nutricional das culturas, foram coletadas amostras de tecido vegetal no período de colheita de cada uma delas. Da cultura do arroz, foram colhidas amostras de grãos com casca e palha (parte

aérea de plantas). Para a cultura do caupi, foram coletadas amostras de grãos, vagens e plantas (parte aérea). Na mandioca, as amostras foram de folhas (ponteiras), ramos (meio e extremidades) e raízes. As amostras para a cultura do milho foram de grãos, sabugo, palha da espiga, biomassa total (plantas inteiras) e colmo + inflorescência. Todas as amostras foram embaladas em sacos de papel, identificadas e secas em estufa com circulação de ar forçada à 65°C até atingirem peso constante. Ao final desse processo, os grãos de arroz, caupi e milho ficaram com 13% de umidade e as raízes de mandioca com 35% de umidade. Após a secagem, as amostras foram moídas, peneiradas e levadas para análise.

3.3 Variáveis avaliadas

Os dados experimentais de todos os atributos químicos (variáveis) do solo (pH, matéria orgânica, P, K, Ca, Mg, Al e soma de bases) foram submetidos à análise de variância de acordo com esquema adequado para os experimentos em parcelas subdivididas, segundo Gomes (2000). Foram determinados os teores de macro e micronutrientes (variáveis) na matéria seca das plantas. Com base nos teores determinados, foram estimados os acúmulos de macro e micronutrientes nas diferentes partes das plantas e na matéria seca total da parte aérea, respectivamente, em cada cultura e épocas de plantio. Também foram avaliadas as produções das culturas.

3.4 Análise estatística

Para as características em que houve significância, procedeu-se ao teste de Scott & Knott (1974) para as épocas de plantio e o teste F para as adubações. Quando a interação épocas x adubações foi significativa, fez-se o estudo de épocas de plantio dentro de cada adubação, com aplicação do teste de Scott & Knott (1974) quando necessário e, também, estudou-se o efeito das adubações

em cada época de plantio, nesse caso suas médias foram comparadas pelo próprio teste F.

As análises estatísticas foram realizadas em cada profundidade de amostragem, no solo, em cada parte da planta das quatro culturas e das características agronômicas estudadas (produções de biomassa, grãos e raízes). As análises estatísticas foram realizadas empregando-se programa computacional SAEG (Ribeiro Júnior, 1999).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Solo

4.1.1 Atributos químicos do solo no momento do preparo de área

Pelos valores apresentados na Tabela 4, os valores de pH, matéria orgânica, Ca e Mg, foram considerados médios pela classificação de e Raij et al. (1996) e Oleynik et al. (1995) citados por Pauletti (1998), que determinaram como baixos os valores entre 5,0-5,6 para pH, 2,5-3,0 dag kg⁻¹ para matéria orgânica, 2,0-7,0 cmol_c kg⁻¹ para Ca trocável e entre 0,4-1,0 cmol_c kg⁻¹ para Mg trocáveis.

Foram considerados baixos (3,0-5,0 mg dm³) os valores de P trocável, de médios a altos os de K (11,0-30,0 cmol_c kg⁻¹) nos preparos de épocas 3 e 4, altos no preparo 2 (31,0-60,0 cmol_c kg⁻¹) e muito altos (< 60,0 cmol_c kg⁻¹) os valores de K e de Al no preparo de época 1, segundo os mesmos autores. Em áreas de capoeira em Rondônia, Monteiro et al. (2001) encontraram valores de pH, Ca, Mg e P igualmente baixos, em solos de textura média. Já para o nutriente K, os valores observados por estes autores variaram de médio a altos, como os deste trabalho.

Apesar do teste Scott-Knott ter mostrado algumas diferenças significativas estatisticamente, as mesmas não foram importantes do ponto de vista da fertilidade do solo (Tabela 4).

TABELA 4- Valores médios dos atributos de fertilidade do solo (Latossolo Amarelo) antes dos plantios das culturas de milho e mandioca nas diferentes épocas de plantio e em cada profundidade.

Época	Prof. (cm)	pH H ₂ O	MO	P	K	Ca	Mg	Al	SB
			Dag kg ⁻¹	-- mg kg ⁻¹ --		-----cmol _c kg ⁻¹ -----			
Jan./98	0-10	5,5 a	3,1 a	4 a	67 a	1,8 b	0,6 b	0,2 b	2,9 a
Mar./98		5,4 a	2,9 b	3 b	48 b	1,8 b	0,6 b	0,3 a	2,6 b
Mai./98		5,4 a	3,0 b	3 b	32 b	2,1 a	0,8 a	0,2 b	3,1 a
Jul./98		5,4 a	3,3 a	3 b	34 b	2,3 a	0,6 b	0,1 b	3,0 a
Jan./98	10-20	5,2 a	1,9 b	2 a	38 a	0,9 b	0,3 b	0,4 a	1,4 b
Mar./98		5,3 a	2,0 b	2 a	22 b	0,9 b	0,3 b	0,3 a	1,4 b
Mai./98		5,2 a	2,2 a	1 b	24 b	1,1 a	0,4 a	0,3 a	1,6 a
Jul./98		5,1 b	1,9 b	2 a	25 b	1,2 a	0,4 a	0,3 a	1,7 a
Jan./98	20-30	5,0 a	1,2 b	1 a	31 a	0,6 b	0,3 b	0,6 a	1,0 b
Mar./98		5,1 a	1,5 a	1 a	18 b	0,6 b	0,3 b	0,6 a	1,0 b
Mai./98		5,1 a	1,4 a	1 a	16 b	0,9 a	0,3 b	0,5 a	1,3 a
Jul./98		5,0 a	1,1 b	1 a	15 b	0,9 a	0,4 a	0,5 a	1,4 a
Jan./98	30-50	4,9 a	0,9 a	1 a	17 a	0,4 b	0,2 b	0,8 a	0,8 b
Mar./98		5,0 a	1,0 a	1 a	14 a	0,5 b	0,3 b	0,8 a	0,9 b
Mai./98		5,0 a	0,9 a	1 a	11 b	0,6 a	0,4 a	0,7 a	1,1 a
Jul./98		4,9 a	0,8 b	1 a	10 b	0,7 a	0,4 a	0,5 b	1,2 a

Médias seguidas pela mesma letra entre épocas de plantio na mesma profundidade não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade.

Os maiores valores deste nutriente foram observados na Época 1, sendo de 67, 38, 31 e 17 mg de K por dm³ de solo respectivamente nas quatro profundidades, podendo estar relacionado com o fato deste preparo de área ter sido realizado no final do período menos chuvoso, propiciando o maior acúmulo deste nutriente no solo.

Em áreas preparadas com o mesmo manejo, Kato (1998a) e Kato (1998b) observaram valores bem mais baixos para este nutriente (15, 9, 8 e 7 c

21, 16, 10 e 7 mg de K por dm^3 de solo) nas mesmas profundidades estudadas neste trabalho, em capoeiras de 4 e 10 anos de idade respectivamente.

Os valores dos atributos químicos apresentadas na Tabela 4 são semelhantes aos observados em um Typic Paleudult franco-fino (Ultissol) por Smyth et al. (1991) na Amazônia Peruana, antes de ter sido preparados com queima para a agricultura.

Os teores de matéria orgânica e de P trocável, assim como os de outras características, diminuíram com o aumento da profundidade, comportamento semelhante ao verificado por Silva & Silva Júnior (2001) num Latossolo Amarelo sob floresta secundária.

Os valores de pH, P e Al observados no atual estudo, foram semelhantes aos verificados por Kato (1998a; 1998b) em capoeiras de 4 e 10 anos. Entretanto, os teores de Ca, Ca+Mg e a soma de bases foram bem superiores, mostrando a irregularidade de fertilidade desses latossolos sob a vegetação de capoeira. Os valores de pH, P e K se enquadram na média dos valores determinados para estas variáveis em solos do Estado do Amazonas (Moreira et al., 2000), sendo os valores de Ca, Mg e soma de bases inferiores aos do presente estudo.

Em capoeiras de uma região pré-amazônica no Maranhão, Duarte & Malavasi (1993) verificaram teores semelhantes aos teores de pH, K, Ca, Mg e Al sendo baixos o pH, Al e K no solo, e altas as concentrações de Ca e Mg na serapilheira, principal fornecedor destes nutrientes para o solo. O retorno estimado de Ca e Mg para o solo (Brun et al., 1999), somente através da decomposição da serapilheira de um capoeirão, varia entre 50-100 kg da Ca ha^{-1} e de 14-21 kg da Mg ha^{-1} ; sendo este suprimento de aproximadamente 8% em um sistema agroflorestal na Amazônia (Luizão et al., 2000).

Comparando-se os teores obtidos com os observados por Kato (1998a) para P, K, Ca, Ca+Mg, Al e pH em área experimental de capoeira de 4 anos,

após o cultivo de arroz, os valores dos atributos foram considerados semelhantes.

4.1.2 Características químicas do solo após os ciclos de cultivos

Com as amostras de solo, coletadas após as colheitas de caupi nas parcelas das épocas 1 (19 meses de cultivo) e 2 (20 meses de cultivo) e de arroz, nas épocas 3 (21 meses de cultivo) e 4 (20 meses de cultivo), avaliou-se a fertilidade do solo em áreas cultivadas com as culturas de subsistência, no momento em que estas começam a fase de pousio.

Nas Tabelas 5, 6, 7 e 8 estão os resumos das análises de variância das principais características químicas do solo, nas quatro profundidades estudadas (0-10, 10-20, 20-30 e 30-50 cm, respectivamente). As diferentes épocas de preparo de área influenciaram significativamente as características químicas do solo nas quatro profundidades, com exceção do Al na camada mais superficial e a matéria orgânica na camada de 30-50 cm de profundidade. As adubações e a interação entre épocas de plantio x adubações afetaram significativamente as características químicas do solo, com exceção para os teores de Ca, Mg e Al, nas duas camadas mais superficiais do solo (0-10 e 10-20 cm). Nas camadas mais profundas estudadas, observou-se o processo inverso, sendo o pH e o Ca afetados significativamente pelas adubações e o K, Al e a soma de bases, afetadas significativamente pelas interação épocas de plantio x adubações.

Nesta avaliação final, o pH apresentou dois comportamentos distintos. Enquanto nas épocas 1 e 2 houve pequenas diminuições nos valores de pH em todas as profundidades, sendo em média de 0,4 unidades de pH, sendo a maior redução de pH em relação às análises iniciais de solo, nestas duas épocas nas

* Coeficiente de variação referente ao erro 2

F.V.	G.L.	pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	Al	S.B.
Bloco	3	0,01	0,05	0,3	1,4	0,03	0,004	0,0	0,00
Época (E)	3	0,28	0,15	0,1	40,9	0,21	0,002	0,1	0,8
Erro 1	9	0,00	0,07	0,1	1,0	0,01	0,013	0,0	0,00
Adução (A)	1	0,04	0,01	0,0	0,8	0,07	0,003	0,0	0,00
E x A	3	0,01	0,07	0,0	11,5	0,04	0,003	0,0	0,02
Erro 2	12	0,00	0,07	0,0	0,9	0,01	0,005	0,0	0,18
Média geral		4,8	1,0	1,9	8,8	15,4	32,6	6,1	4,8
C.V. (%)		0,9	28,4	16,2	10,9	15,4	32,6	6,1	4,8

Quadrados Médios

TABELA 8- Resumo da análise de variância com as fontes de variação (F.V.), graus de liberdade (G.L.), os quadrados médios e respectivas significâncias dos atributos químicos do solo, na profundidade de 30-50 cm, e média geral e coeficiente de variação do erro 2.

* Coeficiente de variação referente ao erro 2

F.V.	G.L.	pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	Al	S.B.
Bloco	3	0,00	0,00	0,04	5,3	0,04	0,002	0,0	0,03
Época (E)	3	0,36	0,80	2,46	168,5	1,06	0,015	0,2	0,26
Erro 1	9	0,00	0,01	0,04	6,1	0,02	0,005	0,0	0,04
Adução (A)	1	0,00	0,00	1,13	24,5	0,10	0,031	0,3	0,00
E x A	3	0,02	0,03	0,46	25,8	0,06	0,037	0,1	0,01
Erro 2	12	0,00	0,01	0,21	8,9	0,01	0,002	0,0	0,04
Média geral		4,9	1,3	1,8	13,4	7,7	20,7	9,5	11,1
C.V. (%)		1,2	6,9	25,2	22,3	7,7	20,7	9,5	19,6

Quadrados Médios

TABELA 7- Resumo da análise de variância com as fontes de variação (F.V.), graus de liberdade (G.L.), os quadrados médios e respectivas significâncias dos atributos químicos do solo, na profundidade de 20-30 cm, e média geral e coeficiente de variação do erro 2.

quatro profundidades, foi de 10% (Tabelas 9 e 10). Na maioria das vezes os valores se mantiveram inalterados.

TABELA 9- Valores médios do pH, em função da época de plantio e adubação nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm ao final do experimento.

Época	0-10 cm		Média Geral	10-20 cm		Média Geral
	NPK	NPK+P		NPK	NPK+P	
Jan.	5,00 aB	5,05 aC	5,03	4,80 Ab	4,83 aB	4,81
Mar.	5,23 aA	5,20 aB	5,21	5,20 Aa	4,80 bB	5,00
Mai.	5,30 bA	5,43 aA	5,36	5,20 bA	5,30 aA	5,25
Jul.	5,23 bA	5,43 aA	5,33	5,18 Ba	5,30 aA	5,24
Média	5,19	5,28	-	5,09	5,06	-

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a P < 0,05) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a P < 0,05) não diferem entre si.

Na camada superficial (0-10 cm) observa-se que os plantios iniciados em janeiro apresentou menor pH do que em março, maio e julho, quando usou-se NPK (Tabela 9). O mesmo ocorreu quando usou-se NPK+P, somente que, o plantio iniciado em março diferiu dos de maio e julho. Estes resultados são provavelmente resultantes das maiores precipitações pluviométricas observadas no início do ano, fazendo com que os efeitos das adubações sejam logo perdidas, com o agravante de as duas primeiras épocas de plantios (janeiro e março), terem passado por dois períodos mais chuvosos completos. Comportamento semelhante foi observado na profundidade de 10-20 cm, com os plantios mais tardios apresentando maiores pH.

Nas demais profundidades (Tabela 10), comportamento um pouco diferente ocorreu na profundidade 20-30 cm, com os plantios iniciados em maio diferindo dos demais, quando usou-se NPK+P. Comportamento semelhante foi observado na profundidade 30-50 cm, nos plantios iniciados em julho sob as adubações com NPK. Estes resultados podem ser decorrentes do efeito mais prolongado das adubações sobre este atributo do solo, em decorrência destas

seqüências de plantios (épocas de maio e julho) só passarem por um único período mais chuvoso completo.

TABELA 10- Valores médios do pH, em função da época de plantio e adubação nas profundidades de 20-30 cm e 30-50 cm ao final do experimento.

Época	20-30 cm		Média Geral	30-50 cm		Média Geral
	NPK	NPK+P		NPK	NPK+P	
1	4,63 aC	4,58 aD	4,60	4,58 aD	4,55 aC	4,56
2	4,83 aB	4,68 bC	4,75	4,78 aC	4,68 bB	4,73
3	5,00 bA	5,10 aA	5,05	4,93 aB	4,90 aA	4,91
4	5,00 aA	5,00 aB	5,00	5,00 aA	4,88 bA	4,94
Média	4,86	4,84	-	4,82	4,75	-

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a P < 0,05) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a P < 0,05) não diferem entre si.

Comparando-se os valores de pH das duas adubações em cada época de plantio, nota-se que somente em janeiro eles não diferiram-se, em todas as profundidades. Nos demais casos, às vezes a adubação com NPK apresentava valores maiores, como nos plantios iniciados em março com 20-30 e 30-50 cm; em outras, como nos plantios iniciados em julho com 0-10 e 10-20 cm, menores valores do que o uso de NPK+P.

Também de maneira diferenciada se comportou o atributo químico matéria orgânica. Nas épocas 3 e 4 foram verificadas elevações em seus teores no solo, nas duas camadas superficiais (Tabela 11), em relação aos valores contidos na Tabela 4 (20 meses antes), e nas profundidades 0-10 e 30-50 cm da época 1. Nestas profundidades da época 1, foram verificadas pequenas elevações nos teores de matéria orgânica (3,1 e 4,5% respectivamente). Na época 2 foi observado comportamento oposto, com reduções médias de 32%, em todas as profundidades, caso semelhante aos das camadas 10-20 e 20-30 cm de profundidade da época 1.

TABELA 11- Teor de matéria orgânica (dag kg⁻¹), em função da época de plantio e adubação nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm ao final do experimento.

Época	0-10 cm		Média geral	10-20 cm		Média geral
	NPK	NPK+P		NPK	NPK+P	
1	2,40 bB	2,93 aA	2,66	1,50 bD	1,83 aB	1,66
2	2,33 aB	2,05 aB	2,19	1,58 aC	1,13 bC	1,35
3	3,40 aA	3,10 aA	3,25	2,53 aA	2,40 bA	2,46
4	3,23 aA	3,05 aA	3,14	2,18 bB	2,38 aA	2,28
Média	2,84	2,78	-	1,94	1,93	-

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a P < 0,05) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a P < 0,05) não diferem entre si.

Na profundidade de 0-10 cm, somente no plantio em janeiro é que houve diferença entre as adubações. Já, na camada de 10-20 cm, os plantios iniciados em março e maio com NPK apresentaram maiores teores de matéria orgânica, do que os com NPK+P, e os plantios em janeiro e julho tiveram comportamentos inversos (Tabela 11). Os plantios mais tardios proporcionaram maiores teores de matéria orgânica em todas as profundidades (Tabelas 11 e 12).

TABELA 12- Teor de matéria orgânica (dag kg⁻¹), em função da época e adubação nas profundidades de 20-30 cm e 30-50 cm ao final do experimento.

Época	20-30 cm		Média geral	30-50 cm		Média geral
	NPK	NPK+P		NPK	NPK+P	
1	1,10 aC	1,10 aB	1,10	0,93	1,20	1,06 A
2	0,98 aC	1,03 aB	1,00	0,83	0,70	0,76 A
3	1,70 aA	1,53 bA	1,61	1,10	1,00	1,05 A
4	1,53 aB	1,63 aA	1,58	0,90	0,98	0,94 A
Média	1,33	1,32	-	0,94 a	0,97 a	-

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a P < 0,05) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a P < 0,05) não diferem entre si.

Os teores finais de matéria orgânica das duas camadas mais superficiais, foram semelhantes aos observados por Oliveira et al. (2001) após dois ciclos de

cultivos (4 anos), manejados com plantio direto e preparo mínimo. De acordo com Bruce et al. (1995), o menor contato resíduo-solo promove uma menor taxa de decomposição no sistema plantio direto, o que também pode ter contribuído para o atual sistema (com cobertura morta) apresentar teores de matéria orgânica maiores.

Os teores de matéria orgânica ao final dos ciclos de cultivo, foram maiores dos que os observados num sistema convencional avaliado por Oliveira et al. (2001).

Foram observadas diferenças significativas entre os valores médios de teor de matéria orgânica nas adubações e destas entre as épocas, nas três primeiras camadas estudadas. Só não houve interação entre as fontes de variação (época de plantio x adubação) na profundidade de 30-50 cm, como mostra a Tabela 12.

Aumentos nos teores de matéria orgânica no solo após o cultivo do arroz também foram observados por Oliveira et al. (2000), num Latossolo Vermelho distroférico do Estado de São Paulo, com aplicação de K e Zn.

Para o nutriente P, foram observadas elevações nos teores das amostras sobre influência das duas adubações, principalmente quando usou-se a adubação NPK+P nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, em todas as épocas. Estes maiores teores são provavelmente, mais decorrentes do efeito residual das adubações praticadas ao longo destes 20 meses de cultivo do que da decomposição da cobertura morta e restos culturais.

Foi significativa a diferença observadas entre as épocas ao final do experimento, principalmente entre os teores de P disponível das épocas 1 e 2, na camada mais superficial (15,5 contra 7,6 mg de P por kg de solo), e entre as épocas 4 e a 2 na camada subsequente (5,9 contra 2,5 mg de P por kg de solo) Tabela 13. Nas camadas mais profundas não houve diferenças, como mostra a Tabela 14 entre as adubações dentro das quatro épocas de cultivo do solo.

TABELA 13- Teor de P disponível (mg dm⁻³), em função da época e adubação nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm ao final do experimento.

Época	0-10 cm		Média geral	10-20 cm		Média geral
	NPK	NPK+P		NPK	NPK+P	
1	14,00 bA	17,00 aA	15,50	3,75 bA	5,00 aB	4,38
2	8,25 aB	7,00 bD	7,63	2,75 aB	2,25 aC	2,50
3	7,50 bB	8,75 aC	8,13	4,25 aA	5,25 bB	4,75
4	7,75 bB	10,75 aB	9,25	4,25 bA	7,50 aA	5,88
Média	9,38	10,88	-	3,75	5,00	-

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a P < 0,05) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a P < 0,05) não diferem entre si.

TABELA 14- Teor de P disponível (mg dm⁻³), em função da época e adubação nas profundidades de 20-30 cm e 30-50 cm ao final do experimento.

Época	20-30 cm		Média geral	30-50 cm		Média geral
	NPK	NPK+P		NPK	NPK+P	
1	2,00	2,00	2,00 A	1,00	1,00	1,00 A
2	1,00	1,00	1,00 B	1,00	1,00	1,00 A
3	1,75	2,25	2,00 A	1,25	1,00	1,13 A
4	1,75	2,75	2,25 A	1,25	1,25	1,25 A
Média	1,63 b	2,00 a	-	1,13 a	1,06 a	-

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a P < 0,05) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a P < 0,05) não diferem entre si.

É possível que o fato de as amostras das áreas nestas épocas, terem sido coletadas no período mais chuvoso, enquanto as amostras de solo das épocas 1 e 2 foram coletadas no período menos chuvoso, tenha possibilitado maior acumulação do fósforo na superfície, oriundo da adubação do caupi, composta por níveis mais elevados deste nutriente nas duas adubações, do que as adubações fornecidas para a cultura do arroz das épocas 3 e 4, do que pela decomposição da cobertura morta e dos restos culturais.

O teor médio de P observado na época 1, na profundidade 0-10 cm, foi semelhante ao teor médio encontrado por Oliveira et al. (2001) nas

profundidades 0-5 e 5-10 cm, em um sistema plantio direto. Também foram observados decréscimos dos teores com o aumento da profundidade, o que concorda com observações feitas por Siqueira (1995), devido a baixa mobilidade do fósforo no solo. Raji (1991) explica também, que tal fato é decorrente do maior contato do fertilizante com as partículas inorgânicas do solo, como possivelmente de restos culturais e resíduos da cobertura morta no atual sistema.

Ao final do experimento, as camadas de solo apresentaram teores de potássio trocável semelhantes aos teores iniciais, em cada uma das épocas de preparo de área e nas quatro profundidades estudadas, com exceção dos teores apresentados pelas amostras da época 1. As épocas de plantio afetaram os teores médios de K, em todas as profundidades (Tabelas 15 e 16), e as adubações proporcionaram teores diferentes nas duas camadas superficiais. Na camada de 20-30 cm não foi observado efeito significativo da interação entre as épocas e as adubações (Tabela 16).

TABELA 15- Teor de K trocável (mg dm^{-3}), em função da época e adubação nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm ao final do experimento.

Época	0-10 cm		Média geral	10-20 cm		Média geral
	NPK	NPK+P		NPK	NPK+P	
1	51,00 aA	47,00 bA	49,00	16,00 aD	15,00 aC	15,50
2	49,00 aA	47,00 aA	48,00	34,00 aA	15,00 bC	24,50
3	32,00 bB	45,00 aA	38,50	26,00 aB	29,00 aA	27,50
4	29,00 bB	36,00 aB	32,50	21,00 aC	23,75 aB	22,38
Média	40,25 b	43,75 a	-	24,25 a	20,69 b	-

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a $P < 0,05$) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a $P < 0,05$) não diferem entre si.

TABELA 16- Teor de K trocável (mg dm^{-3}), em função da época e adubação nas profundidades de 20-30 cm e 30-50 cm ao final do experimento.

Época	20-30 cm		Média geral	30-50 cm		Média geral
	NPK	NPK+P		NPK	NPK+P	
1	8,00	8,00	8,00 C	5,75 aC	7,00 aB	6,38
2	15,00	8,00	11,50 B	9,25 aB	6,00 bB	7,63
3	19,00	18,00	18,50 A	10,75 aA	12,00 aA	11,38
4	15,00	16,00	15,50 A	9,00 aB	11,00 bA	10,00
Média	14,25 a	12,50 a	-	8,69 a	9,00 a	-

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a $P < 0,05$) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a $P < 0,05$) não diferem entre si.

Para este atributo químico do solo (potássio), os teores podem ter sido diretamente influenciados pelo clima (chuvas) e pelas adubações fornecidas às culturas finais das quatro épocas de plantio, sendo o caupi nas épocas 1 e 2 e o arroz, nas épocas 3 e 4. Assim sendo, as maiores quantidades de K fornecidas para o caupi (épocas 1 e 2), proporcionaram os maiores teores deste nutriente no solo, excepcionalmente na camada superficial, onde sob efeito das duas adubações (NPK e NPK+P), estas épocas foram superiores as demais. Neste período de avaliação da fertilidade do solo, coincidiu com o início do período de menor precipitação, também favorecendo para este resultado.

Com o período mais chuvoso coincidindo com os plantios de arroz das épocas 3 e 4, onde também houve menor fornecimento de K pelas adubações, os teores de K foram superiores estatisticamente nas camadas mais profundas (10-20, 20-30 e 30-50 cm) nestas épocas, possivelmente em decorrência do transporte deste nutriente pelas águas das chuvas, percoladas através do perfil do solo.

Estes resultados são concordantes com os observados por Oliveira et al. (2000), em um Latossolo Vermelho distroférrico de São Paulo. Entretanto, foram 18,3% inferiores aos teores observados em plantio direto (Oliveira et al., 2001).

Os teores de Ca trocável no solo, nas quatro profundidades ao final dos plantios, permaneceu inalterado nas camadas 0-10 e 10-20 cm nas épocas 1 e 2 em relação aos teores do início do experimento, e com pequenos acréscimos nas demais camadas. Comportamento inverso foi observado nas épocas 3 e 4, quando foram verificados teores até 45% maiores que os iniciais (Tabelas 17 e 18).

TABELA 17- Teor de Cálcio trocável ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), em função da época e adubação nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm ao final do experimento.

Época	0-10 cm		Média geral	10-20 cm		Média geral
	NPK	NPK+P		NPK	NPK+P	
1	1,90	1,83	1,86 B	0,73	1,23	0,98 B
2	1,93	1,63	1,78 B	1,13	1,00	1,06 B
3	2,72	2,48	2,60 A	1,50	2,05	1,78 A
4	2,93	2,68	2,80 A	1,93	2,20	2,06 A
Média	2,36 a	2,15 a	-	1,32 a	1,62 a	-

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a $P < 0,05$) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a $P < 0,05$) não diferem entre si.

TABELA 18- Teor de Cálcio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), em função da época e adubação nas profundidades de 20-30 cm e 30-50 cm ao final do experimento.

Época	20-30 cm		Média geral	30-50 cm		Média geral
	NPK	NPK+P		NPK	NPK+P	
1	0,58 bC	0,75 aC	0,66	0,50	0,63	0,56 C
2	0,83 aB	0,70 bC	0,76	0,78	0,68	0,73 B
3	1,23 bA	1,50 aA	1,36	0,80	1,05	0,93 A
4	1,25 bA	1,38 aB	1,31	0,83	0,93	0,88 A
Média	0,97 b	1,08 a	-	0,73 b	0,82 a	-

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a $P < 0,05$) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a $P < 0,05$) não diferem entre si.

Houve diferença significativa entre os teores de Ca trocável, proporcionada pelas épocas nas quatro profundidades, com as épocas de maio e

julho apresentando os maiores teores. A adubação NPK+P promoveu efeito significativo sobre os teores de Ca nas camadas mais profundas e a interação entre épocas e adubações só foi significativa sobre os teores da camada de 20-30 cm de profundidade; nesse caso, a interação se deve ao fato de que somente no plantio de março é que a adubação com NPK teve maior teor de Ca do que a com NPK+P. A fonte da dose extra de P (superfosfatotriplo), pode ter contribuído para estes melhores resultados sob efeito desta adubação, para os teores de Ca no solo, pois este fertilizante possui em sua composição 15% de CaO.

Outro fato que pode ter contribuído para os maiores teores de Ca no solo, após os plantios das épocas 3 e 4, é por estas áreas terem sido cultivadas por arroz, cultura que absorve e exporta menores quantidades de Ca em relação a cultura do feijão caupi, cultivado ao final das épocas 1 e 2.

Não houve efeito das épocas sobre os teores de Mg nas profundidades 0-10 e 30-50 cm, como também, não houve efeito das adubações sobre este atributo em todas as profundidades com exceção da camada de 20-30 cm (Tabelas 19 e 20). Foi nesta camada que se observou o único efeito significativo da interação épocas x adubações. Não houve diferença entre as médias dos teores de Mg, sob influência das adubações, nas duas primeiras épocas de plantio nesta profundidade. A adubação NPK proporcionou maior teor de Mg no solo nos plantios iniciados em maio, e a adubação NPK+P no solo dos plantios iniciados em julho.

TABELA 19- Teor de Magnésio (cmol. dm⁻³), em função da época e adubação nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm ao final do experimento.

Época	0-10 cm		Média geral	10-20 cm		Média geral
	NPK	NPK+P		NPK	NPK+P	
1	0,73	0,40	0,56 A	0,20	0,23	0,21 A
2	0,40	0,55	0,48 A	0,38	0,30	0,34 A
3	0,63	0,58	0,60 A	0,43	0,43	0,43 A
4	0,50	0,68	0,59 A	0,38	0,48	0,43 A
Média	0,56 a	0,55 a	-	0,34 a	0,35 a	-

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a P < 0,05) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a P < 0,05) não diferem entre si.

TABELA 20- Teor de Magnésio (cmol. dm⁻³), em função da época e adubação nas profundidades de 20-30 cm e 30-50 cm ao final do experimento.

Época	20-30 cm		Média geral	30-50 cm		Média geral
	NPK	NPK+P		NPK	NPK+P	
1	0,20 aB	0,18 aB	0,19	0,20	0,18	0,19 A
2	0,23 aB	0,18 aB	0,20	0,18	0,23	0,20 A
3	0,40 aA	0,15 bB	0,28	0,28	0,25	0,26 A
4	0,23 bB	0,30 aA	0,26	0,25	0,28	0,26 A
Média	0,26 a	0,20 b	-	0,23 a	0,23 a	-

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a P < 0,05) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a P < 0,05) não diferem entre si.

Vinte meses após o preparo de áreas das quatro épocas, os teores de Mg observados no solo foram na maioria das vezes, menores aos iniciais, principalmente nas camadas de 20-30 e 30-50 cm de profundidade. Na época com os plantios iniciados em julho, os teores nas camadas superficiais foram mantidos os mesmos. Casos semelhantes foram observados nas profundidades 0-10 e 30-50 cm, nos plantios iniciados em janeiro e nas profundidades 10-20 e 20-30 cm de maio.

Como já verificado para outros atributos, os menores teores de Mg no solo foram observados nas épocas com início dos plantios em janeiro e março,

provavelmente por estas áreas terem passado por dois períodos de maior precipitação, havendo maior lixiviação deste nutriente, após o preparo das áreas.

Como o ocorrido para o Ca, as culturas finais das quatro épocas, feijão caupi, nas épocas 1 e 2 e arroz, nas épocas 3 e 4, podem ter contribuído com os maiores ou menores teores de Mg no solo, ao final do experimento. A cultura do caupi apesar de absorve menores quantidades deste nutriente sob efeito das duas adubações (NPK e NPK+P), exporta maiores quantidades de Mg em relação a cultura do arroz.

Os teores de Al nas camadas mais superficiais do solo não se alteraram após 20 meses de manejo, nas épocas 1 e 2. Houve, entretanto, uma diminuição nos teores de Al em todas as profundidades nas épocas 3 e 4, quando comparados aos teores iniciais (Tabelas 21 e 22). Os acréscimos nos teores de Ca do solo nas épocas 3 e 4, podem responder em parte as diminuições nos teores de Al.

TABELA 21- Alumínio trocável ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), em função da época e adubação nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm ao final do experimento.

Época	0-10 cm		Média geral	10-20 cm		Média geral
	NPK	NPK+P		NPK	NPK+P	
1	0,20	0,20	0,20 A	0,53 aA	0,40 bB	0,46
2	0,20	0,23	0,21 A	0,28 bB	0,53 aA	0,40
3	0,18	0,20	0,19 A	0,23 bC	0,30 aC	0,26
4	0,18	0,18	0,18 A	0,20 aC	0,23 aD	0,21
Média	0,19 a	0,20 a	-	0,31 a	0,36 a	-

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a $P < 0,05$) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a $P < 0,05$) não diferem entre si.

TABELA 22- Alumínio trocável ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), em função da época e adubação nas profundidades de 20-30 cm e 30-50 cm ao final do experimento.

Época	0-10 cm		Média geral	10-20 cm		Média geral
	NPK	NPK+P		NPK	NPK+P	
1	0,60 aA	0,60 aA	0,60	0,68 aA	0,63 bA	0,65
2	0,48 bB	0,63 aA	0,55	0,60 aB	0,63 aA	0,61
3	0,33 bC	0,40 aB	0,36	0,40 bC	0,50 aB	0,45
4	0,30 aC	0,33 aC	0,31	0,43 aC	0,40 aC	0,41
Média	0,43	0,49	-	0,53	0,54	-

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a $P < 0,05$) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a $P < 0,05$) não diferem entre si.

As épocas de plantio proporcionaram efeito significativo sobre os teores de Al, em todas as profundidades com exceção da camada de 0-10 cm de profundidade. Nestas profundidades (10-20, 20-30 e 30-50 cm) também foram observados efeitos significativos da interação épocas de plantio x adubações, sendo que nas épocas 1 e 2, os teores de Al sob efeito das duas adubações, foram geralmente superiores estatisticamente aos das demais épocas.

As adubações só proporcionou efeito significativo sobre os teores de Al da profundidade de 20-30 cm. Foi sob o efeito da adubação NPK+P, que se observou, na maioria das vezes, os maiores teores de Al no solo ao final do experimento. Entretanto, os teores médios foram geralmente inferiores aos observados no momento do preparo das áreas. Desta forma, houve o esperado efeito da fonte fornecedora da dose extra de P, ao também fornecer Ca (o superfosfatotriplo contém 15% de CaO), de promover a diminuição do teor de Al do solo.

Não houve efeito significativo das adubações sobre os valores de soma de bases, em todas as profundidades. Foram observados efeitos significativos das épocas de plantio em todas as profundidades para este atributo químico. Com relação à interação épocas de plantio x adubações, houve efeito significativo sobre os valores de soma de bases nas profundidades de 10-20 e

30-50 cm. Foi observada na época de plantio iniciada em maio, os maiores valores de soma de bases, em todas as profundidades analisadas, sendo que, sob a influência da adubação NPK+P estes valores foram ainda maiores (Tabelas 23 e 24).

TABELA 23- Valor de soma de bases (SB) (cmol. dm^{-3}), em função da época e adubação nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm ao final do experimento.

Época	0-10 cm		Média geral	10-20 cm		Média geral
	NPK	NPK+P		NPK	NPK+P	
1	2,80	2,90	2,85 B	0,90 aC	1,23 aB	1,06
2	2,40	2,50	2,45 B	1,70 aB	0,93 bB	1,31
3	3,33	3,40	3,36 A	2,20 aA	2,33 aA	2,26
4	2,58	3,35	2,96 B	2,38 aA	2,10 aA	2,24
Média	2,78 a	3,03 a	-	1,79 a	1,64 a	-

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a $P < 0,05$) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a $P < 0,05$) não diferem entre si.

TABELA 24- Valor de soma de bases (SB) (cmol. dm^{-3}), em função da época e adubação nas profundidades de 20-30 cm e 30-50 cm ao final do experimento.

Época	20-30 cm		Média geral	30-50 cm		Média geral
	NPK	NPK+P		NPK	NPK+P	
1	0,80	0,90	0,85 B	0,70 bC	0,78 aC	0,74
2	1,00	0,90	0,95 B	1,00 aA	0,88 bB	0,94
3	1,25	1,25	1,25 A	0,90 bB	1,00 aA	0,95
4	1,18	1,10	1,14 A	0,90 aB	0,88 aB	0,89
Média	1,06 a	1,04 a	-	0,87	0,88	-

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a $P < 0,05$) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a $P < 0,05$) não diferem entre si.

Os valores de soma de bases foram geralmente superiores nas épocas 3 e 4. Estes resultados refletem perfeitamente o que foi observado para os cátions trocáveis, Ca e Mg, que fazem parte deste atributo químico do solo e o oposto do que ocorreu para o Al.

Após terminados os ciclos de cultivo nas quatro épocas de plantio, os níveis de fertilidade do solo tenderam a ser semelhantes aos verificados por Santos et al. (2000) num Latossolo Vermelho do Rio Grande do Sul, quando manejado com plantio direto e rotação de culturas, com elevação dos teores de matéria orgânica, P extraível, K trocável e melhoria nos índices de pH, Ca e Mg.

4.2 Estado nutricional das culturas tradicionais

4.2.1 Estado nutricional da cultura do milho

4.2.1.1 Biomassa aérea

A análise de variância (Tabela 25) mostra que as épocas de plantio proporcionaram respostas diferentes para os teores de N, K, Fe e Mn, enquanto que as adubações provocaram os mesmos resultados. Houve interação significativa entre as épocas de plantio x adubações somente para os teores de Ca.

TABELA 25- Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) das concentrações de macro e micronutrientes na biomassa aérea de plantas de milho cultivadas em função das épocas de plantio sob cobertura morta e duas adubações.

Causas de Variação (C.V.)	G.L.	Quadrado Médio							
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
Blocos	3	0,0028 ^{ns}	0,0054 ^{ns}	0,0103 ^{ns}	0,0036 ^{ns}	0,0078 ^{ns}	2157,91 ^{ns}	43,20 ^{ns}	197,5833 ^{ns}
Época (E)	3	0,1586*	0,0112 ^{ns}	0,2186*	0,0111 ^{ns}	0,0161 ^{ns}	25162,33**	2819,70**	261,5833 ^{ns}
Erro 1	9	0,0311	0,0054	0,0481	0,0050	0,0086	1336,14	178,68	71,6666
Adubação (A)	1	0,0028 ^{ns}	0,0012 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	3403,13 ^{ns}	8,00 ^{ns}	3,1250 ^{ns}
E x A	3	0,0195 ^{ns}	0,0046 ^{ns}	0,0619 ^{ns}	0,0161*	0,0028 ^{ns}	1200,45 ^{ns}	218,92 ^{ns}	11,0416 ^{ns}
Erro 2	12	0,0170	0,0021	0,0532	0,0038	0,0047	3007,96	151,60	147,3958
Média Geral		0,60	0,09	1,13	0,33	0,22	97,25	76,81	45,63
C.V. (%)		25,43	63,50	19,94	20,27	36,40	46,50	16,71	22,58

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

Com relação ao N, observou-se que os plantios de março e maio proporcionaram as maiores concentrações, sendo que a concentração da época 2 (março) foi 73% superior à menor, que foi observada na época 4 (julho) (Tabela 26). Não houve influência dos períodos de maior ou menor precipitação sobre os teores observados. A menor concentração observada na época 4, pode estar relacionada com o fato de ter sido verificado neste plantio, a maior produção de grãos, possivelmente havendo maior redistribuição deste nutriente para as partes reprodutivas da planta e não efeito do período com menor precipitação.

TABELA 26- Valores médios das concentrações de macronutrientes na matéria seca da biomassa da cultura do milho em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	N	P	K	Mg
1	5,4 b	1,1 a	10,0 b	2,0 b
2	7,8 a	1,1 a	10,3 b	2,1 b
3	6,5 a	1,1 a	11,3 b	2,9 a
4	4,5 b	0,4 b	13,6 a	1,9 b
Adubações				
1	6,1 a	0,9 a	11,3 a	2,2 a
2	5,9 a	1,0 a	11,3 a	2,3 a

Médias de épocas de plantio seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas são iguais entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$), e de adubações, pelo teste F 5%.

A faixa de concentração do nitrogênio na biomassa (4,5-7,8 g kg⁻¹) está bem abaixo da considerada adequada pela maioria dos autores (Malavolta et al., 1997; Reuter & Robinson, 1997; Pauletti, 1998), que é de 26,0 a 50,0 g kg⁻¹, possivelmente pela baixa luminosidade durante os primeiros plantios, realizados na estação com maior precipitação. Este fato também pode estar relacionado com o tipo de material destinado à análise, que no presente trabalho foi de plantas inteiras com idade de 120 dias (colheita), das quais provavelmente já

houve a translocação de grandes quantidades de nitrogênio, como de outro nutrientes, para os grãos.

Os resultados aqui apresentados foram mais próximos aos observados por Reuler & Janssen (1993) em plantas de 120 dias, para as quais concentrações de N foram de 10,7 e 14,1 g kg⁻¹ em áreas que passaram por 4 e 20 anos de pousio, respectivamente. Karlen et al. (1988) citam que em plantas de 120 dias são considerados baixos os níveis de N quando o material vegetal apresenta concentrações abaixo de 16,0 g kg⁻¹, como foi o caso.

A grande oscilação entre resultados ficou evidente, quando Franco et al. (2001) observaram valores de 33,7 e 36,7 g kg⁻¹ das concentrações de N nas folhas de posição +4 e nas folhas da base das espigas, respectivamente. Também analisando a concentração de N na folha abaixo da espiga, Moraes et al. (1998) encontraram valores que variaram entre 14,5 e 18,3 g kg⁻¹ de N, em diferentes sistemas de preparo de solo após o pousio, sem o uso de fertilizantes no Acre. Outro caso foi citado por Franchini et al. (1998) quando avaliavam métodos para determinar o estado nutricional do milho, em que plantas jovens apresentaram concentração média de 12,2 g kg⁻¹ de N.

Houve diferença entre as épocas para os teores de P pelo teste de médias, com o plantio de julho diferindo dos demais. Esta diferença foi superior a 63%, das épocas 1, 2 e 3, que não apresentaram diferença entre si (1,1 g kg⁻¹) para a época 4 (0,4 g kg⁻¹ de P), podendo também neste caso, ter ocorrido o mesmo do verificado para o N, com o maior fluxo de P para os grãos.

A maior quantidade de P aplicada na Adubação NPK+P, não proporcionou a elevação nas concentrações de nenhum nutriente nas plantas, nem mesmo as de P que normalmente poderia ocorrer, mostrando assim também, que a dose extra de P não inibiu a absorção dos demais nutrientes.

As concentrações de P se encontram abaixo das consideradas adequadas por Rajj et al. (1996) e Reuter & Robinson (1997), segundo os quais variam

entre 1,9 e 6,0 g kg⁻¹. Trannin et al. (2000) observaram valores de P 45% superiores na biomassa do milho em estudos num Latossolo Vermelho Escuro com e sem uso de fertilizantes e Skerman & Riveros (1992) relataram ser de 2,2 g kg⁻¹ a concentração média de P na matéria seca de gramíneas forrageiras. Em material com a mesma idade do aqui analisado, Karlen et al. (1988) encontraram valores semelhantes de P (1,3 g kg⁻¹). Entretanto, estes mesmos autores relataram que são altos os valores acima de 1,8 g kg⁻¹ de P, encontrados em plantas em fase de colheita. Esses resultados chegam a ser 100% superiores aos verificados na Tabela 26. Em variedades híbridas cultivadas em solos de cerrado, os teores de P observados por Fernandes et al. (2000) variaram entre 2,5 e 3,2 g kg⁻¹, sendo também bem superiores aos deste estudo.

A concentração média de P na biomassa do milho observada por Kato (1998) (1,8 g kg⁻¹), sob o mesmo manejo, solo e adubação, foi superior às encontradas aqui e por Moraes et al. (1998), quando observou concentrações médias de P de 1,55 g kg⁻¹, no Estado do Acre. Já as concentrações observadas por Reuler & Janssen (1993) foram semelhantes ao plantio de julho (0,3-0,4 g kg⁻¹) e 68% inferiores aos demais, quando trabalharam em áreas que estavam em pousio por 4 e 20 anos na Côte d'Ivoire, África.

O plantio realizado em julho também apresentou o maior teor de K, não sendo verificado neste caso, o mesmo comportamento observado para o N e o P. Os teores das plantas nesta época foram superiores aos demais, que foram considerados estatisticamente iguais entre si. Reuler & Janssen (1993) observaram concentrações de K 26% superiores, em plantas cultivadas em áreas que haviam permanecido em pousio durante 4 anos na África. Em plantas com a mesma idade, Karlen et al. (1988) observaram teores de K iguais a 17,4 g kg⁻¹.

Na Tabela 27 é mostrado o desdobramento das concentrações de Ca observadas sob efeito das adubações, dentro das épocas de plantio, por ter sido observado efeito significativo da interação entre épocas de plantio x adubações.

Neste caso, provavelmente foi a diferença proporcionada pelas adubações dos plantios de janeiro sobre as concentrações deste nutriente a responsável pelo efeito significativo desta interação. Não houve diferenças nas concentrações de Ca entre as quatro épocas de plantio, quando usou-se adubação NPK+P, e sim entre adubações no plantio realizado em janeiro, quando usou-se somente NPK. As concentrações de Ca foram inferiores às observadas por Karlen et al. (1988) no mesmo tipo de material; e as de Mg foram superiores. Nas concentrações de Mg não foram observadas diferenças entre as épocas 1, 2 e 4; entretanto, estas foram inferiores à época 3 em 31%.

TABELA 27- Valores médios das concentrações de cálcio na matéria seca da biomassa da cultura do milho em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	Concentração de Ca (g kg ⁻¹)		Média Geral
	NPK	NPK+P	
1	3,0 aB	4,3 aA	3,7
2	3,3 aA	3,5 aA	3,5
3	3,7 aA	3,0 bA	3,4
4	3,0 aA	2,5 bA	2,8
Média Geral	3,3 a	3,3 a	-

Números seguidos pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott. Números seguidos pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott.

Os valores de Ca observados na planta do milho (3,3 g kg⁻¹) são semelhantes aos resultados obtidos por Haag et al. (1985), com 3,7 g kg⁻¹ de Ca em plantas sadias de capim Napier. Já os valores médios de Mg na planta (2,3 g kg⁻¹) são também semelhantes aos da faixa entre 1,4-4,0 g kg⁻¹ de Mg observados por estes autores quando trabalharam com outras gramíneas. Foram também semelhantes aos observados por Andreotti et al. (2000) quando estudavam os efeitos de solos, saturação por bases e diferentes níveis de K no solo sobre os teores de nutrientes nas folhas de milho.

Mesmo tendo sido usado material diferente e muito mais velho (plantas em fase de colheita) para as análises, as concentrações observadas para Ca e Mg se encontram dentro da faixa considerada adequada por Malavolta et al. (1997), semelhantes aos resultados observados por Trannin et al. (2000), também na fase de colheita e por Pires et al. (1998) e Moraes et al. (1998), em sistemas de plantio direto.

As maiores concentrações de Ca, Mg, Fe e Mn nas diferentes partes das plantas de milho foram observadas na biomassa aérea. Segundo Malavolta (1980), a maior concentração de Ca é explicada por este nutriente encontrar-se em formas não solúveis em água na planta, não havendo, dessa forma, a sua redistribuição.

A época 4 apresentou maior concentração de Fe, não sendo observada diferença entre os demais (Tabela 28) e, a adubação NPK+P proporcionou maior teor do que a adubação NPK. No caso do Mn, as épocas 2, 3 e 4 não diferiram entre si e foram significativamente superiores à concentração observada na primeira época de plantio. Estas três épocas de plantio apresentaram concentrações adequadas de Mn e, segundo Fageria (2001), estes níveis adequados na planta devem variar entre 50 a 160 mg kg⁻¹. Sendo assim, somente o plantio em janeiro apresentou concentração abaixo da recomendada. Os teores dos micronutrientes se encontram dentro dos limites recomendados por Raij et al. (1996), Reuter & Robinson (1997) e Pauletti (1998).

TABELA 28- Valores médios das concentrações de micronutrientes na matéria seca da biomassa da cultura do milho em função das épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	Fe	Mn	Zn
	----- mg kg ⁻¹ -----		
1	72,00 b	49,38 b	40,00 a
2	70,75 b	80,00 a	53,38 a
3	65,05 b	89,38 a	46,00 a
4	181,25 a	88,50 a	43,13 a
Adubações			
1	86,94 b	76,31 a	45,94 a
2	107,56 a	77,31 a	45,31 a

Números seguidos pelas mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

As concentrações dos micronutrientes apresentados na Tabela 28 foram geralmente superiores às observadas por Trannin et al. (2000), também trabalhando com milho, porém em áreas de Latossolo Vermelho em Minas Gerais. Em comparação com as avaliações feitas por Karlen et al. (1988), as concentrações de Fe, Mn e Zn em material de mesma idade foram consideradas baixas, médias e altas, respectivamente.

4.2.1.2 Grãos

Na Tabela 29 são mostrados os quadrados médios resultantes da análise de variância e seus respectivos graus de significância. Como pode ser observado, só não houve efeito significativo sobre a concentração do micronutriente Mn, promovido pelas épocas de plantio. Também não houve efeito significativo das adubações e da interação épocas de plantio x adubações, sobre as concentrações de todos os nutrientes estudados.

TABELA 29- Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) das concentrações de macro e micronutrientes nos grãos de milho de plantas cultivadas em função das épocas de plantio sob cobertura morta e duas adubações.

Causas de Variação (C.V.)	G.L.	Quadrado Médio							
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
Bloco	3	0,0128 ^{ns}	0,0136 ^{ns}	0,0086 ^{ns}	0,0011 ^{ns}	0,0036 ^{ns}	128,4479 ^{ns}	80,1145 ^{ns}	77,5312 ^{ns}
Época (E)	3	0,1436 ^{**}	0,0812 ^{**}	0,1969 ^{**}	0,0053 [*]	0,0261 ^{**}	447,4479 ^{ns}	320,6145 ^{**}	496,7810 ^{ns}
Erro 1	9	0,0056	0,0070	0,0145	0,0011	0,0023	755,8368	42,0868	129,8646
Adubação (A)	1	0,0903 ^{ns}	0,0028 ^{ns}	0,0078 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	2261,2812 ^{ns}	34,0321 ^{ns}	19,5312 ^{ns}
E x A	3	0,0036 ^{ns}	0,0011 ^{ns}	0,0019 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0011 ^{ns}	526,7812 ^{ns}	26,7812 ^{ns}	108,5312 ^{ns}
Erro 2	12	0,0345	0,0041	0,0026	0,0036	0,0009	602,1562	25,0973	87,4479
Média Geral		1,18	0,32	0,53	0,12	0,17	56,41	32,72	46,84
C.V. (%)		11,06	23,33	16,03	38,65	22,72	46,12	17,57	22,14

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

A melhor qualidade de grãos pode ser determinada pelas maiores concentrações de nutrientes neles contidos, assim sendo, o plantio de março, para a maioria deles, promoveu as maiores concentrações para todos os nutrientes, exceto para o Fe e o Zn. As concentrações dos nutrientes observadas no plantio realizado em março, foram significativamente superiores às das demais épocas para N, Mg e Mn (Tabelas 30 e 31). Para P, K e Zn, os plantios em janeiro, março e maio não diferiram entre si, e foram superiores ao plantio da época 4 (julho). As menores concentrações foram observadas na maioria das vezes, na quarta época de plantio, podendo ter havido a diluição destas concentrações pela maior produção de grãos, que foi observada nesta época de plantio, e provavelmente, sem interferência do período de menor precipitação.

TABELA 30- Valores médios das concentrações de macronutrientes na matéria seca de grãos de plantas de milho em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	N	P	K	Ca	Mg
	----- g kg ⁻¹ -----				
1	11,3 b	3,5 a	6,1 a	1,5 a	1,9 b
2	13,8 a	4,1 a	6,9 a	1,4 a	2,4 a
3	10,8 b	3,3 a	5,1 a	1,0 b	1,6 b
4	11,4 b	1,8 b	3,3 b	1,0 b	1,0 c
Adubações					
1	11,3 a	3,3 a	5,5 a	1,2 a	1,8 a
2	12,3 a	3,1 a	5,2 a	1,3 a	1,7 a

Números seguidos pelas mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

O efeito da translocação de nutrientes de outras partes da planta para os grãos pode ser perfeitamente observado pelas maiores concentrações de N e P nos grãos (Tabela 30), quando comparados aos da planta (Tabela 26). Os aumentos foram na ordem de 93,4 e 244,1% para N e P, respectivamente.

Os resultados de P e K foram superiores 150% aos observados por Reuler & Janssen (1993) em áreas cultivadas após 4 e 20 anos de pousio na África. Para o N, estes autores verificaram concentrações iguais a 14,6 g kg⁻¹, em média, sendo 23,7% superiores às observadas nos grãos deste trabalho.

A adubação com dose extra de P (NPK+P) não interferiu com uma maior absorção de nutrientes nos grãos, nas quatro épocas de plantio testadas, exceto no caso do micronutriente Fe (Tabela 31).

TABELA 31- Valores médios das concentrações de micronutrientes na matéria seca de grãos de milho em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	Fe	Mn	Zn
	----- mg kg ⁻¹ -----		
1	65,25 a	25,62 b	52,38 a
2	57,37 a	40,88 a	47,50 a
3	47,00 a	33,38 b	52,00 a
4	56,00 a	31,00 b	35,51 b
Adubações			
1	48,00 a	33,75 a	46,06 a
2	64,80 a	31,69 a	47,63 a

Números seguidos pelas mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

4.2.1.3 Sabugo

Na Tabela 32 (análise de variância) foram observados efeitos significativos das épocas de plantio sobre as concentrações de N, Ca, Mg e Fe. Não houve efeito das adubações e também da interação épocas de plantio x adubações, sobre as concentrações de todos os nutrientes.

TABELA 32- Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) das concentrações de macro e micronutrientes nos sabugos de milho de plantas cultivadas em função das épocas de plantio sob cobertura morta e duas adubações.

Causas de Variação (C.V.)	G.L.	Quadrado Médio							
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
Blocos	3	0,0041 ^{ns}	0,0037 ^{ns}	0,0086 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,0019 ^{ns}	4347,79 ^{ns}	14,1250 ^{ns}	214,8333 ^{ns}
Época (E)	3	0,1358*	0,0037 ^{ns}	0,0269 ^{ns}	0,0179**	0,0111**	8133,71*	65,5416 ^{ns}	1664,8333 ^{ns}
Erro 1	9	0,0317	0,0029	0,0328	0,0004	0,0014	1412,59	32,2083	583,6111
Adubação (A)	1	0,0012 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0078 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	40,50 ^{ns}	40,5000 ^{ns}	84,5000 ^{ns}
E x A	3	0,0121 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	0,0036 ^{ns}	0,0362 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	4295,53 ^{ns}	40,0833 ^{ns}	49,8333 ^{ns}
Erro 2	12	0,0210	0,0006	0,0130	0,0008	0,0028	2912,15	43,6875	384,1666
Média Geral		0,56	0,09	0,74	0,13	0,11	71,81	34,06	70,63
C.V. (%)		28,50	41,50	19,93	18,77	41,00	60,00	18,03	31,00

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

O plantio realizado em janeiro (época 1) apresentou teor de N superior aos demais, sendo estes, considerados semelhantes entre si. Para o nutriente P, não houve diferença entre as concentrações dos plantios de janeiro, março e maio, sendo que, estas diferiram e foram significativamente superiores às do plantio de julho (Tabela 33).

TABELA 33- Valores médios das concentrações de macronutrientes na matéria seca do sabugo do milho de plantas em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	N	P	K	Ca	Mg
	----- g kg ⁻¹ -----				
1	7,5 a	1,1 a	7,4 a	2,0 a	1,6 a
2	5,4 b	1,0 a	8,0 a	1,3 b	1,0 b
3	5,1 b	1,0 a	7,6 a	1,0 b	0,8 b
4	4,5 b	0,6 b	6,6 a	1,0 b	1,0 b
Adubações					
1	5,6 a	0,9 a	7,3 a	1,3 a	1,1 a
2	5,7 a	0,9 a	7,5 a	1,3 a	1,1 a

Números seguidos pelas mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

Não foram observadas diferenças para os teores de K entre as épocas de plantio. Já para o Ca e o Mg, no plantio realizado em janeiro, foram observadas as maiores concentrações destes nutrientes, as quais foram significativamente superiores às das demais épocas, que não diferiram entre si pelo teste de médias.

Não houve diferença entre as duas adubações estudadas, em relação às concentrações de todos os nutrientes avaliados.

Para os micronutrientes foram significativas as diferenças entre as concentrações de Fe nas épocas de plantio, sendo a maior delas de 2,58 vezes entre as médias da época 4 (106,1 mg kg⁻¹) e da época 2 (41,1 mg kg⁻¹). Pelo teste de médias, não houve diferença para as concentrações de Mn. Para o Zn, as concentrações observadas na época 1 foram significativamente superiores às

concentrações das demais épocas, que foram semelhantes entre si pelo teste de médias.

Foi nesta parte da planta (sabugo), que foi observada a maior concentração média de Zn ($70,5 \text{ mg kg}^{-1}$), sendo superior as médias de outras partes das plantas de milho ($46,0 \text{ mg kg}^{-1}$), resultante provavelmente da redistribuição deste nutriente das partes vegetativas para as reprodutivas. Os plantios realizados em janeiro e julho apresentaram as maiores concentrações de Fe, enquanto as de março e maio as menores (Tabela 34).

TABELA 34- Valores médios das concentrações de micronutrientes na matéria seca do sabugo de milho em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	Fe	Mn	Zn
	----- mg kg^{-1} -----		
1	91,50 a	33,25 a	92,25 a
2	41,13 b	37,88 a	64,00 b
3	48,50 b	34,13 a	63,52 b
4	106,13 a	31,00 a	62,75 b
Adubações			
1	72,94 a	35,19 a	72,25 a
2	70,68 a	32,94 a	69,00 a

Números seguidos pelas mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

4.2.1.4 Palha da espiga

Na Tabela 35 é mostrada a análise de variância onde observou-se o efeito significativo das épocas de plantio sobre as concentrações dos macronutrientes N, P, Ca e Mg e de todos os micronutrientes. Não houve efeito significativo das adubações para todos os nutrientes estudados, assim como da interação épocas de plantio x adubações, com exceção do Mg e do Fe.

TABELA 35- Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) das concentrações de macro e micronutrientes da palha da espiga de plantas cultivadas em função das épocas de plantio sob cobertura morta e duas adubações.

Causas de Variação (C.V.)	G.L.	Quadrado Médio							
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
Blocos	3	0,0375 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0070 ^{ns}	0,0104*	0,0050*	635,53 ^{ns}	58,61 ^{ns}	184,4479*
Época (E)	3	0,3308**	0,0194**	0,0361 ^{ns}	0,1704**	0,0483**	11164,86*	2925,03**	168,1979*
Erro 1	9	0,0189	0,0025	0,0106	0,0018	0,0017	2451,75	276,61	31,8090
Adubação (A)	1	0,0012 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0153 ^{ns}	0,0012 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	42,38 ^{ns}	1,53 ^{ns}	270,2812 ^{ns}
E x A	3	0,0121 ^{ns}	0,0020 ^{ns}	0,0061 ^{ns}	0,0104 ^{ns}	0,0033*	5528,28*	60,53 ^{ns}	179,5312 ^{ns}
Erro 2	12	0,0052	0,0007	0,0192	0,0056	0,0008	1571,49	251,70	71,1354
Média Geral		0,49	0,06	0,71	0,24	0,19	82,22	70,53	45,91
C. V. (%)		21,50	64,50	17,20	24,10	18,58	54,22	23,03	15,33

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

Os teores dos macronutrientes, com exceção do K, tenderam a diminuir com o avanço dos cultivos no período de menor precipitação.

Na Tabela 36 são observadas as concentrações de macronutrientes na palha que envolve as espigas de milho. Foram observadas diferenças significativas entre as épocas de plantio para as concentrações de todos os nutrientes, com exceção do K, que foram consideradas estatisticamente iguais entre si.

TABELA 36- Valores médios das concentrações de macronutrientes na matéria seca da palha das espigas de milho em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	N	P	K	Ca
	----- g kg ⁻¹ -----			
1	6,9 a	1,0 a	6,3 a	4,4 a
2	6,4 a	1,0 a	6,9 a	2,8 b
3	3,0 b	0,4 b	7,9 a	1,3 c
4	3,3 b	0,0 c	7,1 a	1,4 c
Adubações				
1	4,9 a	0,6 a	6,8 a	2,5 a
2	4,8 a	0,6 a	7,3 a	2,4 a

Números seguidos pelas mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Como pôde ser observado na Tabela 35, houve efeito significativo da interação entre adubações x épocas de plantio sobre as concentrações de Mg; o desdobramento desta interação pode ser observado na Tabela 37. Os resultados obtidos pelos plantios, nas duas adubações, mostraram ser as adubações as maiores responsáveis pelo efeito significativo desta interação. Com o uso de NPK, os plantios em janeiro e março proporcionaram concentrações semelhantes de Mg e superiores às concentrações obtidas nos plantios de maio e julho, que foram semelhantes entre si. Já, quando usou-se NPK+P, o plantio em janeiro

proporcionou concentrações de Mg diferentes e superiores às obtidas nas demais épocas de plantio.

TABELA 37- Valores médios das concentrações de magnésio na matéria seca da palha das espigas de milho em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	Concentração de Mg (g kg ⁻¹)		Média Geral
	NPK	NPK+P	
1	0,28 aA	0,28 aA	0,28
2	0,25 aA	0,20 bB	0,23
3	0,13 bB	0,18 cA	0,16
4	0,10 bA	0,10 dA	0,10
Média Geral	0,19	0,19	-
C.V. (%)	-	-	18,58

Números seguidos pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott. Números seguidos pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott.

Foram observadas diferenças entre as épocas de plantio para os micronutrientes, como mostra a Tabela 38. Pela análise de variância foi observado efeito significativo da interação épocas de plantio x adubações para o Fe, o desdobramento pode ser observado na Tabela 39. No plantio realizado em janciro, o uso da adubação 2 proporcionou maiores concentrações de Fe na palha da espiga, do que na adubação com NPK. Nas demais épocas de plantio não houve diferenças entre as adubações. Foi observada ainda, a tendência das plantas cultivadas nos períodos de menor precipitação, possuírem menor teor de Mn na palha da espiga.

TABELA 38- Valores médios das concentrações de micronutrientes na matéria seca da palha da espiga de milho em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	Mn	Zn
	----- mg kg ⁻¹ -----	
1	91,75 a	42,13 b
2	81,63 a	47,38 a
3	55,25 b	51,75 a
4	53,50 b	42,38 b
Adubações		
1	70,75 a	48,81 a
2	70,31 a	43,00 a

Números seguidos pelas mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

TABELA 39- Concentração de ferro na matéria seca da palha da espiga de milho em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	Concentração de Fe (mg kg ⁻¹)		Média Geral
	NPK	NPK+P	
1	74,0 aB	180,0 aA	127,0
2	70,8 aA	65,0 bA	67,9
3	41,0 bA	38,0 bA	39,5
4	85,8 aA	103,3 aA	94,5
Média Geral	66,9	96,6	-

Números seguidos pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott. Números seguidos pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott.

Os valores observados das concentrações de todos os nutrientes avaliados na palha da espiga foram semelhantes aos observados na biomassa aérea total.

4.2.1.5 Colmo + inflorescência

Na Tabela 40 foi observado o efeito significativo das épocas de plantio sobre somente a concentração de Zn. Não houve efeito significativo das adubações e da interação entre épocas de plantio x adubações, sobre as concentrações de todos os nutrientes estudados.

TABELA 40- Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) das concentrações de macro e micronutrientes dos colmos + inflorescências de plantas de milho cultivadas em função das épocas de plantio sob cobertura morta e duas adubações.

Causas de Variação (C.V.)	G.L.	Quadrado Médio							
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
Blocos	3	0,0137 ^{ns}	0,0017 ^{ns}	0,0258 ^{ns}	0,0033 ^{ns}	0,0091 ^{ns}	379,37 ^{ns}	390,38 ^{ns}	52,7500 ^{ns}
Época (E)	3	0,1171 ^{ns}	0,0025 ^{ns}	0,4708 ^{ns}	0,0025 ^{ns}	0,0067 ^{ns}	9694,87 ^{ns}	1118,54 ^{ns}	2022,3330*
Erro 1	9	0,0462	0,0008	0,1611	0,0019	0,0058	6015,46	387,35	327,8611
Adubação (A)	1	0,0450 ^{ns}	0,0012 ^{ns}	0,0450 ^{ns}	0,0012 ^{ns}	0,0012 ^{ns}	3916,12 ^{ns}	578,00 ^{ns}	98,0000 ^{ns}
E x A	3	0,0325 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,1441 ^{ns}	0,0037 ^{ns}	0,0012 ^{ns}	2401,71 ^{ns}	24,08 ^{ns}	161,6667 ^{ns}
Erro 2	12	0,0147	0,0015	0,0485	0,0023	0,0045	1827,06	160,65	206,9166
Média Geral		0,58	0,10	1,60	0,21	0,18	95,06	66,81	46,00
C.V. (%)		28,96	33,50	19,43	21,64	42,15	44,60	24,21	35,31

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

Como nas demais partes da planta, a maior quantidade de P aplicada na Adubação NPK+P não proporcionou a elevação nas concentrações dos nutrientes no colmo + inflorescência, não havendo diferença entre elas.

Pelo teste de médias, houve diferença significativa entre as concentrações de N e K nas épocas de plantio. Também foi observado nos plantios dos períodos com menor precipitação (maio e julho), as menores concentrações de N, P e K, sabendo-se entretanto, de que na época 4 (plantio de julho) por ter havido a maior produção de grãos, pode também ter ocorrido a translocação de maiores quantidades destes nutrientes para os grãos (Tabela 41).

TABELA 41- Valores médios das concentrações de macronutrientes na matéria seca de colmo + inflorescências de plantas de milho em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas	N	P	K	Ca	Mg
	----- g kg ⁻¹ -----				
1	6,4 a	1,1 a	19,6 a	2,3 a	2,0 a
2	7,3 a	1,1 a	15,0 b	1,9 a	1,5 a
3	4,9 b	1,0 a	14,9 b	2,3 a	2,0 a
4	4,8 b	0,8 a	14,5 b	2,1 a	1,5 a
Adubações					
1	6,2 a	0,9 a	16,4 a	2,1 a	1,7 a
2	5,4 b	1,1 a	15,4 a	2,2 a	1,8 a

Números seguidos pelas mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

Foi observada, nesta parte da planta, a maior concentração média de K 15,9 g kg⁻¹. Este valor está bem próximo à concentração mínima considerada adequada (17,0 g kg⁻¹), exigida para plantas jovens e sadias (Malavolta et al., 1997). Foi no plantio de janeiro que se observou a maior concentração (19,6 g kg⁻¹), significativamente superior aos demais, os quais foram considerados iguais entre si e apresentaram concentração média de 14,8 g kg⁻¹.

Não houve diferença entre as concentrações de Mg, nas diferentes épocas de plantio. A concentração média de Mg das épocas (1,75 g kg⁻¹), foi 37% menor ao resultado observado por Andrcotti et al. (2000) de 2,4 g kg⁻¹, quando avaliaram os efeitos de diferentes tipos de solo, saturação por bases e teores de K no solo sobre os teores de nutrientes em colmos de milho. Uma possível explicação para esta diferença, pode ser o menor teor de Mg no solo do presente estudo.

Também pelo teste de médias, não houve diferenças significativas para as concentrações de P e Ca entre as épocas de plantio.

Foram observadas diferenças entre os teores de micronutrientes nas diferentes épocas de plantio. As concentrações de Fe foram as que apresentaram as maiores diferenças entre as épocas, sendo diferentes também sob efeito das adubações, onde a Adubação NPK+P proporcionou o acréscimo de 26,3% no teor deste nutriente em relação a adubação NPK (Tabela 42).

TABELA 42- Valores médio das concentrações de micronutrientes na matéria seca de colmo + inflorescência de plantas de milho em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	Fe	Mn	Zn
		----- mg kg ⁻¹ -----	
1	52,88 c	55,13 b	51,00 a
2	84,00 b	66,88 b	51,50 a
3	109,13 a	83,00 a	58,75 a
4	134,25 a	62,25 b	22,76 b
Adubações			
1	84,00 b	62,56 a	44,25 a
2	106,12 a	71,06 a	47,75 a

Números seguidos pelas mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

Foram observados nos plantios mais tardios, os maiores teores de Fe e o menor de Zn, possivelmente influenciados pela menor precipitação neste período.

4.2.1.6 Acúmulo de nutrientes na cultura do milho

Na Tabela 43 (análise de variância) foi observado efeito significativo das épocas de plantio sobre o acúmulo de todos os nutrientes na biomassa total da cultura do milho, com exceção do N. As adubações só influenciaram significativamente os acúmulos de N e P, assim como, somente houve a interação épocas de plantio x adubações significativa para os acúmulos de K e Ca. Na Tabela 44 (análise de variância) foi observado efeito significativo das épocas de plantio sobre o acúmulo de N e de todos os micronutrientes nos grãos de milho. As adubações só não influenciaram significativamente os acúmulos nos grãos de Ca e Fe. Somente houve efeito significativo da interação épocas de plantio x adubações para o acúmulo de Fe.

TABELA 43- Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) dos conteúdos de nutrientes absorvidos por plantas de milho (biomassa aérea total) em função de épocas de plantio sob cobertura morta e duas adubações.

Causas de Variação (C.V.)	G.L.	Quadrado Médio							
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
Blocos	3	34,957 ^{ns}	1,827 ^{ns}	29,841 ^{ns}	3,857 ^{ns}	5,915 ^{ns}	0,0131 ^{ns}	0,0044 ^{ns}	0,0018 ^{ns}
Época (E)	3	107,532 ^{ns}	42,147 ^{**}	1098,550 ^{**}	189,739 ^{**}	70,818 ^{**}	0,0569 [*]	0,0285 ^{**}	0,0171 ^{**}
erro 1	9	101,359	3,693	62,991	5,331	7,578	0,0063	0,0048	0,0022
Adubação (A)	1	373,327 [*]	21,125 [*]	62,161 ^{ns}	6,570 ^{ns}	7,125 ^{ns}	0,0450 ^{ns}	0,0015 ^{ns}	0,0014 ^{ns}
E x A	3	93,483 ^{ns}	9,776 ^{ns}	161,830 [*]	31,474 [*]	9,021 ^{ns}	0,0068 ^{ns}	0,0059 ^{ns}	0,0013 ^{ns}
erro 2	12	41,906	3,829	31,549	8,048	6,279	0,0122	0,0025	0,0011
Média Geral		30,20	6,74	33,03	9,90	7,46	0,28	0,22	0,17
C.V. (%)		21,43	29,02	17,01	28,67	33,59	39,47	23,43	19,83

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

TABELA 44- Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) dos conteúdos de nutrientes absorvidos pela produção de grãos de milho em função de épocas de plantio sob cobertura morta e duas adubações.

Causas de Variação (C.V.)	G.L.	Quadrado Médio							
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
Bloco	3	39,456 ^{ns}	4,216 ^{ns}	5,293 ^{ns}	0,252 ^{ns}	0,871 ^{ns}	0,0027 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0006 ^{ns}
Época (E)	3	197,904 ^{**}	3,402 ^{ns}	8,755 ^{ns}	1,664 ^{ns}	1,091 ^{ns}	0,0071 [*]	0,0015 ^{**}	0,0008 [*]
erro 1	9	27,485	3,119	6,060	0,498	0,585	0,0014	0,0002	0,0003
Adubação (A)	1	378,125 ^{**}	12,127 [*]	33,620 ^{**}	2,420 ^{ns}	3,990 ^{**}	0,0124 ^{ns}	0,0011 [*]	0,0024 ^{**}
E x A	3	25,415 ^{ns}	2,518 ^{ns}	7,617 ^{ns}	0,279 ^{ns}	0,276 ^{ns}	0,0014 [*]	0,0002 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
erro 2	12	25,756	1,613	2,743	0,793	0,329	0,0015	0,0001	0,0001
Média Geral		15,20	3,76	6,63	1,54	2,03	0,76	0,39	0,59
C.V. (%)		33,39	33,73	24,98	57,94	28,31	51,78	29,88	23,44

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

A adubação NPK+P proporcionou o maior acúmulo de N pela cultura do milho, sem entretanto, haver diferença de acumulação entre os plantios. O mesmo foi observado para o P, com exceção do plantio de maio. Pode ter ocorrido neste caso o efeito de diluição dos nutrientes, por um maior volume de biomassa produzido (Malavolta, 1980; Marschner, 1995). Para este nutriente, também foi observado no plantio de janeiro o maior acúmulo (Tabela 45).

TABELA 45- Conteúdo de macronutrientes na biomassa (A) e grãos (B) da cultura de milho, em função da época de plantio sob cobertura morta e duas adubações.

Época	Acúmulo de macronutrientes (kg ha ⁻¹) /Biomassa aérea total (A)														
	N			P			K			Ca			Mg		
	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média
1	28,1	42,6	35,3 A	7,4	12,1	9,8 A	39,5 bA	54,4 aA	46,9	13,2 bA	19,1 aA	16,2	8,4	11,9	10,2 A
2	24,7	31,4	28,0 A	5,7	7,3	6,5 B	26,6 aE	25,3 aC	25,9	7,2 aB	8,1 aB	7,6	5,3	6,7	6,0 B
3	31,3	29,2	30,3 A	6,6	6,2	6,4 B	41,2 aA	35,1 aB	38,1	12,9 aA	9,1 aB	10,9	10,5	8,8	9,7 A
4	23,0	31,3	27,1 A	3,9	4,6	4,2 C	19,3 aE	22,9 aC	21,1	4,6 aB	5,1 aB	4,8	3,6	4,3	3,9 B
Média	26,8 b	33,6 a	-	5,9 b	7,6 a	-	31,6	34,4	-	9,4	10,3	-	6,9	7,9	-
CV(%)	-	-	21,43	-	-	29,02	-	-	17,01	-	-	28,67	-	-	33,59
Época	Quantidades de macronutrientes exportados (kg ha ⁻¹) /Grãos (B)														
	N			P			K			Ca			Mg		
	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média
1	10,5	18,7	14,6 B	3,7	5,6	4,6 A	6,4	9,5	7,98 A	1,60	2,20	1,90 A	2,05	2,78	2,41 A
2	8,3	17,9	13,1 B	2,6	5,0	3,8 A	4,6	8,8	6,70 A	0,83	1,85	1,34 A	1,60	2,83	2,21 A
3	10,0	11,6	10,8 B	3,3	3,1	3,2 A	5,4	5,4	5,44 A	0,93	1,05	0,99 A	1,35	1,78	1,56 A
4	18,2	26,3	22,3 A	2,9	3,8	3,4 A	5,9	6,9	6,41 A	1,70	2,15	1,93 A	1,70	2,15	1,93 A
Média	11,8 b	18,6 a	-	3,1 b	4,4 a	-	5,6 b	7,7 a	-	1,26 a	1,81 a	-	1,68 b	2,38 a	-
CV(%)	-	-	33,39	-	-	33,73	-	-	24,98	-	-	57,94	-	-	28,31

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a P < 0,05) e maiúscula na coluna (teste de Scott & Knott a P < 0,05), não diferem entre si.

Em geral a adubação NPK+P não proporcionou os maiores acúmulos de K, Ca e Mg do que a adubação com NPK, sendo que foi no plantio de janeiro que a cultura acumulou as maiores quantidades destes nutrientes.

As médias de N e P acumulados na parte aérea da cultura do milho, nas quatro épocas de plantio, foram 50% menores às observadas por Büll & Cantarella (1993) citando Arnon (1975) e as observadas por Furtini Neto et al. (1998). Entretanto, foram similares para K, Mg e Fe e superiores para Ca, Mn e Zn. Uma das razões para que fossem baixas as taxas de acumulação de N e P nas plantas, pode ser por apresentarem concentrações menores do que as consideradas ideais para a cultura (Raij et al., 1996; Malavolta et al., 1997; Reuter & Robinson, 1997; Pauletti, 1998). Sayre (1948) observou acúmulos totais de N, P e K bem superiores aos aqui observados. Porém, ao comparar os resultados apresentados na Tabela 45 com estudo pioneiros no Brasil (Andrade et al., 1975a), os acúmulos totais de N e P foram semelhantes aos observados por estes autores e os de K, Ca e Mg, foram superiores.

Thomazi et al. (1987) constataram diferenças significativas entre tratamentos e que a adubação com fósforo e potássio, contribuiu para elevar o conteúdo de N das partes aéreas de plantas de milho, no que os resultados aqui apresentados foram concordantes.

A maior produção de grãos proporcionada pelo plantio de julho, também promoveu as maiores exportações de N e Ca. No caso do N, a exportação deste plantio foi superior estatisticamente aos demais Para os demais macronutrientes as maiores exportações foram observadas no plantio de janeiro, sem entretanto, haver diferença entre as médias dos plantios.

A maior produção de biomassa total do plantio de janeiro, pode ter proporcionado a maior absorção de Fe e Zn e conseqüentemente, o maior acúmulo destes nutrientes nas plantas, neste plantio. Entretanto, a maior

produção de grãos do plantio de julho, proporcionou a exportação das maiores quantidades de Fe, Mn e Zn (Tabela 46).

TABELA 46- Conteúdo de micronutrientes na biomassa aérea total seca (A) e grãos (13% de umidade) (B) da cultura de milho em função das épocas de plantio e adubações .

Época	Acúmulo de micronutrientes (kg ha ⁻¹)/Biomassa aérea total (A)								
	Fe			Mn			Zn		
	NPK	NPK+P	Média Geral	NPK	NPK+P	Média Geral	NPK	NPK+P	Média Geral
1	0,35	0,42	0,38 A	0,20	0,27	0,23 B	0,21	0,24	0,22 A
2	0,15	0,23	0,19 B	0,19	0,18	0,18 C	0,14	0,16	0,15 C
3	0,24	0,24	0,24 B	0,32	0,27	0,29 A	1,20	0,17	0,18 B
4	0,24	0,38	0,31 A	0,13	0,18	0,16 C	0,10	0,13	0,11 D
M. geral	0,24 a	0,32 a	-	0,21 a	0,22 a	-	0,16 a	0,17 a	-
CV (%)	-	-	39,47	-	-	23,43	-	-	19,83
Época	Quantidades de micronutrientes exportados (kg ha ⁻¹)/Grãos (B)								
	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média
	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média
1	0,06	0,12	0,09 A	0,03	0,03	0,03 B	0,06	0,08	0,07 A
2	0,03	0,09	0,06 B	0,02	0,05	0,04 B	0,04	0,06	0,05 B
3	0,04	0,05	0,04 B	0,03	0,03	0,03 B	0,05	0,05	0,05 B
4	0,09	0,12	0,11 A	0,05	0,07	0,06 A	0,06	0,07	0,07 A
M. geral	0,06 b	0,10 a	-	0,03 b	0,05 a	-	0,05 b	0,07 a	-
CV (%)	-	-	51,78	-	-	29,88	-	-	23,44

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a P < 0,05) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a P < 0,05), não diferem entre si.

Ao relacionar os conteúdos de micronutrientes apresentados na Tabela 46 com os resultados de Andrade et al. (1975b), os acúmulos totais de micronutrientes foram semelhantes aos observados por estes autores.

As plantas apresentaram valores médios de acúmulo de nutrientes na seguinte ordem decrescente: K > N > Ca > Mg ≥ P > Fe ≥ Mn > Zn. Estes resultados em parte concordam com as observações de Arnon (1975) citado por Büll & Cantarella (1993), Karlen et al. (1988), Barber & Olson (1996) e Furtini Neto et al. (1998), diferindo somente nas posições de N e K. Os plantios apresentaram valores médios de nutrientes exportados na seguinte ordem decrescente: N > K > P > Mg ≥ Ca > Fe ≥ Zn ≥ Mn. Estes resultados foram

semelhantes aos observados por Arnon (1975) citado por Büll & Cantarella (1993), Barber & Olson (1996) e Yamada & Lopes (1999).

4.2.2 Estado nutricional da cultura da mandioca

4.2.2.1 Folhas

Houve efeito significativo sobre as concentrações de todos os nutrientes avaliados, com exceção do P e do K, entre as épocas de plantio. Para estes nutrientes, o teste de médias também não constatou diferenças entre as concentrações, como mostra a análise de variância (Tabela 47). A adubação só promoveu efeito sobre as concentrações de P, o que já era esperado. Não houve interação entre as fontes de variação (épocas x adubação).

TABELA 47- Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) das concentrações de macro e micronutrientes das folhas de plantas de mandioca cultivadas em função das épocas de plantio sob cobertura morta e duas adubações.

C.V.	G.L.	Quadrado Médio										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Blocos	3	0,177 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,211 ^{ns}	0,056 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,001 ^{ns}	3,837 ^{ns}	12,626 ^{ns}	12228,453 ^{ns}	3483,044 ^{ns}	21,538 ^{ns}
Época (E).	3	7,184 ^{**}	0,013 ^{ns}	0,545 ^{ns}	0,567 ^{**}	0,232 ^{**}	0,076 ^{**}	2688,132 ^{**}	52,062 ^{**}	58098,975 ^{**}	8310,871 ^{**}	375,364 [*]
Erro 1	9	0,217	0,006	0,205	0,032	0,007	0,001	8,687	4,656	7561,984	2213,237	96,190
Adubação (A)	1	0,070 ^{ns}	0,032 ^{**}	0,340 ^{ns}	0,025 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,090 ^{ns}	11,281 ^{ns}	456,775 ^{ns}	2043,203 ^{ns}	37,628 ^{ns}
E x A	3	0,137 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,115 ^{ns}	0,140 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,222 ^{ns}	0,847 ^{ns}	146,633 ^{ns}	628,434 ^{ns}	71,167 ^{ns}
Erro 2	12	0,183	0,003	0,118	0,091	0,008	0,001	4,861	3,736	15738,006	633,681	88,660
Média Geral		2,88	0,26	1,85	1,31	0,55	0,16	24,77	10,94	213,50	130,86	57,26
C.V. (%)		15,55	25,41	21,57	18,41	15,77	13,41	10,40	18,70	49,74	27,59	16,78

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

A maior diferença nas concentrações de N foi observada entre os plantios 1 e 4, com o primeiro sendo 116,8% superior ao segundo. Uma provável explicação, é que o plantio 4 (julho) foi realizado no período de menor precipitação, prejudicando a absorção de nutrientes e suas possíveis distribuições pela planta. Não houve diferença entre as épocas 1 e 3. As concentrações de N nas folhas de mandioca entre as épocas foram consideradas, em média, 87% inferiores à considerada adequada por Malavolta et al. (1997). Para as maiores concentrações, que foram obtidas pelas épocas 1 e 3, esta deficiência cai para 49%. A média de 28,8 g kg⁻¹ de N nas folhas (Tabela 48) também está abaixo da considerada adequada por Reuter & Robinson (1997), que varia entre 50 e 65 g kg⁻¹. Batista et al. (2000) também observaram concentrações de N abaixo das recomendada, em metade das variedades com que trabalharam num Latossolo Amarelo, no Pará.

TABELA 48- Valores médios das concentrações de macronutrientes na matéria seca de folhas de plantas de mandioca em função de épocas de plantio e duas adubações residuais sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	N	P	----- g kg ⁻¹ -----			
			K	Ca	Mg	S
1	37,5 a	3,1 a	21,3 a	9,8 c	6,1 b	1,1 b
2	24,9 b	2,5 a	19,8 a	14,6 a	7,6 a	1,0 b
3	35,5 a	2,2 a	15,3 a	15,8 a	4,3 c	3,1 a
4	17,3 c	2,5 a	17,6 a	12,3 b	4,0 c	1,3 b
Adubações						
1	29,3 a	2,3 b	17,4 a	12,8 a	5,6 a	1,6 a
2	28,3 a	2,9 a	19,5 a	13,4 a	5,4 a	1,7 a

Números seguidos pelas mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Entre as épocas de plantio 2, 3 e 4 não houve diferença significativa entre as concentrações de P pelo teste de médias, mas estas foram superiores às

da época 1. Foi observada diferença significativamente superior (26%) para as concentrações de P entre as Adubações 2 (maior quantidade de P aplicada na cultura do milho) e a Adubação 1, efeito residual das duas adubações praticadas. Este foi o único caso de elevação significativa das concentrações dos nutrientes, provocada pelas adubações.

As concentrações de P também se encontram abaixo (15 e 27%, em média) das mínimas concentrações consideradas adequadas para esta cultura por Malavolta et al. (1997) e Reuter & Robinson (1997). O que pode explicar estas baixas concentrações é a idade do material que foi analisado. No presente estudo, a maniva foi coletada no momento em que foi realizada a colheita de raízes.

Os teores de P nas folhas de mandioca foram superiores aos observados por Kato (1998), quando avaliou o estado nutricional de variedades manejadas sob cobertura morta, com e sem adubação.

Foram observadas diferenças significativas entre os plantios em diferentes épocas para as concentrações dos macronutrientes Ca, Mg e S (Tabela 48). Para os dois primeiros nutrientes, os valores observados foram 12, 64 e 83% superiores às concentrações médias consideradas adequadas por Malavolta et al. (1997) e estavam dentro das recomendações de Reuter & Robinson (1997), com exceção do S, que se encontra abaixo segundo estes autores. Os resultados observados para o nutriente K foram superiores aos observados por Batista et al. (2000) em dez cultivares, no Estado do Pará. No caso do S, os resultados mostraram uma concentração 41% abaixo da recomendada por estes mesmos autores, resultados concordantes com os verificados por Batista et al. (2000).

Bono et al. (2000) observaram haver diferença nos teores de nutrientes entre o pecíolo e as folhas de mandioca, com exceção do potássio. Se estes valores forem extrapolados para a rama, os teores observados no presente estudo foram semelhantes aos destes autores, onde o K e o S não apresentaram teores

diferentes entre a folha e a rama. Estes mesmos autores observaram ainda, que com exceção do Ca e do Mg, as maiores concentrações dos nutrientes é observada nas folhas, o que só não foi observado para o Ca neste estudo.

No presente estudo, o Ca e o Mg apresentaram concentrações semelhante nas três partes da planta estudada (folha, rama e raiz); nas raízes observados os menores teores para todos os nutrientes, possivelmente pelo efeito da diluição das concentrações pelo maior volume de raízes.

Não houve nenhuma época que apresentasse as maiores concentrações para a maioria dos nutrientes, mostrando assim, que não houve grande efeito das diferentes épocas de plantio e adubações residuais sobre a nutrição desta cultura, demonstrando mais uma vez, a rusticidade da cultura de mandioca.

Houve diferenças significativas entre as épocas para todos os micronutrientes avaliados (Tabela 49) com exceção do Zn. Estes resultados, no geral, foram semelhantes aos de Batista et al. (2000); entretanto, estes autores ressaltam que para os nutrientes Fe e Zn não houve diferença significativa entre concentrações nas cultivares avaliadas. No presente estudo, estes nutrientes apresentaram teores semelhantes entre as diferentes épocas de plantio. O resíduo da adubação 2 não provocou maior absorção de micronutrientes nas folhas de mandioca, não havendo diferença entre as concentrações, o que concorda com os resultados obtidos por Bono et al. (2000) para todos os nutrientes, após usarem diferentes doses de fósforo no Mato Grosso do Sul.

TABELA 49- Valores médios das concentrações de micronutrientes na matéria seca de folhas de plantas de mandioca em função de épocas de plantio e duas adubações residuais sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg kg ⁻¹ -----				
1	12,64 c	13,13 a	217,88 a	58,63 b	50,38 a
2	27,48 b	13,42 a	216,38 a	103,25 b	55,13 a
3	49,60 a	8,31 b	105,64 b	254,61 a	66,68 a
4	19,38 c	9,19 b	314,13 a	106,95 b	56,86 a
Adubações					
1	24,83 a	10,34 a	209,73 a	138,85 a	58,34 a
2	24,72 a	11,53 a	217,28 a	122,87 a	56,18 a

Números seguidos pelas mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Entre os micronutrientes o boro apresentou concentrações médias abaixo (45% menor) da concentração considerada adequada para a cultura por Malavolta et al. (1997). Os demais (Cu, Fe, Mn e Zn) apresentaram concentrações médias superiores às consideradas adequadas por estes autores.

De acordo com os teores considerados adequados por Reuter & Robinson (1997), todos os micronutrientes, com exceção do Fe, encontraram-se dentro dos limites considerados adequados para a cultura da mandioca.

4.2.2.2 Ramas

As épocas de plantio influenciaram significativamente as concentrações de todos os nutrientes estudados, com exceção do P e do S, ao contrário do que foi observado sob influência das adubações (Tabela 50). Houve efeito significativo da interação épocas de plantio x adubações, sobre as concentrações de S.

TABELA 50- Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) das concentrações de macro e micronutrientes das ramas de plantas de mandioca cultivadas em função das épocas de plantio sob cobertura morta e duas adubações.

C.V.	G.L	Quadrado Médio										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Blocos	3	0,007 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,850*	0,106 ^{ns}	0,032 ^{ns}	0,002 ^{ns}	24,469*	40,697 ^{ns}	108,418 ^{ns}	166,996 ^{ns}	2,368 ^{ns}
Época (E)	3	0,777 ^{**}	0,003 ^{ns}	13,838 ^{**}	1,698 ^{**}	0,117 ^{**}	0,002 ^{ns}	30,211 ^{**}	1218,265 ^{**}	58750,080 ^{**}	509,038 ^{**}	875,735 ^{**}
Erro 1	9	0,017	0,004	0,206	0,186	0,012	0,004	6,902	117,705	238,971	350,369	53,818
Adubação (A)	1	0,011 ^{ns}	0,024 ^{**}	0,263 ^{ns}	0,031 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,011 ^{**}	3,990 ^{ns}	15,961 ^{ns}	665,213 ^{ns}	665,212 ^{ns}	6,301 ^{ns}
E x A	3	0,054 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,498 ^{ns}	0,171 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,008 ^{**}	1,753 ^{ns}	83,940 ^{ns}	445,579 ^{ns}	168,273 ^{ns}	213,834 ^{ns}
Erro 2	12	0,024	0,002	0,319	0,075	0,005	0,001	9,322	41,255	175,240	316,289	45,414
Média Geral		0,83	0,10	1,93	1,52	0,32	0,17	16,12	19,29	146,70	56,85	30,86
C.V. (%)		17,23	57,00	26,33	23,33	28,76	25,52	17,62	45,77	9,78	32,10	22,80

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

As concentrações de nitrogênio apresentaram diferenças significativas entre as épocas. O mesmo não foi verificado para o P (Tabela 51), apesar da diferença existente entre as épocas de plantio 2 e 3. Foi também para os teores de P nas ramas que as adubações residuais apresentaram diferença entre si. Estas, entretanto, foram inferiores às observadas por Kato (1998).

TABELA 51- Valores médios das concentrações de macronutrientes na matéria seca de ramas de plantas de mandioca em função de épocas de plantio e duas adubações residuais sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	N	P	g kg ⁻¹		
			K	Ca	Mg
1	6,3 b	0,9 a	11,9 c	20,3 a	4,5 a
2	6,4 b	1,3 a	38,0 a	17,8 a	3,6 a
3	7,8 b	0,8 a	8,6 c	10,8 b	1,6 b
4	12,9 a	0,9 a	18,9 b	11,8 b	3,0 a
Adubações					
1	8,1 a	0,7 b	18,4 a	15,4 a	3,1 a
2	8,5 a	1,2 a	20,3 a	14,8 a	3,3 a

Números seguidos pelas mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Entre os nutrientes N, K, Ca e Mg, as épocas apresentaram diferenças significativas entre si, o que não ocorreu para o S. Geralmente, para estes nutrientes, as épocas 1 e 2 apresentaram as maiores concentrações. As concentrações de S foram influenciadas pelos resíduos das adubações do milho, o que provocou uma diferença significativa entre elas, sendo os teores proporcionados pela adubação residual NPK+P superior ao teor sob efeito da adubação residual com NPK. Pela análise de variância, houve efeito significativo da interação entre as épocas de plantio e as adubações praticadas somente para as concentrações do nutriente avaliado S (Tabela 52).

TABELA 52- Valores médios das concentrações de macronutrientes na matéria seca de ramas de plantas de mandioca em função de épocas de plantio e duas adubações residuais sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	Concentração de S (g kg ⁻¹)		Média Geral
	NPK	NPK+P	
1	0,13 bB	0,20 aA	0,16
2	0,13 bB	0,23 aA	0,18
3	0,21 aA	0,17 bA	0,19
4	0,14 bA	0,16 bA	0,15
Média Geral	0,15	0,19	-

Números seguidos pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott. Números seguidos pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott.

Com os resultados observados, pode-se dizer que a adubação 2, com maior dose de fósforo, atuou mais diretamente para que ocorresse este efeito significativo da interação, estimulando o maior desenvolvimento das plantas.

As adubações (residuais) não proporcionaram diferenças significativas entre as concentrações dos micronutrientes, com exceção para o Mn (Tabela 53). Geralmente houve mais incrementos nas concentrações sob a influencia da adubação 2 do que da 1, sendo de 7,8% a média destes incrementos.

TABELA 53- Valores médios das concentrações de micronutrientes na matéria seca de ramos de plantas de mandioca em função de épocas de plantio e duas adubações residuais sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg kg ⁻¹ -----				
1	11,91 c	14,00 b	206,88 a	54,75 a	22,75 b
2	14,66 b	15,75 b	213,75 a	50,13 a	27,63 b
3	22,88 a	9,96 b	29,14 c	68,41 a	26,85 b
4	11,04 c	37,44 a	137,03 b	54,10 a	46,23 a
Adubações					
1	16,48 a	18,58 a	142,14 a	61,41 a	31,31 a
2	15,77 a	20,00 a	151,26 a	52,29 a	30,42 a

Números seguidos pelas mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Nos casos das concentrações de B, Cu e Zn, sempre uma época se sobressaiu em relação às demais, que não diferiram significativamente entre si nestes casos. As épocas que apresentaram as melhores médias foram a 3, a 4, a 3 e a 4 para estes nutrientes, respectivamente. Já para o Fe, as concentrações foram semelhantes entre si nas épocas 1 e 2 e diferentes significativamente para as restantes (3 e 4).

4.2.2.3 Raízes

Na Tabela 54 com o resumo da análise de variância (quadrados médios e significância) foram observados efeitos significativos das épocas de plantio sobre as concentrações de todos os nutrientes avaliados. Também houve efeito das adubações sobre as concentrações de N, P, S e B. Não foi observado efeito significativo da interação épocas de plantio x adubações sobre as concentrações dos nutrientes estudados, com exceção do N.

TABELA 54- Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) das concentrações de macro e micronutrientes das raízes de plantas de mandioca cultivadas em função das épocas de plantio sob cobertura morta e duas adubações.

C.V.	G.L	Quadrado Médio										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Blocos	3	0,023 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,021 ^{ns}	0,021 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,001 ^{ns}	3,850 ^{ns}	5,361 ^{ns}	549,878 ^{ns}	6,306 ^{ns}	183,211 ^{ns}
Época (E)	3	0,723 ^{**}	0,001 ^{**}	0,479 ^{**}	0,996 ^{**}	0,217 ^{**}	0,016 ^{**}	116,884 ^{**}	161,485 ^{**}	4583,024 ^{**}	1790,950 ^{**}	2705,344 ^{**}
Erro 1	9	0,007	0,000	0,009	0,018	0,001	0,001	3,966	5,331	1166,754	43,452	131,340
Adubação (A)	1	0,020 [*]	0,024 ^{**}	0,001 ^{ns}	0,015 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,003 [*]	7,508 ^{**}	5,200 ^{ns}	1150,800 ^{ns}	0,300 ^{ns}	26,463 ^{ns}
E x A	3	0,028 ^{**}	0,003 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,009 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,001 ^{ns}	1,244 ^{ns}	2,400 ^{ns}	998,375 ^{ns}	39,885 ^{ns}	48,618 ^{ns}
Erro 2	12	0,004	0,002	0,008	0,011	0,000	0,001	0,740	4,745	1819,899	44,283	13,095
Média Geral		0,54	0,06	0,48	0,50	0,18	0,03	8,52	136,82	10,03	16,58	18,43
C.V. (%)		13,60	43,60	19,41	24,06	15,55	74,00	16,75	22,36	28,07	39,95	40,90

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

Foi nos plantios realizados em julho que foram observadas as maiores concentrações de N e P.

O potássio, dentre os macronutrientes, foi o que apresentou as maiores diferenças entre as concentrações das épocas. Estas foram consideradas estatisticamente diferentes entre si; a época de plantio 1 foi 4,5 vezes superior à de plantio 4.

Os resíduos das adubações do milho não influenciaram nas concentrações dos macronutrientes, não apresentando, desta forma, diferença estatística entre si. Para as concentrações de Ca, Mg e S, o comportamento entre as épocas foi semelhante. Foram observadas diferenças significativas entre elas, sendo no plantio de julho observadas as maiores concentrações destes nutrientes, as demais épocas foram consideradas inferiores, porém, iguais estatisticamente entre si (Tabela 55). Os maiores teores de N e P também foram observados no quarto plantio.

TABELA 55- Valores médios das concentrações de macronutrientes na matéria seca de raízes de plantas de mandioca em função de épocas de plantio e duas adubações residuais sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg ⁻¹ -----				
1	0,5 b	6,9 a	3,4 b	1,0 b	0,3 b
2	0,5 b	6,4 a	3,4 b	1,0 b	0,1 b
3	0,6 a	4,3 b	2,9 b	0,9 b	0,0 b
4	0,7 a	1,5 c	10,3 a	4,3 a	1,0 a
Adubações					
1	0,3 b	4,7 a	0,48 a	1,8 a	0,3 a
2	0,8 a	4,8 a	0,52 a	1,8 a	0,4 a

Números seguidos pelas mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Houve interação significativa entre as épocas de plantio e as adubações (Tabela 56) para as concentrações de N nas raízes.

TABELA 56- Valores médios das concentrações de macronutrientes na matéria seca de raízes de plantas de mandioca em função de épocas de plantio e duas adubações residuais sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	Concentração de N (g kg^{-1})		Média Geral
	NPK	NPK+P	
1	3,5 cA	3,3 bA	3,4
2	3,3 cA	3,0 bA	3,1
3	5,3 bA	5,5 bA	5,4
4	8,5 aB	10,8 aA	9,6
Média Geral	5,2	5,6	-

Números seguidos pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott. Números seguidos pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott.

Houve diferenças significativas entre as concentrações de B, em que a época 3 foi estatisticamente superior às outras. As épocas 1 e 2 foram consideradas iguais entre si e superiores à 4. Para o nutriente Cu, as concentrações nas épocas 1, 2 e 4 foram considerados estatisticamente iguais entre si e significativamente superiores à concentração da época de plantio 3 (Tabela 57).

TABELA 57- Valores médios das concentrações de micronutrientes na matéria seca de raízes de plantas de mandioca em função de épocas de plantio e duas adubações residuais sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg kg ⁻¹ -----				
1	7,44 b	13,13 a	160,63 a	7,50 c	7,75 c
2	9,69 b	13,13 a	149,75 a	6,00 c	5,00 c
3	13,01 a	3,60 b	130,91 a	14,49 b	15,83 b
4	3,93 c	10,26 a	106,00 a	38,33 a	45,14 a
Adubações					
1	9,00 a	9,63 a	142,82 a	16,48 a	17,52 a
2	8,00 a	10,43 a	130,83 a	16,68 a	19,34 a

Números seguidos pelas mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

O comportamento observado para os nutrientes Mn e Zn foram semelhantes. As concentrações observadas na época 4, para estes dois nutrientes, foram significativamente superiores e diferentes das concentrações das demais épocas. Os plantios realizados em janeiro e março para estes nutrientes, foram consideradas semelhantes e inferiores às concentrações médias dos plantios de maio e julho.

Aparentemente, estes resultados mostram que devido às maiores produção de raízes terem sido proporcionadas pelas épocas em que suas colheitas coincidiram com estação chuvosa (épocas 1 e 2), pode ter havido o efeito diluição da maioria dos nutrientes avaliados, diminuindo suas concentrações por um maior volume, tanto de raízes como de biomassa aérea. Outra observação pode ser feita com base nos resultados obtidos pela época 4. Nela, invariavelmente as concentrações se apresentam maiores do que nas demais épocas. Esse fato pode ser explicado por esta época também ter tido boa produção de raízes; entretanto, o final do seu ciclo coincidiu com o período seco,

podendo ter havido um maior fluxo de nutrientes para as raízes sem haver maior redistribuição para a parte vegetativa das plantas.

4.2.2.4 Acúmulo de nutrientes na cultura da mandioca

Na Tabela 58 (análise de variância) foi observado efeito significativo das épocas de plantios sobre os acúmulos dos nutrientes nas plantas de mandioca, com exceção para o P. As adubações proporcionaram efeito significativo sobre o conteúdo de todos os nutrientes, com exceção do N, B, Fe e Mn, nas plantas de mandioca e a interação épocas de plantio x adubações, só promoveram efeito significativo sobre os conteúdos de N, Ca, S, B e Zn. Na Tabela 59 (análise de variância) foi observado o efeito significativo das épocas de plantio sobre o conteúdo de todos os nutrientes, com exceção do P, nas raízes de mandioca (quantidades exportadas) como o que já havia sido observado na biomassa total. As adubações proporcionaram efeito significativo sobre os conteúdos dos nutrientes nas raízes das plantas de mandioca, com exceção do N e do K, comportamento semelhante ao observado para a biomassa total da cultura. Isso pode ser devido as raízes serem responsáveis pelos maiores conteúdos dos nutrientes nestas plantas. Efeito significativo da interação épocas de plantio x adubações só foram observados sobre as quantidades que seriam exportadas de N, Mg e Zn.

TABELA 58- Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) dos conteúdos de nutrientes absorvidos por plantas de mandioca (biomassa total) cultivadas em função das épocas de plantio sob cobertura morta e duas adubações.

C.V.	G.L.	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).											
													3	3	9	1	3	12	12	3	3	12	3	3
Blocos	3	499**	33**	3096**	851**	244**	62**	1924**	183804**	294485**	116116**	64214**	20838**	186**	76782**	44369**	8310**	521**	8415**	6906276*	5440972**	1095560*	1425247*	
Época (E)	3	20838**	186**	76782**	44369**	8310**	521**	8415**	6906276*	5440972**	1095560*	1425247*	20838**	186**	76782**	44369**	8310**	521**	8415**	6906276*	5440972**	1095560*	1425247*	
Erro 1	9	710	14	1270	804	130	37	1901	145191	182396	93891	49745	710	14	1270	804	130	37	1901	145191	182396	93891	49745	
Adubação (A)	1	2338**	2408**	7806*	6006**	564**	390**	15**	1188728*	640712**	11670**	78328**	2338**	2408**	7806*	6006**	564**	390**	15**	1188728*	640712**	11670**	78328**	
E x A	3	6036**	282**	2415**	2218*	55**	4323**	155832**	147803**	20405**	104872**	7952	6036**	282**	2415**	2218*	55**	4323**	155832**	147803**	20405**	104872**	7952	
Erro 2	12	786	87	1464	628	44	34	283	153955	379267	45059	7952	786	87	1464	628	44	34	283	153955	379267	45059	7952	
Média Geral		237,30	24,39	240,92	200,23	66,44	19,52	288,67	1.860,6	1.805,0	966,73	670,86	237,30	24,39	240,92	200,23	66,44	19,52	288,67	1.860,6	1.805,0	966,73	670,86	
C.V. (%)		11,82	38,29	15,88	12,52	9,99	30,28	5,84	21,09	34,12	21,96	13,29	11,82	38,29	15,88	12,52	9,99	30,28	5,84	21,09	34,12	21,96	13,29	

TABELA 59- Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) dos conteúdos de nutrientes absorvidos pelas raízes das plantas de mandioca cultivadas em função das épocas de plantio sob cobertura morta e duas adubações.

C.V.	G.L.	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).											
													3	3	9	3	3	12	3	3	12	3	3	12
Blocos	3	612**	3**	617**	642**	51**	42**	792*	156275**	2290**	1362**	5718**	612**	3**	617**	642**	51**	42**	792*	156275**	2290**	1362**	5718**	
Época (E)	3	23131**	9**	17613**	32177**	6801**	467**	16658**	6418440**	25735**	560048**	844352**	23131**	9**	17613**	32177**	6801**	467**	16658**	6418440**	25735**	560048**	844352**	
Erro 1	9	216	1	284	554	39	21	781	162244	887	10631	39247	216	1	284	554	39	21	781	162244	887	10631	39247	
Adubação (A)	1	2985**	884**	808**	2434*	222**	142*	21**	1005008*	69**	17163**	48898**	2985**	884**	808**	2434*	222**	142*	21**	1005008*	69**	17163**	48898**	
E x A	3	2153**	98**	163**	349**	53**	30**	446**	150037**	3224**	28623**	39740**	2153**	98**	163**	349**	53**	30**	446**	150037**	3224**	28623**	39740**	
Erro 2	12	100	56	253	316	5	25	182	141210	2254	10572	4407	100	56	253	316	5	25	182	141210	2254	10572	4407	
Média Geral		87,82	9,40	79,05	83,48	29,94	6,16	133,38	1.128,8	228,34	272,35	303,75	87,82	9,40	79,05	83,48	29,94	6,16	133,38	1.128,8	228,34	272,35	303,75	
C.V. (%)		11,43	79,67	20,13	21,33	7,56	82,18	10,12	21,74	20,79	37,75	21,86	11,43	79,67	20,13	21,33	7,56	82,18	10,12	21,74	20,79	37,75	21,86	

A adubação residual NPK+P geralmente proporcionou os maiores acúmulos de macronutrientes pela cultura da mandioca, com o plantio de julho proporcionando os maiores acúmulos destes nutrientes, com exceção do K, para o qual o maior acúmulo ocorreu no plantio de março. Pode ter ocorrido no caso do K, o efeito da concentração deste nutrientes, por um menor volume de biomassa produzido (Malavolta, 1980; Marschner, 1995) e para os demais nutrientes, o maior acúmulo no período de menor precipitação (Tabelas 60 e 61).

TABELA 60- Conteúdo de N, P e K na biomassa total seca (A) e raízes (35% de umidade) (B) da cultura de mandioca em função das épocas de plantio e adubações residuais sob cobertura morta.

Época	Acúmulo de macronutrientes (kg ha ⁻¹) /Biomassa total (A)								
	N			P			K		
	NPK	NPK+P	Média Geral	NPK	NPK+P	Média Geral	NPK	NPK+P	Média Geral
1	239,0aA	248,2aB	243,6	16,5 bA	36,7 aA	26,6	247,3	291,4	269,4 B
2	209,6aA	184,5aC	197,0	12,9 bA	38,8 aA	25,8	338,4	379,2	358,8 A
3	207,7aA	195,4aC	201,5	17,3 aA	17,2 aB	17,3	136,3	116,9	126,6 D
4	258,7bA	355,5aA	307,1	16,2 bA	39,6 aA	27,9	179,2	238,8	209,0 C
M. geral	228,7	245,9	-	15,7	33,1	-	225,3	256,5	-
CV (%)	-	-	11,82	-	-	38,29	-	-	15,88
Época	Quantidades de macronutrientes exportados (kg ha ⁻¹) /Raízes (B)								
	N			P			K		
	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média
1	62,5 aB	62,4 aB	62,4	4,4	14,4	9,4 A	124,9aA	129,5aA	127,2
2	51,4 aB	55,1 aB	53,2	0,1	18,4	9,2 A	102,8aA	114,9aA	108,9
3	65,1 aB	70,3 aB	67,7	7,4	8,9	8,2 A	52,7aB	54,3aB	53,5
4	133,8bA	202,2aA	168,0	4,7	16,9	10,8 A	15,7bC	37,6aB	26,7
M. geral	78,2	97,5	-	4,1 b	14,66 a	-	74,0 b	84,1 a	-
CV (%)	-	-	11,43	-	-	66,89	-	-	20,14

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a P < 0,05) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a P < 0,05), não diferem entre si.

TABELA 61- Conteúdo de Ca, Mg e S na biomassa total seca (A) e raízes (35% de umidade) (B) da cultura de mandioca em função das épocas de plantio e adubações residuais sob cobertura morta.

Época	Acúmulo de macronutrientes (kg ha ⁻¹) /Biomassa total (A)								
	Ca			Mg			S		
	NPK	NPK+P	Média Geral	NPK	NPK+P	Média Geral	NPK	NPK+P	Média Geral
1	187,8aB	190,5aB	189,2	59,8	67,1	63,5 B	9,2 bB	24,1 aB	16,6
2	188,0aB	206,9aB	197,4	61,3	70,3	65,8 B	9,1 bB	19,9 aB	14,5
3	110,8aC	122,4aC	116,6	27,7	30,0	28,8 C	17,6 aB	13,1 aB	15,3
4	289,6bA	335,9aA	297,7	100,1	115,1	107,6 A	28,2 aA	34,9 aA	31,5
M. geral	186,5	213,9	-	62,24	70,64	-	16,0	23,0	-
CV (%)	-	-	12,52	-	-	9,99	-	-	30,20

Época	Quantidades de macronutrientes exportados (kg ha ⁻¹) /Raízes (B)								
	Ca			Mg			S		
	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média
1	62,4	62,3	62,4 B	17,2 aB	19,2 aB	18,2	0,2	9,6	4,9
2	47,4	68,9	58,2 B	15,8 aB	18,4 aB	17,1	0,2	4,6	2,4
3	27,9	44,7	36,3 C	9,3 aC	12,8 aC	11,1	0,1	0,1	0,1
4	161,3	192,8	117,1 A	66,9 aA	79,9 aA	73,4	15,7	18,8	17,3
M. geral	74,8 b	92,2 a	-	27,3	32,58	-	4,1 b	8,3 a	-
CV (%)	-	-	21,33	-	-	7,56	-	-	68,60

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a P < 0,05) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a P < 0,05), não diferem entre si.

Foram sob efeito da adubação residual NPK+P e do plantio de julho, que foram exportadas as maiores quantidades dos macronutrientes, com exceção do K, sendo este nutriente exportado em maior quantidade pelo plantio de janeiro. Foram nestes plantios (janeiro e julho) que se observaram as maiores produções de raízes, explicando as maiores quantidades exportadas.

As quantidades médias de macronutrientes acumulados nas raízes da cultura da mandioca, nas quatro épocas de plantio, foram em muitos casos superiores às apresentadas por Yamada & Lopes (1999), mesmo com grande parte dos nutrientes se encontrarem em concentrações abaixo das consideradas adequadas (Malavolta et al., 1997). Pode ter ocorrido o maior desenvolvimento de plantas (parte aérea e raízes), diluindo estas concentrações (Marschner, 1995). Este fato pode ser facilmente confirmado, através das maiores produções de raízes apresentadas neste estudo (ver página 140).

Nas Tabelas 62 e 63 observou-se os maiores acúmulos de micronutrientes sob influência da adubação residual NPK+P em todas as épocas de plantio, com exceção do plantio realizado em maio, para todos os micronutrientes e do Mn também no plantio de janeiro. No plantio de maio, a adubação residual NPK foi sempre superior a adubação residual NPK+P.

TABELA 62- Conteúdo de B, Cu e Fe na biomassa total seca (A) e raízes (35% de umidade) (B) da cultura de mandioca em função das épocas de plantio e adubações residuais sob cobertura morta.

Época	Acúmulo de micronutrientes (g ha ⁻¹) /Biomassa total (A)								
	B			Cu			Fe		
	NPK	NPK+P	Média Geral	NPK	NPK+P	Média Geral	NPK	NPK+P	Média Geral
1	239,1aC	243,4aB	241,2	2284,8	2810,0	2547,4A	1877,0	2293,5	2085,3A
2	330,1bB	364,8aA	347,4	2061,5	2697,8	2379,6A	1906,5	2314,5	2110,5A
3	430,8aA	362,3bA	396,6	510,5	507,0	508,8C	653,3	528,7	591,0B
4	157,4aD	181,5aC	169,4	1814,7	2198,7	2006,7B	2217,3	2649,3	2433,3A
M. geral	289,4	287,9	-	1667,9	2053,4	-	1663,5	1946,5	-
CV (%)	-	-	5,84	-	-	21,09	-	-	34,12
Época	Quantidades de micronutrientes exportados (g ha ⁻¹) /Raízes (B)								
	B			Cu			Fe		
	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média
1	138,7	136,0	137,4 B	2185,7	2686,0	2435,9A	286,2	307,5	296,9
2	158,7	171,2	165,0 A	1937,2	2574,0	2255,3A	271,7	234,2	253,0
3	174,5	152,5	163,5 A	446,5	459,5	453,0C	198,5	162,0	180,2
4	64,7	70,5	67,6 C	1636,7	1904,5	1770,6B	162,7	203,7	183,2
M. geral	134,2 a	132,6 a	-	1551,6b	1906,0a	-	229,8 a	226,9a	-
CV (%)	-	-	10,12	-	-	11,98	-	-	20,79

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a P < 0,05) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a P < 0,05), não diferem entre si.

TABELA 63- Conteúdo de Mn e Zn na biomassa total seca (A) e raízes (35% de umidade) (B) da cultura de mandioca em função das épocas de plantio e adubações residuais sob cobertura morta.

Época	Acúmulo de micronutrientes (g ha ⁻¹) /Biomassa total (A)					
	Mn		Média Geral	Zn		Média Geral
	NPK	NPK+P		NPK	NPK+P	
1	646,0	584,8	615,4 C	428,2 aB	477,4 aB	452,8
2	719,4	813,0	766,2 C	432,6 aB	453,8 aB	443,2
3	1040,4	1009,3	1024,8 B	535,3 aB	432,8 aB	484,0
4	1384,8	1536,3	1406,5 A	1089,5 bA	1517,4 aA	1303,4
M. geral	947,6	985,8	-	621,4	720,3	-
CV (%)	-	-	21,96	-	-	13,29

Época	Quantidades de micronutrientes exportados (g ha ⁻¹) /Raízes (B)					
	Mn		Média	Zn		Média
	NPK	NPK+P		NPK	NPK+P	
1	133,7	143,7	138,7 B	120,4 aC	167,9 aB	144,4
2	94,9	110,3	102,6 B	75,1 aC	96,5 aB	85,8
3	211,1	152,5	181,8 B	218,3 aB	179,5 aB	198,9
4	557,0	775,5	666,2 A	644,8 bA	927,4 aA	786,1
M. geral	149,2 a	295,5 a	-	264,6 b	342,8 a	-
CV (%)	-	-	15,78	-	-	13,67

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a P < 0,05) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a P < 0,05), não diferem entre si.

Os maiores acúmulos de Mn e Zn, tanto na biomassa como nas raízes, ocorreram nos plantios realizados em julho. Somente houve efeito significativo da adição de P (NPK+P) no plantio de julho, com a adição de NPK+P proporcionando maiores acúmulos do que a com NPK.

As adubações residuais proporcionaram exportações de quantidades iguais estatisticamente de B e Fe, e a adubação residual NPK+P as maiores quantidades de Cu, Mn e Zn. No plantio de janeiro, onde houve a maior produção de raízes, foi observado a maior exportação de Cu e Fe. Uma possível explicação é a maior absorção destes nutrientes no período de maior precipitação, sendo também translocados para as raízes em maiores quantidades neste período. No período de menor precipitação, foi observado as maiores exportações de Mn e Zn.

As plantas de mandioca apresentaram valores médios de acúmulo de nutrientes na seguinte ordem decrescente: K ≥ N > Ca > Mg > P > S > Cu > Fe >

Mn > Zn > B. Os plantios em diferentes épocas apresentaram valores médios de nutrientes exportados na seguinte ordem decrescente: N ≥ Ca ≥ K > Mg > P > S > Cu > Zn > Mn > Fe > B. Estes resultados foram semelhantes aos observados por Yamada & Lopes (1999).

4.2.3 Estado nutricional da cultura do caupi

4.2.3.1 Planta

Na Tabela 64 observa-se pelos quadrados médios (análise de variância) o efeito significativo das épocas de plantio sobre as concentrações de N, K, S, Cu e Mn. Também foram observados efeitos significativos das adubações sobre as concentrações de todos os nutrientes avaliados, com exceção do K, S, B e Fe. Houve interação significativa entre as épocas de plantio x adubações, somente para o Zn.

TABELA 64- Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) das concentrações de macro e micronutrientes das plantas de caupi cultivadas em função das épocas de plantio sob cobertura morta e duas adubações.

C.V.	G.L	Quadrado Médio										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Blocos	3	0,327 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,336 ^{ns}	0,324 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,013 ^{ns}	34,317 ^{ns}	2,173 ^{ns}	2220,961 ^{ns}	767,749 ^{ns}	354,445 ^{ns}
Época (E)	3	1,167 ^{**}	0,006 ^{ns}	9,832*	0,363 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,028*	191,808 ^{ns}	17,428 ^{**}	5005,046 ^{ns}	525,329 ^{**}	195,781 ^{ns}
Erro 1	9	0,324	0,001	0,172	0,285	0,005	0,006	80,556	1,694	16944,769	264,175	233,634
Adubação (A)	1	0,281 ^{**}	0,020*	0,031 ^{ns}	2,258 ^{**}	0,080 ^{**}	0,007 ^{ns}	3,990 ^{ns}	34,861 ^{**}	18283,500 ^{ns}	3220,430 ^{**}	3104,720 ^{**}
E x A	3	0,387 ^{ns}	0,003 ^{ns}	1,531 ^{ns}	0,029 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,003 ^{ns}	219,664 ^{ns}	0,905 ^{ns}	2537,526 ^{ns}	1097,568 ^{ns}	1161,482 ^{**}
Erro 2	12	0,279	0,003	0,827	0,093	0,005	0,005	82,134	2,186	6915,119	210,859	141,266
Média Geral		2,11	0,15	2,96	1,57	0,39	0,35	50,74	8,75	191,34	46,90	48,97
C.V. (%)		23,70	39,20	30,70	26,80	18,28	21,53	17,77	15,88	35,60	30,90	27,74

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

Houve diferenças significativas entre as concentrações de N nas diferentes épocas. O plantio realizado em maio apresentou menor concentração do que as concentrações das demais épocas (Tabela 65). Pela faixa de concentração considerada adequada por Malavolta et al. (1997), que varia entre 18 e 22 g kg⁻¹, somente o terceiro plantio, com 16,4 g kg⁻¹, não se enquadrou nas recomendações; as demais estão dentro ou pouco acima dela.

TABELA 65- Valores médios das concentrações de macronutrientes na matéria seca de plantas de caupi em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg ⁻¹ -----					
1	24,5 a	1,3 a	28,5 b	18,5 a	4,4 a	2,8 b
2	22,5 a	1,5 a	27,9 b	13,5 a	3,8 a	4,0 a
3	16,4 b	1,5 a	29,6 b	14,8 a	3,6 a	3,1 b
4	20,0 a	1,6 a	32,5 a	15,9 a	4,0 a	4,0 a
Adubações						
1	20,1 b	1,2 b	29,9 a	13,0 b	3,4 b	3,6 a
2	22,0 a	1,7 a	29,3 a	18,3 a	4,4 a	3,3 a

Números seguidos pelas mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

Pelos limites considerados adequados propostos por Fageria et al. (1996) e Raij et al. (1996), todas as concentrações foram consideradas baixas e, ideais quando comparadas com a faixa proposta por Reuter & Robinson (1997).

A adubação 2 (com dose extra de P) proporcionou o aumento das concentrações de N na parte aérea do caupi, sendo significativamente diferente da adubação 1, concordando com observações feitas por Lima et al. (2000) em folhas de feijão. Galon et al. (1996) verificaram teores de N em *Phaseolus*, em fase de floração, inferiores aos aqui apresentados pelo *Vigna* em fase de colheita. Estes resultados chamam a atenção porque o *Phaseolus* é mais exigente nutricionalmente e porque, ser suposto por estar em maior atividade metabólica

na fase de floração e com maiores teores do que uma planta em fase de colheita. Resultados semelhantes foram observados por este autor para K, Ca, Mg, S e Zn.

Pelo teste de médias, não houve diferença entre as médias das épocas para o nutriente P. Todas as concentrações observadas estavam dentro da faixa considerada adequada por Malavolta et al. (1997) e Reuter & Robinson (1997) ideal para a cultura. Para as observações feitas por Fageria et al. (1996) e por Rajj et al. (1996), as concentrações de P foram consideradas baixas. Houve, porém, diferença significativa entre as adubações, sendo que a 2 proporcionou maiores concentrações de P, o que já era esperado.

Os limites adequados propostos por Rajj et al. (1996) para as concentrações de N e de P são muito altos para a espécie *Vigna*, podendo ser mais apropriados para o *Phaseolus*, os quais se parecem mais com os valores propostos por Malavolta et al. (1997) para esta espécie. Outra possível causa das baixas concentrações observadas, pode estar relacionada com o tipo de material analisado. No presente estudo foram analisadas plantas inteiras e não somente folhas.

As concentrações de K nos plantios de janeiro, março e maio estavam 4,4% abaixo do mínimo considerado ideal por Malavolta et al. (1997) e ideais pelas faixas propostas por Fageria et al. (1996), Rajj et al. (1996) e Reuter & Robinson (1997). Estas não foram consideradas diferentes entre si estatisticamente, mas sim quando comparadas com a concentração do plantio de julho, que foi a única a estar dentro da faixa considerada adequada para a cultura. As adubações não proporcionaram diferenças entre as concentrações.

Para o Ca, não houve diferença significativa entre as concentrações nas épocas, como observa-se na Tabela 65. Entretanto, foi observada, entre as épocas de plantio 1 e 2, uma diferença de 37%. Todas as concentrações foram consideradas muito abaixo das consideradas adequadas por Fageria et al. (1996) e por Malavolta et al. (1997) e apropriadas por Rajj et al. (1996) e Reuter &



Robinson (1997). A adubação 2 proporcionou maiores concentrações de Ca nas plantas, sendo significativamente superior à adubação 1. Estes maiores teores proporcionados pela adubação NPK+P, pode ser explicado pela existência de 15% de CaO na composição do super fosfatotriplo, que foi a fonte da dose extra de P nesta adubação.

Não houve diferença entre as concentrações de Mg nas épocas. Pelo recomendado (Malavolta et al., 1997), essas concentrações foram em média, 21% inferiores ao nível mínimo ideal, porém foram consideradas adequadas quando comparadas com os valores propostos por Fageria et al. (1996), Rajj et al. (1996) e Reuter & Robinson (1997). A adubação 2 promoveu maiores concentrações de Mg (aumento significativo) nas plantas em relação a adubação 1, podendo haver o efeito do sinergismo entre o P e o Mg.

Houve diferença significativa entre as épocas para as concentrações de S. As épocas 2 e 4 foram iguais entre si e superiores às épocas 1 e 3. Estas duas últimas não diferiram estatisticamente entre si. As concentrações de S observadas foram consideradas adequadas para a cultura do caupi (Fageria et al., 1996; Rajj et al., 1996; Malavolta et al., 1997; Reuter & Robinson, 1997), não havendo diferença entre as adubações.

As concentrações de N, P, K e S foram geralmente maiores no período menos chuvoso, quando ocorreram os cultivos de caupi das épocas 2 e 4. Estes resultados foram semelhantes aos observados por Lemos et al. (2000a) quando cultivaram feijão nos períodos seco e das chuvas em São Paulo. Na época de floração, Lima et al. (2001) observaram teores de P, Ca e Mg semelhantes aos destes estudos os últimos verificados entretanto, na época de colheita. Quando do fornecimento de 120 e 100 kg ha⁻¹ de K e N às plantas pelas adubações, o teor de K observado por estes autores foi metade do aqui observado e o de N, superior.

Geralmente as maiores concentrações de micronutrientes foram observadas na época 2, sob a influência da adubação 2, que foi considerada significativamente superior à adubação com NPK. A maioria das concentrações observadas para os micronutrientes foi considerada como sendo adequada em plantas de caupi (Fageria et al., 1996; Rajj et al., 1996; Reuter & Robinson, 1997) (Tabela 66).

TABELA 66- Valores médios das concentrações de micronutrientes na matéria seca de plantas de caupi em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	B	Cu		Fe	Mn
		----- mg kg ⁻¹ -----			
1	51,88 a	9,31 a	215,21 a	30,62 b	
2	56,80 a	10,41 a	159,00 a	60,85 a	
3	45,14 a	6,94 b	184,96 a	68,10 a	
4	49,15 a	8,34 b	206,19 a	68,15 a	
Adubações					
1	51,09 a	7,71 a	167,44 b	23,02 b	
2	50,39 a	9,79 a	215,24 a	68,10 a	

Números seguidos pelas mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

Os plantios de caupi nas épocas 2 e 4, que coincidiram com o período de menor precipitação, podem ter proporcionado as maiores concentrações de micronutrientes nas plantas neste período, principalmente o Zn. Estes resultados foram concordantes com os obtidos por Lemos et al. (2000b) em cultivos realizados nos períodos de baixa e alta precipitação pluviométrica, onde o Zn apresentou as maiores concentrações no período de menor precipitação e o Cu e o Fe, no de maior precipitação.

Não houve diferença significativa entre as concentrações de B, Fe e Zn nas épocas de plantio, apesar de os teores de B das épocas 1 e 2 serem 15,3%, em média, superiores aos das épocas 3 e 4 (Tabela 66) e o teor de Fe nas plantas da época 1 ser 26% superior ao teor médio da época 2. As concentrações de B

observadas foram, ainda, somente 30% das consideradas adequadas para a cultura do caupi (Malavolta et al., 1997; Dallaqua et al, 2000), não havendo diferença entre as adubações. A média das concentrações de B foi considerada adequada pelos valores propostos por Mariano et al. (1998), para plantas de feijão cultivados em solos de várzea de Minas Gerais.

O Cu apresentou concentrações superiores às consideradas adequadas (Malavolta et al., 1997; Fageria, 2001) para plantas de caupi. Houve diferença significativa entre as épocas; a época 2 foi 50% superior à época de plantio 3.

As concentrações de Mn apresentaram diferença significativa entre os plantios 2, 3 e 4 (estatisticamente iguais entre si) e a época de plantio 1. A média de Mn observada nas plantas de caupi foi 15% da considerada adequada por Malavolta et al. (1997) e Fageria (2001). Já as concentrações de Zn estavam dentro da faixa considerada adequada por estes mesmos autores.

Nas épocas 2 e 4 não houve diferença entre as concentrações de Zn, assim como também não houve entre as épocas 1 e 3; entretanto, as duas primeiras foram significativamente superiores às duas últimas.

A Tabela 67 mostra que o comportamento do Zn nas duas adubações em função das épocas de plantio não foi o mesmo. Com a adubação de NPK, os maiores teores de Zn foram encontrados no plantio de janeiro; já para NPK+P, os menores teores é que foram encontrados no plantio de janeiro. Nesta tabela fica evidente a influencia do período de menor precipitação, proporcionando acréscimos nos teores de nutriente na planta.

TABELA 67- Valores médios das concentrações de Zinco na matéria seca de plantas de caupi cultivadas em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	Concentração de Zn (mg kg ⁻¹)		Média Geral
	NPK	NPK+P	
1	51,0 aA	38,1 bB	44,6
2	40,0 bB	60,9 aA	50,4
3	23,0 bB	68,1 aA	45,6
4	42,5 bB	68,2 aA	55,3
Média Geral	39,1	58,8	-

Números seguidos pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott. Números seguidos pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott.

Em folhas de feijoeiro foram observadas concentrações inferiores de B, Fe, Mn e Zn, na fase de maturação dos grãos (Mota et al., 1998) às aqui observadas.

4.2.3.2 Vagem

Houve efeito significativo das épocas de plantio sobre as concentrações de todos os nutrientes nas vagens das plantas de caupi, com exceção do Mg, B e Fe, como observa-se pela análise de variância na Tabela 68. Igualmente significativo foi o efeito das adubações sobre as concentrações de todos os nutrientes, com exceção do N, S, Fe e Mn. A interação entre as épocas de plantio x adubações, só proporcionaram efeito significativo sobre as concentrações dos micronutrientes Mn e Zn.

TABELA 68- Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) das concentrações de macro e micronutrientes das vagens de caupi cultivadas em função das épocas de plantio sob cobertura morta e duas adubações.

C.V.	G.L.	Quadrado Médio										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Blocos	3	0,031 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,156 ^{ns}	0,011 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,000 ^{ns}	58,314 ^{ns}	0,471 ^{ns}	23,734 ^{ns}	36,376 ^{ns}	43,699 ^{ns}
Época (E)	3	1,186 ^{**}	0,007*	13,668 ^{**}	0,109*	0,001 ^{ns}	0,005 ^{**}	63,724 ^{ns}	3,117*	196,263 ^{ns}	1467,130 ^{**}	199,444 ^{**}
Erro 1	9	0,065	0,002	0,083	0,024	0,002	0,001	53,556	0,469	75,188	130,986	28,497
Adubação (A)	1	0,165 ^{ns}	0,001 ^{**}	0,475*	0,195 ^{**}	0,008*	0,002 ^{ns}	132,438*	4,205*	69,325 ^{ns}	152,687 ^{ns}	132,031*
E x A	3	0,106 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,145 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	25,838 ^{ns}	0,727 ^{ns}	34,074 ^{ns}	751,056 ^{**}	60,898*
Erro 2	12	0,070	0,001	0,080	0,005	0,001	0,000	26,533	0,565	28,552	55,623	20,862
Média Geral		1,62	0,11	2,95	0,74	0,41	0,09	44,79	6,88	33,37	62,60	19,12
C.V. (%)		16,07	36,55	9,71	15,29	8,67	26,12	13,92	10,45	21,00	15,09	25,90

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

Dentre os macronutrientes, as maiores concentrações de K e Mg foram observadas nesta parte da planta. O oposto foi verificado para as concentrações de N, P e S, que na vagem foram as mais baixas (Tabela 69). No caso do Ca, as concentrações foram a metade da observada nas folhas e três vezes maiores do que a encontrada nos grãos. Pelos resultados, foi observado que houve a translocação de nutrientes das partes vegetativas das plantas para as reprodutivas.

TABELA 69- Valores médios das concentrações de macronutrientes na matéria seca de vagens de plantas de caupi em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	N	P	----- g kg ⁻¹ -----			
			K	Ca	Mg	S
1	15,8 b	1,2 a	17,8 b	6,3 b	4,1 a	0,9 a
2	19,4 a	1,3 a	18,6 b	6,6 b	4,1 a	1,2 a
3	10,9 c	0,6 b	39,5 a	8,0 a	3,9 a	0,6 a
4	18,6 a	1,1 a	42,0 a	8,8 a	4,0 a	0,9 a
Adubações						
1	16,9 a	1,0 a	30,7 a	6,6 b	3,9 b	0,9 a
2	15,4 a	1,1 a	28,3 b	8,2 a	4,2 a	0,8 a

Números seguidos pelas mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

As concentrações de P nas vagens foram mais baixas do que as observadas por Kato (1998) em teste de variedades sob o mesmo manejo, em Latossolo Amarelo no Pará.

As adubações não diferiram entre si para as concentrações de N, P e S.

As adubações foram significativamente diferentes para os nutrientes K, Ca e Mg, sendo que a adubação 1 (NPK) proporcionou as maiores concentrações de K e a adubação 2 (NPK+P) as maiores de Ca e Mg. Como a fonte que forneceu a dose extra de P foi o superfosfatotriplo, que possui em sua

composição 15% de CaO, foi este o fator responsável pelo acréscimo do teor deste nutriente nas vagens.

As concentrações de S, assim como as de Mg, não diferiram estatisticamente entre si, mesmo existindo uma diferença de 50% entre as concentrações de S nas vagens das épocas de plantio iniciados em março e maio.

De modo geral, a época 4 proporcionou as maiores concentrações de micronutrientes, havendo diferenças significativas entre as épocas em todos os nutrientes, com exceção para B e Fe. O Mn foi o único micronutriente que apresentou suas maiores concentrações nesta parte da planta (Tabela 70).

TABELA 70- Valores médios das concentrações de micronutrientes na matéria seca de vagens de plantas de caupi em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	B	Cu	Fe
	----- mg kg ⁻¹ -----		
1	40,63 a	6,63 b	31,68 a
2	46,85 a	7,56 a	34,58 a
3	46,05 a	6,14 b	27,83 a
4	45,64 a	7,18 a	39,61 a
Adubações			
1	46,83 a	6,51 b	31,90 a
2	42,76 b	7,24 a	34,84 a

Números seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Houve diferença significativa entre as adubações sobre os teores de B, ou seja, a adubação 1 proporcionou maiores concentrações deste nutriente. Pela concentração considerada adequada por Dallaqua et al. (2000), as concentrações de B nas vagens estavam abaixo dos 69,0 mg kg⁻¹ de B recomendados. Na Tabela 71 é mostrado o desdobramento das concentrações, devido haver efeito significativo da interação (épocas de plantio x adubações) sobre as variáveis Mn e Zn.

TABELA 71- Valores médios das concentrações de micronutrientes na matéria seca de vagens de plantas de caupi em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	Concentração de Mn		Média Geral
	NPK	NPK+P	
1	52,2 bA	38,7 bB	45,4
2	63,4 aA	53,0 bA	58,2
3	59,5 aB	85,6 aA	72,6
4	66,7 aB	81,9 aA	74,3
Média Geral	60,4	64,8	-

Épocas de Plantio	Concentração de Zn		Média Geral
	NPK	NPK+P	
1	20,5 aA	16,6 bA	18,5
2	18,0 aA	23,4 aA	20,7
3	9,7 bB	15,6 bA	12,7
4	20,2 aA	29,1 aA	24,6
Média Geral	17,1	21,2	-

Números seguidos pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott. Números seguidos pela mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott.

Também foram observadas diferenças significantes entre as concentrações de Cu, Mn e Zn nas quatro épocas em questão. As adubações só influenciaram as concentrações de Cu e Zn. Para Fe e Mn, não foram observadas diferenças entre as adubações praticadas.

4.2.3.3 Grãos

Na Tabela 72 são mostrados os quadrados médios resultantes da análise de variância e seus respectivos graus de significância. Como observa-se, só não houve efeito significativo das épocas de plantio sobre as concentrações de N, Mg e Cu. Também não houve efeito significativo das adubações sobre as concentrações de N, K, B, Cu e Fe. A interação entre as épocas de plantio x adubações, só proporcionou efeito significativo sobre as concentrações de alguns micronutrientes (Fe, Mn e Zn).

TABELA 72- Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) das concentrações de macro e micronutrientes nos grãos de plantas de caupi cultivadas em função das épocas de plantio sob cobertura morta e duas adubações.

C.V.	G.L	Quadrado Médio										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Blocos	3	0,094 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,028*	0,003 ^{ns}	0,001 ^{ns}	3,910 ^{ns}	0,034 ^{ns}	205,099 ^{ns}	41,325 ^{ns}	25,940 ^{ns}
Época (E)	3	0,531 ^{ns}	0,014*	6,847 ^{**}	0,031*	0,006 ^{ns}	0,015 ^{**}	46,777*	0,801 ^{ns}	226,716 ^{**}	191,317*	182,704*
Erro 1	9	0,170	0,001	0,019	0,001	0,001	0,000	3,849	0,403	81,615	15,604	13,119
Adubação (A)	1	0,025 ^{ns}	0,050 ^{**}	0,001 ^{ns}	0,011*	0,015 ^{**}	0,003 ^{**}	0,551 ^{ns}	0,300 ^{ns}	98,701 ^{ns}	54,080*	87,781*
E x A	3	0,483 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,000 ^{ns}	4,359 ^{ns}	0,422 ^{ns}	164,857	79,306 ^{**}	125,295*
Erro 2	12	0,363	0,001	0,004	0,002	0,001	0,000	5,335	0,141	34,861	11,423	19,339
Média Geral		2,92	0,32	1,86	0,21	0,18	0,21	20,73	7,58	60,10	23,81	47,57
C.V. (%)		12,94	9,87	5,41	20,20	20,09	8,09	10,30	6,66	12,42	15,39	8,43

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

Nos grãos foram observadas as maiores concentrações de N e P em relação as outra partes da planta.

Não houve diferença significativa entre as concentrações de N em função das épocas. As épocas de plantio 1 e 4 (janeiro e julho) foram superiores as épocas 2 e 3 (março e maio). As adubações não promoveram diferenças entre as concentrações. Para o P, houve uma diferença significativa (32%) entre as épocas de plantio 1, 2 e 4, consideradas iguais entre si pelo teste de médias e à época 3 (Tabela 73).

TABELA 73- Valores médios das concentrações de macronutrientes na matéria seca de grãos de caupi em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg ⁻¹ -----					
1	41,1 a	3,5 a	11,0 c	1,4 b	1,9 a	2,0 a
2	37,1 a	3,4 a	10,4 c	1,9 a	2,0 a	2,4 a
3	36,9 a	2,6 b	24,4 b	2,1 a	1,4 a	1,7 a
4	41,8 a	3,4 a	28,5 a	2,9 a	1,9 a	2,7 a
Adubações						
1	38,9 a	2,8 b	18,6 a	1,9 b	1,6 b	2,1 b
2	39,5 a	3,6 a	18,5 a	2,3 a	2,0 a	2,3 a

Números seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

O valor médio das concentrações das épocas consideradas iguais (3,43 g kg⁻¹ de P) se encontra 9,7% abaixo da faixa adequada para os grãos (Reuter & Robinson, 1997), que varia entre 3,8-4,4 g kg⁻¹ de P. Estes resultados foram semelhantes aos observados por Kato (1998) em teste de variedades sob o mesmo manejo de solo.

As concentrações de P e S nos grãos foram maiores nas épocas 2 e 4, no período de menor precipitação. Estes resultados foram semelhantes aos observados por Lemos et al. (2000a) durante duas épocas de plantio em São

Paulo. Galon et al. (1996) verificaram, em grãos de *Phaseolus*, teores de macronutrientes semelhantes aos observados por este estudo.

Foi observada uma menor concentração de K nos grãos das épocas 1 e 2. Estas médias foram consideradas semelhantes entre si e significativamente diferentes e inferiores às concentrações das épocas 3 e 4. A época 4 obteve as maiores concentrações. A maior dose de P contida na adubação 2 fez com que as concentrações de P nos grãos fossem maiores; sendo assim, a adubação NPK+P significativamente superior à adubação NPK. A adubação NPK+P também influenciou significativamente as concentrações de Ca, Mg e S. Para o Ca, a composição do superfosfatotriplo (15% de CaO) pode ter proporcionado os maiores teores nesta parte das plantas.

Para o nutriente Ca, houve ainda, diferenças significativas entre as concentrações nas épocas, o que não ocorreu para as concentrações de Mg e S. As concentrações de S nos grãos foram consideradas 15,4%, em média, inferiores ao valor adequado de 2,6 g kg⁻¹ de S (Reuter & Robinson, 1997), com exceção da média observada na época 4. As adubações não influenciaram as concentrações de B, Cu (Tabela 74) e Fe e sim as de Mn e de Zn.

TABELA 74- Valores médios das concentrações de micronutrientes na matéria seca de grãos de caupi em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	B		Cu	
	----- mg kg ⁻¹ -----			
1	23,49 a		7,43 a	
2	21,75 a		7,59 a	
3	17,90 a		7,30 a	
4	19,79 a		8,03 a	
Adubações				
1	20,60 a		7,49 b	
2	20,86 a		7,68 a	

Números seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

Houve diferenças significativas entre as épocas de plantio para as concentrações de Mn e Zn. Não foi observada diferença entre as concentrações de B, Cu e Fe entre as épocas. Mota et al. (1998), praticando várias aplicações de B em feijoeiro, só observaram metade da concentração de Mn em comparação às apresentadas no presente estudo, para os grãos.

Para o Zn, foi observada, nos grãos, a maior concentração deste nutriente em relação às outras partes da planta, assim como o que ocorreu para N e P. Estas concentrações (Tabela 75), também foram consideradas adequadas, pela faixa proposta por Reuter & Robinson (1997), que varia entre 30-55 g kg⁻¹. Mota et al. (1998), apesar de observarem valores de Zn em grãos de feijão dentro desta mesma faixa, concluíram que estas concentrações foram inferiores (33,4%) às aqui observadas. Os teores dos micronutrientes, com exceção do Cu, foram semelhantes aos observados por Galon et al. (1996), em *Phaseolus*.

TABELA 75- Valores médios das concentrações de micronutrientes na matéria seca de grãos de caupi em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	Concentração de Fe		Média Geral
	NPK	NPK+P	
1	53,4 aA	53,4 bA	53,4
2	61,6 aA	56,1 bA	58,8
3	57,9 bB	73,9 aA	65,9
4	60,5 aA	64,1 bA	62,3
Média Geral	58,4	61,9	-
Épocas de Plantio	Concentração de Mn		Média Geral
	NPK	NPK+P	
1	18,2 aA	16,6 bA	17,4
2	24,9 aA	20,9 bA	22,9
3	22,2 aB	30,3 aA	26,2
4	24,8 aB	32,6 aA	28,7
Média Geral	22,5	25,1	-
Épocas de Plantio	Concentração de Zn		Média Geral
	NPK	NPK+P	
1	20,5 aA	16,6 bA	18,5
2	18,0 aA	23,4 aA	20,7
3	9,7 bB	15,6 bA	12,7
4	20,2 aB	29,1 aA	24,6
Média Geral	17,1	21,2	-

Números seguidos pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott. Números seguidos pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott.

No cultivo realizado no período menos chuvoso mais avançado (época 4), foram observadas as maiores concentrações de micronutrientes nos grãos de caupi, principalmente de Cu e Mn. O B não se pronunciou com maiores ou menores teores nos grãos de caupi, com os plantios realizados nas duas estações climáticas (maior e menor precipitação). Já para o Fe, foi observada na época de plantio 3, que coincidiu com o período de maior precipitação, a maior concentração deste nutriente sob influência da adubação NPK+P e para o Zn, as maiores concentrações foram observadas quando os plantios foram realizados na estação com menor precipitação (épocas 2 e 4). Estes resultados são concordantes com os obtidos por Lemos et al. (2000b), quando observaram as maiores concentrações de Zn e Fe período seco, enquanto o Cu foi indiferente e o Mn com as maiores concentrações no período mais chuvoso.

4.2.3.4 Acúmulo de nutrientes na cultura do caupi

Na Tabela 76 (análise de variância) foi observado o efeito significativo das épocas de plantio sobre os acúmulos de todos os nutrientes estudados. O mesmo foi observado para todos os nutrientes sobre efeito das adubações e da interação entre épocas de plantio x adubações, com exceção do Mn para esta interação. Na Tabela 77, também de análise de variância, só que com dados das quantidades dos nutrientes acumulados nos grãos e exportados, foi observado efeito significativo proporcionado pelas épocas de plantio, adubações e pela interação épocas de plantio x adubações, sobre todos os nutrientes.

TABELA 76- Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) dos conteúdos de nutrientes absorvidos por plantas de caupi (biomassa total) cultivadas em função das épocas de plantio sob cobertura morta e duas adubações.

C.V.	G.L	Quadrado Médio										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Blocos	3	15,9 ^{ns}	0,3 ^{ns}	3,5 ^{ns}	16,3 ^{ns}	1,0 ^{ns}	0,3 ^{ns}	28,5 ^{ns}	1,3 ^{ns}	5858 ^{ns}	784 ^{ns}	412 ^{ns}
Época (E)	3	4821,3 ^{**}	30,7 ^{**}	6533,3 ^{**}	189,5 ^{**}	20,4 ^{**}	4,8 ^{**}	2612,7 ^{**}	243,9 ^{**}	42159 ^{**}	5990*	13907 ^{**}
Erro 1	9	143,4	0,4	43,6	14,5	0,4	0,5	54,7	1,6	10960	2595	312
Adubação (A)	1	16020,5*	194,5 ^{**}	6856,2 ^{**}	1159,2 ^{**}	148,3 ^{**}	46,8 ^{**}	9947,5 ^{**}	1140,0 ^{**}	90174 ^{**}	28662 ^{**}	47779 ^{**}
E x A	3	2689,3 ^{**}	30,2 ^{**}	2075,6 ^{**}	93,6 ^{**}	16,0 ^{**}	7,4 ^{**}	1410,1 ^{**}	210,7 ^{**}	30273*	3119 ^{ns}	16427 ^{**}
Erro 2	12	39,6	0,5	34,9	5,8	0,6	0,3	56,8	1,9	6606	1225	328
Média Geral		73,60	6,02	47,81	14,09	5,44	5,26	64,27	17,60	219,95	98,05	105,95
C.V. (%)		8,55	11,91	12,37	15,63	13,90	10,93	11,63	7,80	36,95	35,70	17,10

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

TABELA 77- Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) dos conteúdos de nutrientes absorvidos pelos grãos das plantas de caupi cultivadas em função das épocas de plantio sob cobertura morta e duas adubações.

C.V.	G.L	Quadrado Médio										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Blocos	3	17,7 ^{ns}	0,1 ^{ns}	1,9 ^{ns}	5,8 ^{**}	0,8 ^{ns}	0,1 ^{ns}	16,5 ^{ns}	0,0 ^{ns}	999,1 ^{ns}	125,9 ^{ns}	214,1 ^{ns}
Época (E)	3	3967,6 ^{**}	21,8 ^{**}	3763,7 ^{**}	17,9 ^{**}	6,0 ^{**}	3,7 ^{**}	1034,2 ^{**}	182,1 ^{**}	9277,1*	1378,4 ^{**}	10310,2 ^{**}
Erro 1	9	101,4	0,2	1,4	0,2	0,5	0,1	25,6	0,5	1750,6	315,1	127,3
Adubação (A)	1	10142,4 ^{**}	129,2 ^{**}	3083,1 ^{**}	44,6 ^{**}	38,7 ^{**}	17,1 ^{**}	2775,1 ^{**}	433,6 ^{**}	19676,3 ^{**}	3186,0 ^{**}	18779,2 ^{**}
E x A	3	2355,5 ^{**}	25,4 ^{**}	1689,5 ^{**}	11,4 ^{**}	8,9 ^{**}	5,1 ^{**}	762,8 ^{**}	147,0 ^{**}	6531,9*	1001,6*	9676,4 ^{**}
Erro 2	12	33,1	0,3	1,0	0,7	0,5	0,0	11,8	0,2	1855,3	229,9	183,8
Média Geral		59,46	4,96	29,26	3,14	2,75	3,12	31,52	11,68	87,34	33,52	72,75
C.V. (%)		9,69	11,92	3,46	28,18	27,10	7,17	10,93	4,09	49,31	45,13	18,64

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

A adubação com a dose extra de P, proporcionou os maiores acúmulos de todos os macronutrientes, na biomassa total da cultura do caupi. Como nos plantios iniciados em maio foi observado a maior produção de grãos, foi também nesta época que se observou o maior acúmulo de N, P, K e S, sendo esta época estatisticamente superiores as demais. Os maiores acúmulos de Ca e Mg foram observados nas épocas que tiveram seus plantios iniciados em janeiro (Tabelas 78 e 79).

TABELA 78- Conteúdo de N, P e K na biomassa aérea total seca (A) e grãos (13% de umidade) (B) da cultura de caupi em função das épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Época	Acúmulo de macronutrientes (kg ha ⁻¹) /Biomassa aérea total (A)								
	N			P			K		
	NPK	NPK+P	Média Geral	NPK	NPK+P	Média Geral	NPK	NPK+P	Média Geral
1	59,9 bA	116,0aB	87,9	4,5 bA	10,5 aB	7,5	23,8 bC	40,8 aC	32,3
2	45,2 bB	69,0aC	57,1	3,7 bA	6,1 aC	4,9	19,5 bC	30,3 aD	24,9
3	55,0 bA	145,8aA	100,4	2,9 bB	12,8 aA	7,8	50,1 bA	127,5aA	88,8
4	44,8 aB	52,9aD	48,9	3,1 bB	4,5 aD	3,8	39,3 bB	51,1 aB	45,2
M. geral	51,2	95,9	-	3,6	8,5	-	33,2	62,4	-
CV (%)	-	-	8,55	-	-	11,91	-	-	12,37
Época	Quantidades de macronutrientes exportados (kg ha ⁻¹) /Grãos (B)								
	N			P			K		
	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média
1	46,6 bA	83,2 aB	64,9	3,5 bA	7,8 aB	5,6	13,1 bC	21,1 aC	17,1
2	36,7 bB	53,5 aC	45,1	3,3 bA	4,9 aC	4,1	11,5 bD	13,6 aD	12,5
3	46,8 bA	130,2aA	88,5	2,4 bB	11,4 aA	6,9	29,0 bA	92,1 aA	60,5
4	36,4 aB	42,1 aD	39,3	2,6 bB	3,8 aD	3,2	24,2 bB	29,5 aB	26,9
M. geral	41,7	77,3	-	2,9	7,0	-	19,4	39,1	-
CV (%)	-	-	9,69	-	-	11,92	-	-	3,46

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a P < 0,05) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a P < 0,05), não diferem entre si.

TABELA 79- Conteúdo de Ca, Mg e S na biomassa aérea total seca (A) e grãos (13% de umidade) (B) da cultura de caupi em função das épocas de plantio e duas adubação sob cobertura morta.

Época	Acúmulo de macronutrientes (kg ha ⁻¹) /Biomassa aérea total (A)								
	Ca		Média Geral	Mg		Média Geral	S		Média Geral
	NPK	NPK+P		NPK	NPK+P		NPK	NPK+P	
1	10,8 bA	27,6 aA	19,2	4,3 bA	9,5 aA	6,9	4,0 bA	7,2 aB	5,6
2	6,1 bA	13,2 aB	9,6	3,3 bB	5,5 aB	4,4	4,5 aA	5,3 aC	4,9
3	7,8 bA	26,8 aA	17,3	2,7 bB	10,6 aA	6,7	3,8 bA	8,6 aA	6,2
4	7,6 bA	12,9 aB	10,2	2,8 bB	4,7 aB	3,7	4,0 aA	4,8 aC	4,4
M. geral	8,1	20,1	-	3,3	7,6	-	4,1	6,5	-
CV (%)	-	-	15,63	-	-	13,9	-	-	10,40

Época	Quantidades de macronutrientes exportados (kg ha ⁻¹) /Grãos (B)								
	NPK		Média	NPK		Média	NPK		Média
	NPK	NPK+P		NPK	NPK+P		NPK	NPK+P	
1	1,5 bA	2,9 aB	2,2	2,0 bA	3,9 aB	3,0	2,3 bB	3,9 aB	3,1
2	1,6 aA	2,9 aB	2,3	1,9 aA	2,9 aC	2,4	2,7 aA	3,0 aC	2,8
3	2,4 bA	8,3 aA	5,4	1,2 bA	6,5 aA	3,8	2,2 bB	5,9 aA	4,1
4	2,3 aA	3,1 aB	2,7	1,5 aA	2,1 aC	1,8	2,4 aB	2,6 aD	2,5
M. geral	2,0	4,3	-	1,7	3,9	-	2,4	3,9	-
CV (%)	-	-	28,18	-	-	27,10	-	-	7,50

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a P < 0,05) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a P < 0,05), não diferem entre si.

As médias de macronutrientes acumulados na parte aérea da cultura de caupi, nas quatro épocas de plantio, foram geralmente inferiores às observadas por Fageria et al. (1996) para a produção de uma tonelada de grãos. Entretanto, as recomendações destes autores foram feitas em relação ao *Phaseolus*, na época de floração. O mesmo pode ter ocorrido para os micronutrientes. No presente trabalho, os plantios foram feitos com *Vigna* e as análises realizadas com plantas no período de colheita, podendo assim, grandes quantidades dos nutrientes já terem migrado para os grãos (Malavolta, 1980; Marschner, 1995).

Outro fato a ser considerado é que, pelas recomendações nutricionais feitas por Raij et al. (1996), Malavolta et al. (1997) e Reuter & Robinson (1997), as concentrações da maior parte dos nutrientes foram satisfatórias, mesmo sabendo que estas recomendações foram feitas para a espécie *Phaseolus*, que é mais exigente em nutrientes.

Botelho (1986) verificou o aumento do acúmulo de P em *Phaseolus* à medida que se elevaram os níveis do fertilizante fornecido. A adição de fertilizantes fosfatados proporcionou o aumento do teor de P disponível no solo. Assim, uma concentração maior do nutriente na solução do solo propicia, às plantas, maiores condições de alcançá-lo, aumentando, conseqüentemente, a sua absorção. Estas observações são comprovadas com os resultados aqui obtidos. Calvache & Reichardt (1996) observaram maior acúmulo em feijão (cv. Imbabello) (148 e 135 kg ha⁻¹) quando praticaram adubações com 20 e 80 kg de N ha⁻¹, respectivamente.

Já os valores médios de acúmulo e exportação de macro e micronutrientes obtidos por Cobra Neto et al. (1971), Junqueira (em comunicação pessoal) e Oliveira & Thung (1988) e apresentados por Pauletti (1998) foram semelhantes aos aqui apresentados.

Todos os macronutrientes foram exportados em maiores quantidades, sob influência da adubação 2. Foi na época de plantio iniciada em maio, onde houve a maior produção de grãos, que se observou as maiores quantidades de todos os macronutrientes.

Da mesma forma que os macronutrientes, os micronutrientes se comportaram em relação aos conteúdos na biomassa total (Tabelas 80 e 81). A adubação NPK+P e o plantio de maio proporcionaram os maiores acúmulos e exportações de todos os micronutrientes estudados, sendo estatisticamente superiores à adubação NPK e as demais épocas de plantio.

TABELA 80- Conteúdo de B, Cu e Fe na biomassa aérea seca (A) e grãos (13% de umidade) (B) da cultura de caupi em função das épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Acúmulo de micronutrientes (g ha ⁻¹) /Biomassa aérea total (A)									
Época	B		Média	Cu		Média	Fe		Média
	NPK	NPK+P	Geral	NPK	NPK+P	Geral	NPK	NPK+P	Geral
1	63,3 bA	96,3 aB	79,7	13,4 bA	26,9 aB	20,2	183,8bA	367,2aA	275,5
2	45,4 bB	67,6 aC	56,5	12,1 bA	17,3 aC	14,7	131,2aA	178,2aB	154,7
3	41,9 bB	115,0aA	78,4	11,1 bB	36,9 aA	24,0	131,8bA	447,5aA	289,7
4	36,1 bB	48,6 aD	42,4	10,0 bB	13,2 aD	11,6	124,7bA	195,3aB	160,0
M. geral	46,6	81,9	-	11,6	23,6	-	142,9	297,0	-
CV (%)	-	-	11,63	-	-	7,80	-	-	36,95
Quantidades de micronutrientes exportados (g ha ⁻¹) /Grãos (B)									
Época	B		Média	Cu		Média	Fe		Média
	NPK	NPK+P	Geral	NPK	NPK+P	Geral	NPK	NPK+P	Geral
1	28,3 bA	44,6 aB	36,5	8,8 bA	14,4 aB	11,6	62,2 aA	105,1aB	83,6
2	22,7 bB	30,0 aC	26,3	8,0 bA	10,4 aC	9,2	67,0 aA	74,1aB	70,6
3	21,2 bB	68,1 aA	44,6	8,4 bA	28,4 aA	18,4	70,0 bA	202,3aA	136,1
4	16,7 aB	20,7 aD	18,7	6,8 bB	8,3 aD	7,6	51,0 aA	67,1aB	59,0
M. geral	22,2	40,8	-	8,0	15,4	-	62,6	112,1	-
CV (%)	-	-	10,92	-	-	4,09	-	-	49,31

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a P < 0,05) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a P < 0,05), não diferem entre si.

TABELA 81- Conteúdo de Mn e Zn na biomassa aérea seca (A) e grãos (13% de umidade) (B) da cultura de caupi em função das épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Acúmulo de micronutrientes (g ha ⁻¹) /Biomassa aérea (A)						
Época	Mn		Média	Zn		Média
	NPK	NPK+P	Geral	NPK	NPK+P	Geral
1	87,6	143,3	115,4 A	83,5 bA	113,6 aB	98,6
2	57,0	74,3	65,7 B	64,9 bA	93,8 aB	79,3
3	68,,9	181,8	125,4 A	60,4 bA	273,5 aA	166,9
4	59,0	112,5	85,7 B	60,5 bA	97,8 aB	78,9
M. geral	68,1	128,0	-	67,3	114,6	-
CV (%)	-	-	35,7	-	-	17,10
Quantidades de micronutrientes exportados (g ha ⁻¹) /Grãos (B)						
Época	B		Média	Zn		Média
	NPK	NPK+P	Geral	NPK	NPK+P	Geral
1	21,2 aA	32,7 aB	26,9	53,6 aA	68,9 aB	61,2
2	25,2 aA	27,6 aB	26,4	47,5 aA	56,7 aB	52,1
3	26,8 bA	79,6 aA	53,2	49,9 bA	202,5 aA	126,2
4	20,9 aA	34,1 aB	27,4	43,2 aA	59,7 aB	51,5
M. geral	23,5	43,5	-	48,5	97,0	-
CV (%)	-	-	45,13	-	-	11,24

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a P < 0,05) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a P < 0,05), não diferem entre si.

As plantas apresentaram valores médios de acúmulo de nutrientes na seguinte ordem decrescente: $N > K > Ca > P \geq S \geq Mg > Fe > Zn \geq Mn \geq B > Cu$. Os plantios apresentaram valores médios de nutrientes exportados na seguinte ordem decrescente: $N > K > P > S \geq Ca \geq Mg > Fe > Zn > Mn > Cu > B$.

4.2.4. Estado nutricional da cultura do arroz

4.2.4.1 Planta

Na Tabela 82 são mostrados os quadrados médios resultantes da análise de variância e seus respectivos graus de significância. Como pode ser observado, houve efeito significativo das épocas de plantio sobre as concentrações de todos os nutrientes (variáveis) avaliados. Também houve efeito significativo das adubações sobre as concentrações de Cu e Zn. A interação destas causas de variação (épocas de plantio e adubações) só proporcionou efeito significativo sobre as concentrações de Cu.

TABELA 82- Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) das concentrações de macro e micronutrientes em plantas de arroz cultivadas em diferentes épocas sob cobertura morta e duas adubações.

C.V.	G.L	Quadrado Médio										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Blocos	3	0,332 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,054 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,001 ^{ns}	8,017 ^{ns}	3,933 ^{ns}	1772,962*	62873,929 ^{ns}	149,833 ^{ns}
Época (E)	3	1,138*	0,098**	3,804**	0,028**	0,007*	0,455**	385,861**	105,763*	1956,493*	1067832,195*	5361,083**
Erro 1	9	0,241	0,002	0,044	0,004	0,002	0,002	11,580	19,670	522,990	59194,313	126,917
Adubação (A)	1	0,428 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,113 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,003 ^{ns}	2,311 ^{ns}	128,400*	150,945 ^{ns}	4135,951 ^{ns}	1326,125*
E x A	3	0,078 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,013 ^{ns}	0,014 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,006 ^{ns}	3,105 ^{ns}	81,664*	66,871 ^{ns}	11711,825 ^{ns}	949,708 ^{ns}
Erro 2	12	0,230	0,003	0,060	0,003	0,001	0,003	2,864	14,892	954,050	13412,160	379,312
Média Geral		1,09	0,15	1,03	0,44	0,19	0,27	11,13	9,87	140,35	346,59	47,50
C.V. (%)		44,52	32,55	22,17	12,82	19,94	17,76	22,88	42,03	19,15	51,50	32,36

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

Foram observadas diferenças significativas entre as concentrações de N nas épocas. As épocas mais tardias (março de 1999 e o de novembro de 2000) foram as que apresentaram as maiores concentrações, sendo a época 4 (novembro) superior à 2 (março) em 51% (Tabela 83). Uma possível explicação para este aumento na concentração de N observado na época 4 pode ser o favorecimento que a cultura do caupi pode ter proporcionado a este plantio com a introdução, no sistema, de uma dose extra de N por ter sido cultivado antes do arroz, proporcionando também o maior desenvolvimento diluindo as concentrações. Este fato, entretanto, não explica a baixa concentração observada na época 3, que também poderia ser beneficiada por este mesmo motivo e não o foi. Os teores dos plantios 1, 2 e 3 foram considerados semelhantes entre si e inferiores, estatisticamente, ao teor médio observado em plantas do plantio 4.

TABELA 83- Valores médios das concentrações de macronutrientes na matéria seca de plantas de arroz em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg ⁻¹ -----					
1	8,9 b	1,0 b	16,8 a	3,6 b	2,1 a	1,3 b
2	10,8 b	1,0 b	15,4 a	5,0 a	2,1 a	1,7 b
3	7,8 b	0,8 b	6,5 b	4,6 a	2,0 a	6,3 a
4	16,3 a	3,1 a	2,5 c	4,3 b	1,5 b	1,5 b
Adubações						
1	9,6 a	1,4 a	9,7 a	4,3 a	1,9 a	2,8 a
2	12,1 a	1,6 a	10,9 a	4,5 a	1,9 a	2,6 a

Números seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

As concentrações de N observadas foram somente 25% da considerada adequada (Malavolta et al., 1997), mas não houve sintomas visíveis de sua deficiência no campo. Resultados semelhantes foram observados por Bezerra Neto et al. (2000) em solos salinos. Para as faixas consideradas adequadas por

Reuter & Robinson (1997), Fageria et al. (1995) e Pauletti (1998), estas também se encontravam abaixo, porém somente 30 e 50%, respectivamente.

Não houve diferenças entre as adubações praticadas e nem houve efeito da interação entre as épocas de plantio e as adubações não só para o N, mas também para os demais macronutrientes.

A época 4 apresentou, para o P, assim como para o N, a maior média de concentração deste nutriente nas plantas de arroz, na época da colheita. Este foi, em média, mais de três vezes superior às demais concentrações. As épocas de plantio 1, 2 e 3 não diferiram entre si pelo teste de médias. As concentrações foram consideradas abaixo da concentração adequada (Malavolta et al., 1997) em alguns casos e dentro dos limites mínimos considerados adequados em outros (Fageria et al., 1984; Fageria et al., 1995; Reuter & Robinson, 1997). As concentrações de P nas plantas, na época da colheita, foram semelhantes às observadas por Galrão et al. (1978) em Latossolo Vermelho do Distrito Federal e por Bastos (1999) em solos de várzea de Minas Gerais.

Para o K, as maiores concentrações foram observadas nas épocas que tiveram os plantios de arroz no campo, realizados no início do ano agrícola de 1999 (estação com maior precipitação), épocas 1 e 2, sendo consideradas também semelhantes entre si e significativamente superiores às épocas 3 e 4. Como neste tempo a cobertura morta já havia se decomposto quase que por completo (observações de campo), pode ter sido responsável, em parte, pelo maior fornecimento deste nutriente para a cultura nestas épocas.

As concentrações de K observadas na Tabela 83 estavam abaixo das recomendadas como adequadas por Malavolta et al. (1997) e Pauletti (1998), mas se enquadraram à faixa recomendada por Reuter & Robinson (1997). Nos tratamentos 1 e 2, as concentrações de K foram consideradas adequadas pela faixa proposta por Fageria et al. (1995).

As diferenças apresentadas pelas concentrações de Ca e Mg foram bem menores, mas igualmente diferentes entre si pelo teste de médias. A menor variação ocorreu entre as concentrações de Mg. As épocas 1, 2 e 3 não diferiram entre si e foram significativamente superiores à concentração da época 4. Comportamento semelhante tiveram as concentrações de S, onde somente a da época 3 tenha sido significativamente diferente e superior às demais. As concentrações de Ca, Mg e S para plantas de arroz em seu estágio final de desenvolvimento, foram consideradas adequadas (Fageria et al., 1984; Fageria et al., 1995; Reuter & Robinson, 1997; Malavolta et al., 1997; Pauletti, 1998). Resultados superiores para as concentrações de Ca e semelhantes para as de Mg foram observados por Bezerra Neto et al. (2000). Já Galvão et al. (1978) observaram concentrações maiores de Ca e Mg no tecido da planta quando estudavam o efeito da omissão de micronutrientes num Latossolo Vermelho do Distrito Federal.

Silva et al. (1998) observaram concentrações semelhantes de N e Ca em plantas jovens, cultivadas em solo de várzeas de Roraima sob o efeito de todos os tratamentos com omissão individual de nutrientes. Estes mesmos autores relataram valores mais elevados para as concentrações de P, K e Mg.

Geralmente, as maiores concentrações de micronutrientes foram observadas nas épocas de plantio 1 e 2. Os plantios destas épocas foram realizados no início de 1999 e estes resultados foram semelhantes a alguns obtidos para macronutrientes. A causa pode ser a mesma, ou seja, a maior liberação de nutrientes pela decomposição e mineralização da cobertura morta, pois é a matéria orgânica a maior fornecedora de micronutrientes para o solo (Malavolta, 1980).

Foram significativamente superiores as diferenças observadas entre as concentrações de B das épocas 1 e 2 e as das épocas 3 e 4. Assim também o

foram para o nutriente Fe entre as épocas 1 e 4 e as 2 e 3, e para as concentrações de Mn entre as épocas 1 e 2 e as épocas 3 e 4.

As adubações só influenciaram significativamente as concentrações de Cu e Zn, sendo observadas as maiores concentrações sob as adubações 2 e 1, para os dois nutrientes, respectivamente. Só foi observado efeito significativo da interação entre épocas de plantio e adubação sobre as concentrações de Cu. As épocas de plantio influenciaram significativamente as concentrações de Zn, sendo maiores nas épocas 1 e 2, o que também ocorreu com o B (Tabela 84).

TABELA 84- Valores médios das concentrações de micronutrientes na matéria seca de plantas de arroz em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	B	----- mg kg ⁻¹ -----		
		Fe	Mn	Zn
1	15,40 a	151,06 a	722,50 a	82,38 a
2	18,48 a	124,08 b	597,20 a	51,75 b
3	6,93 b	130,11 b	33,61 b	25,63 c
4	3,73 b	156,14 a	33,08 b	30,25 c
Adubações				
1	11,40 a	138,18 a	357,23 a	53,94 a
2	10,86 a	142,52 a	335,96 a	41,06 b

Números seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

As concentrações de boro foram consideradas adequadas pela faixa proposta por Reuter & Robinson (1997) e baixas quando comparadas às faixas propostas por Fageria et al. (1995), Malavolta et al. (1997) e Pauletti (1998). As concentrações de Cu foram consideradas adequadas quando comparadas a faixa de Fageria et al. (1995) e baixas pela recomendação de Malavolta et al. (1997). As concentrações de Fe e de Zn foram consideradas adequadas (Fageria et al., 1995; Malavolta et al., 1997; Reuter & Robinson, 1997; Pauletti, 1998).

Como foi observado na Tabela 82 (análise de variância) o efeito significativo da interação (épocas de plantio x adubações) sobre a variável Cu, houve a necessidade de desdobrar seus resultados, que são apresentados na Tabela 85.

TABELA 85- Valores médios das concentrações de cobre na matéria seca de plantas de arroz em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	Concentração Cu (mg kg ⁻¹)		Média Geral
	NPK	NPK+P	
1	6,9 bB	20,3 aA	13,6
2	11,0 aA	13,4 bA	12,2
3	8,4 aA	7,7 bA	8,1
4	5,2 bA	6,2 bA	5,7
Média Geral	7,9	11,9	-

Números seguidos pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott. Números seguidos pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott.

No caso específico do Mn, houve dois comportamentos distintos para as concentrações observadas. Um para as das épocas 1 e 2 e outro completamente diferente para as das épocas 3 e 4. As concentrações das épocas 1 e 2 foram consideradas adequadas (Reuter & Robinson, 1997; Pauletti, 1998) para plantas de arroz no estágio final da cultura, ou seja, já no período da colheita. Para as concentrações observadas nas épocas 3 e 4, apesar de se tratarem de plantas também no estágio final da cultura, foram consideradas concentrações de plantas jovens, em estágio de início de floração ou até antes (Fageria et al., 1995; Malavolta et al., 1997; Reuter & Robinson, 1997). Este fato pode, em alguns casos, ser explicado pela grande amplitude das faixas propostas pelos autores.

Estudando a nutrição de variedades de arroz em diferentes solos de várzea, Bastos (1999) observou resultados semelhantes para as concentrações de Cu, inferiores para B e superiores para as concentrações de Fe, Mn e Zn. O

efeito da maior concentração de matéria orgânica nos solos de várzea pode ser a resposta para as maiores diferenças, principalmente nos casos das concentrações de Fe e Mn entre estes estudos.

Galvão et al. (1978) observaram valores mais baixos nas concentrações de Cu, Mn e Zn nas plantas, ao fornecer e ao omitir individualmente estes nutrientes, do que as concentrações aqui observadas.

4.2.4.2 Grãos

Na Tabela 86 (análise de variância) observa-se que houve efeito significativo das épocas de plantio sobre as concentrações de todos os nutrientes avaliados, com exceção para P, Mn e Zn. Também houve efeito significativo das adubações sobre as concentrações de P, K, Ca e Zn. A interação das épocas de plantio x adubações, só proporcionaram efeito significativo sobre as concentrações de K.

TABELA 86- Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) das concentrações de macro e micronutrientes nos grãos de arroz cultivados em diferentes épocas sob cobertura morta e duas adubações.

C.V.	G.L	Quadrado Médio										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Blocos	3	0,126 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,050 ^{ns}	0,051 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,021 ^{ns}	1,462 ^{ns}	8,087 ^{ns}	286,538 ^{ns}	1833,472 ^{ns}	19,963 ^{ns}
Época (E)	3	12,623 ^{**}	0,006 ^{ns}	6,792 ^{**}	2,995 ^{**}	0,050 ^{**}	0,094 ^{**}	2168,512 ^{**}	920,305 ^{**}	8249,924 [*]	1120,842 ^{ns}	151,184 ^{ns}
Erro 1	9	0,074	0,007	0,038	0,093	0,001	0,022	14,811	11,580	1275,309	1228,188	62,677
Adubação (A)	1	0,008 ^{ns}	0,015 [*]	0,113 [*]	0,053 [*]	0,001 ^{ns}	0,023 ^{ns}	0,031 ^{ns}	2,531 ^{ns}	1124,565 ^{ns}	1035,125 ^{ns}	119,351 ^{**}
E x A	3	0,015 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,085 ^{**}	0,018 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,016 ^{ns}	3,547 ^{ns}	3,175 ^{ns}	476,292 ^{ns}	1979,731 ^{ns}	18,632 ^{ns}
Erro 2	12	0,069	0,004	0,013	0,007	0,001	0,020	3,032	9,609	666,475	2223,455	3,882
Média Geral		1,95	0,25	0,87	0,62	0,14	0,22	19,56	12,74	71,92	91,51	29,12
C.V. (%)		13,76	28,15	17,82	31,48	22,29	65,22	14,29	25,51	42,78	44,92	13,59

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

Ao contrário do que foi verificado com as plantas, em que as maiores concentrações dos nutrientes foram observadas nos plantios do início de 1999 (épocas 1 e 2), as maiores concentrações dos macronutrientes nos grãos ocorreram nos plantios realizados no final de 1999 e início de 2000 (épocas 3 e 4).

Houve diferença significativa entre as concentrações de N em função das épocas. A época 3 foi estatisticamente superior às demais, que foram consideradas semelhantes entre si. As adubações não diferiram entre si.

Não houve diferença entre as concentrações de P nas diferentes épocas. Houve, sim, diferença significativa provocada pelas adubações, ou seja, a adubação 2 proporcionou maiores concentrações de P nos grãos de arroz. Nos grãos que também se observaram as maiores concentrações de N, P e Ca em comparação com a planta.

Foram observadas diferenças significativas entre as concentrações de K nas épocas de plantio. As épocas de plantio 1 e 2 foram consideradas semelhantes entre si, porém inferiores às épocas 3 e 4. Segundo avaliações feitas por Reuter & Robinson (1997), as concentrações de K observadas em grãos de arroz nas quatro épocas de plantio se encontraram bem abaixo das concentrações de K consideradas deficientes ou críticas ($4,0 \text{ g kg}^{-1}$), como pode ser observado na Tabela 87. Porém, não foram observados sintomas de deficiência nas plantas no campo, em nenhuma das épocas de plantio, podendo, sim, ter havido “fome oculta” (Marschner, 1995). Em comparação com as determinações de Malavolta et al. (1997) para plantas sadias, houve deficiência deste nutriente na fase final da cultura, possivelmente impedindo um maior deslocamento para os grãos.

TABELA 87- Valores médios das concentrações de macronutrientes na matéria seca de grãos de arroz em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	N	P	Concentração (g kg ⁻¹)		
			Ca	Mg	S
1	12,4 b	2,9 a	1,0 c	0,6 b	0,8 b
2	14,6 b	2,5 a	1,3 c	0,7 b	2,0 a
3	38,3 a	2,4 a	3,4 b	2,6 a	2,9 a
4	12,6 b	2,3 a	9,3 a	1,0 b	3,2 a
Adubações					
1	19,3 a	2,3 b	5,8 b	1,5 a	2,5 a
2	19,6 a	2,7 a	6,6 a	1,4 a	1,9 a

Números seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Como foi observado na Tabela 86 (análise de variância) o efeito significativo da interação (épocas de plantio x adubações) sobre a variável K, houve a necessidade de desdobrar seus resultados, que são apresentados na Tabela 88.

TABELA 88- Valores médios das concentrações de potássio na matéria seca de grãos de arroz em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	Concentração K (g kg ⁻¹)		Média Geral
	NPK	NPK+P	
1	0,08 bA	0,13 bA	0,10
2	0,03 bA	0,05 bA	0,04
3	1,73 aA	1,70 aA	1,71
4	1,40 aB	1,83 aA	1,61
Média Geral	0,81	1,04	-

Números seguidos pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott. Números seguidos pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott.

As maiores concentrações de Ca, Mg e S foram observadas nas épocas 3 e 4, sendo estas consideradas diferentes entre si, com exceção para o S e

significativamente diferentes e superiores às épocas 1 e 2, no caso do Ca e do Mg. As médias observadas nas épocas 2, 3 e 4, no caso do S, foram considerados estatisticamente iguais.

Segundo Reuter & Robinson (1997), as concentrações de Ca apresentadas pelos grãos das épocas 1, 2 e 3 e de S, na época 1, estariam demonstrando um elevado grau de deficiência destes nutrientes nesses plantios, fatos que não puderam ser observados no campo. As demais concentrações foram consideradas adequadas pelas faixas propostas por estes autores.

A adubação 2, com maior quantidade de P, promoveu as maiores concentrações de K e Ca nos grãos em relação à adubação 1. Para o Mg e o S, não houve diferença entre elas.

Como o ocorrido para os macronutrientes, as maiores concentrações dos micronutrientes avaliados foram observadas nas épocas 3 e 4. A época 3 obteve, para todos os nutrientes, as maiores concentrações, sendo estas diferentes e superiores às demais. As maiores diferenças foram observadas entre as concentrações de B (Tabela 89). O boro foi o único micronutriente que apresentou concentração maior no grão do que na planta.

TABELA 89- Valores médios concentrações de micronutrientes na matéria seca de grãos de arroz em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg kg ⁻¹ -----				
1	6,51 c	7,58 b	45,65 b	79,36 b	27,53 a
2	6,74 c	9,03 b	56,15 b	92,10 a	28,34 a
3	40,98 a	28,70 a	118,15 a	107,43 a	33,79 a
4	24,03 b	5,68 b	67,71 b	87,14 a	23,20 b
Adubações					
1	19,59 a	13,03 a	77,84 a	85,82 a	28,35 a
2	19,53 a	12,46 a	65,99 a	97,19 a	26,35 a

Números seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

A concentração de Cu da época 3 foi significativamente superior às concentrações das demais épocas de plantio, que foram consideradas semelhantes entre si. Houve também diferença significativa entre as concentrações de Zn, entretanto, esta foi de apenas 22,4%, em média, entre as épocas 1, 2 e 3 que apresentaram as maiores concentrações em relação a época 4.

Segundo Reuter & Robinson (1997), as concentrações de Fe e Zn observadas nos grãos de arroz, em todas as épocas, foram consideradas adequadas.

Foram observadas, na maioria das vezes, as maiores concentrações de micronutrientes (B, Cu, Mn e Zn) nas épocas que tiveram seus plantios realizados no período seco (épocas 3 e 4), com as colheitas sendo realizadas no início do período de maior precipitação (Tabela 89).

4.2.4.3 Acúmulo de nutrientes na cultura do arroz

Na Tabela 90 (análise de variância) foi observado efeito significativo das épocas de plantio sobre os acúmulos de todos os nutrientes, na biomassa aérea da cultura do arroz, ficando evidente a influência destas (maior e menor precipitação) sobre a absorção dos nutrientes. As adubações somente proporcionaram efeito significativo sobre a acumulação de P, K, Ca e Cu. A interação épocas de plantio x adubações proporcionaram efeito significativo somente sobre o acúmulo de Cu na cultura do arroz. Na Tabela 91, foi observado efeito semelhante sobre os acúmulos dos nutrientes nos grãos, proporcionado pelas épocas de plantio, com exceção do Mn. Houve efeito significativo das adubações sobre o acúmulo de todos os macronutrientes e de B nos grãos. Efeito semelhante foi observado na interação épocas de plantio x adubações, com exceção do P.

TABELA 90- Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) dos conteúdos de nutrientes absorvidos por plantas de arroz (biomassa total) cultivadas em função das épocas de plantio sob cobertura morta e duas adubações.

C.V.	G.L	Quadrado Médio										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Blocos	3	649,4 ^{ns}	1,4 ^{ns}	128,3 ^{ns}	40,9 [*]	1,6 ^{ns}	1,5 ^{ns}	105,1 ^{ns}	272 ^{ns}	23740 [*]	530415 ^{ns}	1196 ^{ns}
Época (E).	3	6877,7 ^{**}	86,2 ^{**}	1912,3 ^{**}	1972,6 ^{**}	69,3 ^{**}	1130,0 ^{**}	5363,8 ^{**}	6016 ^{**}	3555 ^{**}	636401 ^{**}	28424 ^{**}
Erro 1	9	536,9	2,8	58,8	41,5	3,2	1,9	135,7	167	15771	619303	1315
Adubação (A)	1	1656,0 ^{ns}	26,6 [*]	345,1 [*]	91,1 ^{**}	1,3 ^{ns}	3,9 ^{ns}	0,4 ^{ns}	1722 ^{**}	9187 ^{ns}	878 ^{ns}	10317 ^{ns}
E x A	3	404,3 ^{ns}	7,0 ^{ns}	31,4 ^{ns}	10,4 ^{ns}	1,1 ^{ns}	5,9 ^{ns}	46,8 ^{ns}	541 [*]	8366 ^{ns}	161103 ^{ns}	6678 ^{ns}
Erro 2	12	351,7	3,4	69,2	7,3	2,0	6,1	32,3	153	4665	156351	3565
Média Geral		73,23	9,22	48,72	26,50	9,14	12,94	46,05	57,24	620,52	1.848,60	207,75
C.V. (%)		25,61	20,15	17,08	10,24	15,53	19,09	12,34	21,62	11,00	21,39	28,74

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

TABELA 91- Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) dos conteúdos de nutrientes absorvidos pelos grãos das plantas de arroz cultivadas em função das épocas de plantio sob cobertura morta e duas adubações.

C.V.	G.L	Quadrado Médio										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Blocos	3	35,0 ^{ns}	1,5 ^{ns}	11,4 [*]	11,3 [*]	0,8 ^{**}	0,3 [*]	0,2 ^{ns}	35 ^{ns}	1287 ^{ns}	6152 ^{ns}	30 ^{ns}
Época (E)	3	8285,1 ^{**}	10,3 ^{**}	2336,5 ^{**}	1328,6 ^{**}	32,8 ^{**}	43,1 ^{**}	100,4 ^{**}	5334 ^{**}	61087 ^{**}	30483 ^{ns}	2644 ^{**}
Erro 1	9	23,8	1,0	11,0 ^{**}	24,0	0,8	0,1	2,6	47	3879 ^{ns}	3670	49
Adubação (A)	1	253,7 ^{**}	11,4 ^{**}	55,6 ^{**}	52,2 ^{**}	0,9 ^{**}	0,6 [*]	29,2 ^{**}	60 ^{ns}	238 ^{ns}	16634 ^{ns}	44 ^{ns}
E x A	3	105,7 ^{**}	0,4 ^{ns}	13,9 ^{**}	40,0 ^{**}	0,5 ^{**}	1,3 ^{**}	7,5 [*]	28 ^{ns}	895 ^{ns}	12612 ^{ns}	64 ^{ns}
Erro 2	12	15,6	0,5	2,2	3,1	0,0	0,7	2,0	37	2307	9076	102
Média Geral		34,43	3,98	14,25	10,67	2,37	3,07	7,92	23,24	120,19	142,01	46,56
C.V. (%)		11,46	17,81	10,58	16,48	3,44	8,86	18,14	26,18	39,96	64,37	21,68

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

Geralmente, os maiores acúmulos de macronutrientes foram verificados nas plantas de arroz que receberam adubação NPK+P, sendo esta superior estatisticamente a adubação NPK (Tabelas 92 e 93). A época de plantio 3 (plantios iniciados em maio) apresentou os maiores acúmulos, com exceção para o P que foi acumulado em maior quantidade na época 4, e as maiores exportações. As maiores exportações observadas nesta época, foram provavelmente em decorrência do maior volume de grãos produzidos. A época de plantio 3 foi, geralmente, superior estatisticamente às demais, tanto para o acúmulo de nutrientes como para a exportação destes.

TABELA 92- Conteúdo de N, P e K na biomassa aérea total seca (A) e grãos (13% de umidade) (B) da cultura de arroz em função das épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Época	Acúmulo de macronutrientes (kg ha ⁻¹) /Biomassa aérea total (A)								
	N			P			K		
	NPK	NPK+P	Média Geral	NPK	NPK+P	Média Geral	NPK	NPK+P	Média Geral
1	39,5	49,5	44,5 C	4,9	9,2	7,1 B	48,2	49,1	48,7 B
2	58,7	62,5	60,6 B	7,5	7,2	7,4 B	52,7	59,9	56,3 A
3	95,4	130,8	113,1 A	7,5	9,1	8,3 B	58,6	66,8	62,7 A
4	70,5	79,0	74,7 B	13,2	15,0	14,1 A	22,2	32,2	27,2 C
M. geral	66,0 a	80,4 a	-	8,3 b	10,1 a	-	45,4 b	52,0 a	-
CV (%)	-	-	25,6	-	-	20,15	-	-	17,08
Época	Quantidades de macronutrientes exportados (kg ha ⁻¹) /Grãos (B)								
	N			P			K		
	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média
1	16,0 bB	22,3 aB	19,1	3,7	5,2	4,5 B	1,0 aC	2,1 aC	1,6
2	21,0 aB	22,5 aB	21,7	3,4	4,2	3,8 B	0,3 aC	0,8 aC	0,6
3	74,7 bA	90,3 aA	82,5	4,3	6,0	5,2 A	33,7 bA	40,1 aA	36,9
4	14,8 aB	13,9 aC	14,4	2,1	2,9	2,5 C	16,7 bB	19,2 aB	17,9
M. geral	31,6	37,2	-	3,4	4,6	-	12,9	15,6	-
CV (%)	-	-	11,46	-	-	17,81	-	-	10,58

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a P < 0,05) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a P < 0,05), não diferem entre si.

TABELA 93- Conteúdo de Ca, Mg e S na biomassa aérea total seca (A) e grãos (13% de umidade) (B) da cultura de arroz em função das épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Acúmulo de macronutrientes (kg ha ⁻¹)/Biomassa aérea total (A)									
Época	Ca			Mg			S		
	NPK	NPK+P	Média Geral	NPK	NPK+P	Média Geral	NPK	NPK+P	Média Geral
1	9,9	13,8	11,9 D	7,0	8,1	7,6 C	4,7	5,2	4,9 B
2	19,0	20,2	19,6 C	9,2	8,9	9,0 B	7,2	7,4	7,3 B
3	5,2	51,5	48,4 A	12,8	13,8	13,3 A	32,2	29,0	30,6 A
4	25,1	27,2	26,2 B	6,7	6,5	6,6 C	9,1	8,7	8,9 B
M. geral	24,8 b	28,2 a	-	8,9 a	9,3 a	-	13,3 a	12,6 a	-
CV (%)	-	-	10,25	-	-	15,5	-	-	19,00

Quantidades de macronutrientes exportados (kg ha ⁻¹)/Grãos (B)									
Época	Ca			Mg			S		
	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média
1	1,3 aC	1,7 aC	1,5	1,3 bC	1,7 aB	1,5	1,0 aC	1,3 aC	1,2
2	1,7 aC	2,0 aC	1,9	1,4 bB	1,6 aB	1,0	1,2 aC	1,5 aC	1,4
3	24,4 bA	33,6 aA	29,0	4,9 bA	5,9 aA	5,4	5,5 bA	6,8 aA	2,2
4	10,1 aB	10,5 aB	10,3	1,2 aC	1,0 bC	1,1	3,9 aB	3,2 bB	3,6
M. geral	9,4	11,9	-	2,2	2,5	-	2,9	3,2	-
CV (%)	-	-	16,48	-	-	3,44	-	-	8,82

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a P < 0,05) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a P < 0,05), não diferem entre si.

Os resultados apresentados na Tabelas 92 e 93 foram semelhantes aos observados por Malavolta et al. (1983) ao avaliarem o acúmulo total de macronutrientes por plantas de arroz de diversas cultivares. Porém, os resultados de acúmulos de macronutrientes nos grãos no presente estudo, com exceção para o K, foram superiores aos observados por estes autores.

As médias de macronutrientes acumulados na parte aérea da cultura de arroz, nas quatro épocas de plantio, foram semelhantes às observadas e recomendadas por Pauletti (1998), para a produção de uma tonelada de grãos.

Os maiores acúmulos de Cu e Fe foram observados sob a época de plantio 3, os maiores de B e Mn foram na época 2 e a época 1 promoveu os maiores acúmulos de Zn. mesmo foi observado para os micronutrientes, com os acúmulos apresentados nas Tabelas 94 e 95, superando em alguns casos, os conteúdos demonstrados por Pauletti (1998).

TABELA 94- Conteúdo de B, Cu e Fe na biomassa aérea seca (A) e grãos (13% de umidade) (B) da cultura de arroz em função das épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Época	Acúmulo de micronutrientes (g ha ⁻¹) /Biomassa aérea total (A)								
	B			Cu			Fe		
	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média
1	51,1	57,2	54,2 B	30,8 bC	69,8 aB	50,3	488,7	587,3	538,0 C
2	80,1	74,4	77,3 A	52,5 aB	62,9 aB	57,7	482,7	561,8	522,2 C
3	36,4	36,0	36,2 C	90,9 aA	96,2 aA	93,5	782,2	749,4	765,8 A
4	17,0	16,0	16,5 D	25,4 aC	29,4 aC	27,4	660,6	651,4	656,0 B
M. geral	46,2	46,0	-	49,9	64,6	-	603,6 a	637,5 a	-
CV (%)	-	-	12,3	-	-	21,62	-	-	11,00
Época	Quantidades de micronutrientes exportados (g ha ⁻¹) /Grãos (B)								
	B			Cu			Fe		
	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média	NPK	NPK+P	Média
1	8,1 bA	12,1 aA	10,1	11,2	11,8	11,5 B	62,4	77,8	70,1 B
2	8,8 bA	11,3 aA	10,1	12,5	14,3	13,4 B	78,5	88,5	83,5 B
3	8,0 aA	9,6 aA	8,8	57,6	65,8	61,7 A	263,6	238,4	251,0 A
4	3,0 aB	2,4 aB	2,7	6,2	6,4	6,3 B	87,1	65,1	76,1 B
M. geral	7,0	8,9	-	21,9	24,6	-	122,9 a	117,5 a	-
CV (%)	-	-	18,15	-	-	26,18	-	-	39,96

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a P < 0,05) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a P < 0,05), não diferem entre si.

TABELA 95- Conteúdo de Mn e Zn na biomassa aérea seca (A) e grãos (13% de umidade) (B) da cultura de arroz em função das épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Época	Acúmulo de micronutrientes (g ha ⁻¹) /Biomassa aérea total (A)					
	Mn		Média	Zn		Média
	NPK	NPK+P	Geral	NPK	NPK+P	Geral
1	2374,1	2000,7	2187,4 A	338,6	218,7	278,7 A
2	2148,4	2398,6	2273,5 A	246,1	217,7	231,9 A
3	1629,2	1534,4	1581,8 B	175,6	177,5	176,6 B
4	1263,4	1439,5	1351,5 B	142,6	145,2	143,9 B
M. geral	1853,8 a	1843,3 a	-	225,7 a	189,8 a	-
CV (%)	-	-	21,39	-	-	28,72
Época	Quantidades de micronutrientes exportados (g ha ⁻¹) /Grãos (B)					
	Mn		Média	Zn		Média
	NPK	NPK+P	Geral	NPK	NPK+P	Geral
1	117,4	123,7	120,5 B	37,7	46,7	42,2 B
2	129,3	144,6	137,0 B	40,3	43,9	42,1 B
3	155,2	319,4	237,3 A	71,6	73,0	72,3 A
4	99,9	95,5	97,2 B	31,8	27,2	29,5 C
M. geral	125,2 a	170,8 a	-	45,4 a	47,7 a	-
CV (%)	-	-	64,37	-	-	21,61

Média seguidas pela mesma letra minúscula na linha (teste F a P < 0,05) e maiúscula na coluna (teste de Scott e Knott a P < 0,05), não diferem entre si.

O fato que pode ser responsável por estes resultados, é o bom estado nutricional da cultura nas épocas estudadas, pois as concentrações de todos os macro e micronutrientes nas plantas e grãos, com exceção do K, foram satisfatórias de acordo com recomendações feitas por Fageria et al. (1995), Malavolta et al. (1997) e Bastos (1999).

Os resultados apresentados nas Tabela 94 e 95 foram com exceção do Cu, superiores aos observados por Malavolta et al. (1983) ao avaliarem o acúmulo total de micronutrientes por plantas e grãos de arroz de diversas cultivares.

As plantas apresentaram valores médios de acúmulo de nutrientes na seguinte ordem decrescente: N > K > Ca > S > P ≥ Mg > Mn > Fe > Zn > B > Cu. Os plantios apresentaram valores médios de nutrientes exportados na seguinte ordem decrescente: N > K > Ca > P ≥ S > Mg > Mn > Fe > Zn > B > Cu.

4.3 Produções das culturas de subsistência

4.3.1 Produção de milho

Na Tabela 96 foi observado que as adubações influenciaram significativamente a produção de grãos, altura de plantas e altura de inserção da primeira espiga. A aplicação de maior quantidade de fósforo (NPK+P) aumentou em 39,0, 7,0 e 9,5%, respectivamente, para estas características. A adubação não influenciou a produção da biomassa nas diferentes épocas estudadas. Também não houve interação significativa entre as épocas de plantio e as adubações, mostrando que estes fatores possuem comportamentos diferentes.

TABELA 96- Resumo da análise de variância (quadrados médios) das características agrônômicas do milho com os respectivos graus de significância.

Fonte de Variação	G.L.	Variáveis			
		Biomassa aérea	Grãos	H Plantas	1ª Espiga
Bloco	3	798437 ns	297284 ns	0,0009 ns	0,0003 ns
Épocas (E)	3	11944446 **	1645161 **	0,0518 **	0,0349 **
Erro 1	9	721623	138663	0,0034	0,0017
Adubações (A)	1	2865 ns	1424558 **	0,0751 **	0,0300 **
E x A	3	305152 ns	101766 ns	0,0027 ns	0,0006 ns
Erro 2	12	403968	126286	0,0019	0,0007
Média Geral		2.504,39	1.294,87	1,48	0,66
C.V. (%)		29,65	28,10	2,48	5,16

** e ns representam respectivamente, significativo a 1% e não significativo pelo Teste F.

Foram observadas diferenças significativas ($P < 0,01$) entre as produções de biomassa seca nas diferentes épocas de plantio do milho. As produções de biomassa aérea seca foram maiores nos plantios de janeiro e maio (épocas 1 e 3), as quais foram consideradas semelhantes entre si e superiores na época 4, que também foram semelhantes entre si (Tabela 97).

TABELA 97- Produções de matéria seca da biomassa aérea e de grãos (13% de umidade) e alturas de plantas e da inserção da 1ª espiga de plantas de milho de áreas experimentais em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantios	Produção (kg ha ⁻¹)		Alturas (m)	
	Biomassa	Grãos	Plantas	1ª Espiga
1 (janeiro)	5.656,49 a	1.288,90 b	1,41 b	0,59 c
2 (março)	3.381,35 b	941,70 b	1,45 b	0,65 b
3 (maio)	5.054,54 a	1.012,02 b	1,45 b	0,66 b
4 (julho)	3.055,20 b	1.936,87 a	1,59 a	0,75 a
Adubação				
NPK	4.272,50 a	1.083,88 b	1,43 b	0,63 b
NPK+P	4.277,50 a	1.505,86 a	1,53 a	0,69 a

Números seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

O período de maior precipitação possivelmente favoreceu somente a maior produção de biomassa, obtido pelo plantio realizado em janeiro (maior precipitação) e menores produções de grãos. A maior produção de grãos ocorreu no plantio de julho (época 4), representadas pelas parcelas que permaneceram no campo durante todo o período de menor precipitação. O maior desenvolvimento das plantas, nesse período, foi devido ao maior período de insolação, que favoreceu a cultura do milho, possivelmente pela cultura do milho necessitar de um maior período de insolação (Malavolta, 1980; Marschner, 1995). Este fato fica evidente com o maior crescimento em altura das plantas e da inserção da primeira espiga. A menor produção de biomassa observada nesse plantio, não está relacionada a problemas de deficiência de nutrientes, pois não foram observados sintomas de deficiência; quando da análise de tecidos vegetais, a maioria dos nutrientes estava na faixa considerada adequada para esta cultura não só no plantio de julho, mas também nos demais. Pode ter ocorrido a chamada “fome oculta”.

Estes resultados mostram a boa retenção de água proporcionada pela cobertura morta, pois não houve sintomas de déficit hídrico durante os cultivos que se prolongaram pela estação de menor precipitação, épocas de plantio 3 e 4. As menores produções observadas nos plantios realizados durante o período de maior precipitação podem estar relacionadas justamente com a maior incidência destas (ver Figura 3), provocando grandes perdas e destruição dos grãos de pólen durante a floração.

A produção média de grãos ($1,94 \text{ t ha}^{-1}$), obtida no plantio de julho, foi superior à produção média do Estado do Pará ($1,45 \text{ t ha}^{-1}$) e inferior à nacional em 43% (Anuário, 1998). Os demais plantios produziram, em média, 26% menos do que a média estadual. As produções de grãos nas quatro épocas de plantio sob influência da adubação 2 foram superiores à média do estado, sendo, assim, a mais recomendada. Estes resultados foram semelhantes aos observados

por Moraes et al. (1998) em diferentes sistemas de preparo de área após posio com *Pueraria phaseoloides* no Acre.

Ao avaliar as produções de diferentes cultivares de milho sob manejo de cobertura morta com e sem fertilizantes, no Município de Igarapé-Açu, Kato (1998a) observou que todas as variedades aumentaram a produção com aplicação de fertilizante NPK. Em média, as variedades produziram 2,28 t ha⁻¹ de grãos com fertilizante e 0,32 t ha⁻¹ sem fertilizante. A produção média de grãos alcançada pela adubação 2, no presente trabalho, foi 34,2% inferior à alcançada por Kato (1998a) com uso de fertilizantes. Uma possível explicação para esta diferença pode ser as diferentes adubações praticadas, pois Kato (1998a) usou maiores doses de N e menores de P e K. Os resultados da variedade BR 106 também foram superiores (31,8%) com menores doses de P e K. Blünnemann et al. (1998) também observaram maiores produções de milho sob cobertura morta, com aplicação de fertilizantes fosfatados, mostrando que o P é o fator limitante para se alcançarem boas produções em solos de baixa fertilidade, como os solos da Amazônia Oriental.

Cardoso & Melo (1998b) afirmaram ser o N limitante à produção de grãos de milho no Meio-Norte brasileiro. A dose de N que alcançou a produção máxima foi de 107 kg ha⁻¹. Tucci & Serrão (1998) determinaram a dose de 94 kg ha⁻¹ como sendo ótima para o Latossolo Amarelo de Terra Firme na Amazônia, com baixos valores de P (90 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e de K (60 kg ha⁻¹ de K₂O) no complemento da adubação, no que concordaram com os resultados obtidos por Kato (1998a) e Blünnemann et al. (1998).

Em sistema de plantio direto num Latossolo Vermelho, Fernandes et al. (1999) observaram maiores produções de grãos com as maiores doses de N, sem as quantidades de P e K utilizadas por estes autores, e semelhantes às usadas por Kato (1998a). Alvarado & Prado (1991), ao compararem os rendimentos da cultura do milho em sistemas de preparo do solo sem queima, obtiveram

produções de grãos nos sistemas sem queima e sem cobertura morta (“terra nua”) de apenas 0,54 t ha⁻¹. Com a manutenção da cobertura morta, a produção foi semelhante à apresentada na Tabela 96 pelo plantio 2 (1,0 t ha⁻¹) e menor que as demais. Sob a influência da queima e da calagem, as produções foram semelhantes à do plantio de julho (2,0 t ha⁻¹). Com queima e sem calagem, as produções observadas foram semelhantes às dos plantios das épocas 1 e 3 (1,1 t ha⁻¹). As alturas médias das plantas foram semelhantes nos sistemas sem queima. Nos sistemas com queima e com calagem, as plantas apresentaram altura média 26% superior (1,87 cm).

Silva Júnior et al. (1999a), quando compararam diferentes sistemas de preparo de área no Município de Igarapé-Açu (Pará), verificaram maiores produções de grãos em áreas com cobertura morta do que em áreas queimadas. Os resultados observados foram semelhantes aos do plantio de julho, sob a influência da adubação 2 (2,0 t ha⁻¹). Estes autores observaram, em áreas queimadas, produções semelhantes às dos plantios 1 e 3, evidenciando, assim, a melhor eficiência do sistema com cobertura morta.

Com a mesma metodologia, Silva Júnior et al. (1999b) montaram experimento na localidade de Castanhal (Pará) e observaram, no primeiro ano de cultivo, produções 50% menores que as do presente trabalho, tanto nas áreas queimadas quanto com cobertura morta. No segundo ano, as produções de grãos nas áreas com cobertura morta foram semelhantes às dos plantios 1 e 3 e 73% inferiores às do 4. As produções sob influência das duas adubações do presente trabalho foram superiores em 42% às de áreas queimadas dos referidos autores. Em plantios consorciados com caupi no Acre, Costa & Marinho (2000) obtiveram produções médias de milho de 2,1 t ha⁻¹ e em consórcio com o *Phaseolus*, a produção foi de 1,7 t ha⁻¹.

Para a altura de plantas, os plantios de janeiro, março e maio (épocas 1, 2 e 3) foram considerados iguais entre si e significativamente inferiores a época

4. Da mesma forma, as épocas diferiram significativamente entre si para a altura de inserção da primeira espiga, sendo que o plantio de julho proporcionou alturas superiores aos demais. Estes resultados podem estar relacionados com os maiores períodos de insolação que incidiram sobre a época de plantio 4.

Souza et al. (1991), avaliando a produção de diferentes cultivares de milho em diferentes épocas de plantio, verificaram quedas de produção em alguns casos superiores a 60%, em Lavras, e de 50% em Sete Lagoas, ambas localidades de Minas Gerais, com o avanço dos plantios sobre o período seco.

4.3.2 Produção de mandioca

Na Tabela 98 está o resumo da análise de variância das características analisadas da cultura de mandioca, dando-se ênfase para os quadrados médios e suas respectivas significâncias pelo Teste F.

TABELA 98- Resumo da análise de variância (quadrados médios) das características agrônômicas da cultura da mandioca com seus respectivos graus de significância.

Fonte de Variação	G.L.	Variáveis	
		Biomassa Aérea	Produção de Raízes
Bloco	3	0,9825 ns	13,6477 ns
Épocas (E)	3	5,2204 ns	54,0462 ns
Erro 1	9	3,1017	17,4945
Adubações (A)	1	1,0296 ns	27,0848 *
E x A	3	0,8639 ns	2,9696 ns
Erro 2	12	0,9768	5,5845
Média Geral		4.150,00	16.370,00
C.V. (%)		33,11	20,00

* e ns representam respectivamente, significativo a 5% e não significativo pelo Teste F.

Foi observada uma diferença de 40%, em média, entre as produções médias de raízes das épocas de plantio 1, 2 e 4 e a produção da época 3.

Entretanto, o teste F e o teste de Scott-Knott, não conseguiram detectar diferenças significativas entre as épocas de plantio.

O efeito residual da adubação com NPK+P promoveu um incremento na ordem de 12% na produção de raízes, quando comparado com o efeito residual da adubação NPK, sendo esta diferença significativa pelo teste F (Tabela 98).

Não foram observadas diferenças significativas entre as produções de biomassa aérea (Tabelas 99). A menor produção de biomassa aérea foi observada no terceiro plantio, que apresentou a menor produção de raízes. Não houve diferença significativa para o efeito residual das duas adubações praticadas no cultivo do milho sobre a produção de biomassa aérea, e também não houve interação significativa entre épocas de plantio e adubações residuais para as características produção de biomassa aérea e raízes. O possível motivo para os resultados de produção de biomassa aérea e de raízes terem sido semelhantes está no fato de a cultura da mandioca ser pouco exigente em nutrientes, sendo indiferente às adubações residuais, já que o preparo de área foi o mesmo para todas as épocas e durante o processo de entumescimento de raízes, as culturas passaram por períodos de maior precipitação antes das colheitas.

TABELA 99- Produções de matéria seca da biomassa aérea e de raízes de plantas de mandioca de áreas experimentais em função de épocas de plantio e duas adubações residuais sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	Produção (kg ha ⁻¹)	
	Biomassa aérea	Raízes
1 (janeiro)	4.235,00 a	18.517,50 a
2 (março)	4.338,75 a	17.097,50 a
3 (maio)	3.047,50 a	12.587,50 a
4 (julho)	4.986,25 a	17.275,00 a
Adubação		
NPK	3.972,50 a	15.449,38 b
NPK+P	4.331,25 a	17.289,37 a

Números seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-Knott (P<0,05).

As produtividades médias das épocas 1, 2 e 4 foram 22,2% superiores à produtividade do Estado do Pará e 33,6% superiores à produção nacional (Anuário, 1999). Apesar da grande diferença apresentada pela época de plantio 3 em relação às demais, esta foi apenas 12,7% inferior à produção estadual e 4,6% inferior à nacional.

Kato (1998a) obteve em áreas preparadas com cobertura morta em dois cultivos consecutivos, sobre um Latossolo Amarelo e capoeiras de 4 e 10 anos, produções médias de raízes de 17,5 e 13,1 t ha⁻¹, respectivamente. Estes resultados foram semelhantes à média de 16,4 t ha⁻¹ observada por este autor. Outra observação feita por Kato (1998a) foi o decréscimo de produção de raízes que ocorreu em áreas cultivadas após a queima da vegetação e influenciadas pelas adubações residuais das culturas do arroz e do caupi, o que não foi verificado nas áreas com a cobertura morta. Os presentes resultados também foram superiores aos observados por Andrade & Corrêa (1991) quando avaliaram a produtividade de raízes com os mesmos espaçamentos de plantio, com adubação, em um Latossolo Vermelho do Alto São Francisco, Minas Gerais. Estes autores observaram produções médias de raízes de 13,9 t ha⁻¹ no primeiro ano e de 9,4 t ha⁻¹ no segundo ano, porém com maiores produções de biomassa aérea nos dois anos.

Souza et al. (1994) e Oliveira et al. (2001) obtiveram as menores produções de biomassa aérea em sistemas de plantio direto, sendo estes resultados similares aos aqui apresentados. Ohiri & Ezumah (1990) e Oliveira et al. (2001) observaram as maiores produções de biomassa aérea em sistemas de preparo mínimo, que inclui escarificação seguida de gradagem niveladora. A elevada produção destes sistemas, tanto para a produção de biomassa aérea como a de raízes. Segundo Onwueme (1978) as melhores condições físicas do solo promovidas pelo sistema de preparo mínimo, favoreceu o maior desenvolvimento em volume das raízes tuberosas.

Em plantios de mandioca manejados com adubação verde (plantas fixadoras de N) e adubação química (P_2O_5 e K_2O) num Latossolo Vermelho de Goiás, as produções de raízes observadas por Amabile et al. (1994) foram de 50 a 100% superiores às apresentadas na Tabela 99. Já em plantio direto, Oliveira et al. (2001) obtiveram a produção média, em dois anos, de $21,2 \text{ t ha}^{-1}$ de raízes. Esse resultado foi 29% superior ao aqui obtido. Também no mesmo tipo de solo, no Mato Grosso do Sul, com calagem e adubações NPK, Bono & Zatarim (2000) obtiveram produções de raízes ($10,9 \text{ t ha}^{-1}$) bem abaixo do manejo com cobertura morta.

4.3.3 Produção de caupi

Houve efeito significativo das épocas de plantio, adubações e interação épocas de plantio x adubações sobre a produção de biomassa aérea e produção de grãos de caupi (Tabela 100).

TABELA 100- Resumo da análise de variância (quadrados médios) das características agrônômicas da cultura do caupi com seus respectivos graus de significância.

Fonte de Variação	G.L.	Variáveis	
		Biomassa Aérea	Produção de Grãos
Bloco	3	135279,93 *	150013,15 ns
Épocas (E)	3	288018,34 *	3530036,12 **
Erro 1	9	47415,24	89999,03
Adubações (A)	1	1181491,92 **	7047862,93 **
E x A	3	162075,00 *	2353483,02 **
Erro 2	12	55773,75	149243,34
Média Geral		658,63	1.545,98
C.V. (%)		35,86	22,20

**, * e ns representam, respectivamente, significativo a 1 e 5% e não significativo pelo Teste F.

Nota-se (Tabela 101) um comportamento diferenciado das épocas de plantio em cada uma das adubações.

TABELA 101- Produções de matéria seca da biomassa aérea e de grãos de caupi de áreas experimentais em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	Produção de Biomassa aérea (kg ha ⁻¹)		Média Geral
	NPK	NPK+P	
1 (janeiro)	587,35 aB	1.173,81 aA	880,58
2 (março)	435,08 bB	609,94 bA	522,51
3 (maio)	459,02 bB	1.042,71 aA	750,87
4 (julho)	408,00 bB	553,11 bA	480,56
Média Geral	466,48 b	850,78 a	-
Produção de Grãos (kg ha ⁻¹)			
1	1.165,31 aB	1.969,73 bA	1.567,52
2	1.089,04 aA	1.322,10 cA	1.205,57
3	1.209,81 aB	3.721,94 aA	2.465,88
4	842,56 bA	1.047,37 cA	944,97
Média Geral	1.076,68 b	2.015,29 a	-

Números seguidos pela mesma letra minúscula entre épocas de plantio, na mesma adubação, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). Números seguidos pela mesma letra maiúscula entre adubações, na mesma época de plantio, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

A maior produção de biomassa quando usou-se adubação com NPK foi obtida no plantio realizado em janeiro, sendo esta produtividade 83% superior à da época 4 (julho), que foi a menor. Os plantios de março, maio e julho apresentaram produções de biomassa semelhantes entre si (Tabela 101). Já quando adubou-se com NPK+P, os plantios realizados em janeiro e maio é que proporcionaram as maiores produções. Para a produção de grãos e adubação NPK+P, o plantio de maio foi o que proporcionou maior produção, sendo esta produção 255% superior a obtida com o plantio em julho (época de plantio 4). Possivelmente, estes resultado sejam devido os plantios de março e principalmente o de maio, terem sido realizados no período de menor precipitação, prejudicando o desenvolvimento da cultura. Quando a adubação

usada foi o NPK, os plantios de janeiro, março e maio apresentaram produções de grãos semelhantes e superiores à produção do plantio de julho.

As produções de biomassa aérea e de grãos foram grandemente influenciadas pelas adubações. As produções oriundas das adubações com NPK+P foram aumentadas em 82,4 e 87,2%, em relação quando se usou NPK, mostrando uma alta influência do fósforo. Estes resultados são concordantes com os obtidos por Botelho (1986), confirmando ser o fósforo o nutriente que tem proporcionado as melhores respostas; os acréscimos de produção de biomassa aérea e de grãos estão diretamente relacionados com sua disponibilidade no solo.

Todos os plantios apresentaram produções de grãos superiores às médias estadual e nacional. A produção média com NPK foi 69% superior às médias de produção tanto do Estado do Pará como do Brasil, que são de 638 kg ha⁻¹ (Anuário, 1999). E, a adubação com NPK+P superou estas mesmas duas em 216%, mostrando ser um sistema eficiente.

Em áreas de Latossolo Amarelo no Pará, preparadas com cobertura morta e adubadas, Kato (1998a) obteve produções de 1,5 t ha⁻¹ no primeiro ano de cultivo e de 2,0 t ha⁻¹ no ano seguinte. Estes resultados concordam com os aqui apresentados. Em áreas preparadas com queima, esta mesma autora observou produções de grãos semelhantes a 1,6 t ha⁻¹ nos dois anos de cultivo. Em áreas queimadas e de cobertura morta, sem adubação, as produções foram de 0,3 e 0,2 t ha⁻¹ no primeiro ano e de 0,3 e 0,6 t ha⁻¹ no segundo ano de cultivo, respectivamente.

Os resultados de produção apresentados na Tabela 101 do presente trabalho, são semelhantes aos observados por Bünemann et al. (1998), que ao avaliarem o efeito de adubações com NPK em Latossolo Amarelo em áreas com cobertura morta, observaram produções máximas de grãos de caupi de 2,0 t ha⁻¹.

Produção semelhante no mesmo sistema de cultivo, foi observado por Kato (1998a).

Ao avaliarem a influência de épocas de plantio sobre as características agronômicas de cultivares de feijão, Vieira et al. (1991) observaram o decréscimo de produção com o atraso dos plantios na Zona da Mata de Minas Gerais. A produção máxima de grãos colhida por estes autores foi de $1,6 \text{ t ha}^{-1}$. Apesar das condições climáticas serem diferentes nas duas regiões (Nordeste do Pará e Zona da Mata de Minas Gerais), a cultura respondeu de forma semelhante, com menores produções de grãos, com o atraso dos plantios.

Com $60 \text{ kg de P}_2\text{O}_5$ e $30 \text{ kg de K}_2\text{O}$, Kluthcouski et al. (2000) obtiveram uma produção de grãos de feijão igual a $2,3 \text{ t ha}^{-1}$ num Latossolo Vermelho, sobre o sistema de manejo de plantio direto.

Em plantio direto num solo Aluvial do Piauí, Melo et al. (1998) alcançaram a produção máxima de caupi de $1,4 \text{ t ha}^{-1}$. Em plantio convencional com gradagem, a produção foi 31% inferior. Cardoso & Melo (1998a), ao avaliarem os efeitos de diferentes adubações fosfatadas e densidades de plantio na produtividade de grãos de caupi, observaram melhores produções sobre Latossolo Vermelho ($1,52 \text{ t ha}^{-1}$) do que num solo Aluvial ($1,2 \text{ t ha}^{-1}$) no Piauí. Os melhores resultados de produção de grãos de caupi num Latossolo Vermelho de Goiás foram obtidos com uma adequada cobertura morta ($6-10 \text{ t ha}^{-1}$) e com menores índices de irrigação. Estes autores observaram uma produção máxima de grãos igual a $2,2 \text{ t ha}^{-1}$. Todos estes resultados foram semelhantes aos observados por este autor, em áreas preparadas com $45-49 \text{ t ha}^{-1}$ de cobertura morta, em períodos de baixa precipitação (Stone & Moreira, 2000).

4.3.4 Produção de arroz

As épocas de plantio, as adubações e a interação entre épocas de plantio e adubações não promoveram diferenças significativas para as características

agronômicas avaliadas, com exceção da produção de grãos que foi afetada pelas épocas de plantio, como mostra a Tabela 102.

TABELA 102- Resumo da análise de variância (quadrados médios) das características agronômicas da cultura do arroz, com seus respectivos graus de significância.

Fonte de Variação	G.L.	Variáveis	
		Biomassa Aérea	Produção de Grãos
Bloco	3	1,5996 ns	2,7592 ns
Épocas (E)	3	1,4793 ns	3,0748 ns
Erro 1	9	0,7469	0,9960
Adubações (A)	1	0,3741 ns	0,6272 ns
E x A	3	0,1366 ns	2,9696 ns
Erro 2	12	0,1695	0,3348
Média Geral		3.562,46	1.576,25
C.V. (%)		40,50	36,20

* e ns representam respectivamente, significativo a 5% e não significativo pelo Teste F. Cálculos realizados com os dados em $t\ ha^{-1}$.

As produções de grãos de arroz obtidas pelas épocas de plantio 1 e 2, que foram as efetuadas no início do inverno e com as colheitas no final desta estação, foram respectivamente superiores em 12 e 8% à produção média do Estado do Pará (Anuário, 1999). Entretanto, estas produções ainda ficaram 49%, em média, abaixo da produção média do Brasil. Observações semelhantes foram feitas sobre os resultados médios das duas adubações. Esse comportamento mostra que ao se atrasarem os plantios de arroz, que normalmente são realizados a partir do final de dezembro até o final do mês de janeiro, ainda há a possibilidade de boas produções de grãos, como os plantios 1 e 2 realizados aqui durante o mês de fevereiro.

Houve um comportamento diferenciado para as produções de grãos dos plantios 3 e 4 realizados no período de menor precipitação, com as colheitas sendo realizadas no período de maior precipitação do ano seguinte (Tabela 103).

As boas produções observadas nestas duas épocas de plantio podem ter sido influenciadas pelo plantio anterior de feijão caupi, através de um fornecimento extra de N ao sistema. Assim sendo, a época 3 foi 43% superior à produção média das épocas de plantio 1 e 2, 57% superior à média estadual e 30% inferior à nacional do ano de 1999 (Anuário, 1999). A época 4, por ter sido plantada num período de menor precipitação e colhido no de maior precipitação, sofreu duplamente com a adversidade climática. Ainda assim, sua produção de grãos foi considerada boa, sendo somente 18,6% inferior à produção estadual.

TABELA 103- Produções de matéria seca de biomassa aérea e de grãos de arroz de áreas experimentais em função das épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

Épocas de Plantio	Produção (kg ha ⁻¹)	
	Biomassa aérea	Grãos
1 (janeiro)	2.861,11 b	1.542,50 a
2 (março)	3.638,85 a	1.487,50 a
3 (maio)	3.956,25 a	2.156,25 a
4 (julho)	3.716,25 a	1.118,75 a
Adubações		
NPK	3.605,53 a	1.468,13 a
NPK+P	3.519,40 a	1.684,38 a

Números seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

Kato (1998a) verificou, em áreas de Latossolo Amarelo com cobertura morta e adubação, produções de grãos de arroz 1,0 t ha⁻¹ superiores às aqui observadas. Entretanto, todos os tratamentos produziram mais do que o tratamento completo (1,1 t ha⁻¹) realizado por Galvão et al. (1978), num Latossolo Vermelho do cerrado; também foram superiores aos observados por Reuler & Janssen (1993) no primeiro ano (0,9 t ha⁻¹) e semelhantes aos do segundo ano (1,2 t ha⁻¹) de cultivo na África. Foram também semelhantes aos resultados observados por Sampaio & George (1991) num Latossolo Amarelo de

Rondônia, que recebeu somente 40 kg ha⁻¹ de P, e aos observados por Smyth et al. (1991) na Amazônia Peruana.

Aldunate & Mejía (1991) obtiveram média de 2,9 t ha⁻¹ de grãos de arroz cultivado em áreas após a queima da vegetação na Bolívia. Bertsch & Vega (1991) obtiveram 1,9 t ha⁻¹ de grãos de arroz em sistemas de baixo insumo na Costa Rica.

As produções observadas no presente estudo, foram consideradas expressivas quando comparadas às de outros experimentos, por se tratar de um manejo que não se utiliza da queima para promover uma rápida fertilização do solo, nem de implementos agrícolas e insumos (para diminuir a acidez) para as melhorias das características físicas e químicas do solo, sendo assim recomendado para a região Nordeste do Pará.

5 CONCLUSÕES

A cobertura morta mostrou-se eficiente na manutenção da fertilidade do solo, em todas as características avaliadas, com elevação dos teores de P, Ca, Mg e soma de bases. Os preparos de área mais tardios (maio e julho), como também a adubação NPK, proporcionaram os maiores teores finais da maioria dos atributos químicos do solo.

As plantas de milho apresentaram baixas concentrações de N, P e K e as de mandioca, baixas concentrações de N, P, S e B. Na cultura do caupi somente o Ca e o Mg apresentaram concentrações baixas nas plantas, sendo no período de menor precipitação observadas as maiores concentrações de macronutrientes. Na cultura do arroz na fase de colheita, somente o K apresentou baixa concentração nas plantas.

A adubação NPK+P proporcionou os maiores teores de macro e micronutrientes nas quatro culturas, na maioria dos casos. As épocas de preparo

de área mais tardios, proporcionaram as melhores condições para a nutrição final das culturas.

As culturas apresentaram valores médios totais de acúmulo de nutrientes, na seguinte ordem decrescente: $N > K > Ca > Mg > P \geq S > Cu \geq Mn \geq Fe > Zn > B$. As culturas apresentaram valores médios totais de nutrientes exportados, na seguinte ordem decrescente: $N > K > Ca > P \geq Mg \geq S > Cu > Fe \geq Mn > Zn > B$.

O milho apresentou boa produtividade, estando acima da média estadual, mostrando ser responsivo e estável em ambientes desfavoráveis, ficando evidenciada a possibilidade de dois cultivos sucessivos com o manejo de cobertura morta.

As produções de raízes de mandioca não foram afetadas pelos plantios realizados no período de menor precipitação, mantendo a produtividade semelhante ou superior à média estadual. As produções de grãos de feijão caupi sob o sistema de manejo proposto, foram superiores às produções médias do Estado do Pará e do Brasil. Entretanto, o atraso dos plantio provocou decréscimo de produção. Os plantios de arroz realizados no período de menor precipitação tenderam para produções menores, mas seus rendimentos são incrementados se os plantios forem realizados após o cultivo do feijão caupi.

O preparo de área realizado em maio proporcionou as maiores produções de arroz e feijão caupi e o preparo de julho, as melhores de milho e mandioca. A adubação com maior nível de P (NPK+P), proporcionou incrementos na ordem de 12, 15, 39 e 87% nas produções de mandioca, arroz, milho e caupi respectivamente.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDUNATE, J.; MEJÍA, R. Dinâmica de nutrientes com baixos insumos, sistemas arroz-caupi em el subtropico húmedo de la Provincia Carrasco, Bolivia. In: TALLE LATINOAMERICANO DE MANEJO DE SUELOS TROPICALES, 2., 1991, San José, Costa Rica. **Manejo de suelos tropicales en Latinoamerica**. North Caroline: Soil Science Department, North Carolina State University, USA, 1991. p. 15-22.

ALVARADO, A.; PRADO, C. Efecto del encalado antes de la quema del bosque sobre el rendimiento de arroz, maíz, y caupi en el Chapare, Bolivia. In: TALLE LATINOAMERICANO DE MANEJO DE SUELOS TROPICALES, 2., 1991, San José, Costa Rica. **Manejo de suelos tropicales en Latinoamerica**. North Carolina: Soil Science Department, North Carolina State University, USA, 1991. p. 144-156.

ANDRADE, A. G. de; HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D. de; SARRUGE, J. R. Acumulação diferencial de nutrientes por cinco cultivares de milho (*Zea mays* L.) – Acumulação de macronutrientes. *Anais da ESALQ*, Piracicaba, v. 32, p. 115-149, 1975a.

ANDRADE, A. G. de; HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D. de; SARRUGE, J. R. Acumulação diferencial de nutrientes por cinco cultivares de milho (*Zea mays* L.). II - Acumulação de micronutrientes. *Anais da ESALQ*, Piracicaba, v. 32, p. 150-190, 1975b.

ANDRADE, C. A. de B.; CORRÊA, H. Efeito de espaçamentos, idades de colheita e anos de plantio na produção de raízes e ramas de duas cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Ciência e Prática*, Lavras, v. 15, n. 3, p. 262-275, jul./set. 1991.

ANDREOTTI, M.; SOUZA, E. C. A. de; CRUSCIOL, C. A. C.; RODRIGUES, J. D.; BÜLL, L. T. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo milho em razão da saturação por bases e da adubação potássica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2437-2446, dez. 2000.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro: FIBGE, 1998. v.58, p. 3-21 - 3-39.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro: FIBGE, 1999. v.59, p. 3-23, 3-50.

ARAÚJO, R. da C.; SOUZA, R. J. de; SILVA, A. M. da; ALVARENGA, M. A. R. Efeitos da cobertura morta do solo sobre a cultura do alho (*Allium sativum*, L.). *Ciência e Prática*, Lavras, v. 17, n. 3, p. 228-233, jul./set. 1993.

ASSIS, M. P. de. **Limitações nutricionais para cultura do arroz (*Oriza sativa* L.) em solos orgânicos sob inundação.** 1997. 49 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ASSIS JÚNIOR, S. L. de. **Sistemas agroflorestais versus monoculturas: coleoptera, scarabaeidae e microbiota do solo como bioindicadores de sustentabilidade.** 2000. 70 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BANDY, D. E.; GARRITY, D. P.; SÁNCHEZ, P. A. The worldwide problem of slash-and-burn agriculture. *Agroforestry Today*, Washington, v. 5, n. 3, p. 2-6, 1993.

BARBER, S. A.; OLSON, R. A. Fertilizer use on corn. In: EMPRESA CAPIXABA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual técnico para cultura do milho no Estado do Espírito Santo.** Vitória, 1996. 168 p. (EMCAPA. Documentos, 77).

BASTOS, A. R. R. **Nutrição mineral e produção de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) em solos de várzea inundados.** 1999. 89 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BASTOS, T. X.; COSTA, M. X.; SÁ, T. D. A. **Climatic condition and its influence on the agricultural process at northeast Pará - study case of Igarapé-Açu, State of Pará.** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1995. 6 p. (Comunicado Técnico).

BATISTA, M. M. F.; VIÉGAS, I. de J. M.; PIMENTEL, M. J. de O.; CARVALHO, J. G. de; CARDOSO, E. M. R. Avaliação do estado nutricional de dez cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.) submetidas a adubação orgânica. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria - Fertbio 2000. *Anais...* Santa Maria, Rio Grande do Sul: SBCS/SBM/DCS-UFSM, 2000. p. 147..

BENATTI JÚNIOR, R.; MOREIRA, C. A.; FRANÇA, G. V. Avaliação dos efeitos de sistemas de cultivos na produção de milho e nas propriedades edáficas em Latossolo Roxo no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, n. 1, p. 139-144, jan./abr. 1984.

BERTSCH, F.; VEGA, V. **Dinamica de nutrimentos en un sistema de producción com bajos insumos en un Typic Dystropept del Tropicó Muy Humedo, Río Frío, Heredia, Costa Rica.** In: TALLER LATINOAMERICANO DE MANEJO DE SUELOS TROPICALES, 2., 1991, San José, Costa Rica. **Manejo de suelos tropicales en Latinoamérica.** North Carolina: Soil Science Department, North Carolina State University, USA, 1991. p. 28-32.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P.; LEAL, I. G.; FERREIRA, F. de L. Teores de Na, N, P, S, K e Mg em quatro genótipos de arroz irrigado cultivados em solos salinos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria - Fertbio 2000. **Anais...** Santa Maria, Rio Grande do Sul: SBSC/SBM/DCS-UFSM, 2000. p. 102.

BONO, J. A. M.; OTSUBO, A. A.; SILVA, W. M. Teores de nutrientes em folha e pecíolo de mandioca, em função de fontes e doses de fósforo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria - Fertbio 2000. **Anais...** Santa Maria, Rio Grande do Sul: SBSC/SBM/DCS-UFSM, 2000. p. 175.

BONO, J. A. M.; ZATARIM, M. Doses de fósforo e calagem para a cultura de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria - Fertbio 2000. **Anais...** Santa Maria, Rio Grande do Sul: SBSC/SBM/DCS-UFSM, 2000. p. 100.

BOTELHO, S. M. **Comportamento de variedades de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes níveis de fósforo, em casa de vegetação.** 1986.

Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. rev. aum. trad. Rio de Janeiro: F. Bastos, 1989. 898 p.

BRASIL, E. C.; BURGER, D.; FLOHRSCHÜTZ, G. H. H.; LENTHE, R.; STOLBERG-WERNIGERODE, A. Graf zu.; WOLLERSEN, T.
Aproveitamento da capoeira como fonte de adubo orgânico. In: EMBRAPA-CPATU/GTZ, Pesquisa sobre a utilização e conservação do solo na Amazônia Oriental. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1986. p. 203-222. (Documento, 40).

BRINKMANN, W. L. F.; NASCIMENTO, J. C. do. The effect of slash and burn agriculture on plant nutrients in the Tertiary Region of Central Amazonia. Manaus, *Acta Amazonica*, Manaus, v. 3, n. 1, p. 55-61, abr. 1973.

BRUCE, R. R.; LANGDALE, G. W.; WEST, L. T.; MILLER, W. P. Surface soil degradation and soil productivity restoration and maintenance. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 59, n. 3, p. 654-660, May/June 1995.

BRUINJZEEF, L. A.; CRITCHLEY, W. R. S. **Environmental impacts of moist tropical forests: water related issues and problems of the umids tropics and other warm humid regions**. [S. l.]: UNESCO, 1994. p. 28-35.

BRUN, E. J.; SCHUMACHER, M. V.; VACCARO, S. Produção de serrapilheira e devolução de nutrientes em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual, no Município de Santa Tereza (RS). In: SIMPÓSIO DE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL, 1., 1999, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: IPEF/ESALQ/USP, 1999. CD-ROM.

BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 63-145.

BÜNEMMANN, E.; DENICH, M.; VIELHAUER, K.; VLEK, P. L. G. Fertilizer response of maize and cowpea under conditions of fire-free land preparation in NE Pará. In: SHIFT - Workshop, 3., 1998, Manaus. *Abstracts...* Manaus, 1998. BURGER, D.; FLOHRSCHÜTZ, G. H. A estrutura do setor agrário da Amazônia Oriental: subsidios estatísticos para planos de desenvolvimento e de pesquisa. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., 1984, Belém. *Anais...* Belém: EMBRAPA-CPATU, 1986. v. 6.

BYARD, R.; LEWIS, K. C.; MONTAGNINI, F. Leaf litter decomposition and

mulch performance from mixed and monospecific plantations of native tree species in Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v. 58, n. 2/3, p. 145-155, 1996.

CAMPOS, B. C. de; REINERT, D. J.; NICOLODI, R. et al. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho - Escuro Distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejos de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 19, n. 1, p. 121-126, jan./abr. 1995.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. de B. Efeitos da adubação fosfatada e da densidade de plantas na produtividade de grãos de feijão caupi em regime de sequeiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Caxambú - Fertbio 98. *Anais... Lavras: SBCS/SBM/DCS-UFLA*, 1998a. p. 167.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. de B. Influência de níveis de nitrogênio na produtividade de grãos de milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Caxambú - Fertbio 98. *Anais... Lavras: SBCS/SBM/DCS-UFLA*, 1998b. p. 166.

CARVALHO, V. D.; KATO, M. do S. A. Potencial de utilização da parte aérea da mandioca. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte., v. 13, n. 145, p. 23-28, jan. 1987.

CERRI, C. C. Dinâmica da matéria orgânica em solos de pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 1989, Jaboticabal. *Anais... Jaboticabal: FUNEP*, 1989. p.135-147.

COSTA, J. G. da; CAMPOS, I. S. *Comportamento de cultivares de milho precoce em duas épocas de plantio no Acre*. Rio Branco: EMBRAPA-CPAF, 1993. 5 p. (EMBRAPA-CPAF. Comunicado Técnico, 57).

COSTA, J. G. da; MARINHO, J. T. de S. Efeito de diferentes arranjos no consórcio milho-feijão e milho-caupi no Acre, Brasil. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 30, n. 3, p. 363-368, set. 2000.

DALLAQUA, M. A. M.; ALMEIDA, A. A. da S.; ALMEIDA, J. C. R. de; PEDROSA, S. R.; SHINODA, S. K. N. Produção de matéria seca e nível crítico

de boro em feijociro cultivado em solução nutritiva. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria - Fertbio 2000. Anais... Santa Maria, Rio Grande do Sul: SBCS/SBM/DCS-UFSM, 2000. p. 21.

DANIEL, O. **Definição de indicadores de sustentabilidade para sistemas agroflorestais.** 2000. 112 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

DENICH, M. **Estudo da importância de uma vegetação secundária nova para o incremento da produtividade do sistema de produção na Amazônia Oriental Brasileira.** 1989. 284 p. Tese (Doutorado) - Universidade Georg-August de Göttingen, Alemanha.

DIEKMANN, U. **Biologische und chemische bodencharakteristika zur beurteilung der nachhaltigen produktivität von landnutzungssystemen in der Zona Bragantina, Ost-Amazonien.** 1997. 189 p. Thesis (Ph.D) - Fakultät für Agrarwissenschaften. George-August-Universität Göttingen.

DIEZ, A. J.; POLO, A.; CERRI, C. C.; ANDREUX, F. **Influência do pousio e da pastagem sobre a dinâmica de nutrientes em oxissolos recentemente desflorestados na Amazônia Oriental.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 26, n. 1, p. 77-83, jan. 1991.

DUARTE, S. T.; MALAVASI, U. B. **Avaliação da composição do solo e da serrapilheira em quatro sistemas solo-planta da região Pré-Amazônica.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia. Anais... Goiânia: SBCS, 1993. v. 2, p. 101-102.

DYNIA, J. F.; CAMARGO, O. A. de. **Adsorção e movimento de sulfato em latossolo de cerrado submetido a calagem e adubação fosfatada.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 19, n. 2, p. 249-253, maio/ago. 1995.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual técnico para avaliação nutricional de alimentos e orientações para atividades em laboratório de nutrição animal.** EMBRAPA Amazônia Oriental, Belém, PA: Laboratório de Nutrição Animal, 1997.

EWEL, J. J.; BERISH, C.; BROWN, B. **Slash and burn impacts on a Costa Rica**

west forest site. *Ecology*, Durham, v. 62, n. 1, p. 216-229, Jan. 1981.

EWEL, J. J.; MAZZARINO, M. J.; BERISH, C. W. Tropical soil fertility changes under monocultures and successional communities of different structure. *Ecological Applications*, Washington, v. 1, n. 3, p. 289-302, Aug. 1991.

FAGERIA, N. K. Adequate and toxic levels of copper and manganese in upland rice, common bean, corn, soybean, and wheat grown on na oxisol. *Communications of Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 32, n. 9/10, p. 1659-1676, 2001.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; CARVALHO, J. R. P.; RANGEL, P. H. N.; CUTRIM, V. A. Avaliação preliminar de cultivares de arroz para tolerância à toxidez de ferro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 19, n. 10, p. 1278-1278, 1984.

FAGERIA, N. K.; FERREIRA, E.; PRABHU, A. S.; BARBOSA FILHO, M. P.; FILIPPI, M. C. *Seja doutor do seu arroz*. Piracicaba: POTAFOS, 1995. 20 p. (Arquivo do Agrônomo, 9).

FAGERIA, N. K.; OLIVEIRA, I. P. de; DUTRA, L. G. *Deficiências nutricionais na cultura do feijoeiro e suas correções*. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF-APA, 1996. 40 p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 65).

FAUCI, M. F.; DICK, R. P. Plant response to organic Amendments and decreasing inorganic nitrogen rates in soils from a long-term experiment. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 58, n. 1, p. 134-138, Jan./Feb. 1994.

FERNANDES, C.; MURAOKA, T.; CORAZZA, E. J. Teores foliares de fósforo e produção de grãos em híbridos de milho cultivados em solos de cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria - Fertbio 2000. *Anais...* Santa Maria, Rio Grande do Sul: SBCS/SBM/DCS-UFSM, 2000. p. 100.

FERNANDES, L. A.; VASCONCELLOS, C. A.; FURTINI NETO, A. E.; ROSCOE, R.; GUEDES, G. A. de A. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produção de grãos e matéria seca e acúmulo de nutrientes pelo milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1691-1698, set. 1999.

FERREIRA, A. C. de B. Efeito da adubação com N, Mo e Zn sobre a produção, qualidade de grãos e concentração de nutrientes no milho. 1997a. 74 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FERREIRA, D. F. Sisvar – Sistema de análise de variância para dados balanceados. Lavras: DCE-UFLA, 2000. CD-ROM.

FERREIRA, V. M. Aspectos de crescimento, nutrição e relações hídricas em dois genótipos de milho (*Zea mays*, L.) em função da disponibilidade de água no solo. 1997b. 103 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras - Minas Gerais.

FIDALSKI, J. Resposta da mandioca à adubação NPK e calagem em solos arenosos do Nordeste do Paraná. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 34, n. 8, p. 1353-1359, ago. 1999.

FONSECA, H. M. P. da. Composição química de folhas de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) tolerantes e suscetíveis ao estresse hídrico. 1996. 90 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. Manual da cultura do arroz. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 221 p.

FRANCHINI, J. C.; MOREIRA, A.; VIRGENS FILHO, A. de C.; ABREU, J. B. R. de; MALAVOLTA, E. Avaliação do estado nutricional do milho por diferentes metodologias em função de diferentes doses de NPK. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Caxambú - Fertbio 98. Anais... Lavras: SBCS/SBM/DCS-UFLA, 1998. p. 118.

FRANCO, H. C. I.; COUTINHO, L. M.; PEREIRA, L. S.; CARVALHO, F. P. de; UETA, F. Z. Influência do tipo de folha amostrada na diagnose da nutrição nitrogenada da cultura do milho (*Zea mays* L.). In: CONGRASSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. Anais... Londrina, PR: SBCS/UFLA/UEM/DCS-UFLA, 2001. p. 105.

FURTINI NETO, A. E.; FERNANDES, L. A.; SILVA, M. L. N.;

VASCONCELLOS, C. A.; NASCENTE, C. M. Acúmulo de nutrientes pelo milho sob sistemas de preparo do solo e doses de nitrogênio em Latossolo Vermelho-Escuro face cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 12., 1998, Fortaleza. Resumos... Fortaleza: SBSC/UFC/DCS, 1998. p. 97.

GALON, J. A.; BELLINGIERI, P. A.; ALCARDE, J. C. Efeito de modos e épocas de aplicação de gesso e calcário sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca-80. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 53, n. 1, p. 119-125, Jan./abr. 1996.

GALRÃO, E. Z.; SUHET, A. R.; SOUSA, D. M. G. de. Efeito de micronutrientes no rendimento e composição química do arroz (*Oriza sativa* L.) em solos de Cerrado. *Revista Brasileira Ciência Solo*, Campinas, v. 2, n. 2, p. 128-132, jan./abr. 1978.

GARCIA-OLIVA, F.; SANFORD JR., R. L.; KELLY, E. Effect of burning of tropical deciduous forest soil in Mexico on the microbial degradation of organic matter. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 206, n. 1, p. 29-36, Sept. 1999.

GHUMAN, B. S.; LAL, R. Land clearing and use in the humid Nigerian tropics: II. Soil chemical properties. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 55, n. 1, p. 184-188, Jan./Feb. 1991.

GOMES, F. P. *Curso de estatística experimental*. Piracicaba: Nobel, 14 ed., 2000. 468p.

GOMES, J. A. *Efeito de adubação orgânica e mineral sobre a produtividade do milho e sobre algumas características físicas e químicas de um Podzólico Vermelho - Amarelo*. 1995. 59 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

HAAG, H. P.; MELLO, F. A. F.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C.; COBRA NETO, A.; ANDRADE, R. G. de; COELHO, R. G. Estudos sobre a nutrição do *Pennisetum purpureum* Schum., var. napier cultivado em solução nutritiva. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PASTAGENS, 9., 1985, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Departamento de Produção Animal e Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, 1985. p. 691-695.

HERRERA, R.; JORDAN, C. K.; MEDINA, E.; KLINGE, H. How humans activities disturb the nutrient cycles of a tropical rainforest in Amazonia. *Ambio*, Stockholm, v. 10, n. 2/3, p. 109-114, 1981.

HOFSTEDÉ, R. G. M. The effects of grazing and burning on soil and plant nutrient concentrations in Colombian páramo grasslands. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 173, n. 1, p. 111-132, June 1995.

HÖLSCHER, D.; LUDWIG, B.; MÖLLER, M. R. F.; FOLSTER, H. Dynamic of soil chemical parameters in shifting agriculture in the Eastern Amazon. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 66, n. 2, p. 153-163, Dec. 1997.

HOWELER, R. H.; CADAVID, L. F. Accumulation and distribution of dry matter and nutrients during a 12-month growth cycle of cassava. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 7, n. 2, p. 123-139, Feb. 1983.

JORDAN, C. F. **Nutrient cycling in tropical forest ecosystems**. Chichester, Great Britain: John Wiley, 1985. p. 1-13.

JUO, A. S. R.; FRANZLUEBBERS, K.; DABIRI, A.; SANS, L. M. A. Changes in soil properties during long-term fallow and continuous cultivation after forest clearing in Nigeria. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 56, n. 1, p. 9-18, Nov. 1995.

JUO, A. S. R.; MANU, A. Chemical dynamics in slash-and-burn agriculture. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 58, n. 1, p. 49-60, June 1996.

KARLEN, D. L.; FLANNERY, R. L.; SADLER, E. J. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, n. 2, p. 232-242, Mar./Apr. 1988.

KATO, M. S. A. **Fire-free land preparation as alternative to slash-and-burn agriculture in the Bragantina Region, Eastern Amazon: crop performance and phosphorus dynamics**. 1998a. 145 p. Doctor (Ph.D) - Göttingen, Georg-August University Göttingen, Germany.

KATO, M. S. A.; KATO, O. R.; DENICH, M.; VLEK, P. Fire-free alternatives to slash-and-burn for shifting cultivation in the eastern Amazon region: The role of fertilizers. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 62, n. 2/3, p. 225-237, June 1999.

KATO, M. S. A.; KATO, O. R.; PARRY, M. M., DENICH, M.; VLEK, P. L. G. Fire-free alternatives to slash-and-burn for shifting cultivation in the Eastern

Amazon region: the role of fertilizers. In: SHIFT - Workshop, 3., 1998, Manaus, AM. Abstracts.... Manaus, AM. 1998.

KATO, O. R. **Fire-free land preparation as an alternative to slash-and-burn agriculture in the Bragantina Region, Eastern Amazon: crop performance and nitrogen dynamics.** 1998b. 133 p. Doctor. (Ph. D) - Göttingen, Georg-August University Göttingen, Germany.

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

KITAMURA, Y.; MÖLLER, M. R. F. Clay mineralogy of the Terra Roxa Estruturada soil from forest/savannah in the Amazon region. *Soil Science of Plant Nutrition*, Tokyo, v. 25, n. 3, p. 391-405, 1979.

KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D.; RIBEIRO, C. M.; FERRARO, L. A. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 97-104, jan./mar. 2000.

KÜRTEEN, L. **Research for the tropical forest.** Ufkes Druck GmbH, Köln: Federal Ministry of Education, Science, Research and Technology, 1998. 88 p.

LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D.; GÓMEZ, A. M.; MATEUS, G. P. Avaliação de macromolumentes em folhas e grãos de genótipos de feijão, com e sem aplicação de inseticida granulado sistêmico no solo, em duas épocas de semeadura. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000 - Fertbio 2000. *Anais...* Santa Maria, Rio grande do Sul: SBCS/SBM/DCS-UFSM, 2000a. p. 101.

LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D.; GÓMEZ, A. M.; MATEUS, G. P. Determinação de micromolumentes em folhas e grãos de genótipos de feijão, com e sem aplicação de inseticida granulado sistêmico no solo, em duas épocas de semeadura. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000 - Fertbio 2000. *Anais...* Santa Maria, Rio grande do Sul: SBCS/SBM/DCS-UFSM, 2000b. p. 215.

LIMA, E. do V.; ARAGÃO, C. A.; MORAIS, O. M.; TANAKA, R.; GRASSI FILHO, H. Adubação NK no desenvolvimento e na

concentração de macronutrientes no florescimento do feijoeiro. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 125-129, jan./mar. 2001.

LIMA, E. do V.; CRUSCIOL, C. A. C.; ANDREOTTI, M.; FURLANI JÚNIOR, E.; NAKAGAWA, J. Teores de nutrientes, concentração de clorofila e produtividade de grãos do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em função da adubação nitrogenada de semeadura e em cobertura. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO 3., 2000, - Fertbio 2000. *Anais...* Santa Maria, Rio grande do Sul: SBCS/SBM/DCS-UFSM, 2000. p. 84.

LOPES, A. S. *Guia das melhores técnicas agrícolas*. São Paulo: ANDA, 1996. 28 p.

LOPES, P. R. C.; COGO, N. P.; CASSOL, E. A. Influência da cobertura vegetal morta na redução da velocidade da enxurrada e na distribuição de tamanho dos sedimentos transportados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 11, n. 2, p. 193-197, maio/ago. 1987.

LUIZÃO, F. L.; GALLARDO-ORDINOLA, J.; TAPIA-CORAL, S.; WALDELLI, E. V. Carbono e nutrientes na liteira em sistemas agroflorestais na Amazônia. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria - Fertbio 2000. *Anais...* Santa Maria, Rio Grande do Sul: SBCS/SBM/DCS-UFSM, 2000. p. 15.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; PAIVA, E. *Fisiologia da planta de milho*. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1995. 27 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica).

MALAVOLTA, E.; ALMEIDA, C. L. F. de; DARJO, G. J. A.; MARIA, I. C. de; BRITO NETO, J.; BALDEON, J. R. M.; FARINAZZO FILHO, M.; LORANDI, R. Estudo sobre a nutrição mineral do arroz. XXV Exigências nutricionais da variedade Dourado precoce. Piracicaba, *Anais da ESALQ*, v.40(2): 985-1005, 1983.

MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Ceres, 1980. 254 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional de plantas, princípios e aplicações**. 2. ed. rev. e atual. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARIANO, E. D'A.; FAQUIN, V.; SANTOS, I. O. dos; OLIVEIRA JÚNIOR, A. C. Produção e níveis críticos de boro para feijoeiro em solos de várzea do sul de Minas Gerais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Lavras - Fertbio 98. Anais... Lavras: SBCS/SBM/DCS-UFLA, 1998. p. 726.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press Limited, 1995. 889 p.

MARTINS, P. F. da S.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C.; ANDREUX, F. Consequências do cultivo e do pousio sobre a matéria orgânica do solo sob floresta natural na Amazônia Oriental. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 20, p. 19-28, 1990. Único.

MEDINA, E. Deforestation in the tropics: evaluation of experiences in the Amazon Basin focusing on atmosphere-forest interactions. In: MOONEY, H. A. et al. **Ecosystem experiments**. New York, USA: John Wiley, 1991. p. 23-27.

MELO, F. de B.; CARDOSO, M. J.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; ATHAYDE SOBRINHO, C. Efeitos de diferentes sistemas de manejo do solo em suas propriedades físicas e na produtividade de grãos de feijão caupi. In: XII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 12., 1998, Fortaleza, Ceará. Resumos.... Fortaleza: RBMCSA, 1998. p.112-113.

MESQUITA, H. A. de. **Efeito do gesso e do calcário em solo aluvial cultivado com arroz (*Oriza sativa* L.)**. 1993. 81 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

METZGER, J. P.; DENICH, M.; VIELHAUER, K.; KANASHIRO, M. Fallow periods and landscape structure in areas of slash and burn agriculture (NE Brazilian Amazon). In: SHIFT - Workshop, 3., 1998, Manaus, AM. Abstracts... Manaus, 1998.

MONTEIRO, F. T.; ARAÚJO, E. A. de; LANI, J. L. Avaliação da fertilidade em áreas de capoeira e pastagens em diferentes estádios de degradação em Rondônia. In: CONGRASSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. Anais... Londrina: SBCS/UEL/UEM, 2001. p. 140.

MORAES, J. F. L. **Conteúdo de carbono e nitrogênio e tipologia de horizontes nos solos da Bacia Amazônica.** 1991. 84 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, SP.

MORAES, R. N. de S.; GOMES, T. C. de A. AZEVEDO, K. de S.; SILVA, J. M. M. da; LOPES, V. M. B.; FURTADO, S. C. Produtividade e estado nutricional do milho em solos submetidos a pousio com *Pueraria phaseoloides* e diferentes formas de preparo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Lavras - Fertbio 98. Anais... Lavras: SBCS/SBM/DCS-UFLA, 1998. p. 586.

MORAES, R. N. de S.; GOMES, T. C. de A.; AZEVEDO, K. de S.; LOPES, V. M. B.; FURTADO, S. C. Produtividade e estado nutricional do milho em solo submetido a pousio com *Pueraria phaseoloides* e diferentes formas de preparo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Santa Maria - Fertbio 98. Anais... Lavras: SBCS/SBM/DCS-UFLA, 1998. p. 586

MOREIRA, A.; ROCHA, E. da S.; ALENCAR, E. dos S.; RODRIGUES, M. do R. L. Levantamento da fertilidade do solo no Estado do Amazonas (1^o aproximação). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO 3., 2000, Santa Maria – Fertbio 2000. Anais... Santa Maria, Rio Grande do Sul: SBCS/SBM/DCS-UFSM, 2000. p. 149.

MOREIRA, S. G.; KIEHL, J. C.; PROCHNOW, L. I.; PAULETTI, V. Calagem em sistemas de semeadura direta e efeitos sobre a acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e produtividade de milho e soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 71-81, jan./mar. 2001.

MOTA, J. H.; MARINHO, J. T. de S.; TEIXEIRA, I. R.; LIMA, G. J. de; CARVALHO, J. G. de. Teores de micronutrientes na parte aérea do feijociro cv. Pérola em função da aplicação de boro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Lavras - Fertbio 98. Anais... Lavras: SBSC/SBM/DCS-UFLA, 1998. p. 86.

NUNEZ, J. B. H. Fitomassa e estoque de bioelementos das diversas fases da vegetação secundária, provenientes de diferentes sistemas de uso da terra no Nordeste Paraense, Brasil. 1995. 184 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Belém, PR.

NYE, P. H. Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest. *Plant and Soil*, The Hague, v. 21, n. 1, p. 333-346, 1961.

OHIRI, A. C.; EZUMAH, H. C. Tillage effects on cassava (*Manihot esculenta* Crantz) production and some soil properties. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 17, n. 3/4, p. 221-229, Sept. 1990.

OKALI, D. U. U. Sustainable use of west African moist forest lands. *Biotropica*, St. Louis, v. 24, n. 2, p. 335-344, June 1992.

OLIVEIRA, G. S.; SOUZA, E. C. A. de; ARF, O. Resposta do arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado por aspersão à aplicação de potássio e zinco. II. Características químicas do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO 3., 2000, Santa Maria - Fertbio 2000. Anais... Santa Maria, Rio Grande do Sul: SBSC/SBM/DCS-UFSM, 2000. p. 47.

OLIVEIRA, J. O. A. P.; VIDIGAL FILHO, P. S.; TORMENA, C. A.; PEQUENO, M. G.; SCAPIM, C. A.; MUNIZ, A. S.; SAGRILLO, E. Influência de sistemas de preparo do solo na produtividade da mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 443-450, abr./jun. 2001.

OLIVEIRA, R. H. de. Produção e teores de nitrogênio no solo e no milho "safriinha" irrigado em resposta a doses de nitrogênio, de composto orgânico e de molibidênio. 1998. 128 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ONWUEME, I. C. *The tropical root and tuber crops*. New York: John Wiley, 1978. 315 p.

PALM, C. A.; SWIFT, M. J.; WOOMER, P. L. Soil biological dynamics in slash-and-burn agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v. 58, n. 1, p. 61-74, June 1996.

PARRA, S. M. *Dinâmica de matéria orgânica e de nutrientes num Latossolo Roxo distrófico submetido aos sistemas de plantio convencional e direto e a diferentes sucessões de culturas*. Viçosa: UFV. Imprensa Universitária, 1986. 94 p.

PAULETTI, V. *Nutrientes: teores e interpretações*. Campinas: Fundação ABC/Fundação Cargill, 1998. 59 p.

PASSOS, O. S.; MATTOS, P. L. P.; SAMPAIO, A. O. A mandioca como cultura empresarial: um desafio ao governo e aos empresários do Nordeste. *Mandioca em Foco*, Cruz das Almas, v. 2, p. 1-2, 1994.

PIMENTEL, G. B. M. *Sistema de manejo de um solo Glei pouco húmico do Médio Amazonas Paraense, Monte Alegre – PA*. 1991. 70 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém.

PIRES, F. R.; SOUZA, C. M. de; ESPOETI, M. D. D. Influência da profundidade de deposição do adubo de plantio no estado nutricional do milho (*Zea mays* L.) em plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Lavras - Fertbio 98. *Anais...* Lavras: SBCS/SBM/DCS-UFLA, 1998. p. 136.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996. 285 p.

RAIJ, B. van. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: POTAFOS, 1991. 343 p.

REULER, H. van; JANSSEN, B. H. Nutrient fluxes in the shifting cultivation system of south-west Côte d'Ivoire. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 154, n. 2, p. 179-188, July 1993.

- REUTER, D. J.; ROBINSON, J. B. **Plant analysis na interpretation manual**. 2. ed. Collingwood, Australia: CSIRO Publishing, 1997. 570 p.
- RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG 8.0**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 97 p. Apostila (mimeografada).
- RITZINGER, C. H. S. P; OLIVEIRA, R. P. de; VIÉGAS, M. R. **Influência do pH, cobertura morta e época de plantio na incidência de mela do feijoeiro**. Rio Branco: EMBRAPA/CPAF, 1992. p. 8-30. (EMBRAPA/CPAF. Boletim de Pesquisa, n. 4).
- RODRIGUES, M. do R. S. **Disponibilidade de micronutrientes em solos da Amazônia**. 1998. 156 p. Tese (Doutorado em Solos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.
- SAMPAIO, F. A. R. **Balanço de nutrientes em um sistema de agricultura migratória no Município de Ji-Paraná, RO**. 1997. 102 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- SAMPAIO, N. F.; GEORGE, H. D. **Adubação fosfatada em Latossolo Amarelo para cultura do arroz com baixa tecnologia em Rondônia - Brasil**. In: TALLER LATINOAMERICANO DE MANEJO DE SUELOS TROPICALES, 2., 1991, San José, Costa Rica. **Manejo de suelos tropicales en Latinoamerica**. North Carolina: Soil Science Department, North Carolina State University, USA, 1991. p. 23-27.
- SÁNCHEZ, P. A.; BANDY, D. E.; VILLACHICA, J. H.; NICHOLAIDES, J. J. **Amazon basin soil management for continuous crop production**. *Science*, Washington, v. 216, n. 4548, p. 821-827, May 1982.
- SÁNCHEZ, P. A. **Phosphorus, silicon, and sulfur**. In: SÁNCHEZ, P. A. **Properties and management of soils in the tropics**. New York: John Wiley, 1977. p. 286-293.
- SÁNCHEZ, P. A. **Suelos del tropico, características y manejo**. San José, Costa Rica: IICA, 1981. 660 p.
- SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. de. **Influência do arranjo de plantas e da época de semeadura sobre características agrônômicas de milho e feijoeiro consorciados**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 28, n. 10, p.

1173-1181, out. 1993.

SANGOI, L. & KRUSE, N. D. Acúmulo e distribuição de matéria seca em diferentes frações da planta de mandioca no Planalto Catarinense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 10, p. 1151-1164, out. 1993.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeito de sistemas de produção de grãos e de pastagens sob plantio direto sobre a fertilidade do solo após cinco anos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO 3., 2000, Santa Maria – Fertbio 2000. **Anais...** Santa Maria, Rio Grande do Sul: SBCS/SBM/DCS-UFSM, 2000. p. 206.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Rotação de culturas em Garapuava. XVII. Eficiência energética dos sistemas de rotação de culturas para a cevada, em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 7, p. 1075-1081, jul. 1994.

SAYRE, J. D. Mineral accumulation in corn. **Plant Physiologie**, 23: 267-281, 1948.

SCHUBART, H. O. R. Critérios ecológicos para o desenvolvimento agrícola das terras firmes da Amazônia. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 7, n. 1, p. 559-567, mar. 1977.

SCHULZE, E.D.; MOONEY, H. A. **Biodiversity and ecosystem function**. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1994. 525 p.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, n. 3, p. 507-512, Sept. 1974.

SILVA, A. J. da; MELO, V. F.; MEDEIROS, R. D. de. Limitações nutricionais para a cultura do arroz em solo de várzea do Estado de Roraima. II. Concentração de macronutrientes na parte aérea. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Lavras - Fertbio 98. **Anais...** Lavras: SBCS/SBM/DCS-UFLA, 1998. p. 564.

SILVA, G. R. da; SILVA JÚNIOR, M. L. da. Efeito das propriedades químicas de um Latossolo Amarelo na produção de matéria seca de plântulas de *Eucalyptus urophylla*. In: CONGRASSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. Anais... Londrina: SBCS/UEL/UEM, 2001. p. 145.

SILVA JÚNIOR, M. L. da; VIELHAUER, K.; DENICH, M.; VLEK, P. L. G. Produção de culturas alimentares em função de preparo de área e de enriquecimento de capoeira na localidade de Cumaru, Município de Igarapé-Açu - Pará. In: SEMINÁRIO DE ENCERRAMENTO DA SEGUNDA FASE DO PROJETO SHIFT CAPOEIRA. Manejo da vegetação secundária para a sustentabilidade da agricultura familiar na Amazônia Oriental. Belém, Pará: EMBRAPA/CPATU/CNPq, 1999a. 37 p.

SILVA JÚNIOR, M. L. da; VIELHAUER, K.; DENICH, M.; VLEK, P. L. G. Produção de culturas alimentares em função de preparo de área e de enriquecimento de capoeira na localidade de Iracema, Município de Castanhal - Pará. In: SEMINÁRIO DE ENCERRAMENTO DA SEGUNDA FASE DO PROJETO SHIFT CAPOEIRA. Manejo da vegetação secundária para a sustentabilidade da agricultura familiar na Amazônia Oriental. Belém, Pará: EMBRAPA/CPATU/CNPq, 1999b. 37 p.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistemas de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 387-394, abr./jun. 2001.

SIQUEIRA, N. S. Efeito de sistemas de preparo de sobre algumas propriedades químicas e físicas do solo e sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.). 1995. 78 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SKERMAN, P. J.; RIVEROS, F. *Gramíneas tropicales*. Roma: FAO, 1992. 849 p. (Colección FAO: Producción y protección vegetal, 23).

SMITH, J.; KOP, P. van de; REATEGUI, K.; LOMBARDI, I.; SABOGAL, C.; DIAZ, A. Dynamics of secondary forests in slash-and-burn farming: interactions among land use types in the Peruvian Amazon. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v. 76, n. 2/3, p. 85-98, Nov. 1999.

SMYTH, T. J.; ALEGRE, J. C.; PALM, C. A. Dinámica de nutrientes del suelo durante tres años de cultivos de bajos insumos en un Ultisol de la Amazonia Peruana. In: TALLER LATINOAMERICANO DE MANEJO DE

SUELOS TROPICALES, 2., 1991, San José, Costa Rica. **Manejo de suelos tropicales en Latinoamérica**. North Carolina: Soil Science Department, North Carolina State University, USA, 1991. p. 39-47.

SMYTH, T. J.; BASTOS, J. B. Alterações na fertilidade de um Latossolo Amarelo Álico pela queima da vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, n. 2, p. 127-132, ago./set. 1984.

SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **The contribution of soil science to the development of and implementation of criteria and indicators of sustainable forest management**. Madison: Soil Science Society of America, 1998. p. 1-80. (SSSA. Special Publication, n. 53).

SOUZA, F. R. S.; RAMALHO, M. A. P.; OLIVEIRA, A. C. de; SANS, L. M. A. Estabilidade de cultivares de milho em diferentes épocas e locais de plantio em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 6, p. 885-892, jun. 1991.

SOUZA, L. S.; CARVALHO, F. L. C.; CALDAS, R. C.; MATTOS, P. L. P. Efeito da profundidade de lavração na cultura da mandioca. I. Componentes do rendimento. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 13, p. 147-156, 1994.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. L. Effects of soil tillage systems on the water use and on common bean yield. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 835-841, abr. 2000.

THOMAZI, M. D.; MELLO, F. de A. F. de; ARZOLLA, S. Competição de adubos nitrogenados na cultura do milho (*Zea mays* L.) cv. Piranão. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v. 44, n. 1, p. 77-104, 1987.

TINKER, P. B.; INGRAM, J. S. I.; STRUWE, S. Effects of slash-and-burn agriculture and deforestation on climate change. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 58, n. 1, p. 13-22, June 1996.

TRANNIN, I. C. B.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M. de. Aplicação de um biossólido industrial na cultura do milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria - Fertbio 2000.

Anais... Santa Maria, Rio Grande do Sul: SBCS/SBM/DCS-UFSM, 2000. CD-ROM.

TRENBATH, B. R.; CONWAY, G. R.; CRAIG, I. A. Threats to sustainability in intensified agricultural systems: analysis and implication for management. 1990. p. 337-365.

TUCCI, C. A. F.; SERRÃO, E. L. Adução nitrogenada para cultura do milho (*Zea mays* L.) em Latossolo Amarelo de ecossistema de Terra Firme da Amazônia Ocidental. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Saanta Maria - Fertbio 98. **Anais...** Lavras: SBCS/SBM/DCS-UFLA, 1998. p. 173.

UZÊDA, M. C. Efeitos do cultivo e do pousio sobre o solo e a vegetação secundária da Amazônia Oriental. 1995. 81 p. Dissertação (Mestrado em Solos) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

VIEIRA, C.; ARAÚJO, G. A. de A.; CHAGAS, J. M. Efeitos das datas de plantio sobre o feijão cultivado no outono – inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 6, p. 863-873, jun. 1991.

VIEIRA, I. C. G.; SALOMÃO, R. de P.; ROSA, N. de A.; NEPSTAD, D. C.; ROMA, J. C. O renascimento da floresta no rastro da agricultura. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 119, p. 38-44, abr. 1996.

VIEIRA, L. S. Manual da ciência do solo: com ênfase aos solos tropicais. São Paulo: Agronômica Ceres, 1988. 464 p.

YAMADA, T.; LOPES, A. S. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. de. **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas.** Lavras: SBCS/UFLA/DCS, 1999. p. 143-161.