

**INTEGRAÇÃO
LAVOURA-PECUÁRIA:
ATIVIDADES
DESENVOLVIDAS
PELA EMBRAPA CERRADOS**



Lourival Vilela
Jeanne C.C. Miranda
Ravi D. Sharma
Miguel A. Ayarza

República Federativa do Brasil

Presidente
Fernando Henrique Cardoso

Ministério da Agricultura e do Abastecimento

Ministro
Marcus Vinícius Pratini de Moraes

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Diretor-Presidente
Alberto Duque Portugal

Diretores-Executivos
Dante Daniel Giacomelli Scolari
Elza Ângela Battaglia Brito da Cunha
José Roberto Rodrigues Peres

Embrapa Cerrados

Chefe-Geral
Carlos Magno Campos da Rocha

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Eduardo Delgado Assad

Chefe Adjunto de Comunicação e Negócios
Euzebio Medrado da Silva

Chefe Adjunto de Administração
Ismael Ferreira Graciano



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

**INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA:
ATIVIDADES DESENVOLVIDAS
PELA EMBRAPA CERRADOS**

Lourival Vilela
Jeanne C.C. Miranda
Ravi D. Sharma
Miguel A. Ayarza

ISSN 1517-5111

| | | | | |
|-------------------------|------------|------|--------|-----------|
| Doc. - Embrapa Cerrados | Planaltina | n. 9 | p.1-31 | Dez. 1999 |
|-------------------------|------------|------|--------|-----------|

Copyright © Embrapa - 1999
Embrapa Cerrados. Documentos, 9

Exemplares desta publicação podem ser solicitados a:

Embrapa Cerrados
BR 020, km 18, Rodovia Brasília/Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73301-970 - Planaltina, DF
Telefone (61) 388-9898 - Fax (61) 388-9879

Tiragem: 100 exemplares

Comitê de Publicações:

Eduardo Delgado Assad (Presidente), Maria Alice Bianchi, Daniel Pereira Guimarães,
Leide Rovênia Miranda de Andrade, Marco Antonio de Souza, Carlos Roberto Spehar,
José Luis Fernandes Zoby e Nilda Maria da Cunha Sette (Secretária-Executiva).

Coordenação editorial: Nilda Maria da Cunha Sette

Revisão gramatical: Maria Helena Gonçalves Teixeira

Normalização bibliográfica: Daui Antunes Corrêa

Diagramação e arte-final: Jussara Flores de Oliveira

Capa: Chaile Cherne Soares Evangelista

Impressão e acabamento: Jaime Arbués Carneiro, Divino Batista de Souza

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação do Copyright © (Lei nº 9.610).

| | |
|------|---|
| v699 | Vilela, Lourival. Integração lavoura-pecuária: atividades desenvolvidas pela Embrapa Cerrados / Lourival Vilela ... [et al.]. - Planaltina : Embrapa Cerrados, 1999. 31p. - (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111 ; n. 9) 1. Lavoura - pecuária. 2. Agricultura - pecuária. 3. Pecuária - lavoura. I. Vilela, Lourival. II. Título. III. Série. |
|------|---|

633.2 - CDD 21

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| RESUMO | 5 |
| ABSTRACT | 6 |
| INTRODUÇÃO | 8 |
| ENFOQUE METODOLÓGICO | 9 |
| Ações no âmbito da Embrapa Cerrados | 9 |
| Ações em fazendas | 11 |
| RESULTADOS | 14 |
| 1. Embrapa Cerrados | 14 |
| a. 1991 a 1995 | 14 |
| b. Impactos da rotação de culturas anuais com pastagem – 1995-1999 | 16 |
| c. Dinâmica de fungos micorrízicos | 21 |
| 2. Uberlândia (MG) | 23 |
| a. Avaliação do efeito de leguminosa no desempenho animal | 23 |
| b. Impacto produtivo e edáfico de sistemas integrados lavoura-pecuária – estudo de caso | 25 |
| CONCLUSÕES | 28 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 29 |

INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA: ATIVIDADES DESENVOLVIDAS PELA EMBRAPA CERRADOS¹

Lourival Vilela²; Jeanne C.C. Miranda²; Ravi D. Sharma²; Miguel A. Ayarza³

RESUMO – A região do Cerrado com 205 milhões de hectares, em menos de três décadas, transformou-se na principal área agrícola do Brasil. Essa rápida transformação foi possível devido a investimentos expressivos do governo em infra-estrutura e programas de desenvolvimento para ocupar esse ecossistema aliados aos avanços tecnológicos em manejo de solo e seleção de cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas da região. O crescimento da agricultura nessa região teve influência positiva na geração de riquezas e de empregos. No entanto, tem gerado impactos ambientais negativos como: compactação, erosão e perda de matéria orgânica do solo nos sistemas de cultivos anuais. Ao mesmo tempo, os problemas de degradação de pastagens agravaram-se, sendo especialmente severos em mais de 50% dos 49 milhões de hectares implantados na região. Para manter os solos do bioma Cerrado produtivos de forma sustentável, é necessário desenvolver sistemas agrícolas que permitam manter ou melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. A rotação de culturas anuais com pastagens é indicada como uma das alternativas para atingir esse propósito. A sustentabilidade econômica e ecológica dos sistemas de produção agropecuária, no Cerrado, poderá beneficiar-se mais da integração lavoura-pecuária do que de qualquer outra inovação. Desde 1991, a Embrapa Cerrados e o Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) tem trabalhado com outras instituições para desenvolver sistemas agropastoris, baseados em leguminosas forrageiras, adaptadas a diferentes níveis de uso de corretivos e fertilizantes, quantificando, no tempo, os impactos na produtividade e nas propriedades fisi-

¹ Trabalho apresentado na Embrapa Gado de Corte /JIRCAS Joint Workshop on Agropastoral System in South America. Campo Grande (MS), 7 a 8 de Dezembro de 1999.

² Embrapa Cerrados. E-mail: lvilela@cpac.embrapa.br.

³ CIAT-LADERAS. Tegucigalpa, Honduras. E-mail: ciathill@hondutel.hn.

cas, químicas e biológicas do solo. Práticas de manejo como: calagem, adubação, preparo de solo e manejo animal influenciam na contribuição das culturas e das pastagens na produção dos sistemas integrados lavoura-pecuária. Para medir esses efeitos, um experimento de longa duração foi estabelecido num Latossolo Vermelho-Escuro na Embrapa Cerrados, Planaltina (DF). Esse experimento tem por objetivos avaliar o efeito da integração lavoura pecuária na produtividade de grãos e carne e identificar parâmetros-chave físicos, químicos e biológicos, relacionados à melhoria ou à degradação do solo. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de sistemas, níveis de fertilidade e preparo do solo. Os sistemas utilizados são os seguintes: pastagem contínua de gramínea pura; pastagem consorciada contínua; rotação de lavoura/pastagem consorciada; lavoura contínua; cerrado nativo. O experimento foi complementado com protótipos localizados em Uberlândia (MG). Esses protótipos foram estabelecidos em 1992 em solos arenosos e argilosos em dois sistemas de produção: pastagens em processo de degradação e lavouras contínuas. Os resultados obtidos nesses trabalhos demonstram que os sistemas agropastoris têm potencial para aumentar a produtividade e reduzir os riscos de degradação, melhorando as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. O impacto positivo desses sistemas é ainda maior quando se incluem as leguminosas.

Palavras-chave: soja, milho, leguminosas, matéria orgânica, agregação do solo.

RESEARCH ACTIVITIES ON AGRO-PASTORAL SYSTEMS IN EMBRAPA CERRADOS

ABSTRACT – In the last three decades, the Cerrado region, covering about 205 million hectares, has made important contributions to the country's crop and livestock production. However, the intensive use of this area, particularly for monocropping and pasture development, has given rise to forms

of land use that are neither environmentally nor economically sustainable. Alternative land use systems are needed to halt and revert declining productivity and losses of soil and water. Among the technologies with potential to do this, the combination of crops and pastures in space and time is one of the best options. This technology allows the increase of overall productivity, enhance soil fertility and contribute to improve socioeconomic conditions of farmers. Since 1992, Embrapa Cerrados and CIAT have worked together with other institutions to develop agropastoral systems that are based on forage legumes adapted to low and high inputs, and to quantify their impact on productivity and on soil conditions. Management practices such as land preparation, liming and fertilization and animal management influence the contribution of crops and pastures in integrated crop-pasture production systems. To measure these effects, a long term experiment was established in 1991, in a Red Dark Latossol at Cerrado Agricultural Research Center (Embrapa Cerrados) in Planaltina (DF), Brazil in 1991. The aim of the experiment is to determine the effect of crop/pasture integration on crop and animal productivity and to identify soil physical, chemical and biological key parameters related to improvement or degradation. The experiment includes continuous crop and pasture systems (grass only and grass-legume) and crop-pasture rotations cycles of four years. Land preparation methods evaluate the effect of harrow disk (conventional land preparation) and flexible land preparation (disk plough and moldboard) on crop productivity and soil physical properties. Fertilization treatments included the effect of maintenance fertilization and a corrective fertilization, including the use of gypsum, on crop and pasture productivity, soil fertility and mycorrhizal dynamics. The experiment is complemented with satellite plots located in several farms in Uberlândia (MG). These plots were established in 1992 on sandy and clay soil types and two production systems (continuous pastures and annual cropping systems) to determine the potential contribution of forage legumes to improve sustainability of crop-pasture systems. Changes have been monitored in animal production and soil fertility in the improved

and the unreclaimed systems over time. The results of crop-livestock case study confirmed the synergistic effect on production and soil quality. Soil fertility increased during the cropping cycle, whereas soil aggregation and soil organic matter increased under the pasture phase. Organic matter also underwent a process of physical protection under pastures, especially in sandy soils.

Key words: savannas, ley farming, soybeans, maize, legume, soil aggregation, organic matter.

INTRODUÇÃO

A região do Cerrado com 205 milhões de hectares, em menos de três décadas, transformou-se na principal área agrícola do Brasil. Essa rápida transformação foi possível devido a investimentos expressivos do governo em infra-estrutura e programas de desenvolvimento para ocupar esse ecossistema e aos avanços tecnológicos em manejo de solo e seleção de cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas da região.

O crescimento da agricultura, na região, teve impactos positivos na geração de riquezas e de empregos. No entanto, tem gerado impactos ambientais negativos como perda de matéria orgânica do solo, compactação e erosão do solo nos sistemas de cultivos anuais. Ao mesmo tempo, os problemas de degradação de pastagem agravaram-se, sendo especialmente severos em mais de 50% dos 49 milhões de hectares implantados na região.

Para manter os solos do bioma Cerrado produtivos de forma sustentável, é necessário desenvolver sistemas agrícolas que permitam manter ou melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. A rotação de culturas anuais com pastagens é indicada como uma das alternativas para atingir esse propósito. A sustentabilidade econômica e ecológica dos sistemas de produção agropecuária no Cerrado poderá beneficiar-se mais da integração de culturas anuais com pastagens do que de qualquer outra inovação.

Este trabalho resume alguns resultados obtidos no projeto de pesquisa em integração lavoura-pecuária desenvolvido pela Embrapa Cerrados nessa década. Informações adicionais podem ser encontradas nas publicações listadas no item referências bibliográficas.

ENFOQUE METODOLÓGICO

A Embrapa Cerrados e o Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) têm desenvolvido pesquisas em sistemas integrados (culturas anuais e pastagens em rotação) adaptados às condições dos produtores da região do Cerrado. Os trabalhos incluíram experimentos no âmbito de estação experimental e teste de componentes em fazendas, com a participação ativa de produtores e instituições locais, na região de Uberlândia (MG). As ações executadas na estação experimental estão estudando, principalmente, processos e suas relações. Enquanto nas fazendas foram realizados estudos de compatibilidade agrônômica e de produtividade de alguns componentes dos sistemas. Essas atividades fazem parte de um esforço global de várias instituições nacionais e internacionais para deter a degradação dos recursos não renováveis (água e solo) e recuperar e/ou aumentar a produtividade atual dos sistemas de produção agropecuária.

Os trabalhos de pesquisa da Embrapa Cerrados sobre integração lavoura-pecuária têm por objetivos avaliar a eficiência agrônômica de sistemas integrados e não-integrados e quantificar, no tempo, os efeitos nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

Ações no âmbito da Embrapa Cerrados

Desde 1991, vem sendo conduzido um experimento em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, na Embrapa Cerrados, Distrito Federal; localizada a 15° 35' latitude sul e 47° 42' 30" W.Gr., a uma altitude de 1200 m.

Os tratamentos foram constituídos pela combinação de sistemas, níveis de fertilidade e preparo do solo. Os sistemas utilizados são os seguintes:

- S1 – Pastagem contínua de gramínea pura;
- S2 – Pastagem consorciada contínua;
- S3a – Rotação de cultura anual/pastagem consorciada;
- S3b – Rotação de pastagem consorciada/cultura anual;
- S4 – Cultura anual contínua;
- S5 – Cerrado nativo.

O experimento foi delineado para gerar conjuntos de dados seriados no tempo para os efeitos dos componentes anual e perene sobre as condições edáficas. O ciclo de quatro anos foi proposto para permitir a geração de dados em número suficiente para descrever as funções de interesse.

Os níveis de fertilidade foram estabelecidos de acordo com o componente cultura anual e pastagem. Para as culturas anuais os níveis foram definidos por:

- F1 – Calagem (30% saturação por bases) + adubação de manutenção para a cultura;
- F2 – Calagem (50% de saturação por bases) + adubação corretiva gradual.

Para as pastagens os níveis de fertilidade foram:

- F1 – Calagem (30% saturação por bases) + adubação de estabelecimento;
- F2 – Calagem (50% de saturação por bases) + adubação de estabelecimento + adubações bienal de PK.

O preparo do solo constou de dois métodos, definidos por:

- T1 – Preparo com grade aradora e niveladora;
- T2 – Preparo dinâmico.

O tratamento T2 foi incluído como preferencial a um sistema de preparo rígido, baseado no uso de implementos específicos,

numa frequência prefixada, considerando que o objetivo do preparo do solo é manter boas condições físicas para o desenvolvimento das plantas. Se por exemplo, um preparo profundo for indicado pela existência de uma camada compactada, deverá ser feito, caso contrário, não haverá necessidade de efetuar-lo. Até o momento, o preparo de solo do tratamento T2 vem sendo feito por meio de aração com arado de disco nos três primeiros cultivos e arado de aiveca nos demais.

O sistema de pastejo que está sendo utilizado é o rotacional. A rotação está sendo realizada dentro do mesmo nível de fertilidade e entre as repetições. Não há repetição para animais. O ciclo de pastejo é de 28 dias. O capim utilizado foi o *Andropogon gayanus* cv. Planaltina. Na pastagem consorciada, plantou-se uma mistura de leguminosas composta de: colopogônio (*Calopogonium mucunoides*), estilosantes (*Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão), soja perene (*Neonotonia wightii* cv. Comum) e *Centrosema brasilianum*. O *S. guianensis* foi a leguminosa dominante na consorciação.

O delineamento experimental é de blocos casualizados com duas repetições em parcelas subdivididas. Nas parcelas, estão os sistemas e nas subparcelas os níveis de fertilidade para os sistemas S1 e S2. Para os sistemas S3a e S3b, as parcelas englobam uma combinação fatorial de sistemas por preparo de solo e nas subparcelas estão os níveis de fertilidade. Para o sistema S4, o arranjo é em faixas, para facilitar o preparo de solo. A área de cada subparcela é de 2000 m².

Ações em fazendas

A maioria das atividades foi conduzida em fazendas no Município de Uberlândia, MG. Nessa região, encontram-se as classes agroecológicas mais representativas do Cerrado (Jones et al., 1992). O enfoque do estudo foi sobre desenvolvimento de sistemas agropastoris, baseados em leguminosas com potencial de

adaptação em sistemas pecuários e de cultivos, enfatizando o baixo e o alto uso de insumos. O impacto produtivo e edáfico da integração lavoura-pecuária foi quantificado em um estudo de caso realizado na fazenda Santa Terezinha, Uberlândia, MG. As etapas desenvolvidas no processo de avaliação estão resumidas na Figura 1.

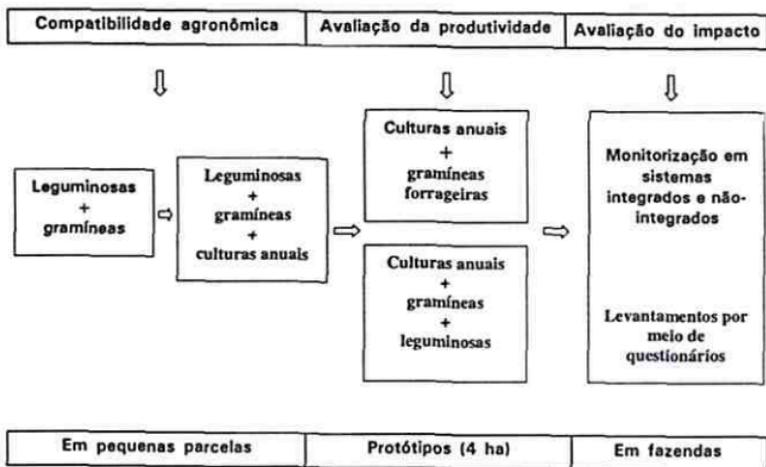


FIG 1. Seqüência de atividades desenvolvidas na avaliação de sistemas integrados lavoura-pecuária. Fonte: Ayarza, et al., 1999.

A avaliação do efeito de leguminosas em sistemas agropastoris foi realizada em protótipos de 4 ha no âmbito de fazendas. As forrageiras foram estabelecidas associadas a culturas anuais com os seguintes níveis de insumo: pastagens degradadas; e lavoura de soja-milho. Na Tabela 1, são apresentadas as características químicas e físicas dos solos onde foram implantados os protótipos. O desenho básico desses protótipos inclui a comparação entre pastagem consorciada e pastagem de gramínea pura.

TABELA 1. Características químicas e físicas iniciais da camada de 0 a 20 cm de profundidade das áreas selecionadas para os protótipos de Uberlândia.

| Sistemas ¹ | pH | P | K | Al | Ca + Mg | M.O | Argila | Agregados > 2mm |
|-----------------------|-----|--------------------|-------|--|---------|-----|--------------|-----------------|
| | | mg/dm ³ | | cmol _e /dm ³ | | | (g/kg) | |
| Lavoura | 6.2 | 34 | 0.12 | 0.0 | 4.9 | 34 | 550 | 500 |
| Pastagem ² | 5.1 | 0.9 | 0.07 | 0.5 | 0.5 | 27 | 570 | 770 |
| Lavoura | 6.3 | 26 | 0.25 | 0.0 | 2.4 | 9 | 130 | 460 |
| Pastagem ³ | 5.3 | 1.1 | 0.13 | 0.6 | 0.4 | 7 | 170 | 730 |

¹ Sistemas antecedentes à implantação dos protótipos.

² *B. decumbens* degradada. ³ *B. ruziziensis* degradada.

As culturas anuais e as gramíneas forrageiras variaram de acordo com o sistema de produção da fazenda e com o nível de fertilidade do solo. Nos sistemas de pastagens com baixo uso de insumos, os capins *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria ruziziensis* foram semeados com arroz. Nos sistemas com alto uso de insumo, o *Panicum maximum* cv. Vencedor foi semeado com milho. Em todos protótipos utilizou-se uma mistura de leguminosas (*S. guianensis* cv. Mineirão, *Neonotonia wightii* cv. Tinaroo e *Calopogonium mucunoides* cv. comum). A calagem e a adubação nos protótipos com braquiária consistiu de: 1,0 t/ha de calcário, 70 kg/ha de P₂O₅, 35 kg/ha de K₂O e 12 kg/ha de N no momento da semeadura. Sessenta dias após a semeadura, aplicaram-se 20 kg/ha de N e 60 kg/ha de K₂O. Nos protótipos com *P. maximum*, só foi aplicado a lanço 20 kg/ha de P₂O₅ misturados com as sementes das leguminosas. A adubação e o plantio do milho foram realizados pelos produtores. A produção de milho variou entre 6 e 7 t/ha de grãos. A produção de arroz foi muito pequena (<200 kg/ha).

RESULTADOS

1. Embrapa Cerrados

a. 1991 a 1995

Os resultados obtidos durante os três primeiros cultivos mostram que não houve efeitos significativos dos métodos de preparo de solo sobre a produção de grãos e nas propriedades físicas e químicas do solo. Os efeitos maiores sobre essas variáveis foram proporcionados pelos níveis de fertilidade (Figura 2). No entanto, no quarto cultivo (seqüência de cultivos:soja-soja-milho-soja), o preparo do solo com arado de aiveca proporcionou aumento no rendimento de grãos da soja na ordem de 12% (Figura 6). Esse incremento na produção de grãos devido ao preparo do solo com aiveca está associado à redução da competição por ervas daninhas. A redução no rendimento de grãos da soja devido à competição por ervas daninhas foi de 47%. Nas áreas de culturas contínuas, foram identificadas 16 espécies de ervas daninhas. Algumas, como carrapicho rasteiro (*Acanthospermum australe*), mostraram ser sensíveis aos métodos de preparo do solo e níveis de fertilidade. Enquanto o preparo do solo com arado de aiveca aumentou sua participação na biomassa total de ervas daninhas o aumento da fertilidade do solo reduziu a população de carrapicho rasteiro. O capim colchão (*Digitaria horizontalis*) foi a invasora mais estável. Devido a não aplicação de herbicida durante os quatro primeiros cultivos, a alta infestação com ervas daninhas no nível F1 inviabilizou a colheita mecanizada de grãos em 1994/1995.

Até o segundo cultivo, a percentagem de agregados de solo maiores que 2,00 mm foi pouco alterada pelos diferentes sistemas de uso da terra. No entanto, no quarto cultivo, o efeito de culturas anuais contínuas na redução desses agregados em relação ao cerrado nativo e pastagens foi significativa (Figura 3). A percentagem desses agregados nas pastagens e no cerrado nativo foi semelhante. Até o quarto cultivo, os métodos de preparo de solo (grade aradora contínua e três anos de arado de disco e um ano de aiveca) não afetaram a percentagem de agregados do solo.

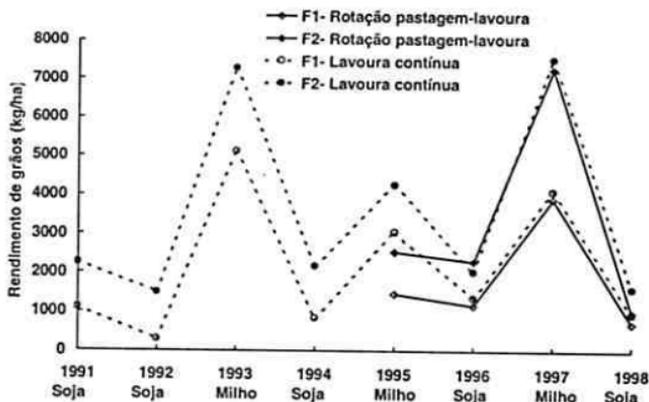


FIG. 2. Efeito das rotações e níveis de adubações (F1 e F2) no rendimento de grãos de soja e milho.

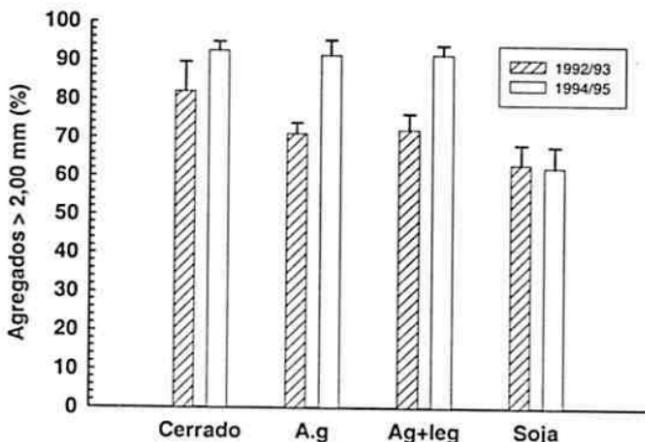


FIG. 3. Efeito de diferentes sistemas de uso do solo na percentagem de agregados maiores do que 2,0 mm, após o segundo e o quarto ano de lavoura. As barras verticais representam os erros padrão das médias (média de quatro amostras. Ag = *Andropogon gyanus*; Ag + leg = *A. gyanus* consorciado com *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e; soja = seqüência de soja-soja-milho-soja.

As adubações freqüentes nas áreas de culturas anuais, de modo geral, aumentaram as frações de fósforo inorgânico (P_i) e orgânico (P_o) mais lábeis (extraídas em H_2O , resina e $NaHCO_3$) em relação às pastagens e ao cerrado nativo (Araújo et al., 1996). A fração P-residual não diferiu entre os três sistemas. Relativamente, as frações P_i lábeis nas áreas de culturas anuais foram maiores do que nas pastagens e no cerrado nativo, enquanto as frações orgânicas lábeis (P_o) foram semelhantes nos três sistemas.

A densidade populacional da fauna do solo foi influenciada tanto pelo sistema de utilização do solo como pela época de amostragem. A densidade populacional foi maior na área de cerrado nativo em relação às áreas de pastagens e de culturas. A densidade populacional diminuiu significativamente em todos os sistemas no início da seca. A fauna coletada era composta, principalmente, de *Arthropoda*. Grupos de indivíduos das ordens *Diptera*, *Homoptera* e *Acarina*, bem como da família *Formicidae* foram os que apareceram em maior número ao longo do tempo, em todos os sistemas de uso do solo. *Collembola* e *Coleoptera* estiveram sempre presentes, mas em menor densidade.

Até o momento, a incidência de doenças, tanto nas forrageiras como nas culturas anuais tem sido baixa ou moderada. As principais doenças observadas foram as comumente associadas às espécies em estudo.

O desempenho animal foi maior nas pastagens consorciadas, tanto na seca como nas chuvas (Figura 4). Não se verificou nenhum efeito dos níveis de fertilidade no ganho de peso diário/animal.

b. Impactos da rotação de culturas anuais com pastagem – 1995-1999

A partir do ano agrícola de 1995/1996 iniciaram-se as rotações nos sistemas S3a e S3b. Os fatores que mais contribuíram para a decisão de iniciar a rotação nesses sistemas foram: a) a alta infestação de ervas daninhas nas culturas anuais, uma vez que nos quatro primeiros cultivos com culturas anuais não se aplicou nenhum tipo de herbicida, e; b) a redução drástica da população de leguminosas nas pastagens consorciadas.

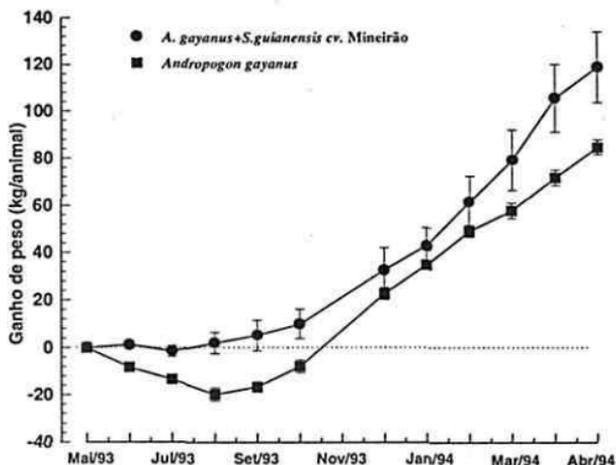


FIG. 4. Efeito de *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão no ganho de peso de novilhas azebuadas durante os períodos de seca e chuvas. As barras verticais representam os erros padrão das médias (três animais por tratamento).

A Figura 5 mostra os impactos dos diferentes sistemas no teor de carbono orgânico do solo na camada de 0 a 10 cm de profundidade. Após quatro anos, o teor de carbono orgânico do solo reduziu significativamente nas áreas de lavoura contínua e aumentaram nas de pastagens.

Os rendimentos médios de grãos de soja e de milho no sistema de culturas anuais contínuas, oito anos de cultivos e quatro em rotação com a pastagem podem ser observados na Figura 2. O efeito da rotação com pastagem no rendimento de grãos não foi evidente. No entanto, mesmo com aplicação de herbicidas, a infestação com plantas daninhas foi maior no sistema contínuo do que na rotação. Ao longo de oito anos de lavoura, o principal efeito observado foi o de níveis de fertilidade. No último ano agrícola, a produção de soja foi muito afetada pela ocorrência de dois veranicos.

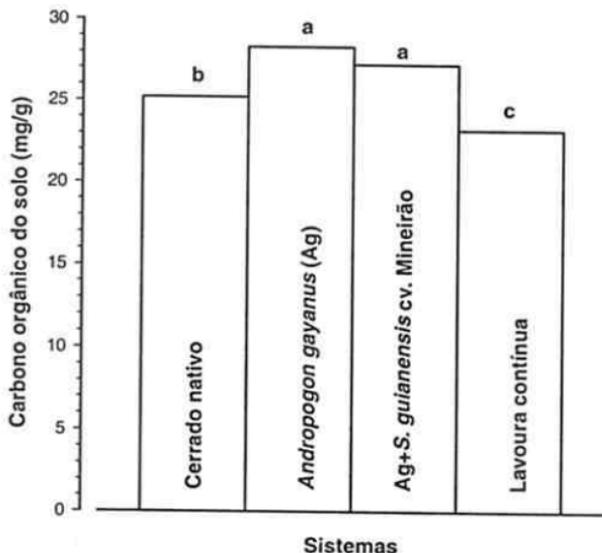


FIG 5. Efeito de agroecossistemas no teor de carbono orgânico na camada de 0 a 10 cm de um Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa. Valores seguidos por letras iguais não diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Duncan ($P < 0,05$). Fonte: Westerhof, R. (1998).

Os dois métodos de preparo do solo não afetaram significativamente as produções de grãos de soja e milho no sistema de culturas contínuas (Figura 6). Contudo, por ocasião da substituição da pastagem por culturas anuais (1995/1996), o fato de incorporar os resíduos das pastagens com arado de disco seguido de uma gradagem aumentou em 26% o rendimento de grãos de milho em relação ao uso de duas gradagens com gradagem aradora pesada. A incorporação mais profunda da biomassa da pastagem com o uso do arado, promovendo sua diluição na camada trabalhada, provavelmente, fez com que a mineralização dos resíduos fosse mais eficiente.

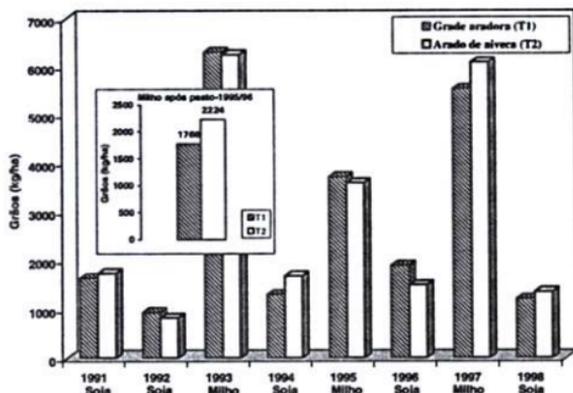


FIG 6. Efeito dos métodos de preparo de solo no rendimento de grãos de soja e milho no sistema de culturas anuais contínuas e na rotação pasto-milho.

Os resultados da avaliação de nematódeos no solo, no ano agrícola de 1996/1997, indicam que a interrupção do ciclo de culturas anuais pela introdução da pastagem consorciada de *A. gayanus*/*S. guianensis* cv. Mineirão reduziu a população desses parasitas (Tabela 2).

TABELA 2. Efeito de sistemas de cultivos na população de nematódeos em um Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa. L.Vilela – dados não publicados.

| Sistemas de cultivos | Saprófitos | Parasitas | Ovos |
|--|-------------------------------------|------------|------------|
| | Indivíduos/50 g de solo | | |
| Andropogon (Ag) | 29,4 ± 7,2 | 18,1 ± 4,0 | 4,9 ± 1,7 |
| Ag + Mineirão | 50,8 ± 7,9 | 22,5 ± 4,1 | 3,8 ± 0,8 |
| Culturas anuais ¹ | 30,8 ± 2,5 | 298 ± 55,7 | 14,9 ± 4,3 |
| Culturas anuais/Ag + Mineirão ² | 21,7 ± 3,0 | 30,3 ± 3,9 | 5,2 ± 0,7 |
| Ag + Mineirão/Culturas anuais ³ | 25,9 ± 3,5 | 14,1 ± 1,7 | 3,5 ± 0,4 |
| Cerrado nativo | 49,5 ± 21,2 | 26,3 ± 2,8 | 2,7 ± 0,6 |

¹ A sequência de cultivos foi: soja-soja-milho-soja-milho-soja.

² Pastagem estabelecida após um ciclo de culturas anuais (soja-soja-milho-soja).

³ Culturas anuais (milho e soja) após um ciclo de quatro anos de pastagem.

O desempenho das pastagens implantadas após um ciclo de culturas anuais, avaliado pelo ganho de peso dos animais em pastejo, tem sido excelente (Tabela 3). Nas avaliações iniciais, em 132 dias de pastejo, o ganho de peso médio de bezerras azebuadas foi de 427 kg/ha de peso vivo, equivalente a um ganho de 1,181 kg/ha/ano de peso vivo. Como a pastagem consorciada contínua estava sendo recuperada nesse período de avaliação, não foi possível sua comparação com a pastagem consorciada implantada após um ciclo de culturas anuais. No entanto, a comparação com a pastagem de *A. gayanus* puro é válida porque no último período de avaliação (1994/1995) o desempenho animal na pastagem consorciada contínua foi semelhante ao obtido na de *A. gayanus* puro. O rendimento de carne na pastagem de *A. gayanus*/*S. guianensis* cv. Mineirão, implantada após um ciclo de culturas anuais (soja-soja-milho-soja), foi 2,6 vezes maior do que o obtido na de andropogon puro.

TABELA 3. Efeito da rotação de pastagem com culturas anuais e do residual da adubação no ganho em peso de novilhas azebuadas. L.Vilela - dados não publicados.

| Pastagens/Níveis de fertilidade ¹ | Ganho em peso (kg/ha) |
|---|-----------------------|
| Pastagem contínua | |
| Andropogon puro ¹ | 162 ± 3 |
| Pastagem após um ciclo de culturas anuais | |
| Andropogon + Mineirão | 427 ± 54 |
| F1 ² | 336 ± 9 |
| F2 | 518 ± 27 |

¹ Média dos dois níveis de fertilidade

² Níveis de fertilidade: F1 (manutenção) e F2 (corretiva gradual).

Antes da rotação, a diferença no desempenho animal entre os níveis de fertilidade foi de 10%. No entanto, nas pastagens que foram implantadas após um ciclo de culturas anuais, a diferença entre os níveis de fertilidade foi de 54%. Esse efeito também

pode estar associado ao fator micorriza, uma vez que as culturas anuais aumentaram o número de espécies nessas áreas, podendo interferir na resposta das pastagens à fertilidade do solo.

c. Dinâmica de fungos micorrízicos

Nos dados apresentados na Tabela 4, observa-se que as plantas forrageiras foram mais eficientes em aumentar quantitativamente a população dos fungos micorrízicos nativos do que a soja, no período de estabelecimento (primeiro cultivo -1992) dessas culturas. A partir do segundo cultivo, entretanto, essas forrageiras perenes tornaram-se menos dependentes da micorriza arbuscular e a esporulação dos fungos MA e colonização radicular das plantas foi menor, igualando-se à das culturas. Pode-se observar, também que esses parâmetros aumentaram, em geral, com o tempo de cultivo para as culturas anuais.

TABELA 4. Densidade populacional de fungos micorrízicos arbusculares nativos no solo, amostrado em diferentes épocas, em função dos sistemas de uso do solo: CN = cerrado nativo; Ag = *Andropogon gayanus*; Ag + leg = *Andropogon gayanus/Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão; Culturas de Soja (S) e Milho (M). Dados médios de duas repetições.

| Amostragem (Estação) | | Esporos no solo (n°/50g) | | | Colonização radicular (%) | | | |
|-------------------------|------|--------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|----|----------|----------------|
| | | CN | Ag | Ag + leg | Cultura | Ag | Ag + leg | Culturas |
| Seca | 1991 | 16 | 15 ¹ | 12 ¹ | 10 ¹ | | | |
| Chuvosa | 1992 | - | 269 | 288 | 27 S | 69 | 74 | 29 S |
| Seca | | - | 48 | 115 | 33 | - | - | . ² |
| Chuvosa | 1993 | - | 76 | 120 | 91 S | 27 | 31 | 38 S |
| Seca | | 26 | 49 | 52 | 63 | 28 | 19 | . ² |
| Chuvosa | 1994 | 38 | 57 | 73 | 61 M | 51 | 60 | 83 M |
| Seca | | 8 | 38 | 51 | 57 | 43 | 56 | . ² |
| Chuvosa | 1995 | 10 | 40 | 38 | 49 S | 27 | 33 | 61 S |
| Seca | | 4 | 29 | 36 | 54 | 40 | 36 | . ² |
| Chuvosa | 1996 | 2 | 28 | 34 | 60 M | 51 | 50 | 84 M |

¹ Detectado inicialmente nas áreas, após a remoção da vegetação nativa. ² Período em pousio.

Fonte: Adaptado de Miranda & Vilela (dados não publicados).

Uma seqüência rotacional não adequada pode causar acúmulo seletivo de espécies de fungos MA no solo que podem ser ineficientes para as culturas posteriores. Rotações com diferentes culturas seriam necessárias para alterar a composição qualitativa da comunidade de fungos MA de maneira a restabelecer novo equilíbrio entre as espécies fúngicas que seriam eficientes para maior número de espécies vegetais. Assim, a alteração quantitativa observada no solo de cerrado cultivado com culturas forrageiras e anuais (Tabela 4) foi acompanhada de uma alteração no número de espécies, quando a rotação das culturas foi realizada (Tabela 5). Essa rotação ocorreu no período chuvoso de 1995/1996, e as áreas com pastagem consorciada foram cultivadas com milho e nas áreas com culturas anuais foram estabelecidas pastagens consorciadas (*A. gayanus*/*S. guianensis* cv. Mineirão). A introdução de culturas anuais, na área anteriormente ocupada com plantas forrageiras, restabeleceu o número de espécies de fungos MA nativos, também encontrado na área cultivada com culturas anuais.

TABELA 5. Efeito de sistemas de cultivo na dinâmica de espécies de fungos micorrízicos arbusculares presentes num Latossolo Vermelho-Escuro de Cerrado. Ag + leguminosas = *Andropogon gayanus* consorciado numa mistura de leguminosas (*Calopogonium mucunoides*, *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão, centrosema e soja perene); Lavoura = 1994/1995-milho; 1995/1996-soja.

| Sistemas | Época de amostragem | | |
|------------------|---------------------------|---------------------|--------------------------|
| | Abr/1994 | Set/1995 | Abr/1996 |
| | Espécies FMA ¹ | | |
| Cerrado | Asp. Lsp. Csp. | Asp. Lsp. Csp. | Asp. Lsp. Csp. |
| Andropogon (Ag) | Asp. Lsp. | Asp. Lsp. | Asp. Lsp. |
| Ag + leguminosas | Asp. Lsp. | Asp. Lsp. Csp. | Asp. Lsp. Csp. Gsp. Esp. |
| Lavoura | Asp. Lsp. Csp. Gsp. | Asp. Lsp. Csp. Gsp. | Asp. Lsp. Csp. Gsp. Esp. |
| Pastagem/Lavoura | Asp. Lsp. | Asp. Lsp. Csp. | Asp. Lsp. Csp. Gsp. Esp. |
| Lavoura/Pastagem | Asp. Lsp. Csp. Gsp. | Asp. Lsp. Csp. Gsp. | Asp. Lsp. Csp. Gsp. Esp. |

¹ Asp. = *Acaulospora* sp.: *A. scrobiculata*, *A. melleo*, *A. tuberculata*; Csp. = *Scutellospora* sp.: *S. biornata*, *S. cerradensis*, *S. pellucida*, *S. reticulata*; Lsp. = *Glomus* sp.: *G. occultum*, *G. clarum*; Gsp. = *Gigaspora* sp.: *G. gigantea*, *G. margarita*; Esp. = *Entrophospora* sp.: *E. colombiana*. Fonte: Miranda & Vilela - dados não publicados.

2. Uberlândia (MG)

a. Avaliação do efeito de leguminosa no desempenho animal

Os resultados do desempenho animal obtidos nos protótipos estabelecidos em fazendas, no Município de Uberlândia (MG), são apresentados nas Tabelas 6 e 7. Na Areia Quartzosa (Fazenda Santa Terezinha), o desempenho animal nas pastagens consorciadas (*Panicum maximum* cv. Vencedor + soja perene + calopogônio) estabelecidas após um ciclo de culturas anuais, onde a acidez e a fertilidade do solo estavam corrigidas, foi um pouco superior (10%) ao observado na pastagem de gramínea pura (Tabela 6). A pequena participação das leguminosas, nessa fase da avaliação, explica esse reduzido aumento no ganho em peso das novilhas em relação à pastagem de gramínea pura. Porém, a partir do início do período das chuvas de 1996, a participação das leguminosa (predominância de soja perene) na forragem produzida aumentou de menos de 20% para mais de 40%. Esse aumento de leguminosas resultou em ganho em peso das novilhas de 36% superior ao observado na pastagem sem leguminosa. A sobrevivência do *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão foi muito afetada pela competição do milho e do capim na fase de estabelecimento. O *S. guianensis*, praticamente, desapareceu da pastagem.

A recuperação da capacidade de produção de pastagens de *Brachiaria* spp pela introdução do estilosantes Mineirão foi excelente (Tabela 7). O aumento médio no ganho em peso de novilhas nelores foi de 56%. Esse aumento foi equivalente a uma produção de carcaça de 4,5 @/ha/ano (rendimento de carcaça equivalente a 50%). A diferença do custo de recuperação das duas pastagens (com leguminosas e sem leguminosas) foi de apenas 0,8 kg de sementes de *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão. Os rendimentos das pastagens, estimados pela produção de carne, foram de 1,5 a 2,6 vezes maiores nas pastagens estabelecidas nos solos mais argilosos (Tabelas 6 e 7).

TABELA 6. Ganho em peso de novilhas nelores e holandesas em pastagens consorciadas de *Panicum maximum* cv. Vencedor com soja perene¹, em dois solos de Uberlândia (MG), estabelecidas após um ciclo de culturas anuais.

| Épocas | Capim Vencedor + leguminosas | | | Capim Vencedor puro | | |
|---|------------------------------|-------------|-------|--|-------------|-------|
| | Dias de * pastejo | an./dia (g) | kg/ha | Tx. de lotação ² (UA/ha) | an./dia (g) | kg/ha |
| Fazenda Santa Terezinha - Areia Quartzosa ³ | | | | | | |
| Total | 884 | | 732 | | | 638 |
| Kg/há/ano | | | 302 | | | 263 |
| Chuvras(média) | | 630 | | 1,43 | 453 | 1,80 |
| Seca (média) | | 98 | | 0,72 | 44 | 0,73 |
| Fazenda Bom Jardim - Latossolo Vermelho-Escuro argiloso | | | | | | |
| Total | 807 | | 1745 | | | |
| Kg/ha/ano | | | 789 | | | |
| Chuvras(média) | | 541 | | 2,38 | | |
| Seca (média) | | 276 | | 1,15 | | |

¹ Além da soja perene, que era a leguminosa dominante, havia também calopogônio.

² 1 UA = 450 kg de peso vivo.

³ As raças das novilhas eram, respectivamente, nelores e holandesas nas fazendas Santa Terezinha e Bom Jardim.

TABELA 7. Efeito de pastagens de *Brachiaria* spp recuperadas pela introdução de *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão, em dois solos de Uberlândia (MG), no ganho de peso de novilhas nelores.

| Local/ Épocas | <i>B. ruziziensis</i> + Mineirão | | | <i>B. ruziziensis</i> pura | | |
|---------------------------------|----------------------------------|-------|---------------------------------|----------------------------|-------|---------------------------------|
| | g/dia/an | kg/ha | Lotação (UA/ha) ¹ | g/dia/na | kg/ha | Lotação (UA/ha) ¹ |
| Fazenda Cachoeira ² | <i>B. ruziziensis</i> + Mineirão | | | <i>B. ruziziensis</i> pura | | |
| Anual | | 303 | | | 190 | |
| Chuvras (média) | 450 | | 1,42 | 406 | | 1,27 |
| Seca (média) | -12 | | 0,86 | -72 | | 1,18 |
| Fazenda Santa Inês ³ | <i>B. decumbens</i> + Mineirão | | | <i>B. decumbens</i> pura | | |
| Anual | | 460 | | | 301 | |
| Chuvras (média) | 622 | | 1,51 | 511 | | 1,17 |
| Seca (média) | 205 | | 0,80 | 131 | | 0,80 |

¹ UA = 450 kg de peso vivo

² Fazenda Cachoeira: Latossolo intermediário Areia Quartzosa franco arenoso. Período de avaliação de 779 dias.

³ Fazenda Santa Inês: Latossolo Vermelho-Escuro argiloso. Período de avaliação de 806 dias.

Foram realizados estudos preliminares para avaliar o impacto das leguminosas e da recuperação de pastagem na mesofauna do solo. A mesofauna foi extraída com o funil de Berlese-Tullgren de amostras de solo coletadas das camadas 0 a 5 cm e 5 a 10 cm de profundidade e de amostras de serapilheira. Os resultados indicam que a introdução de leguminosas nas pastagens de *Brachiaria* spp aumentou a população de mesofauna do solo. Essa população foi maior nas pastagens recuperadas (com leguminosas e sem leguminosas) do que naquelas que apresentavam sintomas evidentes de declínio de produtividade.

b. Impacto produtivo e edáfico de sistemas integrados lavoura-pecuária – estudo de caso

Um bom exemplo de integração de lavoura-pastagem vem sendo realizado pela fazenda Santa Terezinha no Município de Uberlândia, MG.

No início, 1978, a pecuária de corte era a única atividade da fazenda Santa Terezinha. A partir de 1984, o proprietário introduziu a agricultura de grãos e, mais recentemente, tem realizado a rotação culturas anuais-pastagens de forma sistemática. O solo predominante na fazenda é o Latossolo intermediário Areia Quartzosa (L-AQ), textura franco arenosa. O sistema principal de rotação consiste no plantio de soja por dois anos e no terceiro, introduz-se a pastagem em plantio simultâneo com milho. Nesse sistema, a redução da produtividade do milho em relação ao seu cultivo de forma convencional (sem competição da forrageira) tem oscilado entre 8% e 14%. Após a colheita do milho, as pastagens estavam em condições de uso e permaneciam verdes até o início das chuvas, auxiliando na alimentação do rebanho durante a estação da seca (maio a setembro). Devido à elevação da fertilidade do solo pelas adubações anuais das culturas, os capins *Brachiaria decumbens*, *B. ruziziensis* e *B. humidicola* foram substituídos por espécies de melhor qualidade e mais exigentes como o *Panicum maximum* (cv. Vencedor, Tanzânia e Centenário) e *B. brizantha* cv. Marandu.

O controle da pastagem para implantação de lavoura era, inicialmente, realizado pelo método convencional de preparo de solo: aração no final das chuvas, gradagem antes do plantio (de uma a duas gradagens pesadas e uma niveladora) e aplicação de herbicidas pré e/ou pós-emergentes seletivos à soja. Atualmente, para reduzir a movimentação do solo, o produtor tem adotado o sistema de plantio direto de culturas anuais sobre pastagem em início de degradação (perda de vigor).

Os principais benefícios agronômicos do sistema de rotação adotado pela fazenda Santa Terezinha podem ser verificados por meio do aumento na capacidade de suporte das pastagens, produtividade de grãos e na melhoria da estrutura do solo.

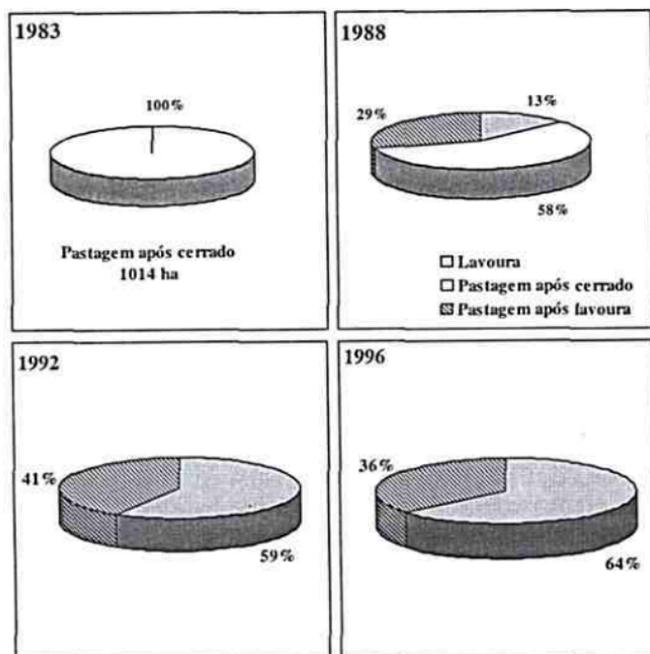
Entre 1983 e 1996, a área de pastagem foi reduzida de 1014 para 375 ha para um rebanho que se manteve praticamente constante quanto ao número de animais (Figura 7). Conseqüentemente, a taxa de lotação aumentou de 1,1 para 3,2 animais por hectare.

A percentagem de agregados estáveis em água com diâmetros maiores do que 2,0 mm nas pastagens após cultura era de 89%, enquanto nas áreas cultivadas com soja por um e quatro anos, esses valores reduziram, respectivamente, para 66% e 46% (Figura 8). Os teores de matéria orgânica nas pastagens após um ciclo de culturas eram em média de 1,23%, ao passo que nas áreas sob cultivo com soja por períodos de um e quatro anos eram, respectivamente, de 0,84% e 0,94 % (Ayarza et al., 1993). Também, o efeito das pastagens foi evidente no rendimento das culturas anuais. O rendimento de grãos correlacionou significativamente com idade da pastagem que antecedia as culturas anuais na rotação. Para cada ano de pastagem o rendimento de grãos aumentou em 127 kg/ha ($Y = 1354 + 127,4X$; $R^2 = 0,89$).

Apesar dos ganhos significativos obtidos na Fazenda Santa Terezinha, o sistema de rotação adotado tem apresentado problemas de sustentabilidade na produção das pastagens. O estabelecimento de espécies forrageiras de melhor qualidade e mais exigentes em fertilidade de solo e em manejo, associado à falta de adubações de manutenção e à ausência de leguminosas explicam o

rápido declínio da produtividade das pastagens. A deficiência de nitrogênio é a principal causa da queda de produtividade das pastagens.

Esses resultados comprovam o sinergismo dos componentes na rotação de lavoura-pastagem.



| Anos | Rebanho | Tx. Lotação (an/ha) |
|------|---------|------------------------|
| 1983 | 1094 | 1,1 |
| 1988 | 821 | 1,9 |
| 1992 | 1150 | 2,3 |
| 1996 | 1200 | 3,2 |

FIG. 7. Evolução da rotação de lavoura-pastagem e da capacidade de suporte das pastagens na fazenda Santa Terezinha, Uberlândia, MG. Adaptado de Ayarza et al., 1993.

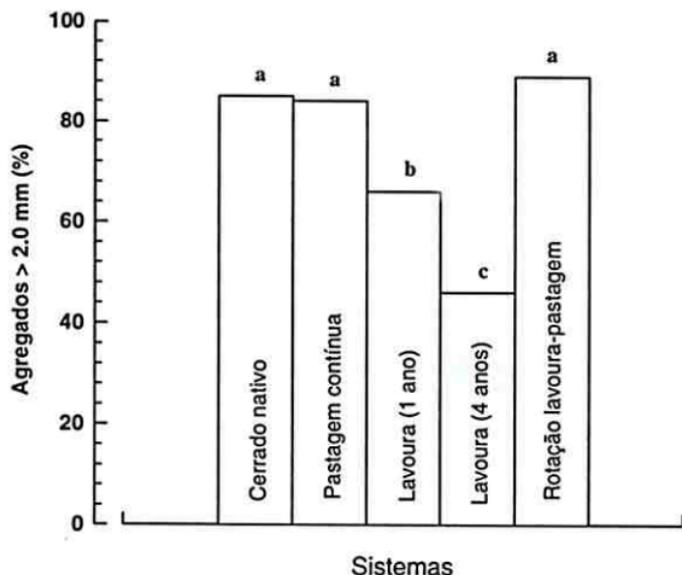


FIG. 8. Efeito de diferentes sistemas agrícolas na porcentagem de agregados estáveis em água em um Latossolo intermediário Areia Quartzosa (L-AQ), franco arenoso, da fazenda Santa Terezinha no Município de Uberlândia, MG. Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente, segundo teste de Tukey ($P < 0,05$). Fonte: Ayarza et al., 1993.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesses trabalhos demonstram que os sistemas agropastoris têm potencial para aumentar a produtividade e reduzir os riscos de degradação, melhorando as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. O impacto positivo desses sistemas é ainda maior quando se incluem as leguminosas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, A. G. de; AYARZA, M. A.; FRIESEN, D. K.; VILELA, L. Frações orgânicas e inorgânicas de fósforo em um solo de cerrado sob diferentes sistemas de manejo. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. **Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados: anais / Biodiversity and sustainable production of food and fibers in the tropical savannas: proceedings**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. 508p. Editado por Roberto Carvalho Pereira e Luiz Carlos Bhering Nasser. p.319-322.
- AYARZA, M. A.; VILELA, L.; BARCELLOS A. de O.; BALBINO, L. C.; BROSSARD, M. PASINI, A. Intégration culture-élevage dans les Cerrados au Brésil: une solution pour des systèmes durables. **Agriculture et Développement**, Montpellier, v.18, p.91-98, 1998.
- AYARZA, M.; SPAIN, J.M.; VILELA, L.; MIRANDA, J.C.C. Impact of crop - pasture rotations on sustainability of agriculture in the Brazilian cerrados. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY, 1994, Seattle.. **Proceedings**. Seattle: ASA, 1994. n. A8.
- AYARZA, M.; VILELA, L.; RAUSCHER, F. Rotação de culturas e pastagens em um solo de Cerrado: estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiania, GO. **Cerrados: fronteira agrícola do século xxi: resumos**. Goiânia: SBCS, 1993. v.3, p.121-122.
- AYARZA, M.A.; VILELA, L.; MIRANDA, J.C.C. Prototype sustainable cropping systems for the Brazilian Cerrados. In: CIAT (Cali, Colombia). **Annual report 1994**. Cali, 1995.
- AYARZA, M.A.; VILELA, L.; PIZARRO, E.A.; COSTA, P.H. Agropastoral systems based on legumes: an alternative for sustainable agriculture in Brazilian Cerrados. In: THOMAS, R.; AYARZA, M.A., ed. **Sustainable land management for the oxisols of the Latin American savannas**. Cali: CIAT, 1999. p.22-36 (Publicación CIAT, 312).

- JONES, P.G.; RINCÓN, M.; CLAUJJO, L.A. Area classification and mapping for the Cerrado region of Brazil. Cali, Colombia: CIAT, 1992. 94p.
- RODRIGUES, L. O.; VILELA, L.; AYARZA, M. A.; KITAYAMA, K. Avaliação da fauna do solo sob vários sistemas de manejo em um latossolo da região dos Cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados: anais / Biodiversity and sustainable production of food and fibers in the tropical savannas: proceedings. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. 508p. Editado por Roberto Carvalho Pereira e Luiz Carlos Bhering Nasser. p.375-378.
- SPAIN, J. M.; AYARZA, M. A.; VILELA. Crop pasture rotation in the Brazilian cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados: anais / Biodiversity and sustainable production of food and fibers in the tropical savannas: proceedings. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. 508p. Editado por Roberto Carvalho Pereira e Luiz Carlos Bhering Nasser. p.39-45.
- WESTERHOF, R. Short-term effects of land use systems on nutrient availability and structural stability in Cerrado region in Brazil: some sensitive parameters for soil quality. Bayreuth: Bayreuth University, 1998. 115p. Ph.D. Thesis.
- WESTERHOF, R.; BUURMAN, P.; GRIETHUYSEN, C. van; AYARZA, M.A.; VILELA, L.; ZECH, W. Aggregation studied by laser diffraction in relation to plowing, soil organic matter, and lime in the Brazilian Cerrados. In: THOMAS, R.; AYARZA, M.A., ed. Sustainable land management for the oxisols of the Latin American savannas. Cali: CIAT, 1999. p.64-76. (Publicación CIAT, 312).
- WESTERHOF, R.; VILELA, L.; AYARZA, M.; ZECH, W. Land use effects on labile N extracted with permanganate and the

- nitrogen management index in the Cerrado region of Brazil. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.27, p.353-357, 1998.
- WESTERHOF, R.; VILELA, L.; AYARZA, M.A.; ZECH, W. Carbon fractions as sensitive indicators of quality of soil organic matter. In: THOMAS, R.; AYARZA, M.A., ed. **Sustainable land management for the oxisols of the Latin American savannas**. Cali: CIAT, 1999. p.123-132. (Publicación CIAT, 312).
- WESTERHOF, R.; VILELA, L.; AYARZA, M.A.; ZECH, W. Characterizing labile and stable nitrogen. In: THOMAS, R.; AYARZA, M.A., ed. **Sustainable land management for the oxisols of the Latin American savannas**. Cali: CIAT, 1999. p.141-145. (Publicación CIAT, 312).
- WESTERHOF, R.; VILELA, L.; AYARZA, M.A.; ZECH, W. Labile N and nitrogen management index of oxisols in the Brazilian Cerrados. In: THOMAS, R.; AYARZA, M.A., ed. **Sustainable land management for the oxisols of the Latin American savannas**. Cali: CIAT, 1999. p.133-140. (Publicación CIAT, 312).