

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Fundação Universidade do Amazonas

IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA DO USO DE LEGUMINOSAS
COMO PLANTAS DE COBERTURA EM GUARANAIS NO
ESTADO DO AMAZONAS

ACILINO DO CARMO CANTO

Tese apresentada ao Programa de Pós-
graduação do INPA/FUA para obtenção do
título de Doutor em Ciências Biológicas, área
de concentração Ecologia.

Importancia ecologica do uso de
1989 TS-PP-T008/89

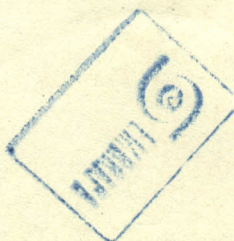


CPAA-3111-1

1989

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Fundação Universidade do Amazonas

**IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA DO USO DE LEGUMINOSAS
COMO PLANTAS DE COBERTURA EM GUARANAZAIS NO
ESTADO DO AMAZONAS**



Aluno : Acilino do Carmo Canto¹
Orientador: Herbert O. R. Schubart

Tese apresentada ao Programa de
Pós-graduação do INPA/FUA para
obtenção do título de Doutor em
Ciências Biológicas, área de
concentração Ecologia.

¹Pesquisador II da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMBRAPA-UEPAE de Manaus.

EMBRAPA/DID

Valor Aquisição Cr\$ _____

N.º N. fiscal fatura _____

Fornecedor *auter* _____

N.º Ordem Compra _____

Origem *Doação* _____

N.º de Tombo *24/90* _____

Orientador

Dr. Herbert Otto Roger Schubart



A meus pais Pedro e Maria do Carmo,
à minha dedicada esposa Ana Lúcia e
às minhas queridas filhas Ana Caro
lina, Ana Júlia e Ana Paula.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), pela oportunidade de realização do Curso de Doutorado;

Ao Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA);

À Fundação Universidade do Amazonas (FUA);

Ao Dr. Herbert Otto Roger Schubart (Orientador) e aos Drs. William Antonio Rodrigues, Jean-Louis Guillaumet, João Baptista Silva Ferraz e Ilse Walker, membros da Banca julgadora;

Aos funcionários do INPA, em especial à Dra. Elisiana Oliveira e aos funcionários do laboratório de Pedobiologia, pelas análises da pedofauna;

Aos colegas de trabalho da EMBRAPA-UEPAE de Manaus, em especial ao Luiz Antelmo, ao Manoel Cravo e ao Walter Bowen pelas críticas e correções efetuadas; aos Téc. Agrícolas Argemiro, Sabino, Edmilson, Ernani e Antonio Carlos, pelo auxílio na implantação e coleta de dados do experimento; aos empregados dos laboratórios de solo e planta pelas análises efetuadas; à Vera Luiza, pelo auxílio na dactilografia do texto; e, ao Ricardo Escobar, pela orientação na programação do experimento e análise dos dados obtidos;

A todos aqueles, que direta ou indiretamente, colaboraram para que este trabalho fosse realizado, expresso os meus mais sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA DO AUTOR

ACILINO DO CARMO CANTO, filho de Pedro Soares do Canto e Maria do Carmo Canto, nasceu na cidade de Óbidos, Estado do Pará a 09 de agosto de 1941.

Em 1962, ingressou na Escola de Agronomia da Amazônia (atualmente Faculdade de Ciências Agrárias do Pará), diplomando-se em Engenharia Agrônômica, em 1965.

Em 1966, foi contratado pelo Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte (IPEAN).

Em setembro de 1968, obteve o grau de "Magister of Science" em Zootecnia, em North Carolina State University, at Raleigh, NC (USA), voltando ao IPEAN, onde desenvolveu trabalhos com pastagens até 1969.

Em outubro de 1969, transferiu-se para o IPEAAO (hoje UEPAE de Manaus) onde passou a exercer suas atividades profissionais, até a presente data.

Em março de 1982, ingressou no Curso de Doutorado na área de Ecologia, no Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia/ Fundação Universidade do Amazonas, em Manaus, Amazonas.

IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA DO USO DE LEGUMINOSAS COMO PLANTAS DE COBERTURA EM GUARANAIS, NO ESTADO DO AMAZONAS

A retirada da floresta, pela derrubada e queima da biomassa, provoca perturbações diversas no conjunto de ecossistema como um todo, pela eliminação de nichos ecológicos e de fontes de alimentos da fauna, pela deteriorização da qualidade do solo, com referência às mudanças adversas nas características físicas, químicas e biológicas do mesmo. Práticas culturais que não exponham o solo às intempéries e evitem fenômenos destrutivos, incluem o uso de plantas de cobertura, dentre outras, leguminosas, em combinação com culturas perenes.

Para estudar os efeitos da introdução de leguminosas de cobertura em plantios comerciais de guaraná, sobre a cobertura do solo, o controle de invasoras, a ciclagem de nutrientes, as características físico-químicas do solo, a fauna do solo, e o desenvolvimento das plantas de guaraná, foi conduzido o presente trabalho, no Campo Experimental da EMBRAPA-UEPAE de Manaus, localizado no km 29 da Rodovia Torquato Tapajós (AM-010), no município de Manaus, Estado do Amazonas, Brasil. A área está localizada em terra firme com 50m de altitude, com solo classificado como Latossolo Amarelo muito argiloso. O clima é quente e úmido, do tipo "Af" segundo a classificação de Köppen. Os tratamentos constaram de cinco coberturas verdes: Natural (vegetação natural), Indigófera (*Indigofera tinctoria* L.), Flemingia (*Flemingia congesta* (Roxb.) var. *semialata* (Roxb) Bak.), Mucuna (*Mucuna cochinchinensis*) e Desmódio (*Desmódium ovalifolium* (Wall. ex Merr.) CIAT 350), em blocos (Split block), com 4 repetições, usando-se 3 clones de guaraná, com e sem "mulch".

Mucuna e Indigófera se estabeleceram mais rapidamente e aos 4 meses chegavam a cobrir todo o solo, controlando

muito bem as invasoras, porém, não resistiram aos cortes freqüentes.

Flemingia e Desmódio, com desenvolvimento inicial lento apresentaram resistência a cortes freqüentes e boa capacidade de rebrota. Após o segundo corte, cobriram completamente o solo e controlaram as invasoras. Estas duas leguminosas produziram em torno de 11 t/ha de matéria seca, em dois cortes, reciclando grandes quantidades de nutrientes, especialmente N (225 kg/ha na Flemingia e 169 kg/ha no Desmódio) e K (104 kg/ha na Flemingia e 79 kg/ha no Desmódio). As coberturas dessas duas leguminosas proporcionaram menores temperaturas na camada superficial do solo, aumento nos teores de água disponível no solo, menores densidades aparentes e melhoria na agregação das partículas do solo, pela incorporação de grandes quantidades de matéria orgânica. Quanto ao "status" de nutrientes do solo, houve um aumento nos teores de N, P, Mg, C orgânico, e Cu. Os teores de Al e a porcentagem de saturação de Al também aumentaram e verificou-se uma tendência de acidificação do solo.

A grande quantidade de matéria orgânica incorporada pelas leguminosas ao solo, serviram de fonte inicial de C e nutrientes, ajudando o estabelecimento da biota do solo. Quando comparadas com a cobertura Natural, as leguminosas proporcionaram uma rápida recolonização do solo, uma maior diversidade de grupos e um aumento no número de indivíduos dos grupos predominantes (Acari e Collembola).

Flemingia e Desmódio proporcionaram melhores condições físicas no solo para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas de clones de guaraná, que é muito superficial e delicado. O curto período de duração do experimento (15 meses) não foi suficiente para avaliar completamente os efeitos das plantas de cobertura sobre o desenvolvimento vegetativo do guaranazeiro. Verificou-se maior acúmulo de matéria seca e de nutrientes nas plantas sob cobertura Natural, Flemingia e

Desmódio, que não competiram por luz e água com as mesmas, por apresentarem desenvolvimento inicial lento. Os efeitos do "mulch" seguiram a mesma tendência das verificadas com as leguminosas, pela incorporação de material orgânico ao solo, melhorando as propriedades físicas (temperatura, água disponível, densidade e agregados do solo) e biológicas do solo e algumas propriedades químicas (diminuição do teor de Al e aumento dos teores de K, Ca, Mg, Mn, Zn, N e C).

**ECOLOGICAL IMPORTANCE OF LEGUMES AS COVER CROPS IN GUARANA
CULTIVATION IN THE STATE OF AMAZONAS**

Deforestation of the tropical rainforest results in destructive disturbance of the ecosystem as a whole, eliminating ecological niches and faunal food sources. This destruction also usually includes a deterioration in soil quality with reference to soil physical, chemical and biological characteristics. Cultural practices that provide a continuous ground cover, such as the use of legume cover crops in perennial tree crop systems, should be best at protecting the soil and maintaining the long term productivity of deforested lands.

To determine the potential for legume cover crops within a guarana estate, a field experiment designed to measure soil protection, weed control, nutrient cycling, soil physical-chemical characteristics, soil fauna, and growing rate of guarana plants, was conducted at EMBRAPA-UEPAE de Manaus's Experimental Station located at km 29 of the Torquato Tapajós (AM-010) road, in the county of Manaus, Amazonas, Brazil. The site is located in the "terra firme" ecosystem at 50m above sea level, in a very clayey yellow Latosol. The climate is hot and humid, classified by Köppen as "Af" type. The main plot treatments were five live covers: Natural (natural vegetation), *Indigofera* (*Indigofera tinctoria* L.), *Flemingia* (*Flemingia congesta* (Roxb.) var. *semialata* (Roxb) Bak.), *Mucuna* (*Mucuna cochinchinensis*) e *Desmódio* (*Desmodium ovalifolium* (Wall ex Merr.) var. CIAT 350), grown in a split block design with four replications, using 3 guarana clones, with and without mulch, as subplot treatments.

Mucuna and Indigofera quickly established and covered the soil in four months. They suppressed weeds but did not resist frequent defoliations. Flemingia and Desmodio had slow initial growth but were more resistant to frequent cuttings and had good regrowth capacity. After the second cut they completely covered the soil and suppressed weeds. Flemingia and Desmodio produced about 11 tons of dry matter per hectare, in two cuts, that contained large quantities of N (225 kg/ha in Flemingia and 169 kg/ha in Desmodio) and K (104 kg/ha in Flemingia and 79 kg/ha in Desmodio). These same two legumes promoted lower temperatures in the soil surface (10cm), increased levels of available water in the soil, lowered bulk densities and improved soil aggregation through the incorporation of high quantities of organic matter. The growing of Flemingia and Desmodio also resulted in increased levels of N, P, Mg, organic C and Cu in the soil. The levels of Al and the percent Al saturation were also increased and an acidification tendency of the soil was observed. The large quantities of organic matter added to the soil where these legumes were grown served as initial C and nutrient sources that helped the soil biota increase; when compared to natural cover, Flemingia and Desmodio promoted rapid soil recolonization, higher group diversity and an increase in the population of the two predominant groups, Acari and Collembola.

Flemingia and Desmodio promoted better soil physical conditions for development of the guarana's root system, which is very superficial and delicate. The short duration of the experiment (15 months) was not sufficient to completely evaluate the effect of legume cover crops on the vegetative development of guarana. Plants under Natural, Flemingia and Desmodio covers had greater dry matter and nutrient accumulations, probably due to the slow initial growth of the covers that did not compete with the guarana plants for light and

water. The effects of the mulch followed the same tendencies of the legumes since the addition of organic matter to the soil improved soil physical and biological properties and some chemical ones.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE TABELAS, FIGURAS E GRÁFICOS			
RESUMO			
ABSTRACT			
1 - INTRODUÇÃO			01
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA			03
3 - MATERIAL E MÉTODOS			17
3.1 - Caracterização da área			17
3.2 - Material botânico utilizado			21
3.2.1 - Leguminosas			21
3.2.2 - Clones de guaraná			23
3.3 - Características do experimento			23
3.3.1 - Tratamentos			23
3.3.2 - Delineamento experimental			23
3.3.3 - Detalhes do experimento			24
3.3.4 - Instalação e duração do experimento			24
3.3.5 - Tratos culturais			25
3.4 - Parâmetros avaliados			25
3.4.1 - Plantas de cobertura			25
3.4.2 - Física do solo			26
3.4.3 - Química e análise do solo			27
3.4.4 - Fauna do solo			28
3.4.5 - Plantas de guaraná			29
3.4.6 - Análise estatística			30
3.4.6.1 - Análise de variância			30
3.4.6.2 - Comparação de médias			30
3.4.6.3 - Transformação de dados			30
4 - RESULTADOS			31
4.1 - Plantas de cobertura			31
4.1.1 - Velocidade de estabelecimento			31
4.1.2 - Controle e Invasoras			31
4.1.3 - Longevidade e resistência a cortes			35
4.1.4 - Produção de matéria seca			35
4.1.5 - Acúmulo de nutrientes pelas coberturas			37
4.2 - Física do solo			39
4.2.1 - Temperatura do solo			39

4.2.2	- Umidade gravimétrica	38
4.2.3	- Densidade aparente do solo	44
4.2.4	- Estabilidade de agregados	44
4.2	- Química do solo	44
4.3.1	- pH	47
4.3.2	- Fósforo assimilável	47
4.3.3	- Potássio	49
4.3.4	- Cálcio	49
4.3.5	- Magnésio	49
4.3.6	- Alumínio e saturação de Alumínio	50
4.3.7	- Manganês, Zinco e Cobre	51
4.3.8	- Carbono, Nitrogênio, Matéria orgânica	51
4.4	- Fauna do solo	55
4.4.1	- Grupos presentes	55
4.4.2	- Número de indivíduos por grupo	57
4.4.3	- Densidade dos principais grupos	57
4.4.4	- Frequência relativa da mesofauna	63
4.5	- Plantas de guaraná	63
4.5.1	- Desenvolvimento vegetativo	63
4.5.2	- Produção e distribuição de matéria seca	70
4.5.3	- Acúmulo de nutrientes na matéria seca	72
5	- DISCUSSÃO	75
5.1	- Plantas de cobertura	75
5.1.1	- Velocidade de estabelecimento	75
5.1.2	- Controle de invasoras	77
5.1.3	- Longevidade e resistência a cortes	78
5.1.4	- Produção de matéria seca	79
5.1.5	- Acúmulo de nutrientes	80
5.2	- Física do solo	82
5.2.1	- Temperatura do solo	82
5.2.2	- Umidade e Densidade aparente	84
5.2.2	- Estabilidade de agregados	88
5.3	- Efeito das coberturas e do "mulch" no "status" de nutrientes do solo	90
5.4	- Fauna do solo	95
5.4.1	- Diversidade de grupos	95
5.4.2	- Densidade e porcentagem dos grupos	96
5.4.3	- Efeito da cobertura morta - (mulch)	100
5.5	- Plantas de guaraná	102
5.5.1	- Desenvolvimento vegetativo	102
5.5.2	- Acúmulo de nutrientes	104
6	- CONCLUSÕES	106
7	- BIBLIOGRAFIA	109

TABELAS

TABELA 1	- Dados analíticos de Latossolo Amarelo muito argiloso, na área da UEPAE de Manaus (AM) no km 29 da rodovia AM-010 (Rodrigues <i>et al.</i> , 1972)	19
TABELA 2	- Características químicas do Latossolo Amarelo muito argiloso da área à época da instalação do experimento	22
TABELA 3	- Avaliação da velocidade de estabelecimento (% de cobertura do solo) e do controle de invasoras (% de invasoras) de plantas de cobertura em guaranazal, aos 4 meses e por ocasião do segundo corte	32
TABELA 4	- Produção de matéria seca (t/ha) de plantas de cobertura em guaranazal, em dois cortes.	36
TABELA 5	- Valores médios dos teores de nutrientes minerais na parte aérea de plantas de cobertura em guaranazal, em dois cortes.....	38
TABELA 7	- Temperatura do solo (em °C) sob diferentes coberturas vegetais em guaranazal, em duas avaliações	41
TABELA 7	- Valores médios de Umidade no solo (0-10cm) sob diferentes coberturas vegetais (parcelas) e com e sem "mulch" em guaranazal aos 12 meses após o plantio.....	43
TABELA 8	- Valores médios de Densidade Aparente do solo, sob diferentes coberturas vegetais (parcelas), e com e sem "mulch", em guaranazal, aos 12 meses após o plantio.....	45
TABELA 9	- Porcentagem de agregados do solo (0-10cm) sob diferentes coberturas vegetais em guaranazal, aos 12 meses após o plantio.....	46
TABELA 10	- Efeito do "mulch" na estabilidade de agregados do solo, sob coberturas de leguminosas em guaranazal, aos 12 meses após o plantio.	46
TABELA 11	- Valores médios de pH, Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Alumínio (Al) e Saturação de Alumínio (Sat.Al) sob diferentes coberturas e "mulch" em guaranazal, aos 14 meses após o plantio	48

TABELA 12	- Teores médios de Manganês (Mn), Zinco (Zn) e Cobre (Cu), em função do uso de coberturas vegetais em guaranazal, aos 14 meses	52
TABELA 13	- Valores médios de Carbono Orgânico (C), <u>Ni</u> trogênio total (N) e Matéria Orgânica (MO), e relação Carbono/Nitrogênio (C/N), em fun <u>ç</u> ão do uso de coberturas vegetais em <u>guara</u> nazal, aos 14 meses.....	53
TABELA 14	- Grupos faunísticos presentes sob diferentes coberturas vegetais, ao plantio, aos 6 e aos 14 meses, em áreas de 128cm ²	56
TABELA 15	- Número total de artrópodes no solo, sob dife <u>re</u> ntes coberturas vegetais, ao plantio, aos 6 e aos 14 meses, em áreas de 128cm ²	58
TABELA 16	- Influência da cobertura morta "mulch" efetu <u>a</u> da com leguminosas no número total de indivi <u>di</u> duos e de grupos faunísticos, aos 14 meses .	59
TABELA 17	- Densidade média de Acari, Collembola e total de Arthropoda, em 1,00m ² de solo, sob dife <u>re</u> ntes coberturas vegetais, ao plantio, aos 6 e aos 14 meses	60
TABELA 18	- Densidade de Acari, Collembola e total de Arthropoda sob influência de "mulch" efetu <u>a</u> da com a parte de leguminosas de cobertura, aos 14 meses, em área de 1,00m ²	62
TABELA 19	- Comprimento e incremento do maior ramo com a idade, e comprimento total dos ramos de plan <u>ta</u> s de guaraná, sob diferentes coberturas ve <u>ge</u> tais	65
TABELA 20	- Número e incremento de folhas com a idade, de plantas de guaraná sob diferentes cobertu <u>ra</u> s vegetais	67
TABELA 21	- Número e incremento de ramos com a idade, de plantas de guaraná sob diferentes cobertu <u>ra</u> s vegetais	69
TABELA 22	- Produção e distribuição de matéria seca de plantas de guaraná sob diferentes soberturas vegetais	71

TABELA 23 - Resumo da Análise de Variância (Teste F) dos teores de nutrientes na matéria seca de plantas de guaranazeiros aos 12 meses de idade..	73
TABELA 24 - Acúmulo de nutrientes (g/planta) na matéria seca total, de plantas de guaraná sob diferentes coberturas vegetais	74
TABELA 25 - Correlação entre Acari, Collembola e total de Arthropoda e fatores físico-químicos do solo	98

FIGURAS

FIGURA 1 - Situação geográfica da base física da UEPAE de Manaus	18
FIGURA 2 - Distribuição mensal de parâmetros meteorológicos de janeiro de 1985 a maio de 1986, observados no Campo Experimental da UEPAE de Manaus	20

GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Produção total de matéria seca e acúmulo de nutrientes na parte aérea de plantas de cobertura, em dois cortes, no período de 12 meses.	40
GRÁFICO 2 - Freqüências relativas dos grupos Acari, Callembola e outros animais da mesofauna do solo sob coberturas com leguminosas, aos 6 meses e 14 meses após o plantio.	64

1 - INTRODUÇÃO

Os desmatamentos efetuados para implantação de projetos agropecuários ou mesmo para colonização dirigida, provocam o desequilíbrio do ecossistema amazônico, acarretando sérios problemas para o meio ambiente, bem como a baixa produtividade das explorações agropecuárias.

Os trópicos úmidos são uns dos ecossistemas mais complexos do mundo e a busca pela incorporação de novas áreas produtivas, para suprir a demanda mundial por alimentos recai, atualmente, sobre esse conjunto de ecossistemas. Os efeitos já observados por essa tentativa são objeto de muita controvérsia, pois são amplas e complexas as alternativas de desenvolvimento, sem rompimento do equilíbrio ecológico. Os trópicos úmidos possuem condições muito especiais que limitam as opções de desenvolvimento racional da produção agrícola nestas regiões.

A retirada da floresta, pela derrubada e queima da biomassa, para implantação de culturas agrícolas ou para outros fins, provoca perturbações diversas no conjunto de ecossistemas como um todo. Pode provocar alterações drásticas na abundância e diversidade dos organismos do solo, pela des

truição de nichos ecológicos e pela eliminação de fontes de alimentos da fauna (Melo, 1985), bem como pode causar a deteriorização da qualidade do solo, com referência às mudanças adversas nas características físicas, químicas e biológicas do mesmo (Lal, 1987).

O princípio básico do manejo do solo, após o desmatamento, deve ser o de reestabelecer condições de produção renovável, sustentada a longo prazo, sem causar efeitos de grande escala, como a perda de solo, por exemplo. Isto pode ser alcançado por práticas culturais que não exponham o solo às intempéries e evitem fenômenos destrutíveis. Essas práticas culturais incluem cultivos perenes à semelhança da floresta tropical quanto à cobertura do solo, ou o uso de plantas intercalares (de cobertura) dentre outras, leguminosas, nas entrelinhas das plantas perenes que além de protegerem o solo contra os efeitos do clima, melhoram as propriedades físicas e químicas do solo. Além disso, as plantas de cobertura limitam o desenvolvimento de ervas invasoras e retornam ao solo grandes quantidades de liteira, que, através da mineralização pela ação de organismos decompositores, conserva o teor de matéria orgânica do solo, em comparação ao manejo sem cobertura.

O uso de leguminosas como plantas de cobertura é conhecido em plantios de seringueira e dendê e os benefícios dessas plantas em associação com seringueiras e dendezeiros imaturos têm sido demonstrados em numerosas publicações.

O presente trabalho objetiva estudar os efeitos da introdução de leguminosas de cobertura na fase de implantação de plantios comerciais de guaraná sobre: a) cobertura do solo; b) controle de invasoras; c) ciclagem de nutrientes; d) características físico-químicas do solo; e) fauna do solo; e f) desenvolvimento das plantas de guaraná.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A fragilidade de um ecossistema refere-se à sua habilidade em resistir a mudanças causadas em seu processo biofísico inicial, por interferência humana. O termo "fragilidade" implica em mudanças irreversíveis nos processos biofísicos, tais como: alterações permanentes nos balanços de energia e de água, interrupção dos ciclos dos elementos maiores (carbono, nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre), e mudanças na diversidade de espécies e complexidade da flora e da fauna de um ecossistema (Lal, 1987; Walker & Franken, 1983).

Cerca de 45% dos trópicos úmidos estão localizados na América tropical e três quartos desse total constituem a Bacia Amazônica (Sanchez, 1987a). Segundo o mesmo autor, os trópicos úmidos são uns dos ecossistemas mais cruciais do mundo: é aí que a necessidade de expansão das áreas agrícolas para aliviar pressões de aumento populacional encontra-se em conflito direto com a necessidade de preservação de um conjunto de ecossistemas de extrema diversidade de fauna e flora. Walker & Franken (1983) afirmam que os resultados e sugestões acumulados são suficientes para evidenciar a provável fragilidade do ecossistema da floresta amazônica.

A maioria dessas áreas possui solos com variedade muito grande de limitações químicas e com sérios problemas de degradação, se não forem manejados com cautela. O conhecimento das limitações do uso dos solos da Amazônia é de suma importância, se quisermos expandir a utilização de novas áreas para aumentar a produção agrícola da região. Assim, alguns fatores que limitam a produção agrícola na Amazônia devem ser discutidos e entendidos.

Baixa fertilidade natural

Os solos do trópico úmido, em sua maioria Oxisols (35%) e Ultisols (28%), segundo Sanchez (1987b), em geral possuem baixa fertilidade natural e seu potencial para a produção agrícola depende mais do manejo que se dê aos mesmos do que propriamente da fertilidade.

Diversos pesquisadores têm mostrado que as principais carências dos solos amazônicos são químicas, sendo que, a elevada acidez, a deficiência e fixação de fósforo, a baixa capacidade de troca efetiva, alto teor de alumínio disponível e uma ampla deficiência de nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, boro, cobre, zinco e ocasionalmente outros nutrientes, são os principais obstáculos para a introdução da agricultura do tipo convencional praticada em outras regiões (Alvim, 1978; Chauvel *et al.*, 1987; Cochrane & Sanchez, 1982; Hecht, 1985; Sanchez, 1987b; e Wambeke, 1978).

Navas (1982) apud Turriate (1986) cita o baixo conteúdo de matéria orgânica, a qual ocupa apenas uns poucos centímetros de espessura, como outro fator importante. Entretanto, segundo Sanchez (1987a) os solos dos trópicos úmidos possuem níveis relativamente altos de carbono orgânico e nitrogênio total, tanto na camada superficial, quanto no solo como um todo, se comparados com solos de regiões temperadas.

Um outro problema que pode dificultar o uso dos solos amazônicos é que existem 39 milhões de hectares de solos altamente susceptíveis à erosão (Cochrane & Sanchez, 1982). São solos localizados em encostas abruptas e solos profundos, com conteúdos elevados de argila no subsolo. São os Ultisols (podzólicos) e Alfisols, que podem sofrer processos acelerados de erosão se a cobertura vegetal original for removida e não for substituída rapidamente por outra cobertura vegetal (Sanchez, 1987a). Em estudos realizados perto de Manaus, em área de terra firme, Chauvel *et al.* (1987) verificaram que os

solos podzólizados desenvolvem-se diretamente do latossolo, pela alteração dos produtos das camadas inferiores de sedimentos, tornando-os frágeis e rapidamente degradáveis, pela ação do homem, se não forem consideradas suas dinâmicas específicas.

Ciclagem de nutrientes na floresta tropical

A exuberância da floresta amazônica parece contradizer a baixa fertilidade dos solos da região. Porém o potencial de produtividade primária da Bacia Amazônica é elevado devido às condições ideais para a fotossíntese: água em abundância, radiação solar e gás carbônico (Schubart & Salati, 1982). Este fato tem levado a considerações otimistas da produtividade agrícola da região, tanto para a produção de alimentos como para a de bioenergia. Entretanto, estudiosos têm demonstrado que esta abundante vegetação só é possível devido à intensiva reciclagem de nutrientes que ocorre nesse conjunto de ecossistemas (Chauvel *et al.*, 1987; Klinge *et al.*, 1975; Klinge, 1977a e 1977b; Luizão & Schubart, 1987; Schubart & Salati, 1982; Toledo & Serrão, 1982), e à extraordinária diversidade de espécies - vegetais e animais, (Guillaumet, 1987; Klinge & Rodrigues, 1971; Prance *et al.*, 1976; Schubart, 1977).

Para entender a dinâmica da floresta, é necessário discutir alguns aspectos da ciclagem de nutrientes. Segundo Schubart e Salati (1982), a água, o gás carbônico e o nitrogênio possuem uma fase gasosa no seu ciclo biogeoquímico que funciona como reservatórios na atmosfera e hidrosfera. Além disso, outros elementos minerais como cálcio, fósforo, magnésio, etc., que também limitam as atividades bióticas e crescimento de biomassa, têm ciclos biogeoquímicos sedimentares. Um ciclo de nutrientes fechado é uma das chaves para as florestas tropicais e que ajudam a explicar muitas das característi

cas desses ecossistemas.

Dos depósitos de nutrientes existentes no ecossistema da floresta, o solo, é o que apresenta as menores proporções de nutrientes totais, sendo na biomassa vegetal e nos detritos (littera) que se encontram as maiores proporções de nutrientes, com exceção do fósforo e nitrogênio (Luizão & Schubart, 1987). De acordo com Klinge (1976), a parte aérea da vegetação representa cerca de 81% da biomassa vegetal e, em termos de peso seco, é da ordem de 473 t/ha. Esta biomassa, segundo o autor, acumula 2.990 kg/ha de N, 66 kg/ha de P, 496 kg/ha de K, 507 kg/ha Ca e 257 kg/ha de Mg. Por outro lado, Chauvel (1981) encontrou em Latossolo perto de Manaus, no horizonte AB (entre 15 e 30cm de profundidade) valores totais de bases (em kg/ha) : Ca = 460; Mg = 91; K = 39; Na = 403 e total = 993; enquanto que as quantidades trocáveis foram apenas 6; 1,8; 3,9; 2,3 e 14, respectivamente.

Com as elevadas precipitações, a água carrega o nitrogênio e a poeira que estão na atmosfera, bem como lixivia folhas e ramos da vegetação local, transportando nutrientes (principalmente potássio) para o solo (Toledo & Serrão, 1982). Parte desses nutrientes, e também, dos que já se encontram no solo, se perdem, ou por transporte vertical (lixiviação) ou por transporte lateral (enxurrada), de acordo com as condições físicas do solo. Simultaneamente, as folhas e os ramos podres caem das árvores e se acumulam sobre o solo. Este material sofre o processo de mineralização, ou seja, a degradação da matéria orgânica em compostos mais simples, assimiláveis pelas plantas, contribuindo para elevar a fertilidade da camada superficial do solo. As plantas da floresta por apresentam um desenvolvimento radicular muito superficial, utilizam os nutrientes resultantes do processo de mineralização na superfície do solo para seu crescimento, completando o ciclo (Herrera *et al.*, 1978 e Luizão & Schubart, 1987). Paralelamente, desenvolve-se o processo de fixação simbiótica de nitrogênio

nio, por ação do *Rhizobium* e outros microorganismos em simbiose com as raízes de algumas plantas da floresta (Herrera *et al.*, 1978).

Entretanto, Sylvester - Bradley *et al.*, (1980) não encontraram evidência da fixação de nitrogênio ou atividade de nitrogenase em raízes de leguminosas em Latossolos, perto de Manaus. Segundo esses autores, a fixação de nitrogênio é maior em solos mais férteis com teores de fósforo mais elevados, tais como Terra Preta do Índio.

Deficiente manejo dos solos e perda de matéria orgânica

À pobreza natural dos solos amazônicos acrescenta-se o deficiente ou mau manejo que se dá aos mesmos e, com isso, consolida-se uma causa muito séria do baixo rendimento na agricultura do trópico úmido (Turriate, 1986).

Quando áreas florestadas são derrubadas e queimadas, para serem utilizadas para outros fins, os nutrientes retidos na biomassa são armazenados no compartimento do solo e tecidos de culturas e ervas daninhas, ou são perdidos por lixiviação, erosão e exportações através dos produtos obtidos pelas culturas (Hecht, 1982). Segundo Silva (1981), apenas cerca de 20% da floresta é efetivamente queimada, quando se pratica a agricultura itinerante. Grandes troncos de árvores, geralmente são deixados no solo para apodrecer. Isto significa que é possível retardar-se a liberação dos nutrientes de acordo com a velocidade da decomposição e que, em alguns casos, o aumento dos nutrientes no solo (e declínio posterior) pode não ser tão drástico.

Geralmente, após o corte e queima da floresta, os níveis de carbono orgânico, nitrogênio e enxofre do solo diminuem como consequência da volatilização (Cochrane & Sanchez, 1982; Hecht, 1982). Por outro lado, Teixeira (1987) encontrou valores maiores para nitrogênio após a queimada da biomassa. Há um aumento no pH do solo, como consequência da adição de

grandes quantidades de Ca, K e Mg (Falesi, 1976; Sanchez, 1976; Cochrane & Sanchez, 1982; Smith & Bastos, 1984 e Hecht, 1985), e a saturação de alumínio diminui, por efeito da calagem pela adição de cinzas ricas em bases trocáveis. Os níveis de fósforo aumentam, inicialmente, como resultado do aquecimento do solo e adição de cinzas (Lal, 1987). Segundo Sanchez (1976) esta situação inverte-se, gradualmente, com o tempo, mas a duração varia com as propriedades do solo. As temperaturas na superfície do solo aumentam e os regimes de umidade flutuam mais, devido à maior quantidade de radiação solar que chega à superfície do solo.

Os níveis de carbono do solo sempre diminuem com a queima. De Las Salas & Folster (1976) apud Turriate (1986) estimaram que a perda para a atmosfera, quando uma floresta virgem de um Oxisol pobremente drenado, na Colômbia, foi derrubada e queimada, chegou a 25 kg/ha de carbono e 673 kg/ha de nitrogênio. Hecht (1985) cita que os níveis de carbono decresceram após o desmatamento, em um Oxisol de Mato Grosso, a cerca de 50% do nível encontrado na floresta.

A degradação de um solo refere-se à deteriorização da qualidade desse solo, com referência às mudanças adversas nas características do mesmo. Os processos de degradação influenciam fatores edáficos que resultam em diminuição da produtividade das culturas. Segundo Lal (1987), o processo de degradação do solo tem início com as mudanças drásticas nos fatores do solo e do microclima, causado por práticas culturais que expõem o solo às intempéries e no distúrbio do equilíbrio solo - vegetação - clima.

Trabalhos realizados por pesquisadores do IITA, na África, (Lal & Kang, 1982; Lal, 1983; Kang & Juo, 1986; e Wilson & Lal, 1986), na Amazônia (Sanchez *et al.*, 1982) e em outras partes dos trópicos (Ofori *et al.*, 1986; Sobulo &

Osiname, 1986) têm indicado que é preferível introduzir-se melhoramentos graduais no sistema de agricultura migratória, do que usar métodos que envolvam mudanças drásticas e abruptas, como o desmatamento mecanizado.

O princípio básico do manejo do solo, após o desmatamento, é reestabelecer o mais rapidamente possível o equilíbrio solo - planta - clima (Lal, 1987). Isto pode ser alcançado pela substituição da floresta por uma cobertura do solo, tal como "mulch" ou uma planta de cobertura, a qual permitirá a produção de culturas alimentares sem expor o solo às imposições do clima.

A manutenção da matéria orgânica do solo é um fator importante para preservar-se o nível de fertilidade do solo, estabilizar a estrutura do solo e estimular atividades biológicas, incluindo as dos artrópodes (Lal, 1987).

O objetivo principal do manejo adequado do solo é desenvolver métodos que: a) evitem a degradação do solo e possibilitem produções econômicas das culturas; b) otimizem as condições físicas do solo para que as produtividades potenciais sejam mantidas; e c) aumentem os retornos por unidade de insumo utilizado (Lal, 1987). Esse pesquisador cita que a manutenção da produtividade do solo depende da prevenção ou controle da erosão, da manutenção da matéria orgânica do solo em níveis adequados, da prevenção de deteriorização da superfície do solo e da melhoria da estabilidade de agregados, além de condições favoráveis de temperatura e umidade do solo, e adoção de práticas agronômicas que mantenham produções econômicas.

Bandy & Sanchez (1986) estudando alternativas de manejo do solo após o desmatamento, para obtenção de produções sustentadas das culturas na Amazônia peruana, verificaram que com o sistema contínuo de produção através da utilização intensiva de fertilizantes inorgânicos, podem-se obter produ

ções da ordem de 6 a 8 toneladas de grãos por hectare por ano, com rotações anuais de culturas. Entretanto, segundo esses autores, esse sistema limita-se às áreas do trópico úmido que possuem acesso fácil a insumos e mercados.

Considerando-se as condições sócio-econômicas e recursos financeiros dos produtores do trópico úmido, a ênfase deve ser dada à tecnologia de baixos insumos, auto-sustentáveis e ecologicamente compatíveis (Wambeke, 1978; Bandy & Sanchez, 1986 e Lal, 1987).

As leguminosas e a manutenção da fertilidade do solo

Os solos da Amazônia perdem sua capacidade de produção, principalmente, porque a lixiviação e erosão produzidas pela chuva, levam a matéria orgânica e os nutrientes que possuem. Uma cobertura vegetal com leguminosas, que cubra bem o solo, pode evitar estes fenômenos destrutivos, além de fornecer nutrientes ao mesmo.

O uso de leguminosas como melhoradoras das condições químicas do solo, para fins agrícolas, era prática comum entre os chineses, segundo Kiehl (1959) citado por Miyasaka (1984). Após os chineses, os gregos cultivavam favas e os romanos tremoços, que eram semeados para favorecer culturas subseqüentes através de sua incorporação ao solo.

Com a descoberta da existência do nitrogênio no ar atmosférico pelo cientista francês Lavoisier e, após Pasteur desvendar o mundo dos micróbios, foi possível a Hellriegel & Wilfath comprovarem, nos nódulos das raízes das leguminosas, a presença de bactérias capazes de fixar o nitrogênio do ar, (Kiehl, 1951 e 1959, citados por Miyasaka, 1984).

Em busca de fontes alternativas para a fertilização, agrônomos, microbiologistas e pesquisadores de muitas outras especialidades, de todo o mundo, têm colaborado para o desenvolvimento de uma tecnologia simples e econômica, que permi

ta, com sucesso, o estabelecimento de leguminosas junto com uma ampla variedade de culturas para fornecer nitrogênio por fixação simbiótica.

A prática de melhoria do solo com leguminosas intensificou-se na Europa no final do século XIX. No Brasil, os trabalhos com leguminosas já eram recomendados por Dutra (1919), citado por Miyasaka (1984), que fez um histórico da prática de adubação verde. Outros autores, como Kluthcouski (1980); Santos (1983) e Muzilli (1986) também apresentam resultados relevantes quanto ao uso de leguminosas como fertilizantes nitrogenados para as culturas subseqüentes.

Nos trópicos úmidos, especialmente na Amazônia, são recentes e escassos os trabalhos sobre o uso de plantas leguminosas, como alternativa para substituir o emprego de fertilizantes químicos, principalmente os nitrogenados.

Wade & Sanchez (1983) estudando a utilização de adubos verdes em Yurimáguas, Peru, em cinco cultivos contínuos, observaram que a incorporação de kudzu no solo e mulch com kudzu, aumentaram significativamente a produção das culturas, na ausência de fertilização mineral. As produções foram 90% e 81%, respectivamente, das obtidas com fertilização completa. A quantidade de nitrogênio orgânico fornecido pelo kudzu foi de aproximadamente 60 kg/ha.

Resultados obtidos por Bandy & Sanchez (1986), demonstraram que uma das alternativas para substituir os fertilizantes minerais, é o uso de kudzu (*Pueraria phaseoloides*) como adubo verde. Alternando-se um ano de cultivo com um ano de pousio com kudzu, obtiveram produções consideráveis, enquanto que durante o período de repouso houve uma proteção do solo. Os autores citam que o corte e queima de kudzu em pousio apresentou produções de grãos semelhantes às aquelas obtidas quando cortada e queimada uma capoeira de 25 anos.

EMBRAPA/CPATU (1987) estudando o uso de diversas coberturas mortas na manutenção da fertilidade de um Latossolo Amarelo Podzólico textura média argilosa, em Capitão Poço, Pará, verificou que a cobertura morta de puerária (kudzu) apresentou produções de milho, em dois anos consecutivos, de 94% e 98% da produção com adubação mineral completa. Em Manaus, Smith *et al.* (1986) estudando três fontes de adubos verdes (Indigófera, *Stizolobium* e Caupi) verificaram que as produções de milho com o uso das leguminosas como fonte de nitrogênio foram semelhantes às produções obtidas com 120 kg de N mineral/ha.

As leguminosas são consideradas importantes plantas de cobertura em cultivos perenes porque, além de proteger o solo contra as intempéries elas melhoram as propriedades físicas e químicas do solo e reduzem o risco de erosão, resultando em crescimento mais rápido da cultura principal e aumento da produtividade. As plantas de cobertura também suprimem o crescimento das invasoras e retornam ao solo grandes quantidades de liteira, que através da mineralização pela ação de organismos do solo, aumenta o teor de matéria orgânica do solo. Isto também melhora a agregação do solo e a capacidade de retenção de água (Mainstone, 1969; Pushparajah & Chellapah, 1969; Soong & Yap, 1976; Hartley, 1979; Teoh *et al.*, 1979; Potty *et al.*, 1980; Watson, 1980; Pushparajah & Bachik, 1987).

Outros efeitos benéficos das plantas de cobertura é que elas minimizam a lixiviação dos nutrientes; reciclam os nutrientes dos horizontes mais profundos para a superfície através de suas raízes profundas; e, mais importante do que tudo, é a grande quantidade de nitrogênio que as leguminosas fixam do ar através dos *Rhizobium* e a incorporam ao solo na matéria orgânica (RRIM, 1981).

Inversamente, algumas coberturas podem apresentar efeitos deletérios para o solo ou para a cultura: competição

por umidade, nutrientes e luz; agem como hospedeiros intermediários para doenças e pragas; aumentam o risco de fogo durante a época seca; reduzem a disponibilidade de nutrientes quando sua liteira possui uma relação C/N elevada (RRIM, 1972).

O uso de leguminosas como plantas de cobertura é comum em plantios de seringueira e dendê em vários países da Ásia, África e América do Sul (Hartley, 1979; Teoh *et al.*, 1979; RRIM, 1981; Agamuthu & Broughton, 1985; Pereira & Pereira, 1986 e Barcelos *et al.*, 1987). Os benefícios do uso dessas plantas em associação com seringueira e dendezeiros, têm sido demonstrado em numerosos trabalhos de acordo com revisão feita por Watson (1980).

Miyasaka (1984) analisando os tratamentos de Rodrigues *et al.*, (1962) que estudaram várias práticas de cultivo do solo em pomar cítrico no Planalto Paulista, cita que sobressaíram-se as vantagens do uso de leguminosas (mucuna e guandu) como "mulch", onde o tratamento limpo + mucuna produziu 3.827 kg por 64 plantas, enquanto que o tratamento limpo com herbicida, produziu apenas 2.606 kg por 64 plantas.

Os efeitos do uso de leguminosas como adubo verde em cafeeiro no Brasil, foram revisados por Miyasaka (1984). Segundo o autor não há indícios de efeito positivo dessa prática na produção da cultura. Pesquisas em outros países, sobre a utilização de plantas de cobertura em cafezais, principalmente na África, mostram que as leguminosas de hábito volúvel não são de muito interesse, pois não influenciam satisfatoriamente a produção, e apresentam alguns inconvenientes (risco de fogo, invasão por outras ervas, entre outros).

Na Amazônia, Perez *et al.*, (1987) citam que *Desmodium ovalifolium* e *Pueraria phaseoloides* estão sendo usados como cobertura do solo e não apresentam influência quanto ao desenvolvimento e produção de *Guilielma gasipaes*, em Yurimáguas, no Peru. Müller (1987) iniciou estudos com o objetivo de avaliar o comportamento de leguminosas para cober

14
tura do solo em dendezaís, no Pará. Pelos resultados obtidos no período de doze meses de cobertura do solo, desenvolvimento das coberturas e produção de matéria seca, capacidade de rebrota e controle de ervas invasoras, aquele autor considera as espécies *Desmodium ovalifolium* e *Pueraria phaseoloides*, como as que mais se destacaram.

Em Manaus (EMBRAPA/CNPDS, 1985), um estudo para verificar os efeitos da cobertura vegetal na capacidade de retenção de água de um Latossolo Amarelo mostrou que o maior valor de infiltração básica ou final foi obtido no tratamento seringueira com cobertura de puerária (40,2 cm/hora). Esta alta infiltrabilidade foi decorrente da ação granulante, estabilizadora e protetora da vegetação de cobertura, que induziu a formação de agregados grandes e estáveis, baixas densidades do solo e altas porosidades.

Fauna do solo

Segundo Schubart (1983), a estrutura da comunidade biológica que compõe o conjunto de ecossistemas florestais amazônicos de terra firme é extraordinariamente complexa e é caracterizada por uma grande heterogeneidade de flora e de fauna. Esta diversidade, acredita-se, é responsável pelo alto grau de eficiência na reciclagem de nutrientes minerais, observada nas florestas tropicais (Schubart *et al.*, 1984).

Quando o homem intervém na floresta, para retirar alimentos ou outros bens para seu conforto e sobrevivência, provoca uma perturbação do ecossistema. Se a perturbação for pequena, os danos não deverão ser muito grandes, pois a floresta sendo um conjunto de ecossistemas dinâmicos, constantemente submetidos a perturbações naturais em níveis consideráveis, têm a capacidade de recuperar-se, com uma velocidade razoável. Entretanto, se as perturbações forem de grande intensidade, como é o caso de grandes desmatamentos para implanta

ção de projetos agroindustriais, com o uso de máquinas pesadas, podem vir a causar modificações profundas nos ecossistemas, com conseqüências ecológicas inimagináveis, pois põem em risco a capacidade de regeneração da floresta (Schubart, 1983).

Com a retirada da floresta, advêm a degradação e compactação do solo, o que ocasiona a redução ou mesmo a eliminação da liteira, com a conseqüente destruição de micro-ambientes, resultando na modificação da fauna do solo, tanto qualitativa quanto quantitativamente. Diversos trabalhos têm demonstrado essa assertiva (Dantas, 1979 e Melo, 1985).

Entretanto, no conjunto de ecossistemas da floresta amazônica existem espécies da pedofauna que são capazes de resistir de alguma forma às perturbações físicas do ambiente. Algumas apresentam alto potencial reprodutivo e se estabelecem logo após as perturbações. Outras apresentam uma grande capacidade dispersiva, podendo, dentro de algum lapso de tempo, localizar outros hospedeiros, como foi observado por Oliveira (1983), com algumas espécies de colêmbolos epigêicos, que aumentaram significativamente em abundância enquanto que outras se tornaram mais raras. Resultados semelhantes foram encontrados por Lasebikan (1975); Critchley *et al.* (1979) e Lal (1986), em trabalhos efetuados na Nigéria, onde a retirada da floresta causou uma considerável influência na abundância e na composição de famílias ou espécies de todos os elementos da mesofauna do solo.

A fauna do solo desempenha um papel muito importante na manutenção dos ciclos de nutrientes nos sistemas ecológicos. Pela fragmentação dos detritos vegetais (liteira) que chegam ao solo, das plantas do ecossistema, promovem um aumento da área que fica exposta à ação dos microorganismos do solo, especialmente fungos e bactérias (Edwards *et al.*, 1970; Mason, 1980).

Os animais do solo também são importantes na formação de agregados complexos de matéria orgânica com a parte mineral do solo, bem como podem proporcionar a mistura do solo mineral com a matéria orgânica na superfície do solo (Edwards *et al.*, 1970; Dantas, 1979 e Luizão, 1982). A incorporação de matéria orgânica no solo e a transformação e concentração de nutrientes pela atividade da mesofauna do solo, contribuem para a melhoria da estrutura física e da fertilidade do solo (Walwork, 1976; Dantas, 1979; Mason, 1980).

Diversos trabalhos têm mostrado que a decomposição do material orgânico no solo se processa mais rapidamente na presença da fauna do solo (Edwards & Heath, 1963 e Witkamp, 1971, citados por Dantas, 1979; Reichle, 1977 e Luizão & Schubart, 1987).

São raros os trabalhos sobre os efeitos do uso de leguminosas como plantas de cobertura, na fauna do solo. Na Amazônia brasileira apenas dois trabalhos foram encontrados. Mota (1984), em estudo realizado em Manaus, encontrou maior diversidade de grupos bem como maior número de indivíduos com exceção de Homoptera, em áreas de cobertura com Desmódio e Puerária e sugere que essa vegetação de cobertura do solo propicia ambiente favorável (maior umidade) ao desenvolvimento da fauna do solo. Segundo aquele autor, quando se implantarem sistemas agroflorestais na Amazônia, deve-se dar preferência a cultivos consorciados, uma vez que tratos culturais como cobertura do solo com leguminosas e adubação não causam modificações drásticas na comunidade de artrópodes do solo. Por outro lado, Melo (1985) estudando o impacto do manejo de agroecossistemas sobre a mesofauna do solo, perto de Manaus (AM), verificou que em plantio de seringueira com cobertura viva de Puerária houve uma menor ocorrência dos grupos *Acari* e *Collembola*, devido, presumivelmente, ao maior teor de umidade do solo sob a cobertura com leguminosa.

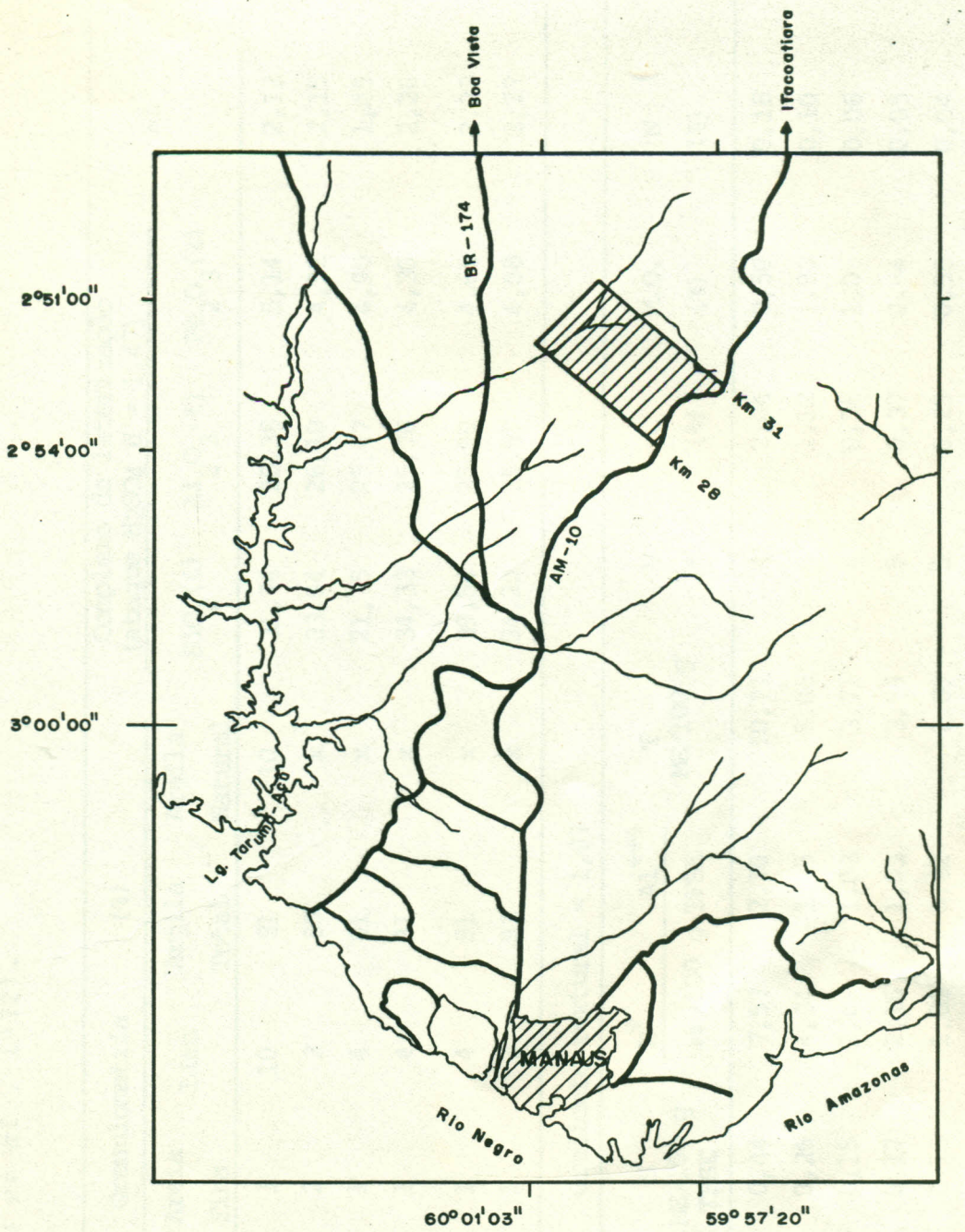
3.1 - Caracterização da área


O experimento foi conduzido na área da Estação Experimental da EMBRAPA-UEPAE de Manaus, localizada na Rodovia Torquato Tapajós, entre os quilômetros 29 e 31, tendo como coordenadas geográficas $2^{\circ}51'07''$ e $2^{\circ}54'01''$ de latitude sul e de $50^{\circ}57'20''$ e $60^{\circ}01'03''$ de longitude oeste (Figura 1). Essa área está situada em terra firme, a uma altitude de 50 m s.n.m.

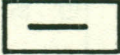
O solo foi classificado como Latossolo Amarelo, muito argiloso (Rodrigues *et al.*, 1972). É profundo, muito ácido, com boa porosidade, friável, drenagem boa, porém quimicamente pobre. Os dados analíticos do solo são apresentados na Tabela 1.


O clima é quente e úmido, do tipo "Af" segundo a classificação de Köppen, caracterizando-se por apresentar temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C e precipitação do mês mais seco acima de 60 mm. A pluviosidade está em torno de 2.400 mm anuais, a umidade relativa média é de 86% e a temperatura média anual é de $25,7^{\circ}$, (EMBRAPA-UEPAE de Manaus, 1987). Na Figura 2, são apresentados os dados de precipitação, temperatura média do ar, umidade relativa e insolação observados durante o período de condução do experimento, obtidos na Estação de climatologia da UEPAE de Manaus, situada a cerca de 800 m do experimento, comparados com as normais climatológicas do período 1971 - 1985.

A cobertura vegetal original da área é classificada como "Floresta densa tropical de terra firme" (Guillaumet & Kahn, 1982), a qual foi derrubada em 1973 e queimada. A área foi destocada com trator de esteira, tendo sido usada durante 10 anos, com experimentos de seleção de feijão caupi, e abandonada por 2 anos. Por ocasião da implantação do experimento,



 - Base Física da UEPAE de Manaus Escala: 1/200.000

 - Rodovias

 - Cursos d'agua

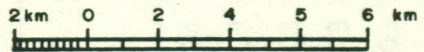


Figura 1 - Situação geográfica da base física da UEPAE Manaus.

TABELA 1 - Dados analíticos de Latossolo Amarelo muito argiloso, na área da UEPAE de Manaus (AM) no km 29 da Rodovia AM-010 (Rodrigues *et al.*, 1972).

Horiz.	Prof. (cm)	pH		Granulometria (%)					Complexo de laterização (ataque H ₂ SO ₄ d = 1,47)			Ki	Kr
		H ₂ O	KCl	Areia Grossa	Areia Fina	Limo	Argila Total	Argila Natural	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)		
A ₁	0- 8	3,8	3,6	8	1	10	81	10	31,74	25,38	5,14	2,12	1,88
A ₃	8- 33	4,3	3,9	7	2	3	88	x	33,04	26,10	4,92	2,15	1,93
B ₂₁	33- 70	4,7	4,1	4	1	4	91	x	21,75	25,47	4,90	1,45	1,29
B ₂₂	70-104	5,0	4,2	4	1	4	91	x	34,33	25,76	4,30	2,26	2,04
B ₂₃	104-150	5,0	4,2	4	1	4	91	x	39,54	25,90	4,68	2,23	2,09
B ₂₄	150-170+	5,2	4,2	3	1	3	93	x	34,20	25,57	4,08	2,27	2,07

Gradiente textural = 1,07

P ₂ O ₅ mg/100g	Bases Trocáveis (ME/100 g TFSE)				S ME/100 g TFSE	H ⁺ ME/100 g TFSE	Al ⁺⁺⁺ ME/100 g TFSE	T ME/100 g	V (%)	C (%)	M.O. (%)	N (%)	C/N
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺									
0,27	0,21	0,14	0,04	0,05	0,44	7,57	2,70	10,71	4	2,04	3,50	0,18	11
0,14	0,08	0,13	0,03	0,03	0,26	4,34	1,45	5,05	4	1,12	1,93	0,10	11
0,14	0,06	0,04	0,03	0,02	0,15	2,68	1,03	3,71	4	0,58	1,00	0,06	10
0,14	0,04	0,08	0,03	0,02	0,17	2,16	1,03	3,36	5	0,37	0,64	0,05	7
0,14	0,06	0,02	0,03	0,02	0,13	1,85	0,82	2,80	5	0,29	0,50	0,04	7
0,14	0,04	0,04	0,06	0,02	0,16	2,26	0,62	3,04	5	0,21	0,36	0,03	7

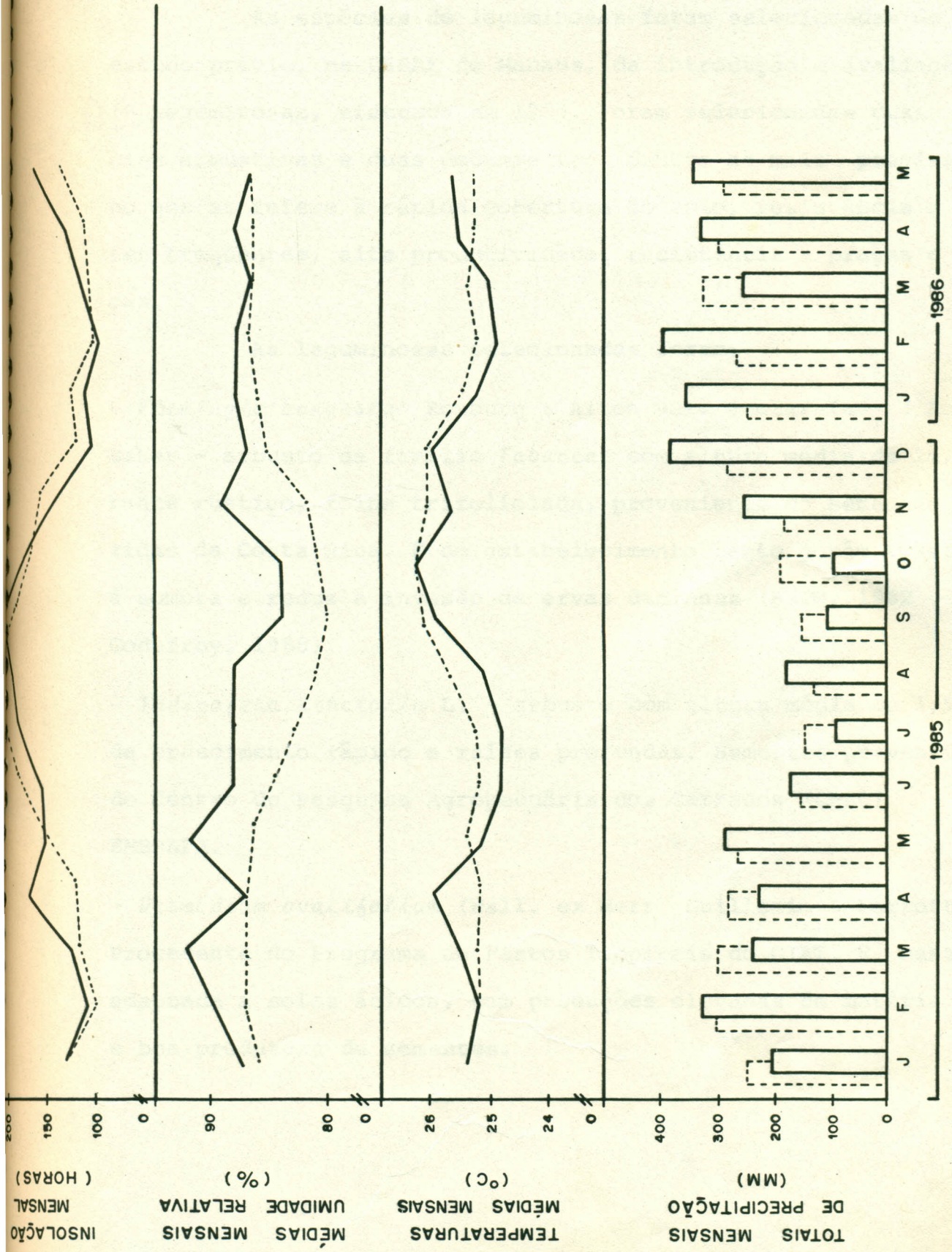


Fig. 2 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DE PARÂMETROS METEOROLÓGICOS DE JANEIRO DE 1985 A MAIO DE 1986 OBSERVADOS NO CAMPO EXPERIMENTAL DA UEPAE DE MANAUS.

(... NORMAIS E ... OBSERVADOS NO ...)

a área foi arada e gradeada, e foram retiradas amostras do solo à profundidade de 0-20 cm, cujas características químicas podem ser vistas na Tabela 2.

3.2 - Material botânico utilizado

3.2.1 - Leguminosas

As espécies de leguminosas foram selecionadas de um estudo prévio, na UEPAE de Manaus, da introdução e avaliação de 18 leguminosas, efetuada em 1984. Foram selecionadas duas espécies arbustivas e duas decumbentes, dentre as mais promissoras no que se refere à rápida cobertura do solo, resistência a cortes freqüentes, alta produtividade, resistência a pragas e doenças.

As leguminosas selecionadas foram:

- *Flemingia congesta* Roxburg & Aiton var. *semialata* (Roxb.) Baker - arbusto da família *Fabaceae* com altura média de 2m, bastante rústico, folha trifoliolada, proveniente de sementes trazidas da Costa Rica. É de estabelecimento lento porém tolerante à sombra e reduz a invasão de ervas daninhas (RRIM, 1962 e Godefroy, 1988).
- *Indigofera tinctoria* L. - arbusto com altura média de 1,5m, de crescimento rápido e raízes profundas. Sementes provenientes do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC) da EMBRAPA.
- *Desmodium ovalifolium* (Wall. ex Merr) Guillemin & Perrottet - Procedente do Programa de Pastos Tropicais do CIAT. É bastante adaptada a solos ácidos, com produções elevadas de matéria seca e boa produtora de sementes.

TABELA 2 - Características químicas do Latossolo Amarelo muito argiloso da área à época da instalação do experimento, na profundidade 0-20 cm.

Elemento Analisado*	Valor
pH (H ₂ O)	4,70
Ca (me/100g)	0,50
Mg (me/100g)	0,57
K (ppm)	42,00
P (ppm)	3,30
Al (me/100g)	1,13
Cu (ppm)	0,09
Mn (ppm)	2,59
Zn (ppm)	0,42
C (%)	1,90
N (%)	0,16
M.O. (%)	3,27

* Análises realizadas nos laboratórios da EMBRAPA-UEPAE de Manaus, seguindo os métodos preconizados pelo Manual de Métodos de Análises de Solo do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo da EMBRAPA. (EMBRAPA/SNLCS, 1979).

- *Mucuna cochinchinensis* (Lour.) A. Chevallier - É uma trepadeira vigorosa, com raízes profundas e folhas largas, de vida curta, crescimento rápido, apropriada para áreas sujeitas à erosão do solo e para supressão de ervas daninhas, originária da Cochinchina, (RRIM, 1977). É excelente produtora de matéria seca, por isso muito usada como adubo verde.

3.2.2 - Clones de guaraná

Foram usados três clones de guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*, (Mart.) Ducke), a saber: CMA 228V, CMA 280V e CMA 514V. Estes clones são oriundos de material botânico (ortes) selecionados pela EMBRAPA-UEPAE de Manaus, e multiplicados vegetativamente através do método de enraizamento de estacas (Corrêa et al., 1984). A seleção foi efetuada com base da produção de amêndoa seca e resistência a doenças, especialmente a antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum guaranicola* Albuquerque.

3.3 - Características do experimento

3.3.1 - Tratamentos

Os tratamentos foram constituídos de cinco coberturas verdes:

- Vegetação natural (testemunha) - Natural
- *Indigofera tinctoria* L. - Indigófera
- *Mucuna cochinchinensis* A. Chevallier - Mucuna
- *Flemingia congesta* Roxburg ex Aiton var *semialata* (Roxb.) Baker - Flemingia
- *Desmodium ovalifolium* Guillemain & Perrottet - Desmódio

3.3.2 - Delineamento experimental

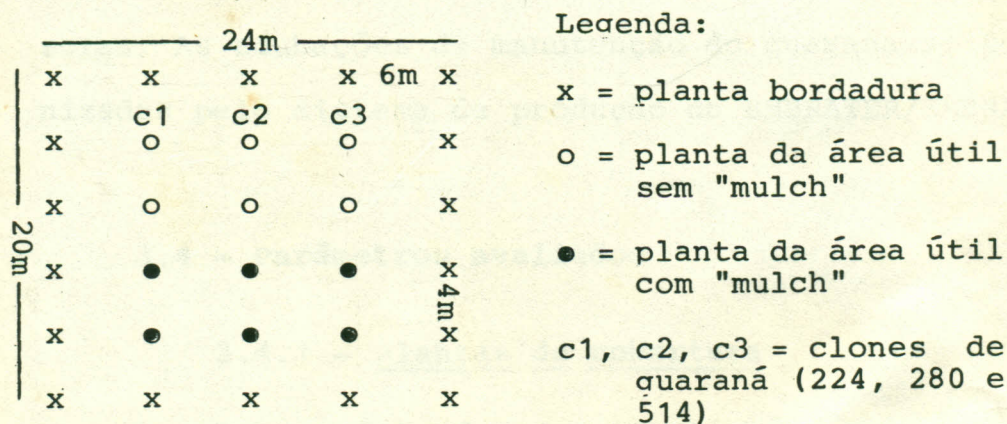
Foi utilizado o delineamento de blocos divididos (Split block), segundo Little & Hills (1978) com 5 tratamentos, em 4 repetições, usando-se 3 clones de guaraná, com e sem "mulch".

3.3.3 - Detalhes do experimento

Os blocos mediam 20 x 120m e o espaçamento entre blocos era de 4m. A área total do experimento era de 1,2 ha.

As parcelas mediam 20m x 24m e o espaçamento entre parcelas era constituído de uma linha de plantas de guaraná (geralmente de um clone que não fazia parte dos 3 testados), a qual servia como bordadura e separava uma parcela da outra. O número de plantas de guaraná era de 12 por parcela, na área útil era de 4 de cada clone, em um total de 12 plantas, sendo 6 com "mulch" e 6 sem "mulch".

- Exemplo de uma parcela:



3.3.4 - Instalação e duração do experimento

As espécies de leguminosas foram plantadas por sementes no período de 22/02 a 08/03/85, em toda a parcela, em sulcos distanciados 0,75m um do outro. Antes do plantio foi efetuada a quebra de dormência das sementes com ácido sulfúrico a 1%. Após lavadas e secas, as sementes foram inoculadas com *Rhizobium* específico para caupi. Por ocasião do plantio foram aplicados nos sulcos 75 kg de P₂O₅/ha, na forma de superfosfato triplo, para auxiliar o desenvolvimento das leguminosas.

As plantas de guaraná foram selecionadas no viveiro de enraizamento de estacas da UEPAE de Manaus e distribuídas nos blocos, em ordem decrescente de número de folhas, tendo

sido plantadas as de maior número de folhas no primeiro bloco. ($\bar{N} = 3$ folhas) e as de menor número de folhas ($\bar{N} = 1$ folha) no último bloco. Esta seleção objetivou eliminar o efeito dentro de blocos nas avaliações futuras. Foram aplicados 130 g de superfosfato triplo por cova de guaraná, quando efetuou-se o plantio das mudas, no período de 13 a 15/03/85.

O período experimental foi de 15 meses a contar da data do plantio.

3.3.5 - Tratos culturais

Foram efetuadas capinas até que as leguminosas se estabelecessem completamente. Foram também efetuados coroamentos nas plantas de guaraná, para mantê-las livres de plantas invasoras. As adubações de manutenção do guaranazal foram as preconizadas pelo sistema de produção da EMBRATER/EMBRAPA (1977).

3.4 - Parâmetros avaliados

3.4.1 - Plantas de cobertura

Foram efetuadas duas avaliações agronômicas das plantas de cobertura (sendo a primeira aos 4 meses e a segunda por ocasião do segundo corte), quando foram medidos: velocidade de estabelecimento, controle de invasoras, longevidade e resistência a cortes, produção de matéria seca, e acúmulo de nutrientes pelas coberturas.

A velocidade de estabelecimento foi estimada por um sistema de amostragem, através de um quadrado de madeira de 1m x 1m, atirado aleatoriamente, três vezes em cada parcela, com estimativa visual da porcentagem de cobertura do solo (% por m²). O controle de invasoras foi determinado, estimando-se a porcentagem de ervas invasoras, por ocasião das amostragens (% por m²). A longevidade e resistência a cortes foi avaliada visualmente, durante o período de condução do experimento. A

produção de matéria seca (kg/ha) foi obtida em amostras coletadas (em número de 12 por tratamento, em quadrados de 1m x 1m). Após pesadas no campo, foram levadas para secar em estufa à temperatura de 65°C, por 72 horas. Essas mesmas amostras foram utilizadas para determinação dos teores de nutrientes nas partes aéreas das plantas de cobertura. Foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu e Mn. O nitrogênio foi determinado pelo método Kjeldahl; o fósforo, por colorimetria; o potássio por fotometria de chama e os demais nutrientes por espectrofotometria de absorção atômica. As determinações foram efetuadas no laboratório de plantas da UEPAE de Manaus.

Após as avaliações agronômicas, toda a parte aérea das coberturas era cortada e parte do material era usado para fazer cobertura morta ("mulch") em metade das plantas de guaraná (6 plantas) em cada parcela. O restante do material cortado era distribuído uniformemente sobre as parcelas. As outras 6 plantas de guaraná permaneciam sem cobertura morta.

3.4.2 - Física do solo

Temperatura do solo (°C) - Após o completo estabelecimento das leguminosas (junho de 1985), foram efetuadas medições de temperatura do solo, às profundidades de 1cm e 10 cm. As medições foram feitas no intervalo de 10 às 14 horas. Na profundidade de 1cm, usou-se um termômetro INCOTERM 1623 e para 10cm foi usado um de marca WESTON mod. 2261. Foram tomadas três medições em cada parcela, no sentido transversal da mesma, sempre no mesmo local para os dois termômetros. Uma segunda medição da temperatura do solo foi efetuada em maio de 1986.

Umidade gravimétrica (%) - Determinada em estufa, a 105°C. As amostras, previamente saturadas, foram submetidas a centrifugação a 2.400 rpm, durante 30 minutos. Foi efetuada uma avaliação em março de 1986.

Densidade aparente (g/cm³) - Utilizou-se o método do

anel volumétrico de Kopechy, usando-se cilindros de 100cm³. Foram coletadas 3 amostras para cada parcela. Foi efetuada uma avaliação, em março de 1986.

Estabilidade de agregados - Em abril de 1986, coletaram-se amostras do solo, à profundidade de 0-10cm, para determinação da porcentagem de agregados. Obtiveram-se as classes de agregados com os diâmetros: > 2mm, de 2 a 1mm, de 1 a 0,5mm, e de 0,5 a 0,25mm, os quais foram determinados através do método de peneiragem úmida, utilizando-se para a operação o oscilador mecânico de Yoder. Os procedimentos analíticos estão descritos no Manual de Métodos de Solos (EMBRAPA/SNLCS, 1979).

3.4.3 - Química e análise do solo

Em amostras compostas, originárias de 20 subamostras, coletadas em abril de 1986, em cada parcela do experimento, à profundidade de 0-10cm foram efetuadas as análises químicas, no laboratório de solos da UEPAE de Manaus, determinando-se:

- **pH em água** - Determinado potenciométricamente na relação solo:água de 1:2,5, com tempo de contato não inferior a uma hora de agitação da suspensão, imediatamente antes da leitura;

- **Alumínio extraível (Al⁺⁺⁺)** - Extraído com solução KCl/N, pH 7,0 na proporção 1:20 e determinado pela titulação da acidez em NaOH 0,025N, em presença de azul de bromo-timol;

- **Cálcio (Ca⁺⁺) e Magnésio (Mg⁺⁺) trocáveis** - Extraídos com solução de KCl/N, na relação solo:solução de 1:10. Os cátions foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica;

- **Saturação de Alumínio (%)** - Calculado pela equação:

$$\text{Sat. de Al} = 100 \frac{\text{Al}^{+++}}{\text{S} + \text{Al}^{+++}}$$

Onde: Sat. de Al = % de saturação de alumínio no complexo de

troca do solo; S = Soma dos valores de Ca, Mg e K em me/100g;

- **Fósforo e Potássio "disponíveis"** (ppm) - Extraídos com solução de HCl 0,05N e H₂SO₄ 0,025N, Mehlich I, sendo o fósforo determinado colorimetricamente em presença de ácido ascórbico e o potássio por fotometria de chama;

- **Carbono orgânico - C (%)** - Determinado através da oxidação da matéria orgânica pelo bicromato de potássio 0,04N, em meio sulfúrico, e titulação pelo sulfato ferroso 0,1N;

- **Nitrogênio total - N (%)** - Determinado pelo método Kjeldahl, por digestão da amostra com mistura de ácido sulfúrico na presença de sulfato de cobre e de sódio e selênio como catalizador; dosagem de N, por volumetria, com HCl 0,01N, após a retenção de NH₃ em ácido bórico, em câmara de difusão;

- **Relação Carbono/Nitrogênio** - Calculada pela fórmula: C/N;

- **Matéria orgânica - M.O. (%)** - Calculada pela fórmula:

$$\text{M.O. (\%)} = \text{C (\%)} \times 1,724$$

- **Micronutrientes - Zn, Cu, Mn (%)** - Determinados no mesmo extrato usado para a determinação de fósforo disponível e leitura efetuada em espectrofotômetro de absorção atômica.

3.4.4 - Fauna do solo

O estudo da fauna do solo foi realizado em três amostragens. A primeira imediatamente após a instalação do experimento, a segunda aos seis meses e a terceira aos 14 meses. Em cada coleta, foram retiradas duas amostras por repetição, o que deu um total de 8 amostras por tratamento. Para a coleta do solo, utilizou-se uma sonda de aço inoxidável com 4,5 centímetros de diâmetro e sete centímetros de altura.

Cada amostra constituiu uma unidade de amostragem e

foi colocada individualmente em saco de polietileno e transportado para o laboratório. O tempo entre a coleta e a colocação do material no extrator, variou de seis a oito horas.

A extração foi efetuada pelo método Berlese-Tullgren, modificado (Dantas, 1979). Usou-se solução de formol a 1%, como líquido coletor, deixando-se as unidades de amostragem no extrator durante 72 horas, tendo-se o cuidado de manter uma temperatura de 45°C sobre as amostras, o que foi obtido através de lâmpadas acesas. Após a extração, os organismos foram colocados em recipientes contendo álcool a 80%, onde foram separados em grupos e contados, usando-se uma lupa com aumento de 25 vezes.

3.4.5 - Plantas de guaraná

a) Desenvolvimento vegetativo - Para avaliar o desenvolvimento vegetativo das plantas de guaraná, foram efetuadas as seguintes medições: Comprimento do maior ramo (cm); Número e incremento de folhas; Número e incremento de ramos; Comprimento total de ramos (cm). Os três primeiros parâmetros foram avaliados ao plantio, aos 6 meses e aos 12 meses de idade. O comprimento total de ramos foi obtido medindo-se todos os ramos (herbáceos e semi-lenhosos) de todas as plantas por clone, aos 12 meses após o plantio;

b) Produção e distribuição de matéria seca - A quantidade de matéria seca produzida pelas plantas de guaraná, um ano após o plantio e sua distribuição nos diferentes componentes da planta, foi estimada de forma indireta. Foram calculados fatores que permitiram estimativas bastante precisas em cada um dos componentes da planta (ramos, folhas e pecíolo), sem necessidade de destruir a planta. Contudo, este processo apresenta como desvantagens não permitir repetir as avaliações e ser bastante trabalhoso e demorado.

c) Acúmulo de nutrientes na matéria seca - Foi deter

minado o porcentual de N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn e Cu na matéria seca das plantas. Os métodos para determinação foram os mesmos descritos para as leguminosas. Multiplicando-se estes resultados pela quantidade de matéria seca produzida pelas plantas de guaraná foi obtido o acúmulo de nutrientes na matéria seca.

3.4.6 - Análise estatística

Para avaliação estatística dos parâmetros estudados, os dados obtidos no trabalho foram submetidos à análise de variância, testes de médias e análises de correlação.

3.4.6.1 - Análise de variância

Usou-se, para verificação de diferenças significativas entre os tratamentos, a análise de variância ANOVA II Version 1.1 do programa de computador Apple II.

Para a avaliação agrônômica e fauna do solo, usou-se o delineamento Blocos ao Acaso e para os demais parâmetros foi utilizado o delineamento fatorial.

3.4.6.2 - Comparação de médias

O teste estatístico utilizado para comparação de médias dos diferentes parâmetros foi o de Tuckey, segundo Steel & Torrie (1960).

3.4.6.3 - Transformação de dados

Os dados originais de Collembola obtidos, foram transformados, visando a aproximação desses dados à distribuição normal. Usou-se a equação $Y = \sqrt{x + 0,5}$, onde: Y = variável transformada, x = variável original e 0,5 = fator de correção. Os demais grupos da fauna do solo foram analisados usando-se os dados originais obtidos no levantamento amostral.

4 - RESULTADOS

4.1 - Plantas de cobertura

4.1.1 - Velocidade de estabelecimento

Mucuna cochinchinensis (Mucuna) e *Indigofera tinctoria* (Indigófera) foram as espécies que apresentaram estabelecimento mais rápido. A Mucuna, aos 60 dias, já cobria quase que totalmente o solo e, aos 120 estava totalmente estabelecida (Tabela 3 e Figura 3). A Indigófera, embora sendo uma espécie arbustiva, apresentou um desenvolvimento inicial bastante vigoroso (Figura 4), chegando a cobrir quase que totalmente o solo, aos quatro meses (90% de cobertura). As outras espécies (*Desmodium ovalifolium* - Desmódio e *Flemingia congesta* - Flemingia) apresentaram um desenvolvimento inicial muito lento, sendo que aos quatro meses cobriram apenas 50 e 30% do solo, respectivamente (Tabela 3 e Figuras 5 e 6). Estas duas espécies só alcançaram 80 e 70% de cobertura do solo, aos sete meses. Porém, após o primeiro corte, estas espécies tenderam a cobrir 100% do solo com suas estruturas aéreas, enquanto que a Mucuna após um rápido estabelecimento inicial, após o corte, não apresentou um bom rebrote, cobrindo apenas 65% do solo, e sendo invadida por gramíneas nativas (Tabela 3). A Indigófera, após o primeiro corte, foi atacada por um fungo do solo (*Cylindrocladium clavatum*) que causou a podridão das raízes pivotantes e a morte das plantas, chegando ao segundo corte com apenas 65% de cobertura do solo (Tabela 3).

4.1.2 - Controle de invasoras

Tanto a Mucuna quanto a Indigófera, que apresentaram um estabelecimento muito rápido, em comparação com Desmódio e

TABELA 3 - Avaliação da velocidade de estabelecimento (% de cobertura do solo) e do controle de invasoras (% de invasoras) de plantas de cobertura em guaranazal, aos 4 meses e por ocasião do segundo corte.

Cobertura	Cobertura do Solo		Invasoras	
	4 meses	2º corte*	4 meses	2º corte
Mucuna	100	65	5	25
Indigófera	90	65	20	35
Desmódio	50	100	30	0
Flemingia	30	100	75	0
Natural**	-	85	-	-

* Segundo corte - para Indigófera, outubro de 1985 e, para as demais, janeiro de 1986.

** Só foi efetuada a segunda avaliação por ter sido controlada com herbicidas no início do experimento.



Figura 3 - Aspecto vegetativo de *Mucuna conchinchinensis*, aos 120 dias após o plantio.



Figura 4 - Aspecto vegetativo de *Indigofera tinctoria* L, aos 120 dias após o plantio.



Figura 5 - Aspecto vegetativo de *Desmodium ovalifolium* (Wall. ex Werr.), aos 120 dias após o plantio.



Figura 6 - Aspecto vegetativo de *Flemingia congesta* (Roxb.) var. *semialata* (Roxb.) Bak. aos 120 dias após o plantio.

Flemingia, foram mais eficientes no controle de ervas invasoras até os quatro meses de idade. Na Tabela 3 são apresentados os resultados das avaliações efetuadas aos quatro meses e por ocasião do segundo corte. Observou-se que, aos quatro meses, a ocorrência de ervas invasoras era apenas 5% nas parcelas cobertas por Mucuna, enquanto que nas parcelas de Indigófera, Desmódio e Flemingia era de, respectivamente, 20, 35 e 75%.

Entretanto, por ocasião do segundo corte, a situação se inverteu. Após um lento estabelecimento inicial, Flemingia e Desmódio tenderam a cobrir totalmente o solo e abafar totalmente as ervas invasoras enquanto que Mucuna e Indigófera, apresentaram um desenvolvimento inicial vigoroso, porém, pelos problemas citados anteriormente, tenderam a ceder lugar às invasoras. Ao final do experimento, aproximadamente 15 meses após o plantio, as parcelas de Mucuna e Indigófera apresentavam-se quase que totalmente invadidas por ervas daninhas (gramíneas, em sua maioria) enquanto que as outras duas inibiram completamente o aparecimento de invasoras.

4.1.3 - Longevidade e resistência a cortes

As espécies que apresentaram maior resistência aos cortes e boa quantidade de rebrote foram Flemingia e Desmódio. A Mucuna, talvez por não ser uma planta perene, não apresentou uma boa regeneração após os cortes. Indigófera, muito embora tenha apresentado um bom rebrote após o primeiro corte, não resistiu muito ao segundo corte.

4.1.4 - Produção de matéria seca

A produção total de matéria seca das várias coberturas, obtida nos dois cortes efetuados são apresentados na Tabela 4. Verifica-se que Flemingia foi a cobertura que mais acumulou matéria seca, em ambos os cortes, apresentando a média de 5,8 t/ha. Desmódio apresentou acúmulo semelhante à Flemingia

TABELA 4 - Produção de matéria seca (t/ha) de plantas de cobertura em guaranazal, em dois cortes.

Coberturas	1º Corte	2º Corte	Média
Flemingia	5,6a	6,0a	5,8a
Desmódio	5,3ab	5,5a	5,4a
Indigófera	3,6bc	4,3ab	3,9b
Mucuna	2,5c	2,8bc	2,7c
Natural	-	1,4c	-
Média dos cortes	4,3	4,6	

Médias seguidas da mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey a 1% de probabilidade (não entra no cálculo da média do 2º corte o resultado da cobertura natural).

e as duas foram superiores à Mucuna que produziu apenas 2,7 t/ha, em média, por corte ($P < 0,01$). Indigófera situou-se em um nível intermediário (3,9 t/ha/corte, em média) estatisticamente diferente apenas da Flemingia ($P < 0,01$). A cobertura natural, composta por gramíneas em sua maioria, por ter sido controlada, no início, com herbicidas, só foi avaliada por ocasião do segundo corte, apresentando um acúmulo de matéria seca bem inferior às demais (1,4 t/ha), não diferindo, entretanto, da Mucuna ($P > 0,01$).

4.1.5 - Acúmulo de nutrientes pelas coberturas

- Concentração na matéria seca.

Na Tabela 5 são apresentadas as concentrações médias de nutrientes na matéria seca das plantas de cobertura nos dois cortes efetuados. Observa-se que no primeiro corte, apenas para os teores de potássio e manganês não houve diferença significativa entre as coberturas ($P > 0,05$). Mucuna e Indigófera foram superiores ($P < 0,05$) a Flemingia e Desmódio no que se refere aos teores de nitrogênio, enquanto que Flemingia foi superior ao Desmódio. Para fósforo, Mucuna apresentou maior teor que as demais ($P < 0,05$), enquanto que Indigófera e Flemingia foram equivalentes, porém, superiores ao Desmódio ($P < 0,05$). Para cálcio e magnésio observam-se maiores teores em Indigófera e Desmódio ($P < 0,05$). Quanto aos micronutrientes zinco e cobre, observam-se teores semelhantes em Flemingia e Desmódio, que foram superiores aos encontrados em Mucuna e Indigófera ($P < 0,05$).

No segundo corte, onde a cobertura natural também foi avaliada, observa-se que esta, embora tenha apresentado valores elevados de potássio e zinco (1,51% e 42 ppm, respectivamente), foi a que apresentou os menores teores de nitrogênio e fósforo (1,41% de N e 0,07% de P). Mucuna apresentou elevados teores de nitrogênio, fósforo, potássio e zinco, porém baixo teor de magnésio, enquanto que para os demais nutrientes apresentou

TABELA 5 - Valores médios dos teores de nutrientes minerais na parte aérea de plantas de cobertura em guarana_zal, em dois cortes.

Cobertura	Nutrientes							
	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn	Cu
	%					ppm		
PRIMEIRO CORTE								
Mucuna	2,94	0,20	0,93	0,53	0,53	180	11,5	6,9
Indigófera	2,82	0,15	1,11	1,01	0,24	189	10,0	5,1
Flemingia	1,91	0,12	0,85	0,56	0,15	217	26,2	8,8
Desmódio	1,35	0,08	1,00	1,00	0,22	259	25,3	9,2
Tuckey (0,05)	(0,49)	(0,03)	(0,48)	(0,39)	(0,05)	(84)	(4,6)	(3,1)
SEGUNDO CORTE								
Mucuna	2,57	0,23	1,28	0,41	0,14	64	32	8,6
Indigófera	1,75	0,08	0,75	0,69	0,16	65	5	4,4
Flemingia	2,33	0,17	0,89	0,26	0,10	72	24	6,6
Desmódio	1,77	0,13	0,63	0,53	0,16	71	20	6,2
Natural	1,41	0,07	1,15	0,56	0,22	55	42	6,5
Tuckey (0,05)	(0,50)	(0,04)	(0,53)	(0,43)	(0,06)	(43)	(11)	(4,6)

teores semelhantes às demais coberturas. Flemingia apresentou valores de nitrogênio, fósforo e potássio elevados, porém os menores teores de cálcio e magnésio. Desmódio e Indigófera apresentaram valores intermediários dos nutrientes.

- Acúmulo de nutrientes na matéria seca

As análises da biomassa da parte aérea das coberturas indicam que quantidades significantes de nutrientes foram reciclados com o cultivo das leguminosas. No Gráfico 1 são apresentados os resultados do acúmulo de nutrientes nos dois cortes efetuados. Observa-se que Flemingia foi a cobertura que imobilizou maiores quantidades de nutrientes, à exceção de cálcio e magnésio, que foram mais imobilizados pelo Desmódio. Mucuna, muito embora tenha apresentado teores de nitrogênio, fósforo e potássio elevados na matéria seca (Tabela 5) foi a leguminosa que menores quantidades de nutrientes reciclou à exceção do fósforo, pela pequena produção de matéria seca verificada nos dois cortes. Isso talvez deva-se ao fato de que a Mucuna, por ser uma espécie de desenvolvimento inicial rápido, quando foi cortada (aos quatro meses) já havia perdido muita matéria seca, pela queda de suas folhas. Dentre todas as coberturas, foi a Natural a que menos nutrientes imobilizou, devido principalmente, a ter sido eliminada, no início, com herbicidas, que impediu que a mesma demonstrasse seu potencial produtivo.

4.2 - Física do solo

4.2.1 - Temperatura do solo (°C)

Os resultados das medições de temperatura do solo efetuados em dois períodos, à superfície e a 10 cm de profundidade, são apresentados na Tabela 6. Na avaliação efetuada aos quatro meses após o plantio, a temperatura do solo (medida apenas nas parcelas) foi bem menor ($P < 0,05$) sob as coberturas de leguminosas do que sob a cobertura Natural. Observa-se que sob

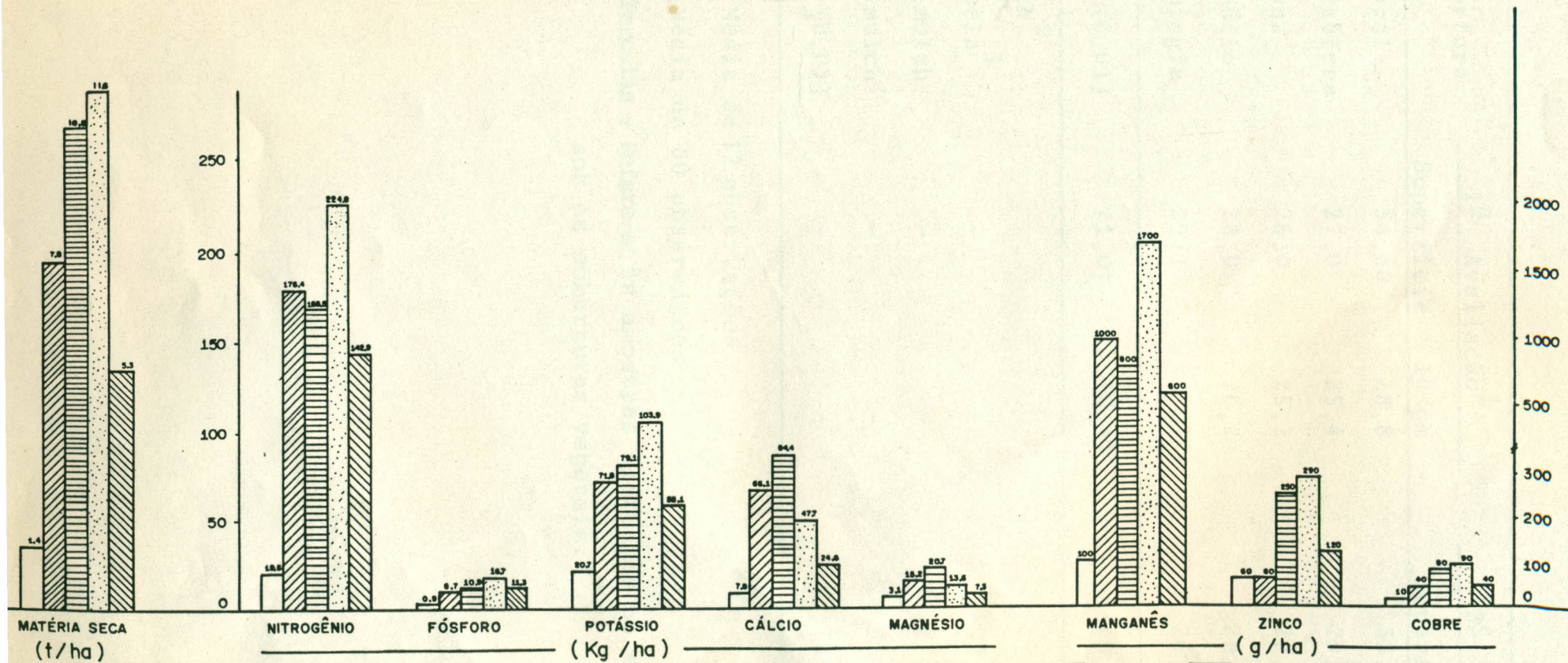


Gráfico 1 - Produção total de Matéria Seca e acúmulo de nutrientes na parte aérea de plantas de cobertura (Natural, Indigotera, Desmódio, Flemingia e Mucuna), em dois cortes, no período de 12 meses.

TABELA 6 - Temperatura do solo (em °C) sob diferentes coberturas vegetais em guaranazal, em dois períodos:

Cobertura	1 ^a Avaliação ¹		2 ^a Avaliação ¹	
	Superfície	10 cm	Superfície	10 cm
Natural	34,60	28,8	33,8	26,6
Indigófera	27,0	25,4	29,3	25,4
Mucuna	26,0	25,2	29,2	25,2
Desmódio	28,0	26,2	28,3	24,6
Flemingia	29,1	27,1	26,7	24,1
DMS (0,01)	(1,0)	(0,4)	(0,6)	(0,8)
Mulch ²				
Parcela ³	-	-	27,0	24,6
Com mulch	-	-	27,8	25,0
Sem mulch	-	-	33,5	26,0
DMS (0,01)	-	-	(0,4)	(NS)

1 Média de 12 observações

2 Média de 60 observações

3 Parcelas - Refere-se às amostras efetuadas no meio das parcelas, sob as coberturas vegetais.

Mucuna e Indigófera, foram registrados os menores valores, tanto à superfície quanto a 10 cm de profundidade. Sob Flemingia foram registradas as mais elevadas temperaturas nas duas profundidades porém, ainda assim, menores do que os valores observados sob a cobertura Natural. Desmódio apresentou valores próximos aos obtidos sob Flemingia.

Na segunda medição, além das parcelas foi também medida a temperatura do solo sob as plantas de guaraná, para avaliar o efeito do "mulch" sobre as variações de temperatura (Tabela 6). Nas parcelas, tanto à superfície quanto a 10 cm de profundidade, os menores registros foram observados sob as coberturas de Desmódio e Flemingia e os maiores sob Mucuna e Indigófera. Sob a cobertura Natural, a temperatura do solo sempre foi mais elevada que sob as leguminosas. O "mulch" efetuado com as partes aéreas cortadas das leguminosas teve um efeito marcante sobre a temperatura do solo. Observa-se, pela Tabela 6, que nas parcelas, à superfície do solo, enquanto nas plantas "sem mulch" as temperaturas sempre foram superiores a 29°C, nas plantas que receberam o "mulch" a temperatura nunca ultrapassou os 27°C. A mesma tendência se observa para as temperaturas a 10cm de profundidade, com temperaturas mais baixas.

4.2.2 - Umidade gravimétrica (%)

As porcentagens de umidade do solo sob as diferentes coberturas e sob as plantas de guaraná, são apresentadas na Tabela 7. Nas parcelas, observa-se que sob a cobertura de Desmódio foi encontrado o maior percentual de água no solo (37,96%) e o menor foi observado sob Flemingia (36,08%).

Quanto ao efeito do "mulch", verifica-se que nas plantas com "mulch" de Flemingia e de Indigófera os percentuais de água no solo foram bem maiores nas plantas "com mulch". Apenas para Mucuna, não houve efeito do "mulch". Os menores percentuais foram observados sempre sob a cobertura Natural.

TABELA 7 - Valores médios de Umidade do solo (0-10 cm) sob diferentes coberturas vegetais (parcelas), com e sem "mulch", em guaranazal aos 12 meses após o plantio.

Cobertura	Umidade do solo (%)			Média das coberturas
	Parcela ¹	Com "mulch"	Sem "mulch"	
Desmódio	37,96	36,76	35,66	36,79 a
Indigófera	36,90	37,23	34,48	36,20 a
Mucuna	36,57	35,53	35,70	35,93 a
Natural	36,23	34,21	33,25	34,56 a
Flemingia	36,08	37,29	33,35	35,57 a
Média	36,75 a	36,20 ab	34,49 b	

Médias seguidas da mesma letra, na vertical e na horizontal, não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

1 Parcela - Refere-se às amostras efetuadas no meio das parcelas, sob as coberturas vegetais.

4.2.3 - Densidade aparente do solo (g/cm³)

Na Tabela 8, são mostrados os valores médios da densidade aparente do solo sob as diferentes coberturas e sob as plantas com e sem "mulch". Nas parcelas, sob cobertura de Desmódio foi observada a maior densidade (0,92 g/cm³). Sob as demais coberturas, a densidade ficou entre 0,87 e 0,89 g/cm³.

Nas plantas onde foi efetuada o "mulch", a densidade aparente do solo foi sempre menor do que nas que não receberam o "mulch", à exceção da Mucuna.

4.2.4 - Estabilidade de agregados

Os resultados da avaliação da estabilidade de agregados sob as diferentes coberturas, são apresentados na Tabela 9. Os percentuais mais elevados de agregados totais foram observados sob as coberturas com Flemingia, seguido de Desmódio. Os menores foram encontrados sob as coberturas Natural e com Mucuna. Na classe de agregados maiores que 2 mm, também foi sob Flemingia que houve maior percentual (59,6%), enquanto que sob Mucuna esse percentual foi bem inferior (49,1%).

Os valores médios e porcentagem de agregados do solo com e sem "mulch" são mostrados na Tabela 10. Verifica-se que houve um certo efeito do "mulch" sobre os agregados do solo. No total de agregados, todas as plantas com "mulch" apresentam maiores valores e, na média das leguminosas, nas plantas que receberam "mulch", obtiveram-se 85,8% de agregados totais contra 80,0% nas sem "mulch". O mesmo se verifica nos agregados acima de 2 mm.

4.3 - Química do solo

Aos 14 meses após a implantação do experimento, foram efetuadas as determinações de pH e das concentrações dos nutrientes (fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, manganês,

TABELA 8 - Valores médios de Densidade aparente do solo, sob diferentes coberturas vegetais (parcela), com e sem "mulch", em guaranazal, aos 12 meses após o plantio.

Cobertura	Densidade Aparente (g/cm ³)			Médias das coberturas
	Parcela ¹	Com "mulch"	Sem "mulch"	
Desmódio	0,92	0,86	0,92	0,90 a
Indigófera	0,89	0,87	0,93	0,90 a
Mucuna	0,88	0,93	0,91	0,89 a
Flemingia	0,89	0,87	0,93	0,89 a
Natural	0,87	0,89	0,88	0,88 a
Média	0,89 ab	0,88 b	0,92 a	

Médias seguidas da mesma letra, na vertical e na horizontal, não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

1 Parcela - Refere-se às amostras efetuadas no meio das parcelas, sob as coberturas vegetais.

TABELA 9 - Porcentagem de agregados do solo (0-10 cm) sob diferentes coberturas vivas em guaranazal, aos 12 meses após o plantio.

Cobertura	% Agregados				
	Total	2 mm	1 mm	0,5 mm	0,25 mm
Natural	82,55	56,06	13,43	7,84	5,22
Indigófera	84,95	57,51	14,79	7,70	4,95
Mucuna	82,76	48,99	18,03	9,58	6,16
Flemingia	87,70	59,59	12,81	9,30	6,00
Desmódio	85,55	52,92	15,07	11,03	6,53

TABELA 10 - Efeito do "mulch" na estabilidade de agregados do solo, sob coberturas de leguminosas em guaranazal, aos 12 meses após o plantio.

Cobertura	"mulch"	% Agregados				
		Total	2 mm	1 mm	0,5 mm	0,25 mm
Indigófera	cm	88,57	61,21	14,76	7,42	5,18
	sm	79,77	40,95	19,01	12,80	7,01
Mucuna	cm	87,05	63,93	10,89	7,08	5,15
	sm	80,30	57,71	12,27	6,28	4,04
Flemingia	cm	86,28	62,52	11,99	6,64	5,13
	sm	81,40	48,56	15,16	10,38	7,30
Desmódio	cm	81,24	53,03	14,38	8,20	5,60
	sm	78,64	42,17	16,81	11,77	7,89
Média	cm	85,79	60,17	13,01	7,34	5,27
	sm	80,03	47,35	15,81	10,31	6,56

cm = com "mulch"

sm = sem "mulch"

zinco, cobre, nitrogênio e carbono) no solo sob as coberturas, na profundidade de 0-10 cm. Os resultados são apresentados nas Tabelas 11 a 13. Para servir de referência são, também, apresentados os resultados obtidos antes do início do experimento.

4.3.1 - pH

Os valores de pH são apresentados na Tabela 11. Não foram observadas diferenças estatísticas com referência ao "mulch". Dentre as coberturas, Indigófera apresentou valor de pH mais elevado do que o encontrado no solo sob Mucuna e Flemingia ($P < 0,05$). Não houve diferença entre Indigófera, cobertura Natural e Desmódio, como também entre Desmódio, cobertura Natural, Mucuna e Flemingia.

O valor de pH antes do plantio, foi mais elevado do que os valores encontrados aos 14 meses.

4.3.2 - Fósforo assimilável (ppm)

Na Tabela 11, são apresentados os valores médios de fósforo assimilável, em partes por milhão (ppm).

Com relação às coberturas, verifica-se que entre as leguminosas não houve diferença significativa, embora em valores absolutos, Indigófera apresenta-se com teor de fósforo bem mais elevado que Mucuna e Flemingia. Na Indigófera, o nível de fósforo é estatisticamente superior ($P < 0,05$) à cobertura Natural. Entretanto, esta não difere estatisticamente das demais leguminosas.

Ao estudar-se o efeito do "mulch", verifica-se que não houve diferença significativa entre o uso ou não de "mulch" com as partes aéreas das coberturas. Entretanto, quando comparados com o resultado das parcelas, onde foi efetuado o "mulch", apresenta valor médio superior aos daquelas. Não se verifica diferença entre as parcelas e com "mulch".

TABELA 11 - Valores médios de pH, Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Alumínio (Al) e Saturação de Alumínio (Sat. Al) no solo, na profundidade 0-10cm, aos 14 meses após o início do experimento.

Item	pH (H ₂ O)	P	K	Ca	Mg	Al	Sat. Al
		ppm		me/100 g			(%)
1. Antes do Plantio	4,70	3,30	42,0	0,50	0,57	1,13	48,9
2. Coberturas							
Indigófera	4,50	9,42a	36,9a	0,56a	0,76a	1,16 bc	45,1
Desmódio	4,45	7,49ab	35,4a	0,40 b	0,75ab	1,18 b	48,7
Natural	4,45	2,54 b	26,4 b	0,33 b	0,57 b	1,33 b	57,9
Mucuna	4,35	5,04ab	32,4ab	0,31 b	0,60ab	1,43ab	59,0
Flemingia	4,35	4,38ab	29,3ab	0,28 b	0,61ab	1,56ab	61,8
3. Mulch							
Parcela ¹	4,39	4,14 b	32,0ab	0,34 b	0,62a	1,24 b	54,3
Com Mulch	4,43	6,35ab	37,5a	0,41a	0,73a	1,30 b	51,0
Sem Mulch	4,44	7,04a	27,0 b	0,39a	0,63a	1,46a	58,0

Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tuckey ao nível de 5% de probabilidade.

1 Parcela - Refere-se às amostras efetuadas no meio das parcelas, sob as coberturas vegetais.

4.3.3 - Potássio (ppm)

Pelos dados da Tabela 11, verifica-se superioridade quanto aos teores de potássio para Indigófera e Desmódio, quando comparados com a cobertura Natural ($P < 0,05$). Entretanto não houve diferença significativa entre as leguminosas. Mesmo assim, as coberturas de Mucuna e Flemingia não apresentaram diferença significativa em relação à cobertura Natural.

No solo sob "mulch", o nível de potássio foi superior ($P < 0,05$) ao sem "mulch" e similar ao nível da parcela. Entre a parcela e sem "mulch", não houve diferença significativa. Quando comparados com o nível inicial (42,0 ppm) verifica-se que houve uma diminuição do nível de potássio tanto para as coberturas, quanto para "mulch".

4.3.4 - Cálcio (me/100 g)

Verifica-se que a cobertura com Indigófera teve influência significativa no teor de cálcio ($P < 0,05$) em relação às demais coberturas, que não diferiram entre si (Tabela 11). Os tratamentos com e sem "mulch" foram estatisticamente superiores à parcela. Comparando-se com o nível de cálcio antes do plantio, à exceção da cobertura com Indigófera, que foi superior, todas as demais coberturas apresentaram teores mais baixos.

4.3.5 - Magnésio (me/100 g)

Não foram verificadas diferenças entre os tratamentos com "mulch" (Tabela 11). Verifica-se porém, que dentre as coberturas, apenas Indigófera foi superior à Natural. Entre as leguminosas, não houve diferença significativa.

Comparando-se os resultados com o nível obtido antes do início do experimento, verifica-se que houve um acúmulo de

magnésio no solo, após 14 meses, à exceção da parcela com cobertura Natural.

4.3.6 - Alumínio (me/100 g) e Saturação de Alumínio (%)

Pela Tabela 11, observa-se que os maiores teores de alumínio foram obtidos nas coberturas com Flemingia e Mucuna (1,56 e 1,43 me/100 g, respectivamente). Flemingia foi estatisticamente superior às coberturas com Indigófera, Desmódio e Natural ($P < 0,05$), porém semelhante à Mucuna. As demais não diferiram estatisticamente.

No tratamento sem "mulch", obteve-se teor de alumínio superior ($P < 0,05$) à parcela e com "mulch", os quais não diferiram entre si.

Comparando-se com o nível existente antes do plantio, observa-se que houve um aumento do alumínio no solo, como resultado do efeito dos tratamentos.

Quanto à saturação de alumínio, observa-se que esta seguiu a mesma tendência do aumento do teor de alumínio. A menor porcentagem de saturação de alumínio foi observada na Indigófera, a qual também apresentou o menor nível de alumínio.

Nota-se que o "mulch" influenciou de certa forma na saturação de alumínio. No tratamento com "mulch", obteve-se a menor porcentagem, seguido da parcela e sem "mulch".

Nota-se também, que à exceção da Indigófera e Desmódio, houve um aumento da saturação de alumínio no solo nos demais tratamentos, com o decorrer do tempo, comparado com a porcentagem do início do experimento.