

**Qualidade ambiental em sistema intensivo de produção de  
bovinos de leite, na microbacia do ribeirão Canchim:  
Indicadores, manejo e problemas**

Odo Primavesi<sup>1</sup>  
Alfredo Ribeiro de Freitas<sup>1</sup>  
Ana Cândida Pacheco de Aguirre Primavesi<sup>1</sup>  
Artur Chinelato de Camargo<sup>1</sup>  
José da Rocha Filho<sup>1</sup>  
Lúcio André de Castro Jorge<sup>2</sup>  
Marcos Antônio Vieira Ligo<sup>3</sup>  
Sidney Rosa Vieira<sup>4</sup>

(1) Embrapa Pecuária Sudeste, C.P. 339, CEP 13560-970, São Carlos, SP.

(2) Embrapa Instrumentação Agropecuária, C.P. 741, CEP 13560-970, São Carlos, SP

(3) Embrapa Meio Ambiente, C.P. 69, CEP 13820-000, Jaguariúna, SP.

(4) Instituto Agronômico de Campinas, Centro de Solos e Recursos Agroambientais – Seção de Conservação de Solos, C.P. 28, CEP 13001-970, Campinas, SP.



## Embrapa Pecuária Sudeste. Boletim de Pesquisa, nº 7

Exemplares desta publicação podem ser solicitados a:

### **Embrapa Pecuária Sudeste**

Rod. Washington Luiz, km 234

Caixa Postal 339

Telefone (0xx16) 261-5611 Fax (0xx16) 261-5754

13560-970 São Carlos, SP

E-mail: [sac@cppse.embrapa.br](mailto:sac@cppse.embrapa.br)

**Tiragem desta edição: 100 exemplares**

### Comitê de Publicações:

Presidente: Edison Beno Pott

Membros: Armando de Andrade Rodrigues

Carlos Roberto de Souza Paino

Rui Machado

Sônia Borges de Alencar

Qualidade ambiental em sistema intensivo de produção de bovinos de leite, na microbacia de ribeirão Canchim: indicadores, manejo e problemas / Odo Primavesi... [et al.]. – São Carlos : Embrapa Pecuária Sudeste, 2001. 70 p. ; 21 cm. – (Embrapa Pecuária Sudeste. Boletim de Pesquisa, 7).

1. Gado leiteiro – Sistema Intensivo – Produção. 2. Gado Leiteiro – Qualidade ambiental – Microbacia – Ribeirão Canchim. I. Primavesi, Odo. II. Série.

CDD 577

© EMBRAPA 2001

## **Apresentação**

Este trabalho traz os resultados e as conclusões obtidos no projeto 11.0.95.661, "Qualidade ambiental de microbacia hidrográfica como base para sustentabilidade de sistemas de produção animal", vinculado ao Programa 11 – Qualidade Ambiental, realizado de janeiro de 1995 a dezembro de 1999, com o objetivo de monitoração e avaliação física, química e biológica de solo, água e flora e fauna cultivada, influenciados por sistemas intensivos de produção de bovinos de leite.

Os resultados e as conclusões visam subsidiar o manejo e o gerenciamento técnico e ambientalmente adequado de atividades pecuárias intensivas no nível de bacias hidrográficas, com destaque à produção de água limpa e proteína bovina de forma sustentável, sem degradação de solo.

## **Agradecimentos**

À EMBRAPA – Projeto 11.0.95.661 e à FAPESP – Processo 95/6495-1, pela viabilização da infra-estrutura de processamento de informações e imagens.

# Sumário

	Pág.
Apresentação.....	iii
Agradecimentos.....	iv
Lista de Tabelas.....	vi
Lista de Figuras.....	vii
Abstract.....	x
Resumo.....	xii
Introdução.....	01
Material e Métodos.....	02
Resultados e Discussão.....	09
1. Solo.....	09
1.1. Características físicas.....	09
1.1.1. Diversas.....	09
1.1.2. Condutividade hidráulica saturada a campo.....	09
1.2. Características químicas.....	10
1.2.1. Matéria orgânica.....	10
1.2.2. Fósforo.....	10
1.2.3. pH em água e CaCl <sub>2</sub> : acidificação.....	11
1.2.4. Lixiviação de cátions: cálcio, magnésio e potássio.....	12
1.2.5. Lixiviação de ânions: nitrato e sulfato.....	13
1.2.6. Condutividade elétrica do extrato de saturação: salinidade.....	15
1.3. Características biológicas.....	16
1.3.1. Diversidade biológica.....	16
1.3.2. Atividade biológica: decomposição de material orgânico por microartrópodes..	16
2. Flora cultivada.....	17
2.1. Características físicas.....	17
2.1.1. Produção de matéria seca.....	17
2.1.2. Cobertura do solo.....	17
2.1.3. Distribuição radicular.....	20
2.2. Características químicas: teor mineral na parte aérea.....	20
3. Fauna domesticada.....	21
3.1. Características químicas: teor de iodo em leite.....	21
4. Água.....	22
Conclusões.....	28
Referências bibliográficas.....	31

## Lista de Tabelas

	<b>Pág.</b>
Tabela 1. Plano de aplicação de calcário dolomítico e adubos minerais nas áreas monitoradas, submetidas a impacto antrópico.....	36
Tabela 2. Perfil de distribuição de ânions em Latossolo Vermelho-Amarelo, em agosto de 1997.....	37
Tabela 3. Teor de nitrato e amônio no perfil do solo, nas diferentes amostragens, em período chuvoso.....	38
Tabela 4. Grau de cobertura do solo (%) e respectivo erro-padrão da média, em janeiro de 1997.....	39
Tabela 5. Teor de iodo ( $\mu\text{g/L}$ ) de amostras de leite de lotes de animais com produção baixa (D) e elevada (A) do sistema intensivo de produção, em outubro de 1996.....	40
Tabela 6. Teor de iodo, ração consumida estimada, produção de leite, dias após parto, idade da vaca e número de lactação, no dia 24.04.97.....	41
Tabela 7. Média das variáveis analisadas, nos seis pontos de coleta, e valores globais médios, mínimos e máximos.....	42
Tabela 8. Limite superior de parâmetros para qualificar água fresca.....	43

## Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Pontos de coleta de água para monitoramento de sua qualidade, de acordo com o manejo e o grau de cobertura das áreas adjacentes. 1. Nascente da mata do ribeirão Canchim, 2. Nascente do córrego do Sistema., 3. Vertedouro do açude do Sistema., 4. Curso do ribeirão Canchim acima de cachoeira, 5. Vertedouro do açude da Colônia e 6. Foz do ribeirão Canchim.....	44
Figura 2. Variação da condutividade hidráulica saturada no campo, nos diferentes pastos. Toc = tobiatã com N, tos = tobiatã sem N, brac = braquiária com adubo, bras = braquiária sem adubo.....	45
Figura 3. Variação de matéria orgânica, em Latossolo Vermelho-Amarelo, nos diferentes usos do solo. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.....	46
Figura 4. Variação de capacidade de troca catiônica (CTC), em Latossolo Vermelho-Amarelo, nos diferentes usos do solo. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.....	47
Figura 5. Teor de P no Latossolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes usos e manejos. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.....	48
Figura 6. Variação de pH-CaCl <sub>2</sub> , em Latossolo Vermelho-Amarelo, nos diferentes usos do solo. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.....	49
Figura 7. Variação de delta pH, em Latossolo Vermelho-Amarelo, nos diferentes usos do solo. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.....	50
Figura 8. Alumínio trocável em Latossolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes tipos de ocupação. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.....	51
Figura 9. Teor de K no Latossolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes usos e manejos. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.....	52

Figura 10. Teor de Ca no Latossolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes usos e manejos. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.....	53
Figura 11. Teor de Mg no Latossolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes usos e manejos. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.....	54
Figura 12. Variação de saturação por bases (V), em Latossolo Vermelho-Amarelo, nos diferentes usos do solo. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.....	55
Figura 13. Distribuição de sulfato em Latossolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes tipos de ocupação. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.....	56
Figura 14. Variação de NO <sub>3</sub> em Latossolo Vermelho-Amarelo, nos diferentes usos do solo. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.....	57
Figura 15. Variação de condutividade elétrica do extrato de saturação, em Latossolo Vermelho-Amarelo, nos diferentes usos do solo. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.....	58
Figura 16. Taxa mensal de decomposição de feno de capim-coastcross, em diferentes áreas agrícolas e mata, durante diferentes períodos de seca e chuva. Toc = pasto de capim-tobiatã adubado com N, Tos = pasto de capim-tobiatã sem N, Brac = pasto de capim-braquiária com N, Bras = pasto de capim-braquiária sem adubo.....	59
Figura 17. Taxa acumulada anual de degradação de feno de capim-coastcross, nos diferentes pastos, iniciando em duas épocas climáticas. Toc = pasto de capim-tobiatã adubado com N, Tos = pasto de capim-tobiatã sem N, Brac = pasto de capim-braquiária com N, Bras = pasto de capim-braquiária sem adubo.....	60
Figura 18. Produção mensal de forragem e teor de matéria seca na forragem das diferentes pastagens ao longo do ano agrícola 1997-1998. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo.....	61

	Pág.
Figura 19. Distribuição radicular real e relativa nas diferentes pastagens monitoradas, até 100 cm de profundidade.....	62
Figura 20. Teor de macronutrientes na forragem das diferentes pastagens ao longo do ano agrícola 1997-1998. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo.....	63
Figura 21. Teor de micronutrientes na forragem das diferentes pastagens ao longo do ano agrícola 1997-1998. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo.....	64
Figura 22. Variação no teor de iodo no leite produzido nos sistemas de vacas puras holandês preto e branco (P) e mestiças (M). Média de iodo no período seco-chuvoso-geral de, respectivamente: P = 149-102-136 µg/L, e M = 82-46-66 µg/L.....	65
Figura 23. Distribuição mensal (1 a 36) de chuva, temperatura da água e dos valores padronizados da demanda química de oxigênio e coliformes fecais dos seis pontos de coleta: 1. nascente da mata (linha), 2. nascente do Sistema (triângulo), 3. vertedouro do açude do Sistema (círculo), 4. curso do Canchim acima da cachoeira (quadrado), 5. vertedouro do açude da Colônia (+) e 6. foz do Canchim (círculo cheio).....	66
Figura 24. Distribuição mensal (1 a 36) dos valores padronizados do pH, dureza, alcalinidade e condutividade elétrica dos seis pontos de coleta: 1. nascente da mata (linha), 2. nascente do Sistema (triângulo), 3. vertedouro do açude do Sistema (círculo), 4. curso do Canchim acima da cachoeira (quadrado), 5. vertedouro do açude da Colônia (+) e 6. foz do Canchim (círculo cheio).....	67
Figura 25. Distribuição mensal (1 a 36) dos valores padronizados do nitrato, fosfato total, ferro total e turbidez dos seis pontos de coleta: 1. nascente da mata (linha), 2. nascente do Sistema (triângulo), 3. vertedouro do açude do Sistema (círculo), 4. curso do Canchim acima da cachoeira (quadrado), 5. vertedouro do açude da Colônia (+) e 6. foz do Canchim (círculo cheio).....	68
Figura 26. Distribuição mensal (1 a 36) dos valores padronizados de carbono orgânico dissolvido total, sólidos suspensos fixos, sólidos dissolvidos fixos e sólidos sedimentados dos seis pontos de coleta: 1. nascente da mata (linha), 2. nascente do Sistema (triângulo), 3. vertedouro do açude do Sistema (círculo), 4. curso do Canchim acima da cachoeira (quadrado), 5. vertedouro do açude da Colônia (+) e 6. foz do Canchim (círculo cheio).....	69
Figura 27. Combinação dos componentes principais 1 e 2, e identificação dos seis pontos de coleta de água: 1 - nascente da Mata, 2 - nascente do Sistema, 3 - açude do Sistema, 4 - água corrente ao lado campo de futebol, 5 - açude da Colônia, 6 - foz do ribeirão Canchim.....	70

## **Abstract**

### **Environmental quality in intensive dairy cattle production systems, at the Canchim's watershed: indicators, management and problems**

Intensive cattle raising systems can negatively impact environmental quality, such as degrading natural resources, contaminating with chemical compounds, accumulating wastes, as well as competing for human food, and reduce profit. It is necessary to evaluate these impacts. The main goal of this project was: a) to evaluate impacts of an intensive dairy cattle production system managed on tropical pastures on the environmental quality at the Canchim's creek watershed level; b) to evaluate physical, chemical and biological characteristics and their management for environmental quality purposes, as well as to select potential ecological sustainability indicators of the production system.

Surveyed data showed a great spatial variability of the environment in the watershed, constituting a complex real environmental laboratory, representative of a great extension of the Southeastern and Middle-western region of Brazil where pastureland and agricultural areas intensively managed occur, and from where environmentally sound management advises may be released for the economy of these regions.

The temporal variability of soil characteristics showed to be very sensitive to changes in management practices. In addition, the very sensible saturated field conductivity measurement method seems to be affected by big variations in soil water content, relative air humidity and air temperature, making difficult temporal comparisons of data.

Organic matter and phosphorus accumulation at the surface soil layer may happen at intensively managed pastureland, similar to that on direct drill in mulched areas, allowing information interchanges between both production systems. The need for an improved easy technique to quantify organic material on plant residues and in roots and microbial biomass in the soil was detected, to better evaluate the potential availability of plant nutrients, in addition to the routine chemical soil analysis. Soil acidity raises with intense nitrogen fertilizer and low limestone applications, resulting in cation leaching in deeper soil layer. Intense nitrogen fertilizer or green manure and limestone usage on soil surface can generate electrochemical changes in deeper layers (100 to 250 cm), which can retain nitrate from leaching, in deep Oxisols. The nitrate leaching, in pastureland, may be a problem with N doses greater than 100 kg/ha per application (4 to 5 in the rainy season), specially as ammonium nitrate. The greater usage of limestone and fertilizers, in this study, did not raise the electrical conductivity of saturated soil extract to disturbing levels. The cation leaching, such as that of K or Ca and Mg, occurred when pH-dependent charges in soil are or were deactivated, with an intensive use of nitrogen fertilizer or green manure, in pasture or direct-drill sites. Organic matter decomposition rate did vary from 12% to 49% monthly, and were more intensive in the warmer rainy season in bare soil surface sites. No effect of possible acaricide residues in the cows dung could be detected on the organic matter decomposition rate by microarthropods.

The need for differentiating intensive management practices between decumbent or creeping and bunch grasses was found. In intensive production systems the bunch grass pastures can show an increase of bare soil surface due to intense intra and interspecific competition, affecting soil surface protection against intense rain and sunshine. The fertilized and rotationally managed tropical forage

grasses allow an increase of stocking rate in the rainy season, up to 12 times, besides a forage surplus used for silage fed in the dry season. Another advantage of the fertilized grasses is staying green year-round, delaying forage production into the dry season, reducing danger of fire in the dry season, and allowing a fast regrowth at the beginning of the rainy season. A reduction of the total root volume in the soil profile was found, but an absolute and relative increase of roots in depth, allowing a better resistance to drought, in the deep soil sites. The mineral composition and nutritional quality can be maintained in intensively managed production systems, with special reference to N content (crude protein).

The iodine source in milk was the concentrate feed and the salt enriched with minerals, allowing the milk of intensive managed systems to be a complementary iodine source for deficient human diets, besides being a quality management indicator.

Monitoring physical, chemical and microbiological characteristics of water, allowed to differentiate the waterbodies due to their type and management. Low losses of nitrate and phosphorus to the waterbodies were detected, even in sites considered protected, being a challenge for further studies to stop these losses. The need for methodological and legislative adjustments were brought forward, considering not only the public health but also the environmental sustainability. Climatic conditions occurred near the mean of the few last years, although a worse rain distribution, with strengthening of the dry periods, were recorded.

Potential soil quality indicators need further adjustments and studies, although constituting good tools yet. It could be recorded that nitrate monitoring needs to occur in depth (minimum down to 160 cm), and that it is also advisable to record pH in water, in addition to pH in  $\text{CaCl}_2$ , also in depth. To monitor water quality it is advisable to record at minimum total phosphorus, nitrate and fecal coliforms.

## Resumo

Sistemas intensivos de produção animal podem causar impactos ambientais negativos, como degradação da base de recursos (naturais, humanos e financeiros), contaminação por produtos químicos e acúmulo de dejetos, bem como competição por alimentos humanos, e reduzir a lucratividade por unidade produzida. Há a necessidade de avaliação desses impactos. O objetivo deste projeto foi: a) avaliar os impactos de um sistema intensivo de produção de bovinos de leite, em pastagem tropical, na qualidade ambiental da microbacia hidrográfica (MBH) do ribeirão Canchim; b) avaliar características físicas, químicas e biológicas da base de recursos e do manejo determinantes da qualidade ambiental, bem como selecionar possíveis indicadores de sustentabilidade ecológica para sistemas intensivos de produção de bovinos de leite.

No monitoramento do sistema de produção, os dados levantados permitiram verificar grande variabilidade espacial do ambiente na MBH, que se constitui em laboratório real complexo e completo para representar grande extensão do ambiente na região Sudeste e Centro-Oeste, onde ocorre o manejo de pastagens e áreas agrícolas de forma intensiva e de onde poderão surgir respostas de manejo e impacto ambiental bastante significativos para a economia da região.

Verificou-se que a variabilidade temporal de características do solo é muito sensível a mudanças nas práticas de manejo. A medida da condutividade hidráulica é muito sensível, mas parece sofrer influência de variações grandes na umidade do solo e na umidade relativa e na temperatura do ar, podendo dificultar comparações temporais.

Em pastagens intensamente manejadas pode haver acúmulo de matéria orgânica e fósforo na camada superficial, à semelhança de áreas de plantio direto na palha, permitindo troca de informações entre técnicos que atuam nesses sistemas de produção. Verificou-se a necessidade de desenvolver uma técnica de rotina melhorada para quantificação de material orgânico, ocorrente na superfície e dentro do solo (raízes, biomassa microbiana), a fim de melhor avaliar a disponibilidade potencial de nutrientes para as plantas, além daquela determinada nas análises de rotina atual. A acidificação do solo ocorre com aplicação intensa de adubos nitrogenados e aplicação insuficiente de calcário, sendo que a intensificação no uso de corretivos de pH e adubos nitrogenados e/ou adubos verdes pode gerar alterações eletroquímicas nas camadas inferiores (100 a 250 cm). Estas camadas podem reter nitrato lixiviado, em solos profundos. A lixiviação de nitrato, em áreas de pastagem, pode ser preocupante quando utilizadas doses de N acima de 100 kg/ha por aplicação (quatro a cinco no período das águas), em especial na forma de nitrato (nitrato de amônio). O uso mais intenso de corretivos e fertilizantes, nas condições de estudo, não elevou a condutividade elétrica do extrato de saturação a níveis preocupantes. A lixiviação de cátions, em sistemas intensivos, ocorre quando as cargas pH-dependentes estão ou são desativadas, tanto para K como para Ca e Mg, e quando são manejados adubos verdes ou adubos nitrogenados sintéticos, tanto em áreas de pastagem como de plantio direto. A taxa de decomposição de material orgânico no solo é mais intensa no período das águas em solo menos protegido da insolação, variando de 12% a 49% por mês. Não foi detectada alteração na taxa de decomposição por microartrópodes, o que sugere que a quantidade de resíduos de acariciadas nos excrementos é baixa ou inexistente e assim contraria a hipótese inicial de presença desses pesticidas nas fezes.

Verificou-se a necessidade de diferenciar as gramíneas rasteiras ou decumbentes das gramíneas cespitosas formadoras de touceiras. Em sistemas intensivos de forrageiras entouceirantes pode ocorrer intensa competição intraespecífica, que leva à desocupação do solo, podendo afetar sua proteção contra sol e chuva. As gramíneas forrageiras adubadas e pastejadas de forma rotacionada permitem elevação da lotação animal, no período das águas, em até 12 vezes, além de aproveitamento do excedente, que pode ser ensilado e suprir parte da demanda hiberna na seca. Podem, ainda, manter seu estado verde durante todo o ciclo, reduzindo o perigo de incêndio e permitindo rápida rebrota no início da estação das chuvas. Nos sistemas intensivos de produção a pasto, verificou-se redução no volume total de raízes no perfil, porém maior presença absoluta e relativa em profundidade, o que permite melhor resistência aos períodos secos, visível na prática, desde que o solo não seja raso. A composição mineral e a qualidade nutricional podem ser mantidas mais estáveis nos sistemas intensivos de produção, em especial quanto ao teor de nitrogênio – proteína bruta, desde que não ultrapassadas as doses de adubo nitrogenado mais adequadas.

Verificou-se que o teor de iodo no leite tem sua fonte na ração concentrada ou no sal enriquecido com minerais, podendo o leite de sistemas intensivos constituir fonte complementar de iodo para a dieta humana deficiente, além de indicador para a qualidade de manejo do sistema de produção.

O monitoramento das características físicas, químicas e microbiológicas da água permite diferenciar bem os corpos de água segundo o manejo em sua área de captação. Foram detectados “vazamentos” de nitrato e fósforo para os corpos de água, mesmo em áreas consideradas protegidas, e, embora estejam ocorrendo em baixo nível, necessitam de maiores estudos para seu estancamento. Verificou-se a necessidade de ajustes metodológicos e de legislação que contemplem não somente a saúde pública, mas também o impacto ecológico. As características atmosféricas mantiveram-se dentro da média dos últimos anos, embora tenha sido observada pior distribuição das chuvas, agravando os períodos de déficit hídrico ao longo do ano.

Os possíveis indicadores de qualidade do solo, em sua maior parte, exigem ajustes e maiores estudos, embora já possam constituir ferramentas de grande valia. Foi verificado que o monitoramento de nitrato precisa ocorrer também em profundidade (mínimo até 160 cm), sendo aconselhável a determinação do pH em água junto com a do  $\text{CaCl}_2$ , também em profundidade. Para monitorar a qualidade da água, é aconselhável a determinação de, pelo menos, de fósforo total, nitrato e coliformes fecais.

## Introdução

Em um sistema econômico globalizado e altamente competitivo, há necessidade de fixar o produtor de pequena propriedade no campo, por ser ele, em princípio, o guardião da segurança alimentar estratégica de nações livres e com estabilidade social. Essas pequenas propriedades, em geral, ocorrem sobre áreas com solo que apresenta vocação natural somente para a produção de florestas ou pastagens, despontando os sistemas intensivos de produção de leite e de carne bovina em pastagens, no período das águas, como uma das atividades prioritárias. Essas atividades parecem ser a alternativa para produzir proteína animal mais barata e com mais eficiência, pois permitiriam um desejável manejo conservacionista de solo, no nível de microbacia hidrográfica, porque, atualmente, a demanda econômica por produtividade precisa ser aliada à demanda ecológica por conservação dos recursos naturais. Essa demanda ecológica poderia ser atendida por elevada produção de biomassa, que visaria proteger a superfície do solo, além de permitir a manutenção de um teor elevado de matéria orgânica no solo, seja como agente conservador de água ou como estabilizador da temperatura do solo em condições tropicais, seja como fonte energética à vida do solo, fonte de nutrientes para as culturas de interesse ou fonte de cargas elétricas capazes de reter os fertilizantes catiônicos introduzidos no sistema de produção. Nos solos com baixa fertilidade química, a ciclagem mineral poderá ser adequada quando ocorrer lotação animal muito baixa, permitindo sobra de biomassa vegetal que retorna ao solo. Porém, pressupõe estabelecimentos rurais extensos, sendo, portanto, inviável para pequenos estabelecimentos rurais. Estes, somente com sistemas diversificados ou intensivos, que possibilitem obter alta produção por área com baixo custo unitário do produto gerado, permitiriam que o proprietário e sua família desfrutasse de um mínimo de qualidade de vida. No caso da pecuária, em que seria exigida lotação animal mais elevada e, portanto, produtividade maior de biomassa forrageira, seria necessário o uso de corretivos de acidez e fertilizantes, estimulantes nutricionais do desenvolvimento vegetal, especialmente para dar início à maior produção de biomassa, podendo-se reduzir a quantidade utilizada à medida que aumentar a reserva orgânica reciclável do solo.

Porém, sistemas intensivos de produção animal, em especial os sistemas intensivos de produção de leite, que integram atividades pecuárias com agricultura intensiva, apresentam elevado potencial para: a) causar impactos ambientais negativos, tais como degradação da base de recursos (naturais, humanos e financeiros), contaminação por produtos químicos, acúmulo de dejetos e diferentes "lixos" sólidos, líquidos e gasosos, b) competir por alimentos humanos, e c) reduzir a lucratividade por unidade produzida. Por isso, há necessidade de: a) avaliar os impactos de um sistema intensivo de produção de bovinos de leite semi-confinados, manejados sobre pastagens de forrageiras tropicais, na qualidade ambiental da microbacia hidrográfica do ribeirão Canchim; b) avaliar alterações nas características físicas, químicas e biológicas da base de recursos e do manejo determinantes da qualidade ambiental, bem como selecionar possíveis indicadores de sustentabilidade ecológica para sistemas intensivos de produção de bovinos.

## Material e Métodos

A área de estudo foi o sistema intensivo de produção de bovinos de leite da raça Holandesa Preta e Branca e seu entorno (Sistema), constituído de mata mesófila semidecídua e de sistema de produção de bovinos de leite mestiço. Estão localizados na cabeceira da Microbacia Hidrográfica (MBH) do ribeirão Canchim, incluída na fazenda Canchim (Fazenda), base física da Embrapa Pecuária Sudeste, no município de São Carlos, SP, entre as coordenadas geográficas 21°54' e 21°59' S, 47°48' e 47°52' W, e entre as cotas altimétricas 680 e 911 m, com 1.496 ha (14,96 km<sup>2</sup>) de superfície. Os resultados de caracterização abiótica e biótica foram detalhadamente descritos por Primavesi *et al.* (1999c).

A área está submetida ao clima Cwa, segundo Koeppen, considerado tropical de altitude, ou quente com inverno seco. Nos últimos nove anos, a evapotranspiração potencial mensal variou entre 71 e 184 mm; o déficit hídrico máximo mensal foi de 166 mm; e a precipitação pluvial anual ficou entre 1.138 e 1.593 mm. A MBH está em uma região do Estado de São Paulo onde as chuvas são das mais erosivas, com valores médios anuais do índice de erosão da chuva (isoerodente) em torno de 6.750 MJ.mm/h/ha/ano, ocorrendo predisposição entre muito forte e extremamente forte à erosão hídrica. Foi detectada evapotranspiração potencial média anual de 1.525 mm para a precipitação pluvial acumulada média de 1.354 mm. De 1970 para cá, ocorreu aumento da temperatura média anual de 1,0°C, explicado pela intensa urbanização, redução de áreas verdes permanentes (desmatamentos) e aumento dos gases de efeito estufa, que, segundo medições realizadas na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), teve o teor de CO<sub>2</sub> aumentado em 20 ppm, desde 1980.

A MBH apresenta malha fluvial de 20.350 m (densidade de 13,6 m/ha), que desemboca no ribeirão dos Negros, constituinte da bacia hidrográfica do Mogi-Guaçu, integrando a Bacia do Rio da Prata/Paraná. Medições pontuais, a 500 m da nascente do Sistema, mostraram vazão regular de 10,3 L/s, com ocorrência de vazão basal de 5,6 L/s (20,2 m<sup>3</sup>/h) após quatro meses sem chuvas, considerando a área de captação de aproximadamente 148 ha (1/10 da área da MBH; produção mínima de água de 1.193 m<sup>3</sup>/ano/ha). O valor máximo de vazão medido foi de 16,8 L/s.

A avaliação dos dados meteorológicos nos últimos dez anos permitiu calcular que a energia solar máxima no nível do solo, com nuvens na atmosfera (radiação global), para a produção de matéria seca vegetal, varia entre 9.022 e 19.608 cal/cm<sup>2</sup>/mês, no nível da MBH. Destes, em torno de 1% (eficiência fotos-sintética) pode gerar biomassa vegetal.

A MBH do Canchim localiza-se na interface dos biomas (ou domínios fitogeográficos) do Cerrado e da Mata Atlântica (floresta subcaducifólia tropical ou mata mesófila semidecídua). Isso resulta em elevada biodiversidade vegetal e animal.

Ocorre o afloramento da seguinte litologia: a) diabásio, rocha magmática intrusiva em arenitos da formação Botucatu, manifestando-se nas cotas intermediárias, originando os Latossolos Roxos (LR) e Terra Roxa-Estruturada (TE) e Latossólica; b) arenito superficial, recobrando as rochas básicas, nas cotas mais elevadas, originando os Latossolos Vermelho-Amarelo (LV) e os Latossolos Vermelho-Escuro (LE). Isso resulta em colinas tabuliformes (sobre rochas sedimentares) quando sob formação vegetal de floresta tropical subcaducifólia. Nas cotas mais elevadas ocorrem os Latossolos Vermelho-Amarelo Distróficos típicos (LVA; 20,6% da MBH), textura média (300 g/kg de argila), que predominam no Sistema em estudo.

No período das águas (outubro ou novembro até março ou abril), os animais em produção são manejados em piquetes de capim-tobiatã (*Panicum maximum* cv.

Tobiatã), de capim-napier (*Pennisetum purpureum*) e de capim-tanzânia (*Panicum maximum* cv. Tanzânia), demarcados com cerca elétrica. Os piquetes receberam calagem e adubação intensiva de N, P, K e micronutrientes, para garantir o desenvolvimento vigoroso das forrageiras, necessário para atender à lotação média de 12 UA/ha (UA = 450 kg de peso vivo). No período seco, as vacas em final de lactação e as vacas secas receberam cana-de-açúcar picada, colhida crua e corrigida com uréia, e as vacas em lactação, silagem de milho ou sorgo como volumoso. Nos dois períodos, as vacas em lactação receberam complementação de ração concentrada completa, na base de 1 kg para cada 2,8 kg de leite produzido.

Foram monitoradas as áreas de capim-tobiatã: área 1 (toc), com muita adubação e lotação de até 12 UA/ha – no período das chuvas –, e área 2 (tos), com pouca adubação e lotação de 3 UA/ha – no período das chuvas –; áreas adjacentes de capim-braquiária: área 3 (brac), adubada e lotação de 5 UA/ha – no período das chuvas –, e área 4 (bras), degradada, sem adubo, e lotação de 0,7 UA/ha; bem como área de produção de milho para silagem (área 5) e de mata mesófila semidecídua (área 6, fazendo parte da Mata Atlântica, marginal ao domínio fitogeográfico do Cerrado; utilizada como referência geral). Na Tabela 1 aparecem as quantidades de insumos utilizadas, aplicados a lanço na superfície. As áreas sob observação mais rigorosa foram 1 e 5. Na área de capim-tobiatã muito adubado, as touceiras remanescentes foram rebaixadas para 0,20 - 0,30 m no início do período das chuvas, ocasião na qual se realizaram a calagem e a aplicação do superfosfato simples, superficialmente. A finalidade foi reduzir a altura das touceiras, que chegava a 0,90 - 1,20 m, eliminar material fibroso e retornar material orgânico ao solo, além daquele retornado pelo pisoteio animal durante o pastejo. A adubação com N e K foi parcelada em cinco vezes, sendo realizada no dia em que os animais saíam dos piquetes (permanência de 1 dia, descanso de 33 dias). Na área de milho, após a colheita, em março, foi semeado tremoço-branco (*Lupinus albus*), com a finalidade de retornar material orgânico ao solo.

Com exceção da mata e do capim-braquiária não adubado, o calcário, os micronutrientes FTE e os fertilizantes fosfatados, potássicos e nitrogenados foram sempre aplicados superficialmente, a lanço, exceto na área de milho para silagem.

Os métodos de avaliação e análise utilizados são mais ou menos detalhados a seguir, em função da maior ou da menor divulgação do método e de particularidades de instalação dos experimentos ou do modo de amostragem dos materiais.

### **Características físicas do solo: condutividade hidráulica saturada a campo**

Foram realizadas medições de infiltração de água, utilizando o permeâmetro de Guelph, segundo método descrito por Vieira *et al.* (1988 e 1996), nas profundidades de 10, 20 e 60 cm, fora do período das chuvas, a fim agilizar o processo. Foram utilizadas, em média, 25 determinações por tratamento. Para a determinação da condutividade hidráulica saturada de campo, a partir da taxa de infiltração constante de água sob carga hidráulica constante, usou-se o artifício de realizar duas leituras de infiltração, aplicando duas cargas hidráulicas consecutivas, com colunas de água de 3 e 6 ou 9 cm, para a obtenção de duas equações simultâneas com duas incógnitas ( $K_{fs}$  e  $\phi_m$ ):

$$Q_1 = \left\{ \left[ \frac{2 \times \pi \times H_1^2}{C_1} \right] + \pi \times a^2 \right\} \times K_{fs} + \left[ \frac{2 \times \pi \times H_1}{C_1} \right] \times \phi_m$$

$$Q_2 = \left\{ \left[ \frac{2 \times \pi \times H_2^2}{C_2} \right] + \pi \times a^2 \right\} \times K_{fs} + \left[ \frac{2 \times \pi \times H_2}{C_2} \right] \times \phi_m$$

em que:

Q é o fluxo constante de água (mm/min, medido com o permeâmetro), H é a carga hidráulica constante (cm), C é um fator de geometria que varia com a textura do solo, "a" é o raio do orifício cilíndrico (cm),  $K_{fs}$  é a condutividade hidráulica saturada de campo e  $\phi_m$  é o potencial matricial de fluxo (Lombardi Neto *et al.*, 1993).

### Características químicas de solo

A amostragem de solo constou de uma amostra por área, constituída por 20 subamostras coletadas com trado tipo sonda, nas profundidades de 0 - 10, 10 - 20 e 20 - 40 cm, e seqüência de camadas de 20 cm de espessura até 2,0 m de profundidade, nas áreas sem adubação intensa, e até 3,0 m nas áreas 4 e 5, muito adubadas. Este procedimento de amostragem profunda foi adotado após serem verificados o desaparecimento de cálcio da superfície e a indicação de alterações eletroquímicas em profundidade, nas áreas adubadas, seja de lavoura ou de pastagem (Primavesi & Primavesi, 1997a). Os procedimentos analíticos de extração e quantificação de características químicas do solo seguiram os métodos descritos por Raij *et al.* (1987), para pH em água, pH em  $\text{CaCl}_2$ , matéria orgânica, P pelo método da resina, K, Ca, Mg e Al trocáveis e H+Al. As interpretações dos resultados e das variações ocorridas nas características químicas do solo basearam-se nos limites de interpretação das características químicas do solo descritos por Raij *et al.* (1996).

Os procedimentos para conservação das amostras no campo e os analíticos de extração e quantificação de  $\text{N-NO}_3^-$  e  $\text{N-NH}_4^+$  seguiram os métodos descritos por Tedesco *et al.* (1985). Foi determinado também o nitrogênio amoniacal, precursor do nitrogênio nítrico, para ser possível avaliar a dinâmica de transformação do N bem como a variação nos teores do N-total.

Foi realizado monitoramento de nitrato da área de capim-tobiatã adubado, no período das chuvas, considerando seis períodos espaçados de 3 - 4 dias, dentro do período de descanso de 30 dias a que é submetida a pastagem: a) 2 dias antes do pastejo; pastagem com 28 dias em pousio; b) 1 dia após pastejo, saída dos animais, + fezes + urina + adubação com N e K (120 kg/ha de N); c) 3 dias após pastejo; d) 7 dias após pastejo; e) 10 dias após pastejo e f) 15 dias após pastejo. A adubação com N e K foi parcelada, e foi aplicada em cada parcela, em superfície, imediatamente após a retirada dos animais. Buchner *et al.* (1980) sugerem o monitoramento até 100 cm como procedimento de rotina para avaliar a disponibilidade de nitrato em solos agrícolas, em atividades direcionadas para agricultura de precisão.

Para a determinação da condutividade elétrica do extrato de saturação (CE), foi seguido método descrito em Embrapa (1997), a partir do qual pode ser estimada a quantidade de sais na solução do solo. Dessa forma, é possível encontrar valores mais próximos do real para a capacidade de troca catiônica calculada. O fator de correção (fCTC), a ser descontado da CTC, é calculado da seguinte forma:

$$\text{fCTC (em mmol./dm}^3\text{)} = 0,1 \times \text{CE (em dS/m)} \times \text{água de saturação (em \%)}.$$

### Produção e qualidade da forragem produzida

Para a determinação da produção de matéria seca pelas forrageiras manteve-se rigorosamente a altura de corte e utilizaram-se seis subamostras de 3 m<sup>2</sup> em áreas fixas. Desse material fresco foi retirada amostra de 500 g para, após secagem em

estufa com ventilação forçada a 65°C e moagem, determinar o conteúdo de água e de nutrientes minerais – N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Fe e Mn, segundo metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1989).

### **Cobertura de solo**

Para determinar o grau de cobertura do solo pelo dossel das gramíneas, ao final do período de descanso, foi utilizado o procedimento de análise de imagens digitais (Crestana *et al.*, 1994). Essas imagens foram obtidas de seis exposições (repetições dentro de local, com superfície de 12,5 m<sup>2</sup>) por local (tratamentos), a partir da filmagem de uma faixa circular de 360°, com uma filmadora “handcam” JVC, zoom zerado e filme VHS-c, posicionada perpendicularmente ao solo presa na extremidade do braço de 5 m de uma torre giratória a 8 m da superfície do solo, no mês de janeiro de 1997. Filmou-se também a área do capim-tobiatã adubado, nos piquetes com descanso de 1, 11, 22 e 33 dias após a retirada dos animais, para medir a velocidade de desenvolvimento forrageiro e de cobertura do solo. O grau de cobertura de solo no primeiro dia após retirada dos animais equivale aproximadamente ao grau de ocupação do solo pelas plantas, indicador importante para pastagens de gramíneas cespitosas formadoras de touceiras. As imagens foram digitalizadas por uma placa digitalizadora Video Blaster RT300, com resolução espacial de 640 x 480 pixels e 256 cores por pixel. Posteriormente, as imagens foram analisadas com auxílio do programa SIARCS 3.0, em ambiente Windows (Jorge & Crestana, 1996). No SIARCS foi realizada a identificação automática da área coberta do solo, por meio da variabilidade de cores ocorrentes na imagem e da seleção das que representam a área desejada, usando uma ferramenta interativa com a tabela de cores da imagem. Foi utilizado ainda o mecanismo de exclusão de áreas indesejáveis, identificadas manualmente. O procedimento GLM do pacote estatístico SAS (SAS Institute, 1993) foi empregado para realizar a análise de variância e o contraste de médias pelo teste Tukey.

### **Distribuição radicular**

A metodologia adotada para avaliação da distribuição radicular das áreas de forrageiras foi a apresentada por Crestana *et al.* (1994). Escolheu-se área representativa, onde foi aberta trincheira com 2,00 m de comprimento, 1,50 m de largura e 1,20 m de profundidade, e realizou-se a limpeza das bordas, bem como foram feitos o umedecimento e a escarificação do perfil do solo. A seguir foram filmadas quadrículas de 0,20 x 0,20 m, dentro de um quadrado de 1 m<sup>2</sup>, considerando dois quadrados consecutivos de 1 m<sup>2</sup> ao longo de cada lado mais comprido, em um total de quatro quadrados ou repetições por trincheira. As imagens geradas foram digitalizadas e submetidas à análise, utilizando o software SIARCS 3.0, apresentado por Jorge & Crestana (1996), à semelhança do método utilizado para determinar o grau de cobertura do solo. Evitaram-se contrastes de luz nas superfícies filmadas, a fim de facilitar a interpretação posterior das imagens.

### **Degradação de matéria orgânica**

O material orgânico utilizado foi um feno de capim-coastcross (*Cynodon dactylon*), a fim de tornar comparáveis os resultados entre as áreas e as épocas de amostragem. Sua composição química foi 96,8% de matéria orgânica, 3,2% de cinzas, 47,9 de relação C/N, 83,9% de fibra em detergente neutro, 7,3% de proteína

bruta, 34,5% de celulose, 29,6% de hemicelulose, 17,7% de lignina e 2,9% de tanino, e a digestibilidade "in vitro" da matéria seca, de 28,3%, determinada no Laboratório de Nutrição Animal, da Embrapa Pecuária Sudeste, segundo método de van Soest (fibra, celulose, lignina) e Tilley & Terry (digestibilidade "in vitro") descritos por Silva (1981). Desse material orgânico, foram acondicionados 10 g de matéria seca em saquinhos de tela de náilon ("litter bag") com malha de 1 mm de abertura e dimensões de 0,20 x 0,20 m, conforme descrito em Santos & Whitford (1981).

Em cada área foi enterrada, a 5 cm de profundidade, em 23/5/95, uma bateria de 12 saquinhos com 10 repetições para a determinação da taxa cumulativa de decomposição durante um ano, e mais um saquinho por repetição para a determinação da taxa mensal de decomposição do material orgânico. Mensalmente foram desenterrados 10 saquinhos da série anual, mais 10 saquinhos da série mensal, estes repostos por amostras frescas do estoque inicial de material orgânico. Também foram coletadas amostras de terra agregada aos saquinhos, que foram passadas por peneira com malha de 2 mm para retirar as raízes. Após a retirada das amostras de capim-coastcross dos saquinhos e a eliminação das raízes, o material foi pesado, seco em estufa com circulação forçada de ar a 60°C até peso constante, pesado novamente, passado para estufa a 105°C durante 14 horas e esfriado em dessecador durante 2 horas antes da pesagem. A seguir foi passado para mufla, permanecendo durante 8 horas a 600°C, para a determinação inorgânica do conteúdo de cada "litter bag". As amostras de terra passaram pelo mesmo processo. A taxa de decomposição estimada da matéria orgânica foi determinada segundo equação desenvolvida por Santos & Whitford (1981):

$TD = 100 \times (ZI + f \times (IF-II) + IF - WF) / ZI$ , em que:

TD = taxa de decomposição estimada a partir da perda de conteúdo orgânico, em %;  
ZI = conteúdo orgânico médio da amostra inicial de 10 g de matéria seca, em g;  
f = fator de correção médio para cada solo, obtido a partir da razão entre a fração orgânica e a fração inorgânica da amostra de terra coletada;  
IF = conteúdo inorgânico final de cada amostra, em g;  
II = conteúdo inorgânico médio da amostra inicial de 10 g de matéria seca, em g;  
WF = peso seco final de cada amostra, em g.

### **Iodo no leite**

Foi monitorado o teor de iodo em amostras retiradas do volume total de leite produzido no sistema intensivo de produção de leite, no qual são manejadas vacas da raça Holandesa Preta e Branca (HPB), puras, cuja produção individual varia de 8 a 60 L de leite/dia, com média de 24 L por animal/dia. Os animais em lactação recebem complementação de ração completa (concentrado protéico mais sal enriquecido com minerais e 1,6 mg/kg de iodo) na proporção de 1 kg para cada 3 litros de leite, até 1:4 quando a produção de leite é mais reduzida. Os animais são separados em lotes de produção. O lote superior (lote A) pode chegar à média de 42 L de leite, quando recebe 13 kg de concentrado protéico suplementado com 6% de sal mais minerais. O lote inferior (D), com média de 12 L de leite por animal, recebe 3,1 kg de concentrado suplementado com 5% de sal mais minerais. Isto representa 21% do iodo que os animais do lote superior recebem, ou 72% do iodo potencial no leite do lote superior. Os componentes do concentrado não variam durante o ano (varia o volume oferecido em função da produção animal; curva de lactação), embora mude o

volumoso: pastejo rotacionado de forrageiras no período das águas e silagem de milho ou sorgo, no cocho, no período seco.

Para fins de comparação, foi monitorado um sistema de produção de leite no qual são manejadas vacas mestiças holandesas preto e branco x zebuínos leiteiros, cuja produção individual varia de 5 a 18 L de leite por dia, com média de 11 kg por animal/dia. Os animais em lactação com produção acima de 5 L recebem complementação contínua de concentrado protéico, na proporção de 1 kg para cada 2,5 L de leite nas vacas até os três primeiros meses, na proporção de 1:3 até o sexto mês e na proporção de 1:4 acima disso. A esse concentrado é adicionado 5% de sal enriquecido com minerais, incluindo iodo. No período da seca, de maio a agosto, com baixa produção das pastagens, o volumoso passa a ser cana-de-açúcar fresca picada, na base de 30 kg por animal e dia, na qual é acrescentado 1% de uréia mais 2 kg de concentrado protéico com sal e minerais.

As amostras de leite foram coletadas mensalmente no dia do controle leiteiro, no final do mês, em frascos de vidro de 50 mL, a partir do volume global de leite da primeira ordenha diária.

No dia do controle leiteiro de abril de 1997 foram analisadas amostras do leite, do sistema intensivo de produção, de todas as 5 vacas do lote D, em baixa produção, que recebiam 2 kg de ração completa por dia, e das 29 vacas do lote A, que recebiam 1 kg de ração completa para cada 2,8 litros de leite, a fim de tentar relacionar as informações com diferentes variáveis referentes ao histórico de ingestão de iodo dos animais (idade do animal, número de lactações, dias após parto).

A metodologia adotada para a determinação de iodo, utilizando o sistema de análise por injeção em fluxo (FIA), foi aquela apresentada por Moxon & Dixon (1980) e modificada, para o preparo e a análise de amostras de leite, por Mockiuti *et al.* (1996) e Nogueira *et al.* (1995), no Laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Pecuária Sudeste.

### **Qualidade de água**

A área de estudo foi a da microbacia hidrográfica (MBH) do ribeirão Canchim, cuja nascente (lado leste; ponto de coleta nº 1, ou nascente da mata; Figura 1) se encontra à beira da mata, próximo ao divisor de águas. A nascente aflora no encontro de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa (LVd) e Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, textura argilosa (LEd), continuando seu leito por Latossolo Roxo distrófico, textura argilosa (LRd) e Terra Roxa Estruturada eutrófica, textura argilosa (TRe). Nesse percurso passa por açude que sofre intenso assoreamento e pelo ponto de coleta nº 4 (água corrente cavalaria), sob ponte, a 2.000 m da nascente da mata. Esse trecho tem como entorno áreas de lavoura e de pastagem e uma faixa ripária incipiente na margem direita, havendo caminhos preferenciais de escoamento superficial de água. Também possui estábulos de eqüinos na margem esquerda e descarga eventual de fossa séptica, bem como presença contínua de capivaras a montante do ponto de coleta nº 4. Logo após esse ponto, o ribeirão Canchim despenca 20 m sobre rocha exposta de diabásio, recebendo o córrego do Sistema, e este o córrego do Pique (vindo de lagoa), em região de afloramento de rocha de diabásio, continuando por calha formada por Areia Quartzosa hidromórfica, onde recebe águas de três pequenos afluentes, e finalmente flui por solo orgânico (Calderano Filho *et al.*, 1998). Nessa parte baixa, de relevo mais plano, tem como entorno áreas de pastagens manejadas extensivamente,

ocorrendo presença de mata ciliar, até a foz (ponto de coleta nº 6, ou água corrente na foz), sob ponte.

Seu afluente maior, o córrego do Sistema, nasce (lado oeste; ponto de coleta nº 2, ou nascente do Sistema) no interior de um sistema intensivo de produção de leite do tipo B. Este sistema é circundado por área de pastagem, na qual ocorre o uso intensivo de fertilizantes (nitrogenados, fosfatados e potássicos) e de calcário, bem como elevada lotação animal das pastagens. A nascente aflora em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura média (LVd), e passa por açude com presença de aguapés muito vigorosos, em cujo vertedouro foi estabelecido o ponto de coleta nº 3 (açude do Sistema). Este ponto situa-se a 500 m da nascente, e seu entorno é isolado de acesso animal por faixa ripária de 50 m, não havendo caminho ou trilha para o escoamento superficial preferencial de água. O córrego continua seu leito em Terra Roxa Estruturada eutrófica, textura argilosa (TRe), tendo como entorno áreas de pastagem, por vezes degradadas, e de atividades agrícolas, com proteção de vegetação ciliar incipiente do lado esquerdo, passando por açude em cujo vertedouro foi estabelecido o ponto de coleta nº 5 (açude da Colônia). Este situa-se a 1.500 m da nascente e nele se verifica intenso processo de assoreamento. Entre os pontos 3 e 5 ocorre eventualmente acesso de animais e descarga de fossa séptica.

Mensalmente, nos seis pontos selecionados, foram coletadas amostras de água no período da manhã. Foram utilizados frascos esterilizados de 200 mL para as determinações de coliformes totais (Col) e coliformes fecais (Colf) e frascos plásticos de 2 L para as análises das demais variáveis: demanda química (DQO) e bioquímica de O<sub>2</sub> (DBO<sub>5</sub>), O<sub>2</sub> consumido (Oxco; mais utilizado em águas pré-tratadas), carbono orgânico total (TOC), temperatura da água (Temp), potencial hidrogeniônico (pH), alcalinidade (Alca), dureza (Dure), condutividade elétrica (Cond), cloreto dissolvido (Clo), nitrato (NO<sub>3</sub>), fósforo total (PO<sub>4</sub>), ferro total (Fe), manganês total (Mn), cor aparente (Coa), cor verdadeira (Cov), turbidez (Turb), sólidos sedimentados (Ssed), sólidos suspensos fixos (Ssuf), sólidos suspensos voláteis (Ssuv), sólidos dissolvidos fixos (Sdif) e sólidos dissolvidos voláteis (Sdiv). Imediatamente após a coleta, as amostras foram enviadas para o laboratório. As metodologias utilizadas são descritas em APHA (1992).

Para a análise estatística, os dados determinados ( $y_i$ ,  $i=1,2,\dots,n$ ) foram inicialmente padronizados na escala  $z_i = (y_i - \bar{y}_i) / \sigma$ , sendo " $\bar{y}_i$ " a média e " $\sigma$ " o desvio-padrão, para remover os efeitos de escala de medidas e possibilitar comparações das variáveis na mesma unidade. Para investigar o parentesco entre as variáveis padronizadas " $z_i$ ", foi usada a técnica de componentes principais por meio do procedimento Princomp do SAS (SAS Institute, 1993).

# Resultados e Discussão

## 1. Solo

### 1.1. Características físicas

1.1.1. A distribuição granulométrica, a estabilidade de agregados e a curva característica, bem como a macroporosidade e a capacidade de armazenamento de água disponível (CAD), foram determinadas no primeiro ano. Os levantamentos posteriores foram dispensados em virtude da demora no processo de análise ou da relativa baixa sensibilidade, estando os resultados finais relatados em Primavesi *et al.* (1999c). Foi relevante o fato de a macroporosidade e o diâmetro médio ponderado de agregados (Spolon *et al.*, 1997) serem menores nas áreas agrícolas e maiores nas áreas de proteção permanente (mata), sendo elevados nas pastagens adubadas e rotacionadas, provavelmente em consequência da elevada atividade radicular e do retorno de material orgânico ao solo.

### 1.1.2. Condutividade hidráulica saturada a campo

Foram priorizadas as determinações da condutividade hidráulica saturada a campo, com o permeâmetro de Guelph, que mostrou elevada sensibilidade e praticidade de manejo e obtenção relativamente rápida de dados no período seco do ano. No período das chuvas, com o solo mais saturado, o fluxo de água é muito lento.

Dados recentes, em áreas contíguas, sugerem que os resultados de condutividade hidráulica sofrem grande influência das condições muito secas de solo (matriz do solo reduzindo velocidade de fluxo de água, ou presença de frestas), de umidade relativa do ar (demanda evaporativa da atmosfera contrapondo-se ao efeito gravitacional) e de temperatura média mais baixa (água se torna mais viscosa), o que poderá dificultar a comparação de dados temporais e mesmo espaciais levantados em condições atmosféricas distintas, com grandes amplitudes de variação.

A média da condutividade de 25 pontos por área variou de 0,7 a 8,1 m/d (Figura 2), destacando-se valores mais elevados na área de capim-tobiatã em manejo rotacionado do que na de capim-braquiária degradada (Vieira *et al.*, 1996; Primavesi *et al.*, 1998). Notou-se pequena tendência de redução nos valores de condutividade na área de capim-tobiatã onde se retorna material orgânico à superfície do solo (Toc), e um grande incremento na área de capim-braquiária, até mesmo a degradada (bras), quando deixada em pousio durante 1,5 ano sem pastejo, também em profundidade (60 cm), provavelmente em razão da possibilidade de recuperação do sistema radicular. Concluiu-se que as características hidráulicas do solo podem ser mantidas em condições desejáveis estimulando-se o desenvolvimento radicular e o retorno superficial de material orgânico por meio de pousio da área ou estimulando-se o desenvolvimento por meio de adubação, no caso mineral. Este material orgânico superficial permite o desenvolvimento radicular superficial e, provavelmente, também a distribuição da energia de pisoteio animal, que foi elevada em doze vezes da área de capim-braquiária não adubada (bras; 0,5 UA/ha) para a área de capim-tobiatã adubada (toc; 6 UA/ha). Desta forma parece ser possível a intensificação do sistema de produção sobre pastejo rotacionado sem afetar a qualidade física do solo.

Os dados de permeabilidade do solo permitiram constatar que o perigo de compactação do solo, com redução da permeabilidade do solo, pode ser amenizado ou evitado com um período de pousio das pastagens, ou um manejo que propicie retorno abundante de biomassa vegetal à superfície do solo. Assim, uma pastagem submetida a baixa lotação e na qual a produção de biomassa mal atende à demanda

animal pode trazer impactos negativos piores do que os de pastagens com elevada lotação mas com oferta de forragem superior à demanda, em manejo rotacionado.

## **1.2. Características químicas**

### **1.2.1. Matéria orgânica**

Considerando que no solo estudado, com aproximadamente 300 g/kg de argila, o teor basal de matéria orgânica está em torno de 9 g/kg (3 mg/kg para cada 100 g/kg de argila para formar o complexo organo-mineral), verificou-se que ocorre dinâmica muito intensa no teor de matéria orgânica (Primavesi & Primavesi, 1997a,b,d; Primavesi *et al.*, 1999c), variando de 15 a 44 g/kg nos 10 cm superficiais. Os valores serão semelhantes ou superiores aos de solo de mata quando o retorno for suficiente, como o é em pastos de gado de leite, onde não se realiza o repasse dos talos e folhas velhas, que são roçadas e retornadas à superfície do solo no início das águas (Figura 2). O teor de matéria orgânica em área de plantio de milho para silagem foi significativamente reduzida em relação ao de pastos rotacionados, podendo a rotação com adubo verde deixado na superfície diminuir a queda no teor, mesmo sendo material de menor estabilidade no solo, como do tremoço. O perfil de aumento no teor de matéria orgânica na superfície do solo de pastagens é semelhante ao de áreas do Sistema Plantio Direto (SPD), em relação ao acúmulo de material orgânico (Figura 3) e teor de P (Figura 5), sugerindo possibilidade de troca de informações entre os técnicos que atuam em ambos os sistemas agrícolas (Primavesi & Primavesi, 1997b).

Por outro lado, verificou-se que as amostragens rotineiras de terra para análise química, das quais se procura retirar ao máximo os resíduos da serapilheira ou de restos vegetais e de raízes inteiras, bem como da biomassa microbiana, podem estar fornecendo informação distorcida da real disponibilidade potencial de nutrientes no solo, o que deve ser verificado e corrigido em trabalhos futuros, visando a sustentabilidade dos sistemas de produção em pastagens ou SPD.

Verifica-se correlação do teor de matéria orgânica e da capacidade de troca catiônica (Figuras 3 e 4) quanto à variabilidade espacial e temporal, certamente em razão da dependência desta das cargas da matéria orgânica, podendo, porém, sofrer certa interferência do conteúdo de sais na solução do solo, em áreas intensamente adubadas.

### **1.2.2. Fósforo**

Na avaliação das alterações nas características químicas, destaca-se o acúmulo de fósforo e de cálcio na camada de 0 a 5 ou a 10 cm das áreas adubadas, à semelhança das áreas de plantio direto na palhada (Muzilli, 1981; Sá, 1995). Nas áreas com adubação mineral intensa (toc) também ocorreu aumento dos teores de P nas camadas inferiores. Nessas situações de aplicação superficial de corretivos e fertilizantes, Sá (Comunicação pessoal, João Carlos de Moraes Sá, Universidade de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, 1996) sugere a utilização da camada de 0 a 10 cm para P, K e matéria orgânica e de 0 a 20 cm para Ca e Mg, para a avaliação de rotina da fertilidade do solo

Verificou-se acúmulo de fósforo na camada de 10 cm superficiais do solo (Figura 5), podendo variar de 1 a 400 mg/dm<sup>3</sup>, à semelhança do que ocorre em áreas do Sistema Plantio Direto (Primavesi & Primavesi, 1997b). Esses teores elevados parecem não ter afetado o estado nutricional das plantas, de acordo com sua produção de matéria seca e o teor de minerais no tecido foliar, mas procurou-se reduzir as adubações fosfatadas, para evitar danos nutricionais ou ambientais e

gastos desnecessários (Tabela 1). Considerando a produção de 17 t/ha de matéria seca de capim-tobiatã ao longo do ano (Figura 18), contendo em média 2 g/kg de P na matéria seca (Figura 20), com retirada de 50% dessa forragem da área, a reposição anual de fósforo em pastagens intensamente manejadas estaria em torno de 17,5 kg/ha de P ou 40 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Corrêa & Haag (1993) verificaram a necessidade de níveis elevados de P no estabelecimento de gramíneas forrageiras, mas não em sua manutenção. Foi surpreendente o fato de não terem aparecido sintomas de excesso de P ou deficiências provocadas de micronutrientes, como, por exemplo, de Zn ou Fe. Estudos recentes de Corrêa (Comunicação pessoal, Luciano de Almeida Corrêa, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP, 1998) mostram pequenos aumentos no teor de P foliar de gramíneas forrageiras, provavelmente em consequência do efeito de diluição provocado pelo desenvolvimento das plantas, com teores em torno de 1,2 g/kg de P na matéria seca, até níveis de 80 mg/dm<sup>3</sup> de P determinado pelo método da resina no solo. Próximo dessa concentração no solo ocorre um pico no teor foliar para valor em torno de 2,4 g/kg. Com níveis crescentes de P-resina acima de 80 mg/dm<sup>3</sup> no solo, os aumentos posteriores nos teores foliares foram muito pequenos. Este fato deverá ser melhor estudado, pois, mesmo suspendendo as aplicações de fertilizantes minerais, o aporte de P continuará através das fezes, podendo ocorrer distúrbios nutricionais nas forrageiras.

### 1.2.3. pH em CaCl<sub>2</sub>: acidificação

As medições de pH em CaCl<sub>2</sub> (Figura 6) mostraram grande dinâmica nos valores de pH, que variaram de 3,9 a 6,9 na camada de 10 cm, no intervalo de um ano, em razão das doses elevadas de adubos nitrogenados aplicados e do intenso desenvolvimento vegetal consequente. Na área de capim-tobiatã adubado com fertilizantes nitrogenados (toc), em relação àquela sem nitrogenados, constataram-se variações drásticas de efeito de acidificação quando a aplicação de calcário não foi adequada para neutralizar esse efeito (Primavesi & Primavesi, 1997a,b,d), como em 1997, com elevação no teor de alumínio trocável (Figura 8). O equilíbrio era mantido com 450 kg/ha de N (parcelado em cinco vezes; Tabela 1) e 2 t/ha de calcário. Aumento no teor de N ou redução/suspensão no teor de calcário resultou em imediata redução do pH e, com isso, na saturação por bases (Figura 12). Na área da capim-braquiária adubada (brac), não ocorreu aumento no pH, em relação à área degradada, talvez por causa do uso de sulfato de amônio e da insuficiência na aplicação de calcário. Nesses casos, verificou-se um dreno de potássio (brac; Figura 9) e cálcio (toc e brac; Figura 10) em profundidade, além da camada de 100 cm. A saturação por bases (Figura 12) corrobora essa informação, em toc e brac, sendo maior em profundidade do que nas camadas superficiais.

Para rastrear essas perdas de cálcio em profundidade, foi realizado monitoramento até a camada de 300 cm nas áreas adubadas (200 cm nas não adubadas), e constatou-se que os valores de pH em CaCl<sub>2</sub> estavam próximos dos de pH em água (determinados na rotina), sugerindo alguma alteração eletroquímica entre as camadas de 100 e 250 cm, com maior amplitude entre 140 e 200 cm. Essas alterações ocorreram somente nas áreas que receberam calcário e adubo nitrogenado (Figura 7) ou onde entrou leguminosa na rotação, como em milho. Avaliações mais específicas de amostras dessas camadas alteradas mostraram aumento na densidade de cargas positivas, com alteração do Ponto de Carga Zero (Oliveira *et al.*, 1999). Determinações do pH em KCl acentuaram essas diferenças em relação ao pH em água. Dessa forma, foi detectado que o uso de adubos nitrogenados sintéticos ou orgânicos em presença de calcário pode induzir a produção de cargas positivas em

profundidade. A literatura consultada relata o fenômeno de adsorção específica de cálcio por argilas ferro-oxídicas (Lumbanraja & Evangelou, 1991). O balanço de cálcio e magnésio não conseguiu detectar parte desses cátions trocáveis no perfil do solo, sugerindo lixiviação profunda ou algum sumidouro no percurso, o que veio reforçar a idéia dessa adsorção específica. Para corroborar esta hipótese, encontrou-se acúmulo de nitrato nestas camadas (Figura 14), certamente retido pelas cargas positivas disponíveis (Primavesi & Primavesi, 1998 e 1999). A ausência de nitrato em brac (Tabela 2, Figura 14) deveu-se à suspensão de aplicações de adubos nitrogenados (Tabela 1) e à extração pela forrageira, inicialmente estimulada a um desenvolvimento intenso, do nitrato do solo até a profundidade de 280 cm. Isso permitiu à forrageira manter-se verde por dois períodos hibernais secos subsequentes à suspensão das adubações nitrogenadas.

Confirmou-se a importância de avaliar pH em água e em  $\text{CaCl}_2$  nas análises de rotina, especialmente em profundidade, no monitoramento de áreas sob impacto das atividades de manejo realizadas. Deve ser lembrado que, em ambiente tropical, as cargas negativas do solo são em sua maior parte originárias de matéria orgânica e de óxidos de ferro e alumínio, que apresentam cargas pH-dependentes, as quais têm preferência pelo íon  $\text{H}^+$  em níveis de pH mais baixo. Assim, elevações de pH aplicando bases ao solo (p. ex., silicatos, carbonatos, hidróxidos, óxidos de cálcio) liberam cargas negativas covalentes da matéria orgânica para reterem cátions de K, Ca, Mg. Com a redução do pH do solo, esses cátions, porém, são imediatamente liberados para a solução do solo, com potencial perigo de lixiviação, bem como potencial elevação do alumínio trocável (Figura 8).

#### 1.2.4. Lixiviação de cátions: cálcio, magnésio e potássio

Nas alterações das características químicas, destaca-se o acúmulo de cálcio na camada superficial das áreas adubadas, à semelhança das áreas de plantio direto na palhada (Muzilli, 1981; Sá, 1995).

Pode ser verificado um movimento descendente de cátions pelo perfil do solo das áreas adubadas, em especial naquelas onde ocorreu redução do pH, em consequência do aumento na dose de N ou da redução na quantidade de calcário, seguido por redução na saturação por bases. Este fato certamente resultou da desativação das cargas pH-dependentes, liberando os cátions para a solução do solo em movimentação descendente. Esta movimentação ocorreu tanto na área de capim-tobiatã que recebeu 450 kg/ha de N como na área de capim-braquiária adubada com 250 kg/ha de N, ambos em cinco parcelamentos, em 1997 (Tabela 1, Figuras 9 e 10).

Na avaliação de perdas de Ca e K (Primavesi & Primavesi, 1997b), foi verificada baixa saturação por bases e lixiviação intensa e preferencial de K na área de capim-braquiária adubada (brac), explicada pela redução do pH. Dessa forma, o potássio, com teores de até 10,9  $\text{mmol}_c/\text{dm}^3$ , apresentou maior distribuição no perfil onde a adubação mineral foi intensa sem acompanhamento da calagem adequada, área brac, para manter o pH necessário à manutenção da atividade de cargas pH-dependentes (Figura 9). O cálcio aumentou visivelmente nas áreas que receberam calagem mais adubos nitrogenados e/ou adubo verde: toc e milho (Figura 10), chegando a valores de 49  $\text{mmol}_c/\text{dm}^3$ . Na área tos, onde ocorreu calagem sem aplicação de adubo nitrogenado, houve leve aumento no teor de cálcio em profundidade, provavelmente em razão do efeito carreador de moléculas orgânicas originadas por ocasião da degradação do material orgânico do solo. Na área agrícola – milho para silagem –, destaca-se a redução intensa do teor de matéria orgânica, embora se tenha conseguido manter pH considerado adequado para a retenção de

cátions, como mostra a saturação por bases (Figura 12). Perdas, nesse caso, podem ser devidas à aplicação de cátions, nas camadas superficiais, superior à capacidade de retenção do solo, com possível arrastamento de cálcio por moléculas orgânicas originadas na decomposição do adubo verde, como sugerido por Ziglio *et al.* (1995). Este fato arremete à preocupação de criar a fertilidade do solo com material orgânico mais persistente, como de gramíneas. Nessa situação de área agrícola, não há muito resíduo vegetal e o revolvimento do solo contribui para a redução do teor de matéria orgânica, não recuperada plenamente pela adubação verde. Verificou-se, também, distribuição em profundidade, em escala menos sensível, para magnésio (Figura 11) nas áreas que mais receberam calcário e adubo nitrogenado ou adubo verde, toc e milho, em relação às testemunhas tos e mata.

Primavesi & Primavesi (1997b), realizando balanço simplificado do cálcio, verificaram que, apesar da lixiviação intensa de cálcio em profundidade, nas áreas toc e milho, esta não explicava o desaparecimento de mais de 35% do cálcio aplicado, nem pela extração da cultura. Considerou-se que, com a elevação do pH, parte desse calcário não foi solubilizado. Análises de solo para confirmar essa hipótese, por intermédio de método descrito por Raij *et al.* (1982), confirmou parcialmente o fato para a área toc. Ao lado disso, a literatura consultada relata o fenômeno da adsorção específica de cátions polivalentes por argilas ferro-oxídicas (Lumbanraja & Evangelou, 1991), no qual cálcio (Figura 10) parece ter preferência sobre magnésio (Figura 11), agindo como sumidouro do cátion adsorvido, não detectado pela análise de rotina.

A conclusão desses eventos foi que pode haver movimentação de Ca aplicado superficialmente para as camadas mais baixas do perfil, quando ocorre aplicação de adubo nitrogenado, ou adubo verde (tremoço), como aconteceu na área de produção de milho para silagem (Primavesi & Primavesi, 1997a,b; Primavesi *et al.*, 1999b). Esta incorporação em profundidade permite o desenvolvimento radicular em profundidade, o que foi verificado no estudo da distribuição radicular no perfil (Figura 19) com menos raízes na área de capim-braquiária sem adubação.

Os resultados desse projeto sugerem que se deva realizar aplicação de calcário suficiente para evitar a redução do pH e com isso possibilitar a retenção de cátions aplicados no complexo de troca pH-dependente. Porém, com as novas informações obtidas de estudos em Sistema Plantio Direto, de que é possível reduzir a aplicação de calcário e cátions por meio do aumento do teor de matéria orgânica e material orgânico bruto, fontes potenciais de cátions e de substâncias complexantes de alumínio trocável tóxico, torna-se necessário realizar estudos futuros para verificar até que nível será possível reduzir a calagem para evitar perdas de cátions e desequilíbrios nutricionais em sistemas intensivos de produção. Além disso, doses elevadas de cálcio na forma de calcário parecem atuar como dispersantes de partículas sólidas do solo, podendo reduzir a permeabilidade do solo na camada superficial, o que não é desejável.

#### **1.2.5. Lixiviação de ânions: nitrato e sulfato**

Com o surgimento das alterações de pH e da movimentação de cátions em profundidade, houve a necessidade de monitorar a presença e a variação de ânions no perfil do solo (Primavesi & Primavesi, 1999; Primavesi *et al.*, 2000a).

Verificou-se que a distribuição dos ânions no perfil, em amostragens de solo realizadas após o período das chuvas e da intensa atividade vegetativa, segue o seguinte padrão genérico: nas camadas superficiais, encontra-se o fósforo, seguido pelo sulfato e, em profundidade, o nitrato, de acordo com o grau de mobilidade de cada ânion, e provavelmente também em consequência da competição por cargas

positivas e o tipo de distribuição de cargas nas diferentes camadas (Primavesi & Primavesi, 1999). O fosfato (Figura 5), o sulfato (Figura 13), com valores de até 622 mg/kg, e o nitrato (Figura 14), com valores de até 35 mg/kg, em razão da distribuição escalonada, parecem apresentar diferentes graus de afinidade com cargas positivas, que pode estar relacionada à densidade de cargas positivas, provavelmente maior em profundidade, em virtude da menor presença de matéria orgânica. O teor de sulfato parece ser bastante estável, conforme área de capim-braquiária, com adubação suspensa há dois anos. O monitoramento em profundidade, até 160 cm, parece ser aconselhável em estudos de sustentabilidade e qualidade ambiental. Não se verificaram perdas de sulfato em profundidade, exceto no ano de 1999, na área toc com valores de até 622 mg/kg, ocorrendo somente mudança no perfil de distribuição, quando em comparação com a área de mata, bem como seu acúmulo nas áreas adubadas (Figura 12).

Na Tabela 2 são apresentados, de forma comparativa, os teores disponíveis de fósforo, sulfato e nitrato em amostragem do período seco de 1997, nas diferentes áreas monitoradas, mostrando a localização escalonada dos ânions, com destaque para a distribuição uniforme de sulfato no perfil do solo sob mata.

O monitoramento de características químicas de Latossolo Vermelho-Amarelo indicou perdas de cálcio em profundidade e sinais de alterações eletroquímicas em profundidade, nas áreas que receberam calcário, adubos nitrogenados e/ou adubos verdes. Isso sugere aumento na capacidade de troca aniônica do solo, com geração de cargas positivas abaixo de 100 cm de profundidade, em que se constata maior presença de nitratos (Figura 13), resultando em maior condutividade elétrica do extrato de saturação (Figura 14), exceto na área de capim-braquiária com adubação suspensa há 2 anos, na qual persiste a maior presença de cargas positivas (Figura 6), mas com esgotamento do nitrato até 280 cm, provavelmente retirado pela forrageira. Na área de produção de milho para silagem, onde foi introduzida a rotação com leguminosas (tremoço), ocorreu mais intensamente o fenômeno de geração de cargas positivas, com presença de nitrato em camada mais espessa de solo. Esse fenômeno, que parece ocorrer mais intensamente em oxissolos, pode ser um mecanismo interessante para reduzir perdas de nitrato ao lençol freático, em áreas intensamente manejadas, além de constituir reserva de nitrato para forrageiras no período seco do ano. No período das águas, o teor de nitrato é elevado na camada de 0 a 100 cm das pastagens recém-adubadas. Verificou-se que as pastagens adubadas conseguem manter-se verdes durante todo o período hibernar seco, em contraste com as áreas não adubadas. Isso provavelmente se deve não somente à disponibilidade de nitrogênio solúvel, porém também de N imobilizado pela biomassa radicular e microbiana. Este tipo de quantificação também merece estudos futuros.

No monitoramento de nitrato, em período chuvoso (Tabela 3), verificou-se redução genérica no teor de nitrato ao longo do perfil e teor mais elevado na superfície, após um dia de pastejo. A explicação pode ser a imobilização do nitrato pela biomassa bacteriana do solo, ao mineralizar o sistema radicular senescente, em razão da eliminação da parte aérea da forrageira pelos animais em pastejo. O teor mais elevado na camada superficial provavelmente se deveu à mineralização da matéria orgânica, em consequência da maior incidência de sol no nível do solo. Três dias após verificou-se, na camada superficial, aumento do N-amoniaco e também do nítrico, sugerindo liberação mais intensa do N-fertilizante. O aumento no teor de nitrato nas camadas inferiores pode ser consequência da redistribuição-lixiviação do N-fertilizante, como também liberação do N imobilizado pela biomassa bacteriana ocorrida um dia após o pastejo. Aos sete dias de descanso, verifica-se outra depressão no teor de nitrato, nas camadas superficiais, que pode se dever à grande

demanda pela forrageira em seu pico de desenvolvimento vegetativo. Ficou sem explicação o aumento nos teores de nitrato e também de amônio aos 11 dias de descanso, que, pelo teor mais elevado de amônio, sugere mineralização intensa de matéria orgânica, e/ou entrada de N pelas chuvas ou lixiviação das folhas, ou outro pico de liberação pelo fertilizante uréia, em função das chuvas intensas.

Os valores de N-NO<sub>3</sub>, nas camadas superficiais variaram de 9 a 33 mg/dm<sup>3</sup> e, do N-NH<sub>4</sub>, de 5 a 61 mg/dm<sup>3</sup>, estando, portanto, os valores de nitrato dentro da faixa citada por Raij (1991). O valor total de nitrato no perfil de 100 cm está próximo do valor citado por Buchner *et al.* (1980), 120 a 140 mg/dm<sup>3</sup>, para a produção ótima de gramíneas produtoras de grãos, em condições de clima temperado. Porém, esses valores, em condições tropicais, podem ocasionar perdas para as camadas mais profundas do solo, se não houver atividade radicular intensa em profundidade.

Pelos dados levantados, verifica-se que deve haver monitoramento até camadas mais profundas, com base em dados levantados no período seco do ano, em que o pico de nitrato ocorreu a 200 cm (Turpin *et al.*, 1998; Tabela 2; Figura 14) em áreas que recebem fertilizantes minerais. Ao mesmo tempo, deveria ocorrer um levantamento por período mais longo, talvez fechando o ciclo de desenvolvimento e pastejo da forrageira no pasto.

Estudos mais específicos precisam ser realizados para conhecer melhor os mecanismos envolvidos e permitir o estabelecimento de manejo para o controle mais efetivo sobre o fenômeno químico de geração de cargas positivas, que permitiria criar redutores de perdas de nitrato em profundidade, ou depósitos de nitrato para as plantas, de grande importância para a qualidade ambiental nas atividades agrícolas intensivas.

Estudos paralelos em Latossolo Vermelho, ocupado por capim-coastcross, estão mostrando que os perigos de lixiviação de nitrato em profundidade são mínimos se forem utilizadas doses entre 50 e 100 kg/ha de N por aplicação no período das chuvas e de máximo desenvolvimento das forrageiras, tanto na forma de uréia como de nitrato de amônio.

#### **1.2.6. Condutividade elétrica do extrato de saturação: salinidade**

As primeiras medições de condutividade elétrica variaram de 0,06 a 2,69 dS/m (Primavesi *et al.*, 1999c), o último valor alertando para situação de perigo potencial de presença de sais afetando o bom desenvolvimento vegetal. Nos levantamentos posteriores, os valores mais elevados estabilizaram em torno de 1,40 dS/m (Figura 15), não indicando perigo de salinidade no sistema. Verificou-se que as adubações minerais consideradas elevadas, com situações de movimentação de cátions em profundidade, das quais provavelmente o nitrato também tenha participado como íon acompanhante, não chegaram a elevar o teor de sais (condutividade elétrica) a níveis preocupantes, talvez pelo fato de a adubação ocorrer intensamente no período quente das chuvas, com retirada dos minerais pelas plantas em intensa atividade de desenvolvimento vegetativo. Esta hipótese encontra respaldo na ausência de detecção de nitrato até 280 cm na área de capim-braquiária, em que a adubação nitrogenada foi suspensa dois anos antes (Tabela 2), o que também explica a manutenção do estado verde das forrageiras durante o período seco. Porém, do ponto de vista da qualidade ambiental, a condutividade elétrica um tanto mais elevada nas camadas profundas das áreas adubadas com nitrogênio, em relação à área ocupada por mata, ou às áreas de pastagem não adubadas com fertilizantes nitrogenados, alerta para a necessidade de controle permanente das atividades de manejo, a fim de não ocorrerem acúmulos indesejáveis ou excessos potencialmente

lixiviáveis de fons no perfil do solo, com impactos negativos sobre a qualidade da água.

### **1.3. Características biológicas**

#### **1.3.1. Diversidade biológica**

Trabalho realizado nas áreas monitoradas (Brigante, 2000) mostrou pequena redução da biodiversidade nas pastagens adubadas (índice de biodiversidade de 0,70 para capim-tobiatã adubado) em relação à mata (índice de biodiversidade de 0,73), porém com grande aumento no número de indivíduos, causado provavelmente pela grande oferta de material orgânico em condições de temperatura ambiente e de temperatura de solo mais elevadas. A manutenção da biodiversidade da macrofauna invertebrada em pastagens de uma espécie vegetal manejada intensivamente encontra explicação no fato de os bovinos de leite receberem durante todo o ano ração concentrada (milho e soja) e, no inverno, receberem parte do volumoso na forma de silagem de milho ou cana picada, cujas fezes resultantes são parcialmente lançadas nas áreas de pastejo, diversificando o material orgânico devolvido ao solo. Nas pastagens extensivamente manejadas, a presença de diferentes espécies invasoras desempenha este papel.

#### **1.3.2. Atividade biológica: decomposição de material orgânico por microartrópodes**

Os resultados de 28 meses mostram (Figura 16) que, de maneira geral, não ocorrem diferenças significativas entre os efeitos dos tipos de manejo sobre a taxa estimada de decomposição de matéria orgânica enterrada na camada superficial do solo. Ocorre menor atividade nos meses mais secos nas amostragens mensais (Figura 16), o que leva a atraso sensível na taxa de decomposição cumulativa de material enterrado em junho, em relação ao material enterrado em outubro (Figura 17). As taxas de decomposição acumulada em 6 meses estão coerentes com os dados de Santos & Whitford (1981), que também utilizaram material vegetal seco (senescente), em torno de 60%, sob condições de déficit hídrico climático. Este valor foi alcançado com 2 meses de uso de material verde, mais degradável, na estação do verão (Carvalho *et al.*, 1995), sendo que neste estudo foram necessários 3 meses para degradar 60% do feno.

No primeiro ano, iniciando no período seco do ano, a taxa acumulada de degradação chegou a 85%, destacando-se a área bras e, com menor taxa, a área tos. As médias das taxas mensais variaram entre 12% e 49% (menor nos meses mais secos), ocorrendo similaridade entre as áreas tos e mata e entre as áreas toc e milho, com maior valor na área milho e menor na área bras. No segundo, ano a taxa acumulada de degradação chegou a 89%, com destaque para a área bras e, com menor taxa, a área tos. As médias das taxas mensais variaram entre 16% e 47%, ocorrendo similaridade entre as áreas toc, bras e milho com maior taxa e as áreas tos, bras e mata com menor taxa de degradação. Houve tendência de comportamento semelhante entre as áreas de capim-braquiária degradada e capim-tobiatã adubado e, até certo ponto, a de milho, e as áreas de capim-braquiária adubado e capim-tobiatã pouco adubado e da mata, aparentemente relacionado ao grau de cobertura do solo e à menor incidência de luz solar, geradora de calor no solo, bem como da umidade do solo.

A procura por provável impacto de resíduos de quimioterápicos, administrados aos animais e lançados na forma de fezes sobre as pastagens, em maior volume (maior lotação), não permitiu encontrar diferenças significativas entre os manejos de

pastagens e a mata (Primavesi *et al.*, 1996; Primavesi & Primavesi, 1997e), talvez pelo fato de o indicador ser muito específico a acaricidas, ou porque os resíduos excretados foram poucos, ou porque realmente ocorreu efeito de atenuação sobre essas substâncias em razão do retorno abundante de material orgânico ao solo, como sugere o levantamento da diversidade biológica (Brigante, 2000).

## **2. Flora cultivada**

### **2.1. Características físicas**

#### **2.1.1. Produção de matéria seca**

Em todos os anos ficou clara a vantagem, em produtividade, das áreas de pastagem adubadas de forma completa (toc; Figura 18). Inicialmente, encontraram-se dificuldades em ajustar as amostragens de forma a ser compatíveis com a lotação animal utilizada, pelo fato de o gado de leite não ser obrigado a rebaixar as touceiras até uma altura desejável, nem haver outros animais para o repasse, havendo com isso elevação da rebrota. Como consequência houve fechamento mais rápido da superfície foliar, tornando o período de descanso determinado previamente muito longo, o que provocou competição intraespecífica entre touceiras de cespitosas entouceirantes (capim-tobiatã) e ampliação da superfície de solo desocupada em razão do afastamento entre touceiras (Primavesi *et al.*, 1999a).

Verificou-se que 80% da produção (13,6 t/ha de matéria seca, na área toc) ocorre no período das chuvas, havendo quatro meses em que a produção ultrapassa 2,5 t/ha/mês de matéria seca, enquanto nas áreas pouco ou nada adubadas com nitrogênio a produção fica abaixo de 1,5 t/ha/mês. Nos meses mais secos, a produção de todos os tratamentos fica abaixo de 0,5 t/ha/mês, porém, as áreas adubadas com nitrogênio mantêm-se verdes por mais tempo, numa condição de rápida rebrota com as primeiras chuvas primaveris.

#### **2.1.2. Cobertura de solo**

A análise de variância mostrou que a área tos (capim-tobiatã não adubado com N) foi a que apresentou maior porcentagem de solo descoberto ao final do período de descanso, sendo os outros locais semelhantes entre si, com a maior porcentagem de solo coberto (Tabela 4). Porém, a área toc, com capim-tobiatã adubado, apresentou uma característica específica de ocupação e cobertura do solo, dependendo do período de descanso, após ser pastejada, em virtude da não ocorrência de outras espécies vegetais entre suas touceiras.

Sugeriu-se anteriormente (Primavesi *et al.*, 1996) que as áreas onde ocorreu maior taxa de degradação de material orgânico estariam permitindo maior incidência solar sobre o solo, seja pela maior superfície de solo não ocupado por plantas após rebaixamento das forrageiras pelo gado (local toc, de capim-tobiatã adubado) ou pela menor produção de biomassa (densidade e altura de plantas) e maior área exposta de solo (local bras, de capim-braquiária degradada).

O local de capim-braquiária degradado, sem estímulo ao desenvolvimento, com 96,5% de solo coberto, apresentou remanescente de 40% de capim-braquiária após invasão de grama-batatais (*Paspalum notatum*, 56,5%) e espaços de solo nu (3,5%), totalizando 40% de área com cobertura boa (Tabela 4). O capim-braquiária adubado, local bras, com 97,7% de solo coberto, em dois anos de uso de adubos apresentou maior volume de biomassa sobre a superfície do solo (densidade de ocupação e altura de plantas) e reocupação dos espaços, com redução da área de grama-batatais para 25%, em razão da competição interespecífica. O capim-tobiatã sem adubo, local tos, com desenvolvimento não estimulado por N e 90,2% do solo coberto, ocupando

65% da área, com espaçamento de 0,50 a 0,60 m entre touceiras, e mostrando sintomas visuais de forte deficiência de nitrogênio, compartilhava espaço com capim-braquiária (20%) e grama-batatais (5%), além dos 10% da superfície do solo descoberto. O capim-tobiatã adubado, local toc, com desenvolvimento vigoroso e 99,8% do solo coberto, eliminou a presença de capim-braquiária e de grama-batatais da área, em virtude da competição interespecífica, bem como provocou afastamento entre touceiras da própria espécie para aproximadamente 0,90 m, pela competição intraespecífica, aumentando a superfície desocupada de solo para 47%, visível após o rebaixamento do pasto pelo gado.

A análise genérica de cobertura de solo (superfície coberta, Tabela 4) não permitiu corroborar a hipótese de similaridade das áreas para degradação de material orgânico (Primavesi *et al.*, 1996). Porém, quando foi considerada a cobertura diferenciada por espécies forrageiras (cobertura boa, Tabela 4), o quadro se alterou. Dessa forma, a grama-batatais, que predominou na área de capim-braquiária degradada e que apresentou menor volume de biomassa protegendo a superfície do solo do que o capim-braquiária estimulado nutricionalmente, permitiria incidência de radiação solar semelhante à da área descoberta de vegetação na área de capim-tobiatã adubado, embora com cobertura morta. Sob este enfoque, foi possível confirmar a similaridade de áreas levantada na hipótese.

Medições de cobertura do solo, após rebaixamento pelo gado, mostraram que o capim-tobiatã adubado apresentava grande variação entre ocupação e cobertura do solo de acordo com seu estágio de desenvolvimento (Tabela 4). Para corroborar esse fenômeno, foram solicitadas observações em pastagens adubadas de capim-napier (*Pennisetum purpureum*), conduzidas em Latossolo Roxo na ESALQ-USP, Piracicaba, SP, com 20 anos de pastejo rotacionado intensivo e com lotação de até 15 UA/ha nas águas. Ali foi verificado afastamento de 1,20 a 1,50 m entre touceiras, confirmando nossas determinações. Essa particularidade parece estar relacionada ao rápido desenvolvimento da área foliar do capim-tobiatã adubado, que com 22 dias já havia chegado a 96% de superfície coberta. Esse fato suscitou questionamento sobre a necessidade de redução do período de descanso ou de realização de silagem com a biomassa produzida em excesso, além da necessária para suprir a demanda dos animais em alguns piquetes, isto para não comprometer a ocupação do solo por causa da competição inter e intraespecífica verificada, bem como a qualidade da forragem ofertada aos animais, em virtude do seu provável envelhecimento mais precoce, como já havia sido detectado (Correa *et al.*, 1998). Mais estudos de desenvolvimento da área foliar em diferentes períodos da época chuvosa são necessários para encontrar o manejo mais adequado da forrageira sob estímulo nutricional intenso.

Verificou-se que a recomendação utilizada para áreas de manejo extensivo – reduzir a lotação e deixar a sementeira preencher os espaços vazios – não era válida para áreas de manejo intensivo, em razão do abafamento (corte da iluminação) das plântulas pelo desenvolvimento vigoroso das touceiras de capim-tobiatã estimuladas pela adubação mineral, que chegaram a eliminar as touceiras mais fracas, ampliando o espaçamento entre touceiras (competição intraespecífica). A preocupação com a maior exposição do solo ao sol e ao impacto das chuvas, e com a possibilidade de redução de distribuição radicular (efeito sobre produção de canais de arejamento e agregação do solo), do retorno de material orgânico ao solo e de aparecerem problemas com conservação de solo e água, suscitou a idéia de manter as touceiras mais elevadas no final das águas, para que, na roçada de início das águas, retornasse o maior volume de biomassa protetora (“mulch”) da superfície do solo.

Medições preliminares chegaram a 10 t/ha de matéria seca, além do retorno ao solo de aproximadamente 30% da biomassa forrageira, durante o pastejo.

No caso de espécies rasteiras ou decumbentes, este problema não ocorreu, embora o capim-braquiária tenha mostrado menor potencial de produção de matéria seca. Porém, em observações paralelas, nas áreas monitoradas de capim-tobiatã com adubação completa, o capim-coastcross mostrou o mesmo potencial de produção, sem a inconveniência de desocupar a superfície do solo.

Dessa forma, a fim de evitar danos futuros à conservação do solo e ao fornecimento qualitativo e quantitativo de matéria seca forrageira em solos frágeis, em áreas onde ocorre maior oferta de nutrientes para estimular o desenvolvimento de forrageiras, seja pelo uso de fertilizantes orgânicos ou minerais, há necessidade de:

a) diferenciar o manejo de forrageiras rasteiras ou decumbentes (capim-coastcross, capim-braquiária), com elevada taxa de ocupação do solo, e cespitosas formadoras de touceiras (capim-colônião, capim-napier), cuja tendência é desocupar o solo, com potenciais problemas relacionados à conservação de solo e água e à compactação superficial do solo, possivelmente atenuados com manejo adequado de resíduos vegetais na superfície do solo. As espécies entouceirantes, se não forem adequadamente manejadas (altura de rebaixamento e/ou período de descanso), em razão da competição intraespecífica (Primavesi *et al.*, 1999a) reduzem a superfície ocupada do solo, embora a cobertura do solo pela superfície foliar seja mais rápida (Primavesi *et al.*, 2000b);

b) considerar o efeito da competição interespecífica e intraespecífica de forrageiras (com diferentes exigências nutricionais) quando houver elevação da disponibilidade de estimulantes nutricionais, na forma inversa ao que ocorre em áreas submetidas a manejo extensivo, sem aporte externo de nutrientes; e

c) reavaliar constantemente o período de descanso das forrageiras, conforme vai aumentando o estímulo nutricional, em virtude da ocorrência mais precoce da cobertura do solo e, conseqüentemente, o processo de competição intraespecífica, com provável maturação e envelhecimento precoce do material, e queda da qualidade da forragem.

A partir das observações realizadas em áreas de pastagens intensamente manejadas e adubadas foi possível verificar que:

1) é necessário realizar a análise de cobertura do solo diferenciada por espécie vegetal;

2) na ocupação do solo, ocorrem diferenças entre gramíneas rasteiras ou decumbentes e cespitosas formadoras de touceiras, especialmente em condições de alta fertilidade do solo;

3) as forrageiras mais exigentes, estimuladas ao desenvolvimento, competem inter e intraespecificamente com as forrageiras menos exigentes em nutrientes, num fenômeno inverso ao da degradação de pastagem;

4) é inviável a manutenção de diferentes espécies de gramíneas na mesma área manejada intensivamente e a consorciação de leguminosas com gramíneas tropicais adubadas; e

5) o software SIARCS 3.0 mostrou-se uma ferramenta útil para agilizar a integração de áreas de cobertura de solo, desde que se disponha de imagens com contraste suficiente entre os objetos a diferenciar. Porém, foi difícil interpretar as imagens tomadas logo após a saída dos animais da pastagem de capim-tobiatã, em razão da grande quantidade de material verde pisoteado sobre o solo, que na análise aparecia como cobertura viva. A solução foi tomar as imagens após certo grau de murcha e descoloração, que ocorre um a dois dias após a saída dos animais, ou realizar

trabalho de eliminação computacional desses materiais, o que demanda grande conhecimento do operador e acuidade visual.

### **2.1.3. Distribuição radicular**

Inicialmente, foi difícil determinar o melhor procedimento para levantar as imagens de raízes (Rocha Filho *et al.*, 1996; Primavesi *et al.*, 1997b) nas áreas de capim-tobiatã, forrageira cespitosa formadora de touceiras. Como essa espécie forrageira apresentava grandes espaços entre touceiras (50 a 100 cm), em especial nas áreas intensamente adubadas, optou-se por avaliar 200 cm seguidos, o que permitiu encontrar média mais próxima da realidade de campo, para fins de monitoramento.

Não houve diferença significativa entre anos e locais, mas diferença significativa entre camadas em profundidade. O capim-tobiatã sem manejo intensivo e o capim-braquiária com manejo intensivo tenderam a ser semelhantes e superiores ao capim-braquiária degradado e ao capim-tobiatã com manejo intensivo.

Encontrou-se tênue variabilidade entre anos, embora as épocas de amostragem fossem as mesmas, porém não as condições atmosféricas para o desenvolvimento vegetativo. Nas áreas adubadas com N observou-se redução no volume radicular total, embora com tendência de aumento da presença relativa e absoluta de raízes em profundidade (camada de 80 a 100 cm; Figura 19), provavelmente pela maior presença de cálcio (Figura 10). Este fato é importante para aumentar a resistência das plantas aos veranicos, e pela maior possibilidade de passar o período da seca com metabolismo ativo, verde, o que se verificou visualmente no campo, mesmo por meio de imagem de satélite (Primavesi *et al.*, 1999c).

## **2.2. Características químicas: teor mineral na parte aérea**

O monitoramento químico do material forrageiro coletado por meio de corte procurou aproximar ao máximo a colheita de forragem daquela parte pastejada pelos animais. Verificou-se que nas áreas adubadas de capim-tobiatã, a área mais intensamente adubada, o teor de nitrogênio era mantido acima de 25 g/kg, chegando a 34 g/kg, contra um teor na faixa de 10 a 20 g/kg nas áreas sem aplicação de nitrogênio (Figura 20). Os níveis mais elevados de nitrogênio podem estar indicando excesso de oferta de N, pois considera-se o teor em torno de 25 g/kg (equivalente a 16% de proteína bruta:  $14\% \pm 2$ ) como limite superior aceitável para forrageiras tropicais, no qual ainda não ocorre acúmulo de nitrato na forragem. O excesso de oferta pode significar interferência potencialmente negativa no metabolismo vegetal, bem como indicar perda de N no sistema, afetando a qualidade ambiental. Verificou-se também que, mesmo nas pastagens adubadas, o teor de N e S reduz-se drasticamente no mês mais seco do ano, porém permanece em nível que permite manter a forragem verde (Figura 20). O oposto ocorre com os teores de Ca (Figura 20), e também com Fe e Mn (Figura 21).

Em relação aos outros nutrientes, deve ser destacado o aumento no teor de potássio, fósforo, enxofre (Figura 20) e cobre (Figura 21) nas áreas adubadas, em comparação com a área de capim-braquiária sem adubo, onde predominam Mg, Mn e Fe.

### 3. Fauna domesticada

#### 3.1. Características químicas: teor de iodo em leite

Ao iniciar as atividades, foi determinado o teor de iodo dos primeiros 100 ml de leite de vacas que tiveram seus tetos tratados (426 µg/L, de iodo) com solução de iodo antes da ordenha (pré-dipping) e de vacas que não receberam tratamento (102 µg/L, de iodo) (Mockiuti *et al.*, 1997; Primavesi, 1997; Primavesi *et al.*, 1997a; Nogueira *et al.*, 1998). Posteriormente, foi verificada a concentração de iodo no volume global do leite, que na realidade vai para consumo. Na literatura encontrou-se que aproximadamente 8% do iodo ingerido pelos animais é encontrado no leite (Miller *et al.*, 1988, citado por NRC, 1996), a partir de um fornecimento mínimo para animais em lactação de 0,5 mg (o máximo permissível é de 50 mg) de iodo por quilograma da dieta (NRC, 1996). Os valores normais de iodo encontrados no leite bovino de baixa produção variam entre 20 e 70 µg/L (Souza, 1981), sendo que um possível valor de risco à saúde humana ocorreria com a ingestão de 2000 µg de iodo por dia (Wolff, 1969, citado por Underwood, 1977).

Os dados mensais de teores de iodo de amostras de leite retiradas do volume global ordenhado são apresentados na Figura 22.

Verificou-se a ocorrência mais constante de teores elevados de iodo no sistema intensivo (variando de 22 a 252 µg/L), mesmo após serem suspensas as desinfecções com solução de iodo nos meses de julho e agosto de 1996. Merece destaque o aumento repentino de iodo no sistema mestiço (variando de 10 a 265 µg/L durante o período de amostragem) nos meses de maio a julho de 1996, período em que os animais receberam complementação alimentar extra com concentrados protéicos e sal enriquecido com minerais. Essa complementação foi reduzida e suspensa a partir do mês de agosto. Estes fatos indicaram, portanto, que a fração maior do iodo detectado nas amostras não tinha origem na desinfecção dos tetos. Os valores levantados sugeriam que o iodo vinha da complementação alimentar, que era mais constante e regular no sistema intensivo e menos constante e irregular no sistema mestiço, especialmente no período seco, em que o concentrado não era homogeneamente misturado com a cana-de-açúcar picada. Esta suposição de irregularidade no fornecimento, seja via má mistura na ração, seja pela ingestão seletiva dos animais, e mesmo por competição entre animais no cocho, foi levantada pela grande variabilidade dos dados individuais. No sistema intensivo, a ração completa é perfeitamente misturada com o volumoso no inverno, constituído de silagem de milho ou sorgo, de modo a haver ingestão forçada e proporcional de sal e minerais.

Para verificar essa hipótese sobre a principal fonte de iodo no leite, foram analisadas amostras de leite de cinco vacas do lote com elevada produção de leite e cinco vacas do lote com baixa produção de leite, do sistema intensivo de produção, no mês de outubro de 1996. Os teores detectados aparecem na Tabela 5.

Os valores médios (lote inferior com apenas 62% do iodo encontrado no leite do lote de maior produção, valor próximo dos 72% fornecidos na ração) confirmam a hipótese da origem principal do iodo, embora deixem dúvidas sobre a razão da grande variabilidade dos valores encontrados, provavelmente motivada pelos seguintes fatores: 1) efeito de diluição, por ocorrerem produções diferenciadas de leite para a mesma quantidade complementar de concentrados ingerida; 2) fase do período de lactação; 3) número de lactações; 4) menor oferta de ração completa para o potencial de produção de alguns animais, por competição animal no cocho; 5) maior eficiência nutricional, podendo constituir um indicador de seleção de animais para compor um lote superior; 6) problema na mistura da ração; 7) possível enriquecimento das

fornageiras causada por elevação da lotação animal e produção de fezes contendo residual de iodo. Essa possibilidade permitiria redução do teor de iodo na ração.

A avaliação do leite de maior número de animais no controle leiteiro de abril de 1997, incluindo variáveis do histórico de ingestão de iodo, aparece na Tabela 6. Os dados mostram média de concentração de iodo no leite de 135,4 µg/L (desvio-padrão de 54,0, valores mínimos e máximos de 41,9 e 262,6 µg/L, respectivamente; destacando-se os valores baixos para os animais do lote D, recebendo 2 kg/dia de ração), para média de fornecimento de ração completa de 10,5 kg/animal/dia. A análise de regressão múltipla (procedimento "stepwise" do pacote estatístico SAS; SAS, 1993) permitiu verificar que a concentração de iodo no leite depende de diferentes variáveis, em especial da ração consumida, embora não houvesse coeficiente de determinação elevado, conforme a equação: Iodo no leite ( $r^2=0,56^{**}$ ) = -55,36 + 14,10 ração ( $r^2=0,39^{**}$ ) + 0,24 dia ( $r^2=0,10^*$ ) + 5,86 lactação ( $r^2=0,07^*$ ). O histórico (número de lactações e dias após o parto) da vida do animal com relação à ingestão de ração com iodo deve ser considerado, havendo tendência de a produção de leite provocar um efeito de diluição. Os valores baixos, embora significativos, de correlação entre concentração de iodo no leite e ração consumida estimada (em função da produção de leite) talvez sejam melhorados com o controle de ingestão pelos animais, em cochos individuais.

Apesar de o monitoramento do iodo no leite poder apontar alguns dos problemas anteriormente levantados, poderá representar um indicador da adequação do estado nutricional dos animais, necessária para uma produção elevada e sustentável do sistema de produção, numa pecuária de precisão, em que o uso de instrumentação e informática permitem controle e otimização individualizada do rebanho. Isso resulta em melhor estado nutricional, com reflexos positivos sobre o sistema imunológico e, assim, menor necessidade de uso de quimioterápicos, o que se refletiria positivamente na qualidade ambiental e na saúde humana. Em relação ao risco à saúde humana provocado pelo excesso de iodo no leite, pode-se afirmar que é pouco provável, considerando-se o valor máximo encontrado no leite, de 346 µg/L, que ocorreria a partir da ingestão de 5,7 litros de leite ou aproximadamente 500 g de queijo curado (considerando 12 litros de leite para produzir 1 kg de queijo), embora aparentemente o preparo de queijos possa reduzir o teor de iodo em dois terços (Anke *et al.*, 1995). Pelos dados levantados, o teor de iodo no leite poderia aumentar em sistemas com maior produção de leite por animal, em razão da maior ingestão de ração, com possíveis riscos de excesso em dietas humanas ricas em iodo. Porém, em dietas pobres, o leite de sistemas intensivos de produção pode constituir fonte complementar de iodo na alimentação humana.

#### 4. Água

Na Tabela 7, apresentam-se as médias das variáveis analisadas durante os 36 meses nos seis pontos de coleta (Figura 1). Apresentam-se, ainda, os valores médios, mínimos e máximos, das variáveis agrupadas. Verificou-se que o ponto 1 apresentou as menores médias para a maioria das variáveis, enquanto o ponto 4, as maiores. Esses resultados são confirmados também nas Figuras 23 a 27, as quais apresentam a distribuição temporal dos valores das variáveis na escala "z" (normalizada). A variável que mais sugeriu a ocorrência de variações espaciais entre os pontos de coleta foi a condutividade elétrica (Cond), seguida de concentração de Fe, turbidez (Tur), cor aparente (Coa), pH, alcalinidade (Alca), dureza (Dure) e teor de NO<sub>3</sub>.

Os resultados da análise de componentes principais, considerando todas as variáveis, resumiram satisfatoriamente os dados, pois apenas três componentes

explicaram 74% da variabilidade total entre os pontos de coleta. Os dois primeiros componentes responderam por 67% da variabilidade total existente. Somente onze variáveis apresentaram coeficiente maior do que 0,20 na componente com maior autovalor.

Na Figura 27, envolvendo os dois primeiros componentes principais (Prin1 e Prin2), na qual aparecem as projeções temporais das características dos seis pontos de coleta, verificou-se clara discriminação entre os pontos de coleta 1, 2, 3 e 4. Os pontos 1 e 4 apresentaram as características extremas. A nascente da mata (ponto nº 1), sofrendo menor impacto antrópico, apresentou os valores mais baixos para as variáveis, bem como a menor variabilidade nos valores ao longo dos meses, sendo que a nascente do sistema (ponto nº 2), ainda pouco protegida, apresentou grande variabilidade temporal. O ponto nº 3, açude do sistema, protegido por faixa de vegetação ripária, apresentou pequena variabilidade temporal dos valores, e o açude da colônia, ponto nº 5, com pouca proteção por faixa de vegetação ripária incipiente, apresentou grande variabilidade temporal. No ponto de coleta nº 4, em água corrente, ocorreu a maior flutuação mensal para as variáveis. Esse ponto sofreu impacto de atividade agrícola, estando com proteção semelhante ao do ponto 5, porém muito menor do que do ponto nº 6 (foz do Ribeirão), a montante do qual a maior parte das margens está coberta por mata ripária. É surpreendente a amplitude de variação da qualidade da água no ponto 2 e a maior estabilidade no ponto 3, visto que ambos são contornados por uma faixa ripária de 50 m, talvez insuficiente para proteger a nascente. Essas informações são corroboradas pela análise visual das médias das variáveis apresentadas inicialmente (Tabela 7 e Figuras 23 a 26).

Na análise da Tabela 7 e das Figuras 23 a 26, verificou-se que o local de coleta com os valores mais elevados de turbidez, Fe,  $\text{NO}_3$ , DBO e coliformes fecais foi o ponto 4, seguido dos pontos 5, 6 e 3, sendo os pontos 4 e 5 aqueles que receberam despejos de fossa. Em relação ao teor de  $\text{PO}_4$ , o ponto 3 apresentou os maiores valores, seguido dos pontos 4, 5 e 6 (Tabela 7). O ponto de coleta 3 apresentou seu maior pulso de  $\text{PO}_4$  na décima época de coleta (Figura 25), ficando os picos seguintes associados aos pontos de coleta 4 e 5, que receberam despejos pontuais. Ocorreu sobreposição da variação do teor de  $\text{PO}_4$  nos pontos 4 e 6, ambos de água corrente. O comportamento do ponto 3 pode se dever à faixa de proteção de 50 m nas margens, com intenso crescimento de gramíneas e a recuperação da mata ciliar, que pode estar atuando como filtro (veja estabilidade da turbidez, Fe, sólidos suspensos fixos, sólidos dissolvidos fixos e, mesmo,  $\text{NO}_3$  e coliformes fecais), embora não tão eficiente na retenção de  $\text{PO}_4$ . No ponto 3, foi significativa a correlação simples do  $\text{PO}_4$  com cor aparente da água ( $r=0,71$ ,  $p<0,01$ ), oxigênio consumido ( $r=0,66$ ,  $p<0,01$ ) e Fe ( $r=0,47$ ,  $p<0,05$ ). Estas relações sugerem a ocorrência de algum processo envolvendo materiais na forma reduzida e/ou atividade biológica e/ou liberação defasada de  $\text{PO}_4$ , previamente imobilizado em relação às outras variáveis consideradas. Sabe-se que ocorreu aumento na entrada de adubos fosfatados e calcários no sistema de produção de leite (área de drenagem para o ponto de coleta 3), que, saturando ou neutralizando os pontos de retenção no solo, poderia permitir a maior exportação de  $\text{PO}_4$  das pastagens. Os valores iniciais de fósforo disponível na camada superficial (5 cm) dos solos de pastagem, de 2 mg/kg, passaram a ser de até 150 mg/kg após a adubação intensiva. Nessa área também ocorreu aumento da produção de biomassa vegetal, constituindo dreno de  $\text{PO}_4$ , e intensificação da lotação animal com aumento da produção de fezes, constituindo fonte de  $\text{PO}_4$ . As fezes, porém, pareceram estar sendo retidas pela vegetação ciliar, como indicam os valores de coliformes fecais. Isso sugeriu ter havido transporte intenso de  $\text{PO}_4$  na forma dissolvida (Brunet & Astin, 1998), indicando, também, a

necessidade de estudos mais específicos das interações que ocorrem no percurso entre a área de aplicação e o corpo d'água receptor. O uso intenso de detergentes para a limpeza de pátios e equipamentos de ordenha pode ter contribuído de alguma forma com os resultados de PO<sub>4</sub>. Por sua vez, os pontos de coleta 4 e 5 estão mais expostos ao acesso de animais, à descarga pontual de fossas sépticas ou de fezes oriundas de áreas de maior confinamento animal e às descargas pontuais de escoamento superficial de águas pluviais por caminhos e trilhas. Além disso, esses dois pontos estão com seus entornos menos protegidos de descargas difusas pela faixa de vegetação ripária incipiente.

Para o pH, a alcalinidade e a dureza ocorreu distinção nítida entre as águas de nascente e as armazenadas ou correntes (Figura 26), sendo que a condutividade pareceu identificar melhor os diferentes pontos de coleta. Essa última variável talvez seja influenciada mais pelas características químicas do solo por onde a água flui, como sugerem os dados de Fe, cujo óxido é indicador fundamental para diferenciar os tipos de oxissolos (Calderano Filho et al., 1998), do que pelas condições climáticas.

A análise de correlação das variáveis analisadas nos seis locais com as variáveis climáticas, tais como precipitação pluvial (chuva), confirmou o transporte de "poluentes" pela água pluvial drenada superficialmente, em especial com os volumes precipitados até 7 dias antes da coleta. Os coliformes totais e coliformes fecais, o carbono orgânico dissolvido total, os sólidos sedimentados e também o Fe correlacionaram-se positivamente com chuva. Os valores de oxigênio consumido, DQO, PO<sub>4</sub> e cloretos, bem como turbidez, cor aparente e cor verdadeira da água, correlacionaram-se com chuva. A correlação da temperatura da água com chuva parece óbvia, uma vez que o período de chuvas coincide com o período de dias mais quentes.

Segundo São Paulo (1977), as águas da MBH do ribeirão Canchim estão enquadradas como classe 2, sendo águas doces (condutividade elétrica < 750 µS/cm, ou sólidos dissolvidos totais < 500 mg/L – Agudo, 1987). Compararam-se os resultados de algumas variáveis com os padrões estabelecidos pela legislação ambiental (Agudo, 1987 – Tabela 8), verificando-se que, em diversos pontos de coleta e épocas do ano, a qualidade foge do estabelecido por lei, em especial no ponto de coleta 4. A água exportada da MBH do ribeirão Canchim pelo ponto 6, na média, atende aos requisitos para águas da classe 2, provavelmente em consequência do efeito de autodepuração e de diluição que sofre a montante, a partir das quedas de água, logo após os pontos 4 e 5 (Figura 1). A água da nascente, no ponto 1, utilizada para consumo humano, necessita de tratamento para controlar a eventual presença de coliformes fecais.

Ocorreram picos de coliformes fecais, DBO e cor aparente da água em diferentes pontos de coleta, bem como valores de Fe admitidos para a classe 3, além de médias de teores de PO<sub>4</sub> acima do permitido na maioria dos pontos de coleta, exceto na nascente da mata (ponto 1).

Nessa microbacia, destacaram-se os valores baixos de pH da água das nascentes, decorrentes de valores baixos de alcalinidade e dureza (Tabela 7), o que resulta em água denominada "corrosiva". Esta água somente poderá circular em sistemas hidráulicos de abastecimento ou de refrigeração metálicos quando tratada quimicamente (Loewenthal & Marais, 1976), para torná-la "balanceada", a um pH em torno de 8,5-9,0. Este baixo valor na nascente da mata pode estar relacionado com intensa decomposição de serapilheira da mata-galeria e outros materiais orgânicos.

Do ponto de vista de irrigação na agricultura, a fim de evitar salinização, os valores adequados de condutividade elétrica devem ser inferiores a 750 µS/cm (Reichardt, 1978). Tal valor não foi ultrapassado em nenhum dos pontos, embora

houvesse aumento no valor dessa variável nas águas que atravessaram áreas adubadas, quando comparado com a água das nascentes, especialmente da mata. No aspecto de dessedentação de bovinos, o valor considerado nocivo é o de 16,4 mS/cm, eqüivalendo a 10 g/L de NaCl na água (NRC, 1976). No aspecto ambiental, os valores apresentaram-se baixos quando comparados com os resultados obtidos em outros corpos d'água da região (Primavesi *et al.*, 2000c). O fato de a condutividade elétrica diferenciar bem os pontos de coleta, embora com valores relativamente baixos neste trabalho, também foi observado por Rios & Calijuri (1995) no ribeirão do Feijão.

Exceto para a nascente da mata, as concentrações de PO<sub>4</sub> foram mais elevadas do que as estabelecidas como aceitáveis pela legislação para a classe 2 (Agudo, 1987), situando-se no início da faixa do índice de estado trófico (IET) considerado eutrófico (27 a 53 µg/L de P), com pulsos chegando ao hipertrófico (>212 µg/L – Toledo Jr. *et al.*, 1983). Pela Figura 26, o teor de PO<sub>4</sub> (P total expresso em PO<sub>4</sub>) apresentou leve tendência de aumento com o tempo, especialmente no segundo ano, em todos os locais, o que pode ser resultado da maior ocorrência de chuva nesse período, indicando falhas no sistema de conservação de água e solo. Os valores mais elevados no verão podem estar relacionados com a maior taxa de mineralização da serapilheira e a liberação de fosfato (Afonso, 1993). Nesse contexto, são necessários trabalhos futuros que estudem os processos envolvidos na perda de fosfato, que parece ser o maior problema para a qualidade das águas e cujo controle ainda não está solucionado.

Embora na análise de componentes principais a variável NO<sub>3</sub> tenha mostrado coeficiente de participação muito baixo, as curvas apresentadas na Figura 25 indicam que os teores desse nutriente foram dependentes dos pontos de coleta, ou seja, do manejo da área de captação correspondente, e que houve perdas para os corpos d'água. Assim, justificam-se estudos futuros para aprofundar o entendimento da dinâmica do nitrogênio aplicado em áreas agrícolas e os impactos decorrentes nos corpos d'água, por exemplo, analisando as diferentes formas de N. Neste estudo, os valores máximos ficaram bem abaixo do limite permitido pela legislação com enfoque para o abastecimento (Agudo, 1987); porém, do ponto de vista limnológico, as águas podem ser consideradas como meso-eutróficas, mesmo as da nascente na mata, drenadas artificialmente para uma caixa de coleta azulejada, afetadas provavelmente pela mineralização da serapilheira, até hipertróficas. Embora não exista classificação quanto ao grau de trofia das águas em relação ao NO<sub>3</sub>, já que muitas vezes a análise isolada do elemento pode levar a interpretações errôneas, dados bibliográficos regionais (Odete Rocha, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, com. pessoal) indicam que podem ser consideradas águas oligotróficas aquelas que apresentam aproximadamente de 0 a 50 µg/L, mesotróficas, de 50 a 100 µg/L, eutróficas, de 100 a 300 µg/L e hipertróficas, acima de 300 µg/L. Surpreenderam os valores mínimos mais elevados do ponto 4 (300 µg/L), talvez explicados pela combinação de degradação da serapilheira da mata e pela presença constante de capivaras, bem como o despejo de fossa séptica, a montante. A disponibilidade maior de nitrato no período mais seco provavelmente está relacionado à menor atividade de reciclagem (imobilização) pela vegetação e os picos no período chuvoso, à liberação por pulsos no processo de mineralização de material orgânico, como sugerido por Afonso (1993), ou à descargas pontuais de resíduos orgânicos. Verificou-se a necessidade de realizar a compatibilização do nível máximo aceitável de NO<sub>3</sub>, tanto do ponto de vista da conservação dos corpos d'água como do uso da água para abastecimento público, à semelhança do que ocorre com o PO<sub>4</sub>, com a finalidade de servir como referencial para os produtores rurais no manejo de seus

sistemas de produção agrícola, integrados com sistemas naturais e urbanizados, que ocorrem na propriedade.

Quanto à variável carbono orgânico dissolvido total, verificou-se que, na nascente da mata, embora a água fosse considerada sem impacto ou muito pouco impactada antropicamente, as médias dos valores não diferiram das demais áreas (Tabela 7), podendo chegar a níveis mais elevados do que aqueles das outras áreas (Figura 26; épocas 3 a 6), possivelmente em razão da contaminação da água com exsudados radiculares e moléculas orgânicas da serapilheira em decomposição, o que dificulta a previsão, a partir dessa determinação, da ocorrência de contaminantes orgânicos tóxicos eventualmente utilizados na agricultura. O segundo pico de carbono orgânico dissolvido total, também para a água da nascente (Figura 26; época 15), poderia ser explicado pela contaminação do lençol freático, possivelmente facilitada por rachaduras que podem ocorrer no solo na época seca, como sugerido pelo parâmetro solo, que na coleta anterior a este pico encontrava-se com conteúdo muito baixo de água. Porém, não ocorreu nenhuma indicação de aporte de material orgânico para os corpos de água no final do período, como sugerem os valores de coliformes fecais e de chuva (Figura 23). Parece ser difícil a interpretação ou o estabelecimento de classes de tolerância para carbono orgânico dissolvido total. Em informação pessoal, Prof. Dr. James J. Alberts (1998, Univ. Georgia, GA, USA, com. pessoal), presidente da Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (IHSS), esclarece que o teor de carbono orgânico total não constitui indicador individual, pois pode, por exemplo, estar sendo constituído por moléculas inócuas, como sacarose, ou por moléculas altamente tóxicas, das quais apenas alguns microgramas por litro podem ser prejudiciais. Estas devem ser detectadas por análises específicas. O carbono orgânico dissolvido total, porém, pode servir para verificar a dinâmica da matéria orgânica dissolvida nos ecossistemas. Neste estudo não serviu para diferenciar áreas com diferentes manejos.

Pode-se concluir que nas condições ambientais do período estudado: 1) as águas da microbacia hidrográfica do ribeirão Canchim são doces, atendendo aos requisitos da classe 2, segundo a Resolução CONAMA nº 20; 2) a água da nascente da mata, utilizada para consumo humano, deverá sofrer tratamento, pois há presença eventual de coliformes fecais; 3) o teor de fosfato que ocorreu nas águas as colocou como eutróficas, especialmente nos pontos de coleta com maior impacto antrópico; 4) não foi possível encontrar com clareza relação do teor de nitrato com áreas mais intensamente manejadas; 5) o carbono orgânico dissolvido total não serviu para diferenciar áreas com diferentes manejos; 6) as variáveis que melhor diferenciaram os locais e o seu grau de proteção foram: cor verdadeira, dureza, turbidez, condutividade elétrica, alcalinidade, pH e DQO; 7) houve diferenciação entre pontos de coleta, de acordo com a intensidade de manejo e de conservação da área de drenagem e o grau de proteção dos corpos de água; 8) no sistema intensivo de produção de leite ocorreu alteração sensível na qualidade da água da nascente, para a qual a faixa de proteção ripária parece ter sido insuficiente; 9) o impacto da atividade agrícola intensiva em pastagem pareceu ser menor do que o do despejo de esgotos das áreas urbanizadas do estabelecimento rural; e 10) os valores das variáveis analisadas encontraram-se na faixa de variação verificada em outros corpos d'água da região.

O monitoramento de amostras de água de seis áreas diferentes quanto ao manejo (Primavesi & Primavesi, 1997c; Primavesi *et al.*, 1997c e 2000c) foi de extrema importância, pois indicou que, mesmo onde se acreditava haver bom manejo de conservação de água e solo, havia contaminação dos corpos d'água, em consequência de possível: a) insuficiência de mata ciliar, em especial nas áreas de nascente, b) movimentação por caminhos preferenciais, que necessitam ser

detectados e eliminados, c) processos biológicos naturais, tais como presença de capivaras, decomposição da serapilheira, etc.

Além disso, verificou-se que, embora os níveis aceitáveis de fosfato sejam os mesmos para as demandas ecológicas (riscos de eutrofização) e de saneamento básico, parece haver limitações nos métodos de análise de rotina, já que a sensibilidade, estando em 100 ppb, não detectaria o limite fixado em 25 ppb de P-fosfato total. Assim, foi verificado que, por esta metodologia de análise utilizada, a água das chuvas conteria teores de fosfato acima do permitido pela legislação (Primavesi *et al.*, 1999c). Mais estudos deverão ser programados para solucionar o problema.

No caso do nitrato, verificou-se que os valores obtidos ficavam muito abaixo (1 ppm) do fixado pela legislação (10 ppm), porém constituíam valor elevado de acordo com conceito ecológico (limite de 50 ppb).

Portanto, embora neste estudo os teores de fosfato e nitrato não fossem alarmantes, são necessários estudos mais específicos para identificar e encontrar os possíveis pontos de "vazamento", sugerir práticas de contenção, encontrar um ponto de compatibilização para os níveis de nitrato e colocar em rotina um método mais sensível para detectar os níveis mínimos de fósforo.

A análise de componentes principais permitiu destacar a nascente da mata (ponto 1) como sendo a de água mais limpa (Figura 27), seguida pela nascente do Sistema (ponto 2), protegida por uma faixa ciliar de 50 m, pelo açude do Sistema (ponto 3), também protegido por uma faixa ciliar, seguido pela água corrente na desembocadura do ribeirão Canchim (ponto 6), pelo açude da Colônia (ponto 5) e pela água corrente abaixo do açude da Cavalariça (ponto 4). Embora as águas a montante fossem mais poluídas do que as da foz, essa redução da carga poluidora, exceto fósforo, pode se dever à existência de cachoeiras seguidas de longo percurso margeado por vegetação ciliar, vizinha às pastagens manejadas extensivamente. O açude da Colônia e a água abaixo do açude da Cavalariça ficam expostos à poluição de atividades agrícolas por meio de caminhos preferenciais e por descargas pontuais das caixas coletoras de esgotos. Nessas áreas mais intensamente manejadas ocorre a maior deficiência de vegetação ciliar, que também está sendo gradativamente recomposta.

## Conclusões

Considerando os resultados gerados, pode-se concluir que:

- 1) a variabilidade temporal de características do solo é muito sensível a mudanças nas práticas de manejo;
- 2) a medida da condutividade hidráulica é muito sensível, mas parece sofrer influência de grandes variações na umidade do solo, na umidade relativa e na temperatura do ar, podendo dificultar comparações temporais;
- 3) em pastagens intensamente manejadas pode haver acúmulo de matéria orgânica e fósforo na camada superficial, à semelhança de áreas de plantio direto na palha, permitindo troca de informações entre técnicos atuando em ambos os sistemas de produção;
- 4) em pastagens intensamente manejadas é possível manter teores de matéria orgânica, no solo, próximos aos encontrados na mata e mais dificilmente na área agrícola;
- 5) é necessário desenvolver uma técnica de rotina melhorada para quantificação de material orgânico, que ocorre na superfície e dentro do solo (raízes, biomassa microbiana), a fim de melhorar a avaliação da disponibilidade potencial de nutrientes para as plantas, além daquela determinada nas análises de rotina (oxirredução) atual;
- 6) a intensificação no uso de corretivos de pH e adubos nitrogenados e/ou adubos verdes pode gerar alterações eletroquímicas nas camadas inferiores (100 a 250 cm), que podem reter nitrato lixiviado em solos profundos;
- 7) a acidificação, ou a redução do pH, ocorre com aplicação intensa de nitrogenados e insuficiência de calcário;
- 8) o uso mais intenso de corretivos e fertilizantes, nas condições de estudo, não elevou a condutividade elétrica do extrato de saturação a níveis preocupantes para fins agrícolas, porém para fins ambientais sim;
- 9) a lixiviação de cátions, em sistemas intensivos, ocorre quando as cargas pH-dependentes estão ou são desativadas, tanto para K como para Ca e Mg, e quando são manejados adubos verdes ou adubos nitrogenados sintéticos, tanto em áreas de pastagem como de plantio direto. Na utilização de adubação mineral completa, com destaque para o nitrogênio, deve haver controle rigoroso do pH do solo por meio de calagens, a fim de reduzir perdas de cátions;
- 10) é possível recuperar áreas de pastagem por intermédio da aplicação superficial de corretivos e fertilizantes minerais, e manejo rotacionado, em curto espaço de tempo;
- 11) a taxa de decomposição de material orgânico no solo é mais intensa no período das águas em solo menos protegido da insolação, variando de 12% a 49% por mês. Não foi detectada alteração na taxa de decomposição por microartrópodes, em razão de resíduo de acaricida nos excrementos bovinos;
- 12) é necessário diferenciar gramíneas rasteiras ou decumbentes das cespitosas formadoras de touceiras. Em sistemas intensivos de forrageiras entouceirantes pode ocorrer intensa competição intraespecífica, que leva à desocupação do solo, afetando a sua proteção contra sol e chuva, e a conservação de solo e água;
- 13) deverá ser reavaliado o período de descanso mais adequado (cortes mais freqüentes) da forrageira em função do aumento da velocidade de desenvolvimento gerado por adubações minerais intensas;
- 14) gramíneas forrageiras adubadas e pastejadas de forma rotacionada permitem elevação da lotação animal no período das águas, em até 12 vezes, além de um

- excedente que pode ser ensilado e suprir parte da demanda hiberna seca, e mantém seu estado verde durante todo o ciclo, reduzindo perigo de incêndio e permitindo rápida rebrota no início da estação das chuvas;
- 15) A persistência de determinada espécie forrageira irá depender da manutenção do nível de fertilidade requerido e do seu período de descanso;
  - 16) nos sistemas intensivos de produção em pastagens, verificou-se redução no volume total de raízes no perfil, porém, maior presença absoluta e relativa em profundidade, o que permite melhor resistência aos períodos secos, visível na prática, desde que o solo não seja raso;
  - 17) a composição mineral e a qualidade nutricional podem ser mantidas mais estáveis nos sistemas intensivos de produção, desde que não sejam ultrapassadas as doses de adubo nitrogenado mais adequadas (até 100 kg/ha/aplicação);
  - 18) o teor de iodo no leite tem sua fonte na ração concentrada ou no sal enriquecido com minerais, e o leite de sistemas intensivos pode constituir fonte complementar de iodo para a dieta humana deficiente, além de indicador para a qualidade de manejo do sistema de produção;
  - 19) o monitoramento das características físicas (turbidez, cor verdadeira), químicas (condutividade elétrica, alcalinidade, pH, DQO, oxigênio dissolvido) e microbiológicas (coliformes fecais) permitem diferenciar bem corpos d'água segundo o manejo em sua área de captação;
  - 20) ocorreram "vazamentos" de nitrato e fósforo para os corpos d'água, mesmo em áreas consideradas protegidas, e embora estejam ocorrendo em baixo nível necessitam de maiores estudos para seu estancamento. Verificou-se necessidade de ajustes metodológicos e na legislação, contemplando não somente a saúde pública, mas também o impacto ecológico;
  - 21) os possíveis indicadores de qualidade do solo, em sua maior parte, necessitam de ajustes (permeabilidade x variação edafoclimática; material orgânico total; profundidade do solo para rastrear nitrato e pH) e maiores estudos sobre as possíveis alterações eletroquímicas em profundidade, envolvendo Ca e N, embora já possam constituir ferramentas de grande valia. O monitoramento de nitrato precisa ocorrer também em profundidade (mínimo de até 160 cm). É aconselhável a determinação do pH em água junto com a do  $\text{CaCl}_2$ , também em profundidade;
  - 22) para monitorar a qualidade da água, é aconselhável a determinação de, no mínimo, fósforo total, nitrato e coliformes fecais; e
  - 23) a qualidade ambiental do sistema intensivo de produção de bovinos de leite holandês preto e branco, significando manutenção ou melhoria da qualidade e do potencial de produção dos recursos naturais solo e água, mostrou-se possível mediante controle rigoroso, racional e integrado do uso dos insumos e seu manejo.

A despeito das diversas demandas de pesquisa levantadas em relação à metodologia e ao manejo ambiental, pode-se concluir que o projeto permitiu avançar em muito no conhecimento sobre a qualidade ambiental em sistemas intensivos de bovinos em pastagens, em que pode ocorrer baixo potencial de impacto negativo, desde que se realize bom manejo conservacionista e o uso de insumos seja calibrado para a real capacidade de transformação e utilização, evitando perdas. Foi verificada a necessidade de monitoramento do solo em profundidade e a vantagem competitiva diante das atividades agrícolas realizadas em solos mais rasos.

Em relação aos recursos naturais, no sistema de produção de bovinos de leite holandês preto e branco, manejado sobre pastagens de gramíneas tropicais, pode ser verificado que, embora haja necessidade de ajustes de manejo, estes estão sendo

realizados de forma adequada, tanto do ponto de vista técnico como ambiental. Sugere-se ampliar as áreas de pastagens com gramíneas rasteiras, a fim de reduzir a presença de piquetes com superfície de solo desocupado em consequência da competição intraespecífica de gramíneas formadoras de touceiras. Há a necessidade de ajuste no manejo dos dejetos, dos rejeitos e da rota de escoamento de águas pluviais, e a possível realocação de pastos acima da nascente, em virtude da presença de coliformes fecais, e níveis baixos de fosfato e nitrato nos corpos de água existentes.

Em relação ao termo sustentabilidade, não é possível afirmar que o sistema de produção seja sustentável, pois utiliza grande quantidade de insumos externos, embora se possa afirmar que com certa qualidade ambiental.

## Referências Bibliográficas

- AFONSO, A. A. O. **Aporte, retenção e decomposição da serapilheira de mata galeria e características físicas, químicas e hidrológicas em duas seções do Córrego Itaúna (Itatinga – SP), Bacia do Alto Paranapanema.** São Carlos, EESC-USP, 1993. 162p. (Dissertação).
- AGUDO, E.G. (coord) **Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água.** São Paulo: CETESB, 1987. 150p.
- ANKE, M.; GROPPPEL, B.; MÜLLER, M.; SCHOLZ, E.; KRÄMER, K. The iodine supply of humans depending on site, food offer and water supply. *Fresenius J.Anal.Chem.*, 352: 97-101, 1995.
- APHA. **Standard Methods: for the examination of water and waste water.** 18<sup>a</sup> ed. American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environmental Federation, Washington, DC., 1992. 1354p.
- BRANCO, L. H. Z.; NECCHI JR., O. **Varição longitudinal de parâmetros físicos e químicos em três rios pertencentes a diferentes bacias de drenagem na região noroeste do estado de São Paulo.** *Acta Limnologica Brasiliensia*, 9: 165-177, 1997.
- BRIGANTE, J. **A substituição do sistema natural por sistema de pastagens e seus efeitos sobre as comunidades microbiológicas e de macrofauna invertebrada, em um latossolo tropical.** São Carlos: Univ.Fed.São Carlos - PPG Ecologia e Recursos Naturais, 2000. 102p. (Tese de Doutorado)
- BRUNET, R. C.; ASTIN, K. B. **Variation in phosphorus flux during a hydrological season: the river Adour.** *Water Research*, 32: 547-558, 1998.
- BUCHNER, A.; STURM, H. **Gezielter duengen: intensiv, wirtschaftlich, umweltbezogen.** Frankfurt-Main: DLG Verlag, 1980. 319 p.
- CALDERANO FILHO, B.; SANTOS, H. G. DOS; FONSECA, O. O. M. DA; SANTOS, R. D. DOS; PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C. **Os solos da Fazenda Canchim, Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste, São Carlos, SP: Levantamento semidetalhado, propriedades e potenciais.** Rio de Janeiro, EMBRAPA-CNPS/São Carlos, EMBRAPA-CPPSE, 1998. 95p. (EMBRAPA-CNPS. Boletim de Pesquisa, 7) (EMBRAPA-CPPSE. Boletim de Pesquisa, 2).
- CARVALHO, A. M. de, FREITAS, L. R. da S., CORREIA, J. R., BLANCANEUX, P., HERMES, L. C., LIGO, M. A. V., PESSOA, M. C. P. Y., MAIA, A. de H. N. **Avaliação da dinâmica de decomposição da matéria orgânica utilizando o método dos "litter bags".** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995. Viçosa. **Resumos expandidos**, vol.4. Viçosa, Univ. Fed. Viçosa/Soc. Bras. Ci. Solo. p. 2039-2041, 1995.
- CRESTANA, S.; GUIMARÃES, M. F.; JORGE, L. A. C.; RALISCH, R.; TOZZI, C. L.; TORRE, A.; VAZ, C. M. P. **Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliada por processamento de imagens digitais.** *R.bras.Ci.Solo*, Campinas, v. 18, p. 365-371, 1994.
- CORRÊA, L. de A.; HAAG, H. P. **Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras em Latossolo Vermelho-Amarelo, álico: II. Experimento de campo.** *Scientia Agrícola*, Piracicaba, 50(1): 109- 116, 1993.

- CORRÊA, L. de A.; FREITAS, A. R.; BATISTA, L. A. R. Níveis de nitrogênio e frequência de corte em 12 gramíneas forrageiras tropicais. II. Qualidade de forragem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, Botucatu, 1998. *Anais...* Botucatu: SBZ, 1998b. p.518.
- EMBRAPA. Sais solúveis. In: EMBRAPA, *Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed.rev.atual. Rio de Janeiro: Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. p.153-164. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).
- JORGE, L.A.C.; CRESTANA, S. *SIARCS 3.0*: Novo aplicativo para análise de imagens, aplicado a Ciência do Solo. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, Águas de Lindóia. *Resumos expandidos (CD)*, ESALQ-USP/SLACS/SBCS/CEA/SBM, 1996. Comissão 06:049. 4p.
- LOEWENTHAL, R.E.; MARAIS, G.V.R. *Carbonate chemistry of aquatic systems: theory and applications*. Ann Arbor Science Pub Inc., Ann Arbor, Michigan, 1976. 405p.
- LOMBARDI NETO, F.; DECHEN, S. C. F.; CASTRO, O. M. de; VIEIRA, S. R. ; DE MARIA, I. C. *Manual de coleta de amostras e análises físicas para fins de experimentação em conservação do solo*. Campinas: IAC-Seção de Conservação do Solo, 1993. p. 64-72.
- LUMBANRAJA, J.; EVANGELOU, V. P. Acidification and liming influence on surface charge behavior of Kentucky subsoils. *Soil.Sci.Soc.Am.J.*, 55: 26-34, 1991.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafos, 1989. 201p.
- MOCKIUTI, F.; NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B.; PRIMAVESI, O. Avaliação dos teores de iodo em amostras de leite em sistema de análise por injeção em fluxo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 20, Poços de Caldas-MG, 24-27/mai/97. *Resumos, v.3...* São Paulo: SBQ, 1997. AB-33.
- MOXON, R. E. D.; DIXON, E. J. Semi-automatic method for the determination of total iodine in food. *Analyst*, v.105, p.344-352, 1980.
- MUZILLI, O., 1981. Manejo da fertilidade do solo. In: *Plantio direto no Estado do Paraná*. Londrina: Fundação IAPAR. 244 p. (Circular IAPAR, 23).
- NOGUEIRA, A. R. A.; MOCKIUTI, F.; SOUZA, G. B.; PRIMAVESI, O. Flow injection spectrophotometric catalytic determination of iodine in milk. *Analytical Sciences*, Tokyo, 14(3):559-564, 1998.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7 ed. Washington, DC: National Academy Press, 1996. 242 p.
- OLIVEIRA, M. L. de; GARCIA, R. V.; MELLO, J. W. V. de; PRIMAVESI, O. Efeito do tipo de manejo sobre o caráter eletroquímico de um Latossolo Vermelho-Amarelo do estado de São Paulo. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO – CLACS 99, 14., Pucon/Temuco/Chile, 1999. *Resumos...* Temuco/Chile: Univ.de La Frontera, 1999. p.12.
- PRIMAVESI, O., LIGO, M. A. V., PRIMAVESI, A. C. P. A. Degradação de matéria orgânica por atividade de microartrópodes do solo para avaliação do impacto ambiental de manejo intensivo de pastagens. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, 71(3): 311-321, 1996.
- PRIMAVESI, O. Iodo em leite, possível indicador de qualidade em pecuária leiteira intensiva de precisão. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, 72(3, dez): 283-293, 1997.

- PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C. P. A. Recuperação de pastagens degradadas, sob manejo intensivo, sem revolvimento de solo, e seu monitoramento. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS - SINRAD, 3, Ouro Preto-MG, 18-24/mai/97. **Anais...** Viçosa: UFV/SOBRAD, 1997a. p.150-155.
- PRIMAVESI, O., PRIMAVESI, A. C. Necessidade de monitoramento da lixiviação do cálcio, de calcário aplicado na superfície, em pastagens manejadas intensivamente, como suporte à agropecuária de precisão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 1., 27-29/nov/96, São Carlos-SP. **Anais...** Brasília: CNPDIA/EMBRAPA-SPI, 1997b. p.433-439.
- PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C. P. A qualidade da água na microbacia hidrográfica do Ribeirão Canchim, São Carlos, SP, ocupada por atividade pecuária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, 6, São Carlos-SP, 22-25/jul/97. **Resumos...** São Carlos: UFSCar, 1997c. p.391.
- PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C. Matéria orgânica ativa no solo: nitrogênio, pH, lixiviação de cations, calagem. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 2, 18-20/11/97, São Carlos-SP. **Anais...** São Carlos: EMBRAPA-Instrumentação Agropecuária, 1997d. p.179
- PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C. Taxa de degradação de material orgânico no solo, sob manejo de pastagens, agricultura e mata. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 2, 18-20/11/97, São Carlos-SP. **Anais...** São Carlos: EMBRAPA-Instrumentação Agropecuária, 1997e. p.180.
- PRIMAVESI, O., NOGUEIRA, A. R. A., MOCKIUTI, F. Determinação de iodo em amostras de leite, pelo método FIA, como possível indicador de qualidade em sistema intensivo de produção de leite. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 1., 27-29/nov/96, São Carlos-SP. **Anais...** Brasília: CNPDIA/EMBRAPA-SPI, 1997a. p.428-432.
- PRIMAVESI, O., JORGE, L. A. de C., CRESTANA, S., ROCHA FILHO, J. da, PRIMAVESI, A. C. Qualidade amostral para avaliar resultados de distribuição radicular gerados por análise de imagens digitais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 1., 27-29/nov/96, São Carlos-SP. **Anais...** Brasília: CNPDIA/EMBRAPA-SPI, 1997b. p.422-427.
- PRIMAVESI, O.; ROCHA FILHO, J.; LIMA, R. N. Análise fisiográfica e limnológica da microbacia hidrográfica do Ribeirão Canchim. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, 6, São Carlos-SP, 22-25/jul/97. **Resumos...** São Carlos: UFSCar, 1997c. p.390.
- PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C. P. A. Atividade biológica ampliando capacidade de troca aniônica em oxissolos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS – FERTBIO98, 23, Caxambú-MG, 11-16/10/98. **Resumos.** Lavras: UFLA/SBCS/SBM, 1998. p.165.
- PRIMAVESI, O.; VIEIRA, S. R.; PRIMAVESI, A. C. P. A. Permeabilidade do solo: indicador sensível para manejos diferenciados. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 12, Fortaleza-CE, 12-17/jul/98. **Resumos expandidos...** Fortaleza: SBCS/Univ.Fed.Ceará, 1998. p.147-148.
- PRIMAVESI, O., PRIMAVESI, A. C. P. A. Perfil da distribuição de fosfato, sulfato e nitrato em Latossolo Vermelho-Amarelo sob diferentes manejos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 11-16/jul/99, Brasília, DF. **Resumos...** Brasília: Embrapa Cerrados/SBCS, 1999. CD. Seção 9: Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, seção pôsteres.

- PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; CAMARGO, A. C. de. Competição intra e interespecífica de forrageiras, em sistemas intensivos de produção de bovinos: cuidados para a sustentabilidade. *Revista de Agricultura, Piracicaba*, 74 (1, jun): 55-68, 1999a.
- PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; CAMARGO, A. C. de. Conhecimento e controle, no uso de corretivos e fertilizantes, para manejo sustentável de sistemas intensivos de produção de leite de bovinos a pasto. *Revista de Agricultura, Piracicaba*, 74 (2, set): 249-265, 1999b.
- PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C. P. A.; PEDROSO, A. F.; CAMARGO, A. C.; RASSINI, J. B.; ROCHA FILHO, J.; OLIVEIRA, G. P.; CORREA, L. A.; ARMELIN, M. J. A.; VIEIRA, S. R.; DECHEN, S. C. F. *Microbacia hidrográfica do ribeirão Canchim: um modelo real de laboratório ambiental*. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 1999c. 133p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Boletim de Pesquisa, 5).
- PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C. P. A.; CAMARGO, A. C. de; PEDROSO, A. de F. Necessidade de instrumentação para monitorar nitrato no perfil do solo, em tempo real. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 2., dezembro 1998, São Carlos, SP. *Anais*. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2000a. p.142-147.
- PRIMAVESI, O.; JORGE, L. A. C.; PRIMAVESI, A. C. P. A.; ROCHA FILHO, J. Análise de imagens digitais de cobertura de pastagens para tomada de decisões em manejo sustentável. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 2., dezembro 1998, São Carlos, SP. *Anais*. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2000b. p.154-160.
- PRIMAVESI, O., FREITAS, A. R. de, OLIVEIRA, H. T. de; PRIMAVESI, A. C. P. A. A qualidade da água na microbacia hidrográfica do ribeirão Canchim, São Carlos, SP, ocupada por atividade pecuária. *Acta Limnologica Brasiliensia*, São Paulo, 12(1): 93-119, 2000c.
- RAIJ, B. van. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: Ceres, Potafós, 1991. 343 p.
- RAIJ, B. van, CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. A., FURLANI, A. M. C. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; CAMARGO, A. P. de; SOARES, E. Perdas de cálcio e magnésio durante cinco anos em ensaio de calagem. *R.bras.Ci.Solo*, Campinas, 6(1): 33-37, 1982.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S. & BATAGLIA, O. C. *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.
- REICHARDT, K. 1978. *A água na produção agrícola*. McGraw-Hill Brasil, São Paulo. 119p.
- RIOS, L.; CALIJURI, M. DO C. 1995. A bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão: uma proposta de ordenação das sub-bacias através de variáveis limnológicas. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 7: 151-161.
- ROCHA FILHO, J., JORGE, L. A. de C., PRIMAVESI, O., CRESTANA, S. Distribuição radicular de forrageiras, afetada pela intensidade de manejo, avaliada por análise de imagens digitais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 4-8/ago/96, Águas de Lindóia, SP. *Resumos expandidos (CD)*...Piracicaba: ESALQ-USP/SLACS/SBCS/CEA/SBM, 1996. Comissão 06/050. 4p.

- SANTOS, P. F., WHITFORD, W. The effects of microarthropods on litter decomposition in a Chihuahuan desert ecosystem. *Ecology*, **62**(3): 654-663, 1981.
- SÃO PAULO. *Diário Oficial do Estado de São Paulo: decreto 10.755*, 11/22/1977.
- SAS INSTITUTE. *SAS/STAT User's guide: statistics*. Versão 6.4. Sas Inst., Cary, 1993. 1686p.
- SILVA, D.J. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. Viçosa, Univ.Fed.Viçosa, 1981. 165 p.
- SOUZA, J.C.DE. *Aspectos da suplementação mineral de bovinos de corte*. Brasília: EMBRAPA-DID, 1981. 50 p. (EMBRAPA-CNPGL. Circular Técnica, 5)
- SPOLON, F. G.; DECHEN, S. F.; PRIMAVESI, O.; VIEIRA, S. R. Agregação dos solos sob diferentes usos e manejos em sistema de produção animal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, Rio de Janeiro-RJ, 20-26/jul/97. *Anais...Rio de Janeiro: SBCS/EMBRAPA-CNPS*, 1997. CD-ROM/Trabalhos/Autor/P/Primavesi 101/2, 4p.
- SÁ, J. C. de M. *Manejo da fertilidade do solo no plantio direto*. Castro: Fundação ABC, 1995. 96 p.
- TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. *Análises de solo, plantas e outros minerais*. Porto Alegre: UFRGS-Fac.Agron/Dep.Solos, 1985. 188p. (Boletim Técnico de Solos, 5)
- TOLEDO JR., A. P. DE; CHINEZ, S. J.; AGUDO, E. G. *A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 12., Balneário Camboriú, SC, 1983. São Paulo: CETESB. Deng 22: 1-34, 1983. (Separata)
- TURPIN, J. E.; THOMPSON, J. P.; WARING, S. A.; MacKENZIE, J. Nitrate and chloride leaching in Vertosols for different tillage and stubble practices in fallow-grain cropping. *Aust.J.Soil Res.*, **36**: 31-44, 1998.
- UNDERWOOD, E. J. *Trace elements in human and animal nutrition*. 4 ed. New York: Academic Press, 1977. 545 p.
- VIEIRA, S. R.; REYNOLDS, W. D.; TOPP, G. C. Spatial variability of hydraulic properties in a highly structured clay soil. In: WIERENGA, P. J.; BACHELET, D., eds., *Validation of flow and transport models for the unsaturated zone*. Conference Proceedings. Las Cruces, NM, Department of Agronomy and Horticulture, New Mexico State University, 1988. p.471-483. (Research Report 88-SS-04).
- VIEIRA, S. R., BERTOLANI, F. C., PRIMAVESI, O., SÁ, E. V. R. de, SPOLON, F. G., FAVERI NETO, F. de, FOLONI, J. S. S., BRENNECKE, K., SACOMANO, L. G. Alterações na qualidade dos solos de uma microbacia, pelo uso e manejo. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 4-8/ago/96, Águas de Lindóia, SP. *Resumos expandidos (CD)...Piracicaba: ESALQ-USP/SLACS/SBCS/CEA/SBM*, 1996. Comissão 06/113. 4p.
- ZIGLIO, C. M.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Mecanismo de deslocamento de cálcio no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa. *Resumos expandidos, vol.1*. Viçosa, UFV/SBCS, 1995. p:350-352.

Tabela 1. Plano de aplicação de calcário dolomítico e adubos minerais nas áreas monitoradas, submetidas a impacto antrópico.

Ano	Calcário t/ha	N .....kg/ha.....	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
área bras – capim-braquiária degradado				
92/97	-	-	-	-
área brac – capim-braquiária adubado				
94/95	1,5	250*	100	250
95/96	-	300*	-	-
96/97	2,0	-	-	-
área tos – capim-tobiatã não adubado com N				
95/96	2,5	-	250	-
96/97	2,0	-	-	-
97/98	0	-	-	-
98/99	2,0	-	-	-
área toc – capim-tobiatã adubado com N				
92/93	2,5	200	250	200
93/94	2,5	250	200	250
94/95	2,5	300	200	300
95/96	2,5	450	200	450
96/97	2,0	100 + 500*	0	100
97/98	2,0	575	0	125
98/99	2,0	750	0	0
área milho – milho para silagem rotacionado com tremoço				
93/94	3,0	112	90	148
94/95	1,5	112	90	148
95/96	1,5	112	90	148
96/97**	2,0	114	105	156

\*N na forma de sulfato de amônio; nos outros casos, na forma de uréia. \*\*sem tremoço. Na área toc foram utilizados 50 kg/ha de micronutrientes FTE BR-12, anualmente, até 1998-1999. As adubações em 1997-1998 e 1998-1999 foram de 2 x 250 kg/ha de 25-00-25 de NPK + 3 x 250 kg/ha de uréia.

Tabela 2. Perfil de distribuição de ânions em Latossolo Vermelho-Amarelo, em agosto de 1997.

Prof.	mata tropical			----bras----			----brac----			----tos----			----toc----			milho + tremoço		
	P	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	P	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	P	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	P	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	P	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	P	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>
cm	-----mg/kg-----																	
10	10	10	5	4	7	3	1	99	0	54	1	4	87	58	5	13	5	3
20	7	11	3	3	10	2	1	169	0	13	1	5	9	171	2	6	5	3
40	4	11	4	2	22	0	0	201	0	3	27	3	6	194	3	2	39	3
60	3	14	5	1	47	2	0	166	1	2	73	3	3	166	2	2	67	3
80	2	20	3	1	5	0	0	137	0	1	79	4	6	161	3	2	86	3
100	2	27	4	1	3	1	0	13	0	2	17	3	7	166	3	2	67	10
120	3	26	3	1	2	0	0	3	0	2	3	3	5	148	4	2	6	26
140	2	36	3	2	2	1	0	1	0	2	1	2	1	13	18	1	4	28
160	2	43	3	1	3	1	2	2	0	7	0	3	1	3	15	1	6	29
180	2	34	2	1	2	0	2	1	0	9	1	2	2	2	22	2	1	26
200	2	32	2	1	7	0	2	2	0	12	2	1	1	2	17	2	7	22
220	-	-	-	-	-	-	2	3	0	-	-	-	4	2	4	2	2	24
240	-	-	-	-	-	-	2	2	0	-	-	-	5	3	3	4	2	35
260	-	-	-	-	-	-	3	1	0	-	-	-	4	3	4	3	1	11
280	-	-	-	-	-	-	3	0	0	-	-	-	4	2	3	3	2	3
300	-	-	-	-	-	-	2	0	4	-	-	-	3	2	3	3	2	4

bras = capim-braquiária sem adubo, brac = capim-braquiária com adubo, tos = capim-tobiatã sem adubo nitrogenado, toc = capim-tobiatã com adubo nitrogenado. Prof. = profundidade; sem/com = adubos nitrogenados.

Tabela 3. Teor de nitrato e amônio no perfil do solo, nas diferentes amostragens, em período chuvoso.

Data	06.2.98		10.2.98		13.2.98		17.2.98		20.2.98		25.2.98	
	2 dias antes		1 dia após		3 dias após		7 dias após		11 dias após		15 dias após	
Prof. cm	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>										
	-----mg/kg-----											
0-10	11	17	21	18	33	54	20	16	28	61	17	16
10-20	22	5	9	18	20	12	17	12	28	22	18	11
20-40	19	4	16	8	15	9	22	10	22	21	15	13
40-60	21	6	16	15	27	0	18	9	22	22	18	13
60-80	21	16	16	20	23	7	20	8	18	20	15	13
80-100	24	13	17	11	16	16	16	11	16	26	18	21
total	118	61	95	90	134	98	112	67	134	170	100	86
chuva*	---10,2---		---39,2---		---11,6---		---69,2---		---21,0---		---53,4---	

\*chuva, em mm, nos 3-4 dias anteriores. Dias antes = da aplicação de adubo nitrogenado, após rebaixamento da forragem pelo gado. Dias após = da aplicação superficial de uréia.

Tabela 4. Grau de cobertura do solo (%) e respectivo erro-padrão da média, em janeiro de 1997.

Local	superfície coberta	superfície descoberta	Cobertura boa
bras – capim-braquiária degradado	96,5 ± 1,0 a	3,5 b	40,0 ± 6,4
brac – capim-braquiária adubado	97,7 ± 0,3 a	2,3 b	71,5 ± 3,2
tos – capim-tobiatã sem adubação com N	90,2 ± 2,1 b	9,8 a	85,0 ± 4,0
toc – capim-tobiatã adubado com N:	99,8 ± 0,1 a	0,2 b	53,1 ± 3,4
1 dia *	53,1 ± 3,4 c	46,9 a	
11 dias	89,1 ± 0,9 b	10,9 b	
22 dias	96,2 ± 1,1 a	3,8 c	
33 dias	99,8 ± 0,1 a	0,2 c	

\*dia de descanso; valores com letras diferentes não são semelhantes ( $P < 0,05$ ), entre áreas e entre períodos de descanso na área do capim-tobiatã adubado. Cobertura boa = sem grama-batatais e solo descoberto.

Tabela 5. Teor de iodo ( $\mu\text{g/L}$ ) de amostras de leite de lotes de animais com produção baixa (D) e elevada (A) do sistema intensivo de produção, em outubro de 1996.

Amostra de leite	Lote D	Lote A
1	139	278
2	146	222
3	149	128
4	92	86
5	83	277
Média	122	198

Tabela 6. Teor de iodo, ração consumida estimada, produção de leite, dias após parto, idade da vaca e número de lactação, no dia 24.04.97.

Iodo µg/L	Ração kg/animal	Produção L/animal	Dias	Idade anos	Lactação nº
41,92	2,2	14,4	301	3,0	1
54,96	2,2	15,2	156	4,5	3
57,75	2,2	9,6	298	3,5	1
59,62	2,2	11,4	333	4,0	2
65,20	2,2	6,8	178	3,0	1
70,79	10,5	29,4	37	3,5	2
81,96	10,5	33,6	48	4,0	2
84,76	10,5	29,0	42	3,5	2
92,20	10,5	32,4	9	3,0	2
112,70	10,5	21,0	36	3,5	2
112,70	10,5	38,6	36	6,0	4
119,21	10,5	35,2	78	3,5	2
122,00	10,5	24,6	84	3,5	2
122,00	10,5	27,4	46	6,0	4
122,94	10,5	30,6	88	3,5	2
126,66	10,5	27,0	232	4,0	2
131,32	10,5	30,2	53	3,5	2
138,77	10,5	34,6	35	5,5	4
144,36	10,5	27,0	77	3,5	2
144,36	10,5	31,0	31	4,5	3
149,00	10,5	32,6	2	3,5	2
149,01	10,5	29,8	185	5,5	3
158,32	10,5	24,2	93	3,5	2
161,12	10,5	26,0	207	4,5	4
162,05	10,5	19,6	96	7,0	6
169,50	10,5	28,6	150	5,5	4
177,88	10,5	28,0	61	5,0	3
179,76	10,5	28,6	88	3,5	2
181,95	10,5	28,4	109	3,5	1
186,26	10,5	34,8	121	6,0	4
195,57	10,5	31,8	158	5,5	4
230,00	10,5	22,4	80	3,5	2
235,62	10,5	35,2	68	6,0	5
262,62	10,5	30,4	216	5,0	4

Obs.: Lote D = cinco primeiras vacas; Lote A = restante das vacas.

Tabela 7. Média das variáveis analisadas, nos seis pontos de coleta, e valores globais médios, mínimos e máximos.

Variáveis		1*	2	3	4	5	6	global			Conama
		média						média	mín.	máx.	
Col	NMP/100 mL	1.749	4.491	7.434	24.399	28.026	12.866	13.161	0	241.920	0
Colf	NMP/100 mL	7	458	243	1.562	1.468	630	728	0	8.600	0
DQO	mg/L O <sub>2</sub>	0,7	8,0	10,4	13,7	15,9	11,3	10,0	0	67,0	
DBO	mg/L O <sub>2</sub>	0,3	1,4	2,3	3,2	3,1	2,2	2,1	0	32,0	<3,0
Oxco	mg/L O <sub>2</sub>	0,1	1,9	2,4	2,5	2,6	2,1	1,9	0	10,0	<2,0
Toc	mg/L C	3,5	4,1	4,6	4,6	4,8	3,7	4,2	0,3	14,7	
Temp	°C	21,9	21,0	22,2	21,4	21,8	20,9	21,6	15,5	27,0	
pH		5,4	5,6	6,4	6,5	6,5	6,5	6,2	4,2	7,4	
Alca	mg/L CaCO <sub>3</sub>	4,6	4,4	10,7	12,9	12,4	13,0	9,7	0	18,0	
Dure	mg/L CaCO <sub>3</sub>	1,1	1,4	6,3	9,2	8,8	8,4	5,9	0	12,0	
Cond	µS/cm	11,2	6,1	16,5	25,6	23,6	23,3	17,7	4,0	31,6	
CL	mg/L Cl	0,4	0,6	0,8	1,8	1,5	1,3	1,1	0	19,0	<250,0
NO3	mg/L N	0,3	0,3	0,3	0,8	0,7	0,6	0,5	0	5,1	<10,0
PO4	mg/L PO <sub>4</sub>	0,018	0,039	0,120	0,102	0,103	0,070	0,076	0	0,800	<0,025
Fe	mg/L Fe	0,1	0,5	0,2	1,4	1,0	1,0	0,7	0	4,0	<0,3
Mn	mg/L Mn	0,003	0,003	0,004	0,016	0,013	0,006	0,008	0	0,120	<0,1
Coa	mg/L Pt	3,2	34,4	54,1	112,5	80,7	68,4	58,9	1,0	400,0	
Cov	mg/L Pt	2,5	12,1	22,9	52,0	38,0	34,1	27,0	1,0	133,0	
Tur	NTU	0,4	6,9	9,5	20,7	13,4	14,0	10,8	0,1	68,0	<40,0
Ssed	mL/L	0,000	0,172	0,008	0,097	0,025	0,075	0,063	0	2,500	
Stot	mg/L	20,5	28,6	40,5	45,0	36,7	42,6	35,6	4,0	168,0	
Ssuf	mg/L	1,4	5,3	5,3	7,8	4,7	7,1	5,3	1,0	37,0	
Ssav	mg/L	1,2	3,8	4,9	4,8	4,6	4,3	3,9	0,4	16,0	
Sdif	mg/L	6,0	6,5	8,3	11,1	10,7	12,3	9,1	1,0	71,0	<200,0
Sdiv	mg/L	11,8	13,1	22,0	21,4	16,7	18,9	17,3	1,0	90,0	

Obs.: NMP = número mais provável, PO<sub>4</sub> x 0,326 = P, mg/L; Alca: mg/L/50 = meq/L de CaCO<sub>3</sub>. Conama = limites para água potável, ver Tabela 8. \*Pontos de coleta: 1. nascente da mata do ribeirão Canchim, 2. nascente do córrego do Sistema, 3. vertedouro do açude do Sistema, 4. curso do ribeirão Canchim, acima de cachoeira, 5. vertedouro do açude da Colônia e 6. foz do ribeirão Canchim. Variáveis analisadas: Col e Colf = coliformes totais e fecais; DQO e DBO = demanda química e bioquímica de oxigênio; Oxco = oxigênio consumido; Toc = carbono orgânico total dissolvido; Temp = temperatura da água; Alca = alcalinidade; Dure = dureza; Cond = condutividade elétrica; Clo = cloro; Coa = cor aparente; Cov = cor verdadeira; Tur = turbidez; Ssed = sólidos sedimentáveis; Stot = sólidos totais; Ssuf = sólidos suspensos fixos; Ssav = sólidos suspensos voláteis; Sdif = sólidos dissolvidos fixos; Sdiv = sólidos dissolvidos voláteis.

Tabela 8. Limite superior de parâmetros para qualificar água fresca.

Classe	Colf NMP	DBO mg/L	Oxco mg/L	Tur UNT	Coa mg/L	SDT mg/L	Cl mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	N-NO <sub>3</sub> mg/L	P-PO <sub>4</sub> mg/L
1	*, **	<3	-	<40	-	<200	<250	<0,3	<0,10	<10	<0,025
2	<1.000	<5	-	<100	<75	<200	<250	<0,3	<0,10	<10	<0,025
3	<4.000	<10	-	<100	<75	<500	<250	<5,0	<0,50	<10	<0,025
potável 1	0	-	<1,0	<5	<20	<500	<250	<0,3	<0,50	<10	-
potável 2	0	-	<2,0	<5	<5	<500	<100	<0,3	<0,05	<2	-
potável 3	0	-	<3,5	<10	<30	<500	<250	<0,3	<0,05	<2	-

Colf = coliformes fecais, DBO = demanda bioquímica de oxigênio, Oxco = oxigênio consumido, Tur = turbidez, Coa = cor aparente da água, Cl = cloretos, Fe e Mn = ferro e manganês totais. NPM = número mais provável de colônias. UNT = unidade nefelométrica de turbidez.

\*para consumo = 0, \*\* para irrigação de hortaliças < 200; SDT = sólidos dissolvidos totais = sólidos dissolvidos voláteis + sólidos dissolvidos fixos. Potável 1/2/3 = água tratada/nascente/poço; P = PO<sub>4</sub> x 0,326. Fonte: CONAMA Resolução N.20 de 6/18/86, em *Agudo*, 1987.

## Grau de Cobertura Vegetal

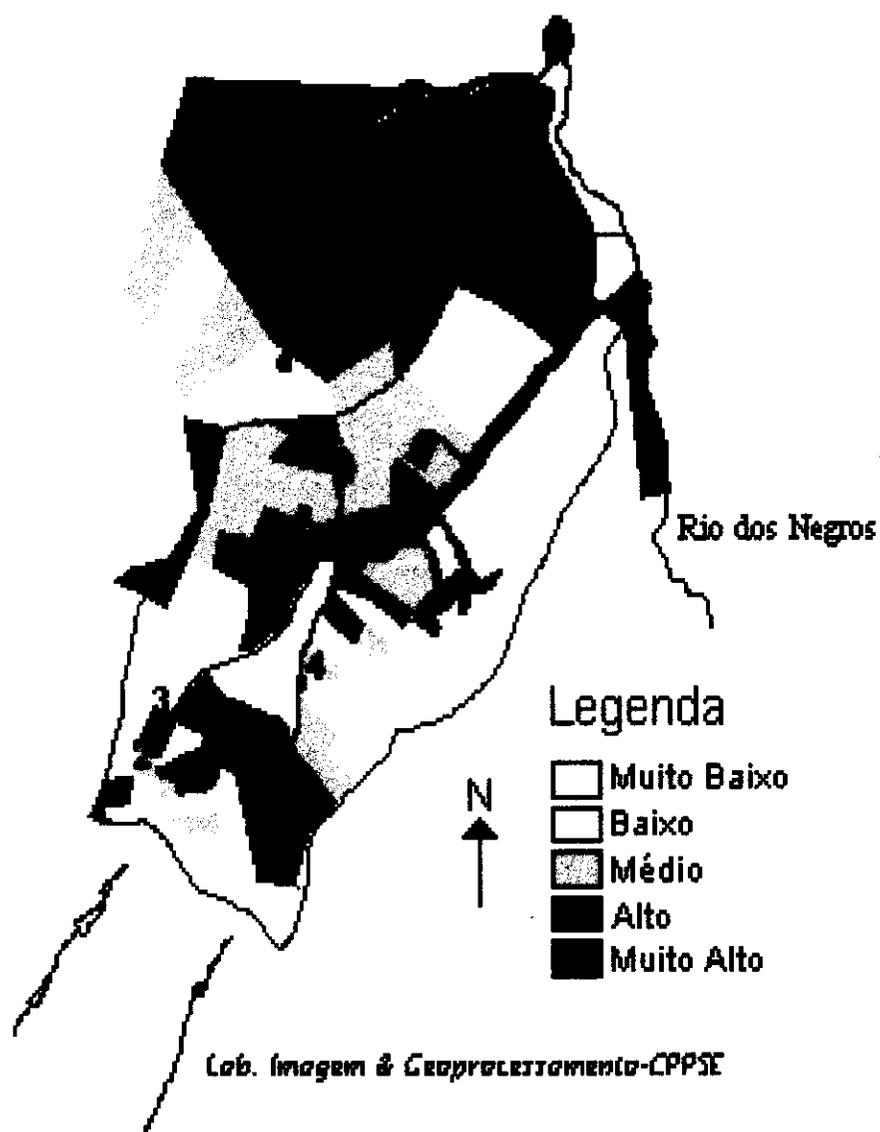


Figura 1. Pontos de coleta de água para monitoramento de sua qualidade, de acordo com o manejo e o grau de cobertura das áreas adjacentes. 1. nascente da mata do ribeirão Canchim, 2. nascente do córrego do Sistema, 3. vertedouro do açude do Sistema, 4. curso do ribeirão Canchim acima de cachoeira, 5. vertedouro do açude da Colônia e 6. foz do ribeirão Canchim.

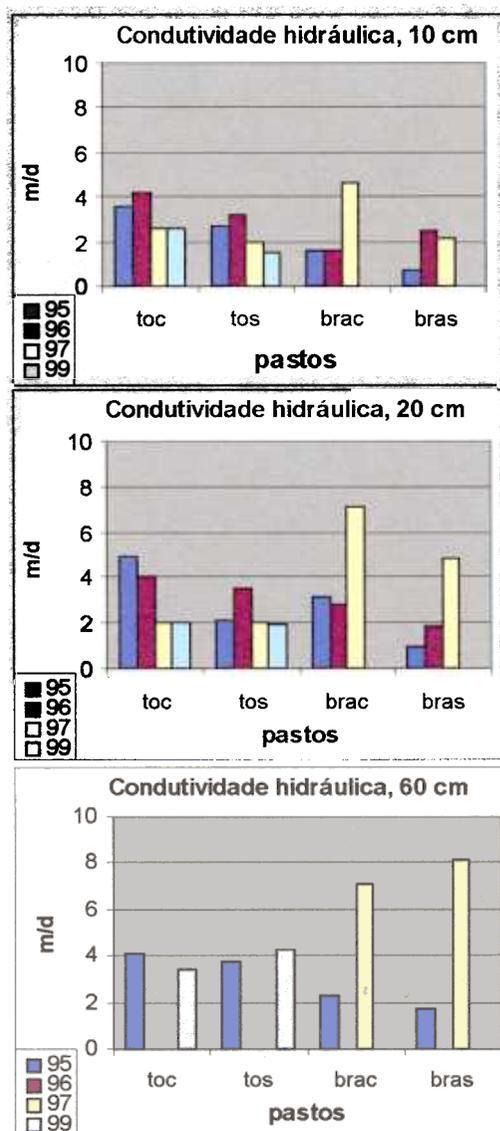


Figura 2. Variação da condutividade hidráulica saturada no campo, nos diferentes pastos. Toc = tobiatã com N, tos = tobiatã sem N, brac = braquiária com adubo, bras = braquiária sem adubo.

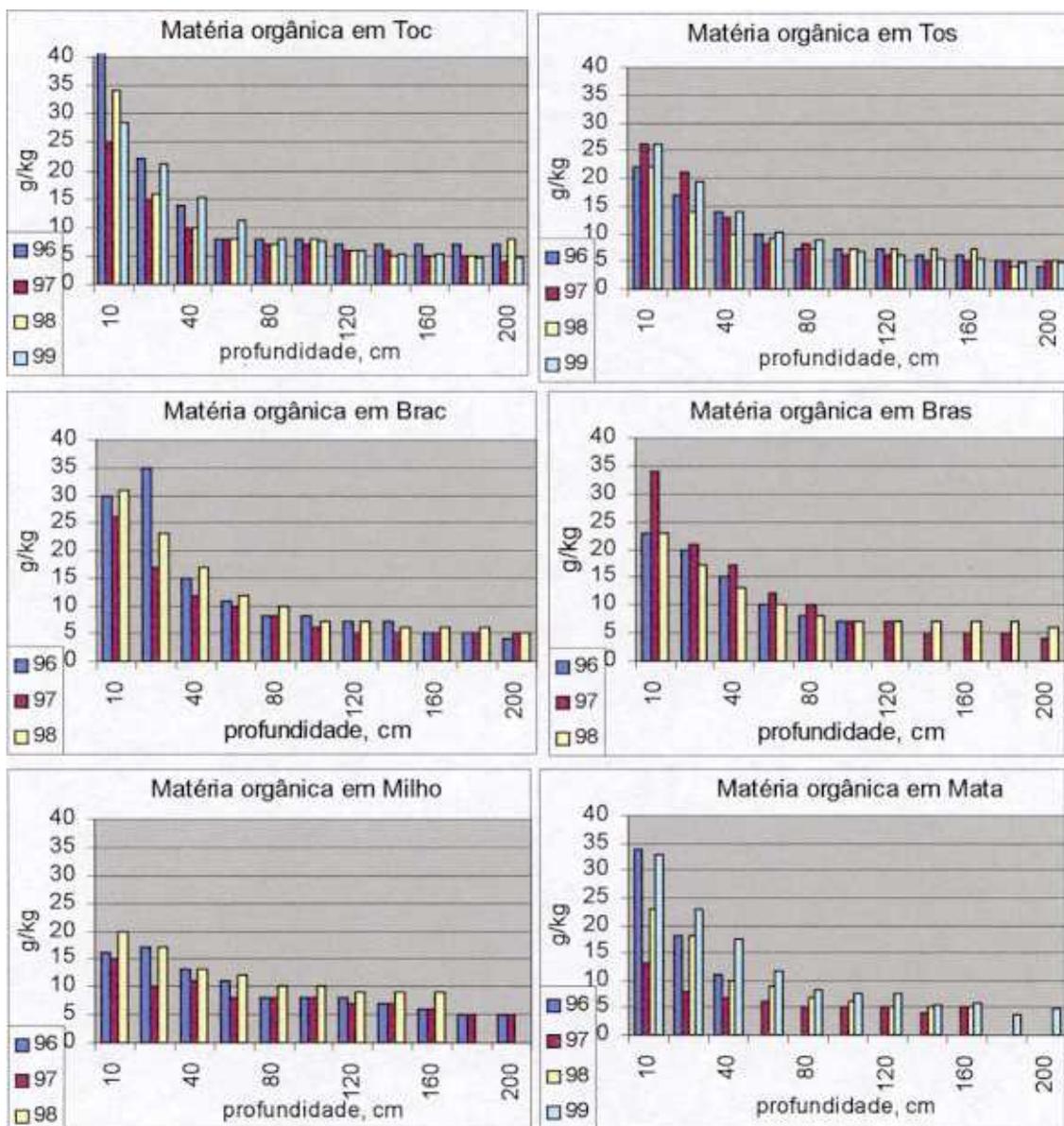


Figura 3. Variação de matéria orgânica, em Latossolo Vermelho-Amarelo, nos diferentes usos do solo. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.

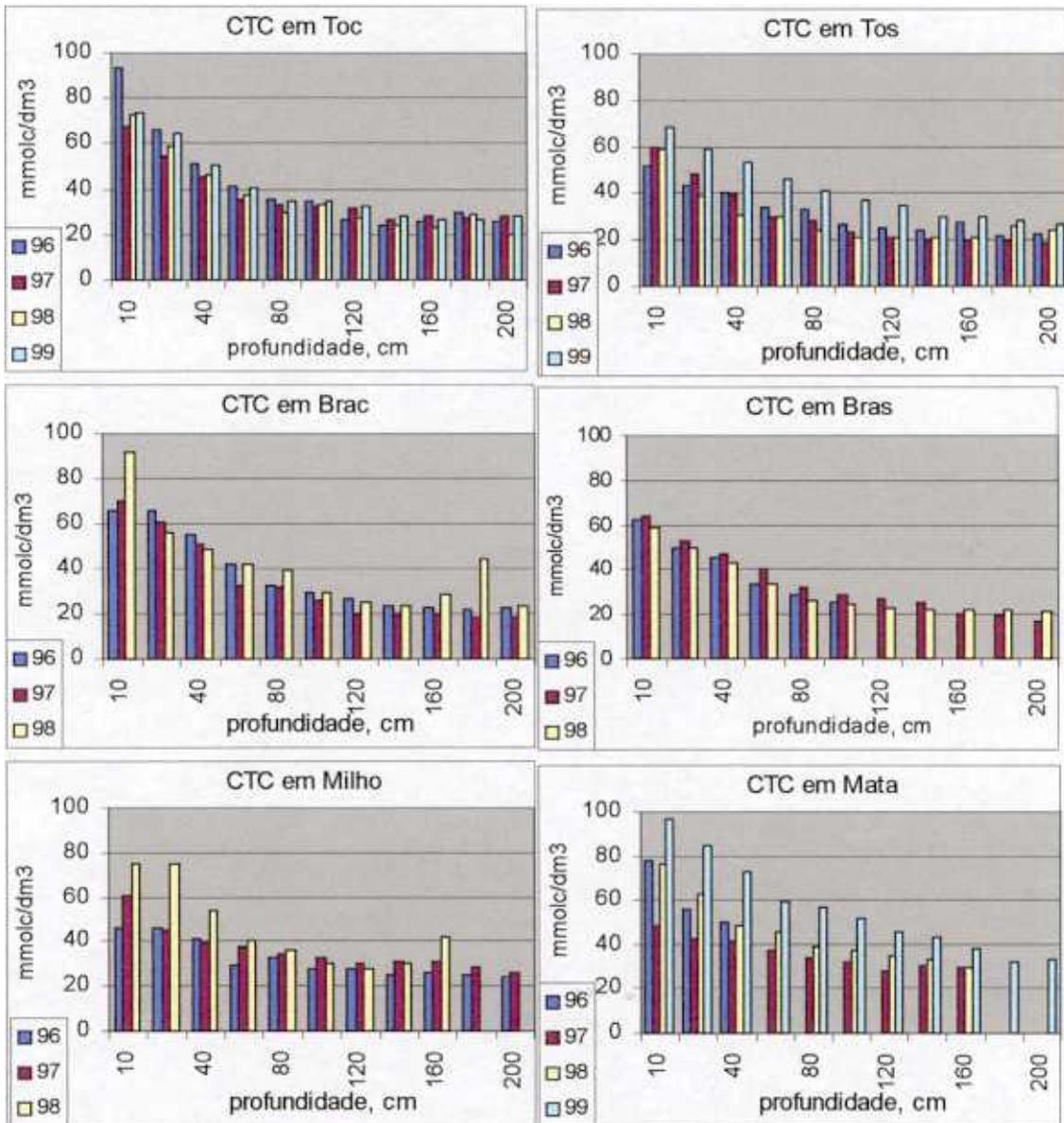


Figura 4. Variação de capacidade de troca catiônica (CTC), em Latossolo Vermelho-Amarelo, nos diferentes usos do solo. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.

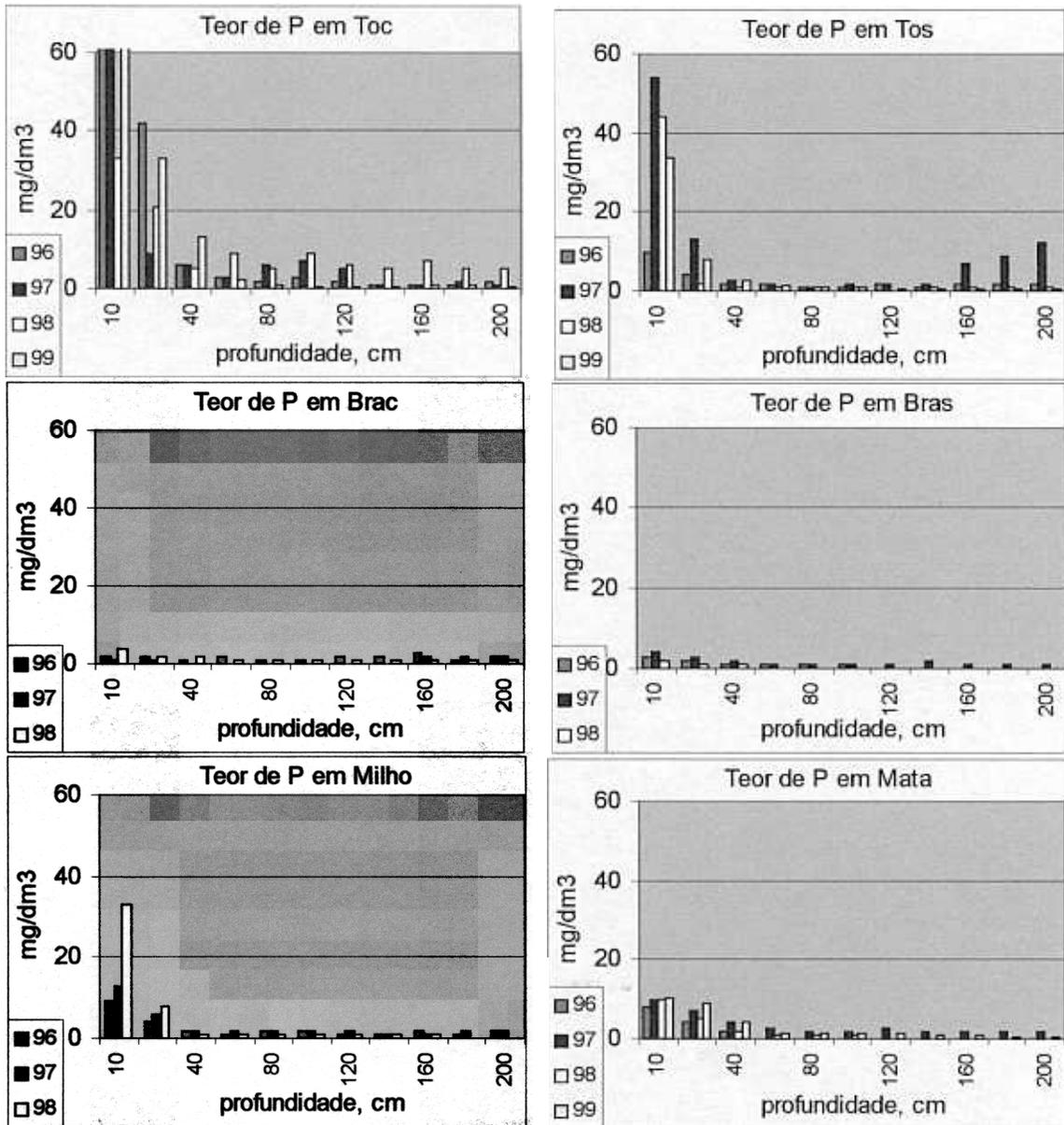


Figura 5. Teor de P no Latossolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes usos e manejos. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.

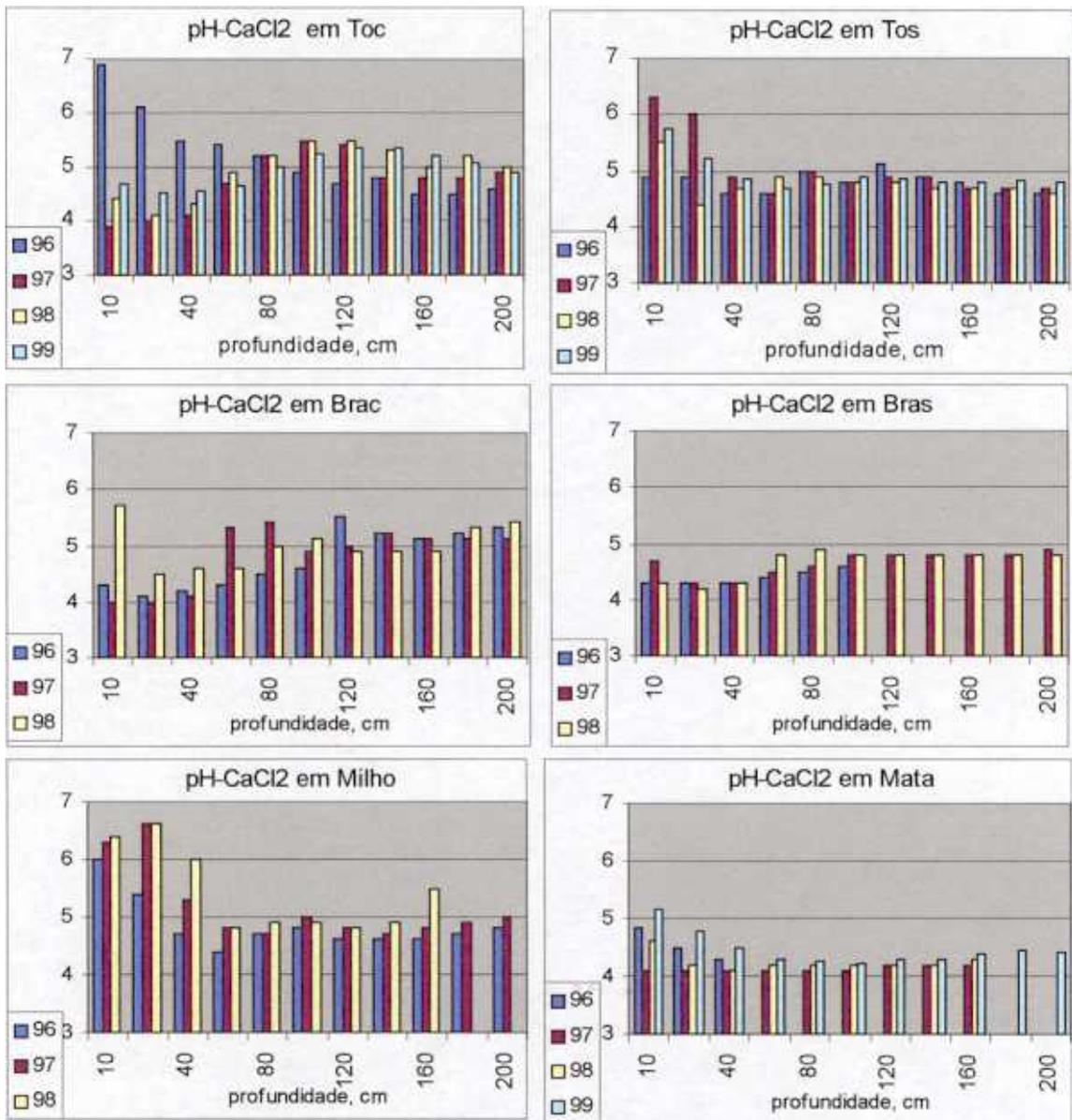


Figura 6. Variação de pH-CaCl<sub>2</sub>, em Latossolo Vermelho-Amarelo, nos diferentes usos do solo. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.

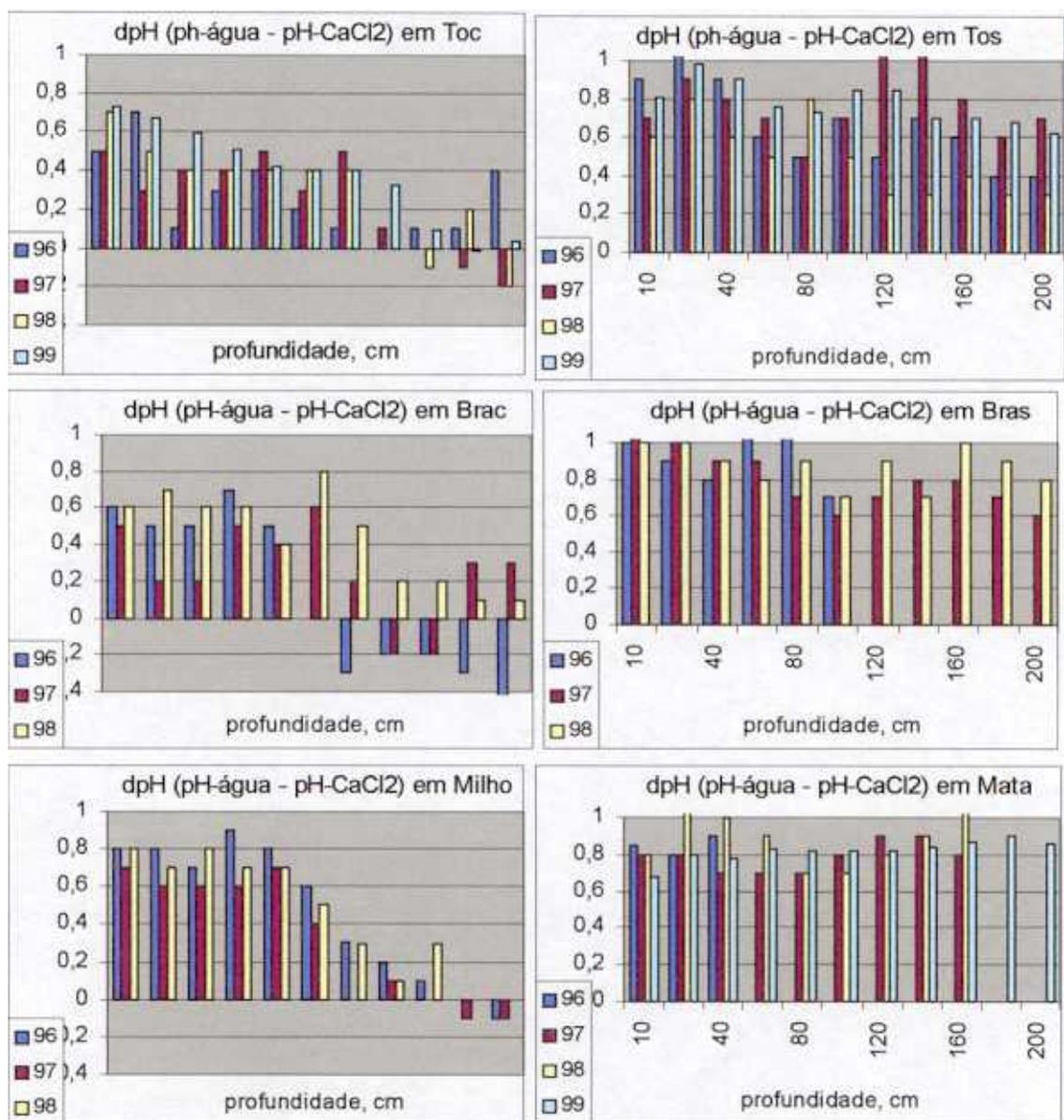


Figura 7. Variação de delta pH, em Latossolo Vermelho-Amarelo, nos diferentes usos do solo. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.

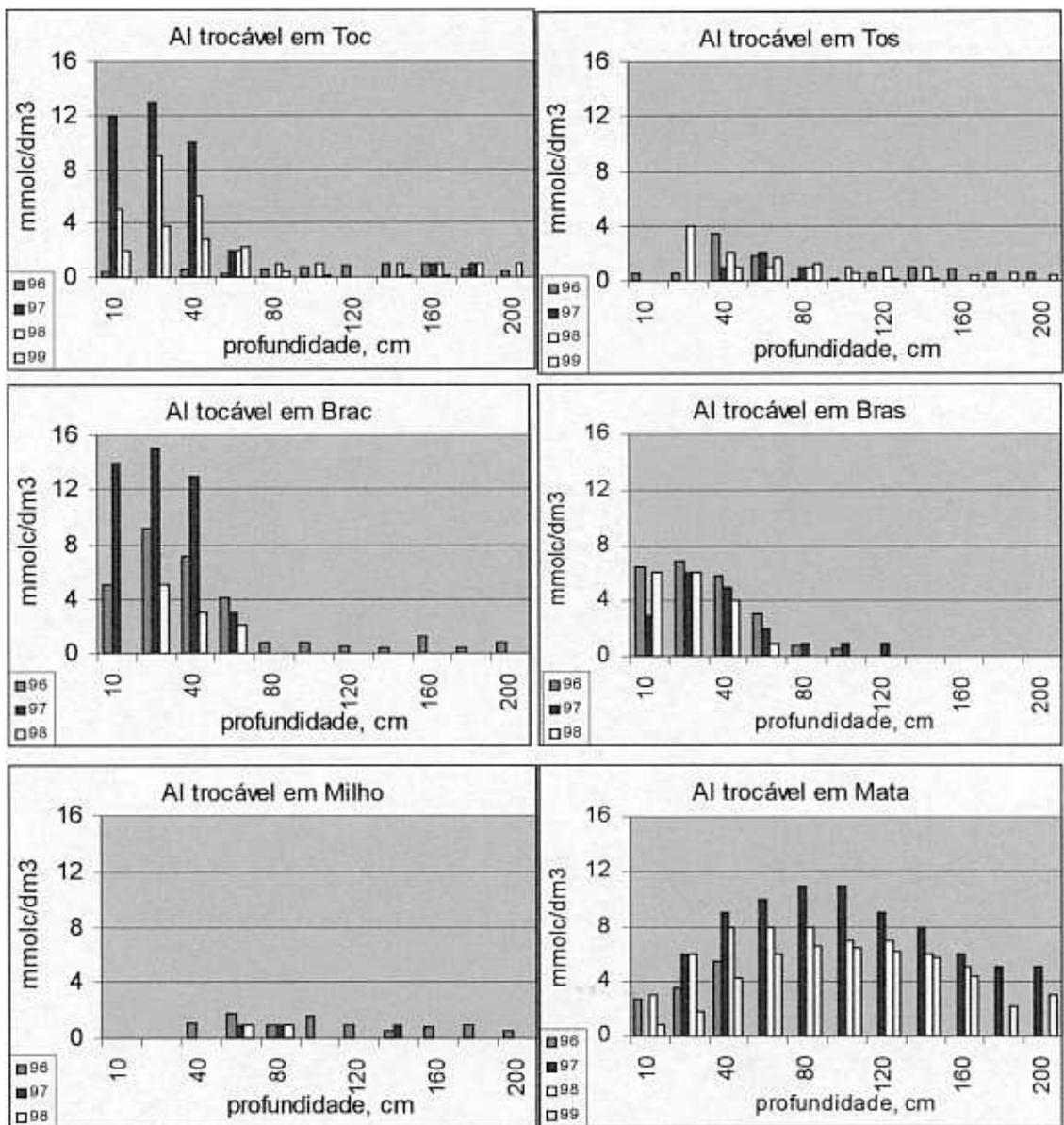


Figura 8. Alumínio trocável em Latossolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes tipos de ocupação. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.

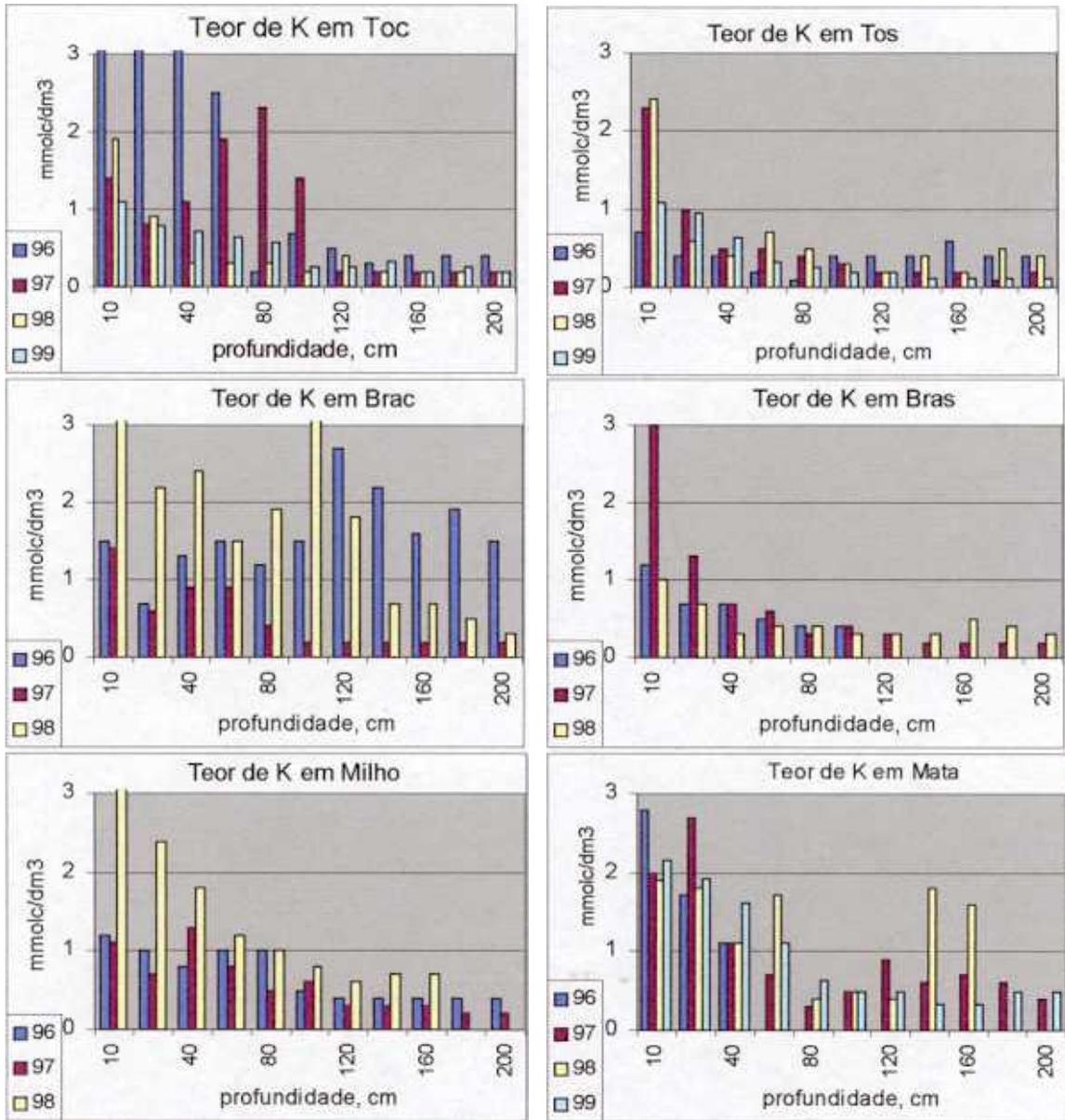


Figura 9. Teor de K no Latossolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes usos e manejos. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.

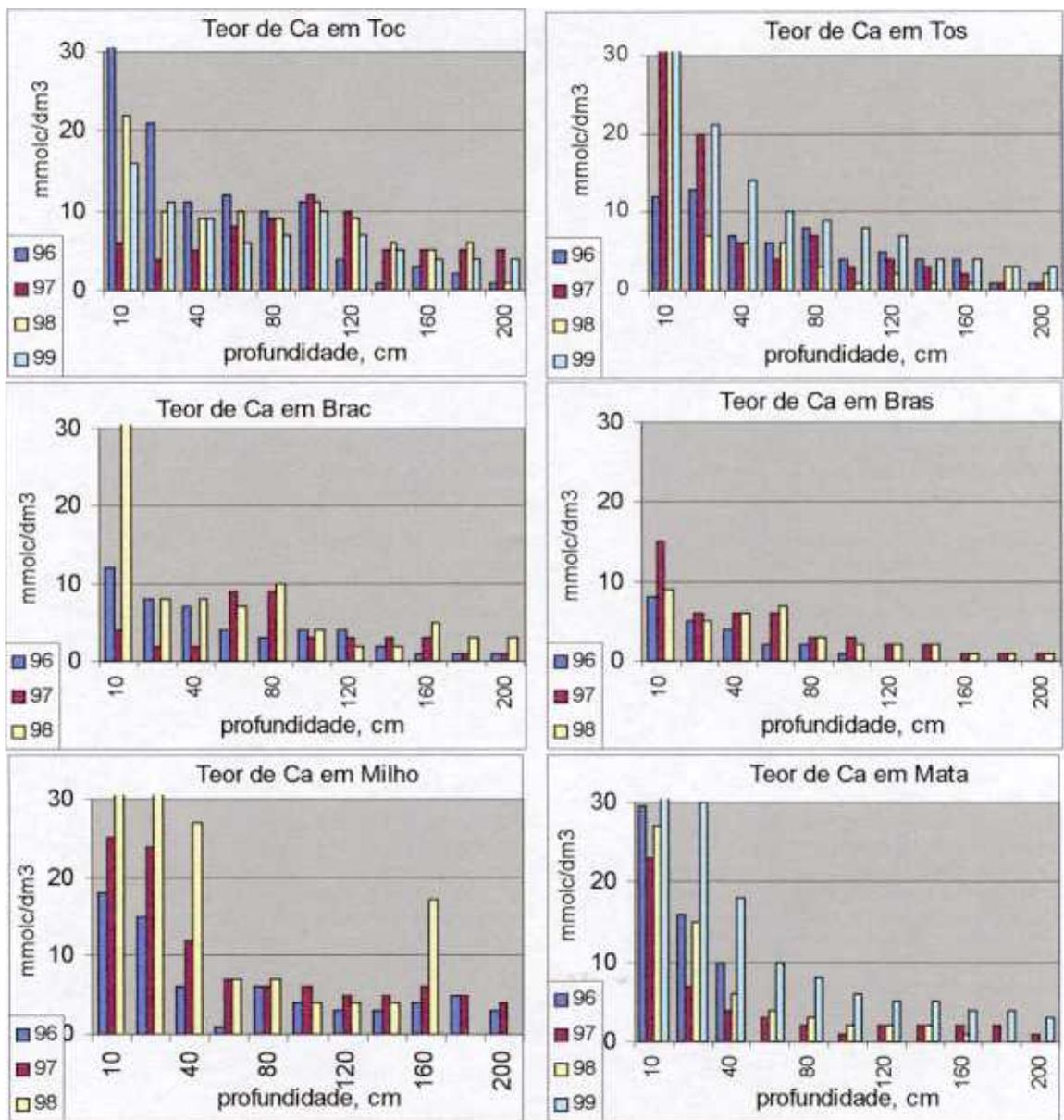


Figura 10. Teor de Ca no Latossolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes usos e manejos. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.

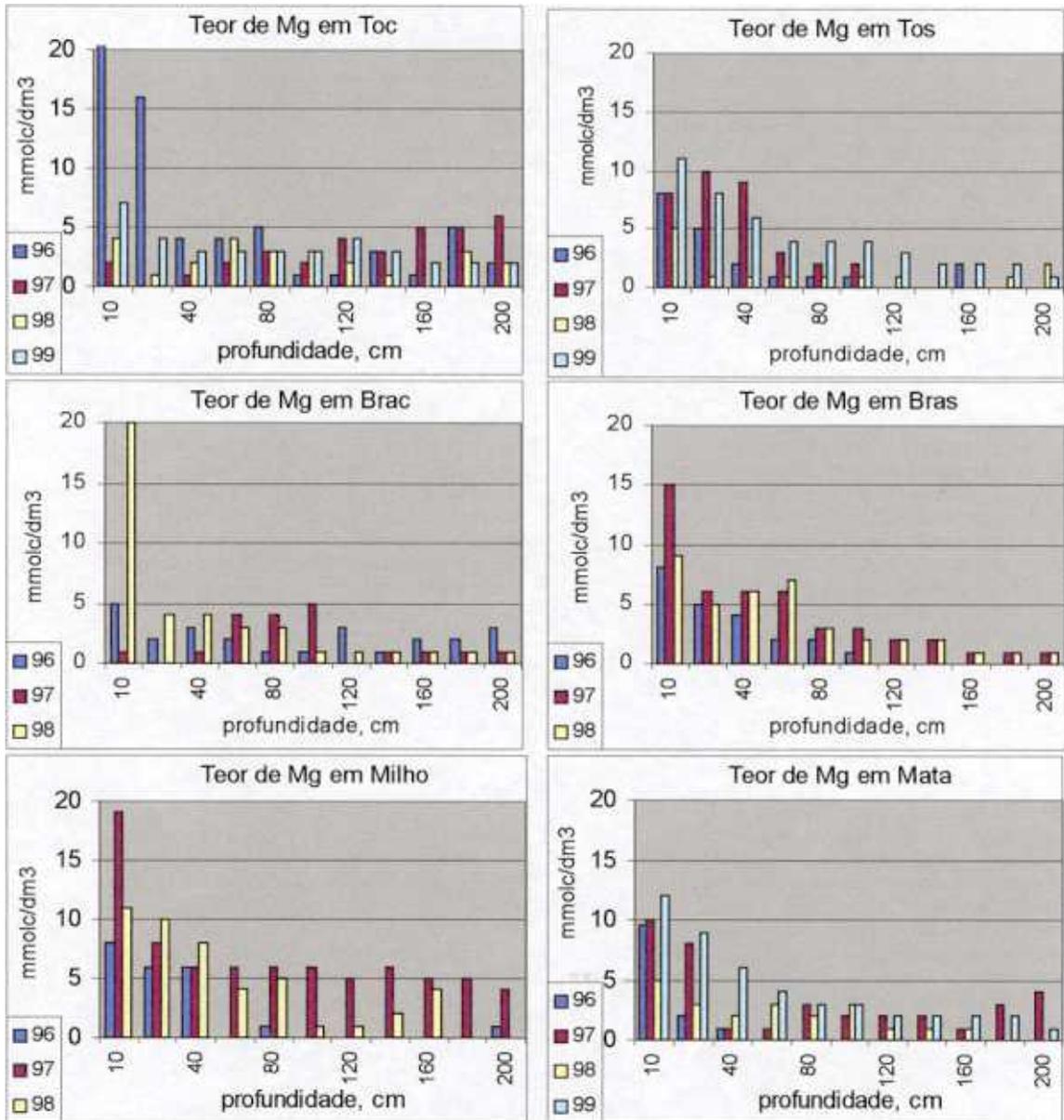


Figura 11. Teor de Mg no Latossolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes usos e manejos. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.

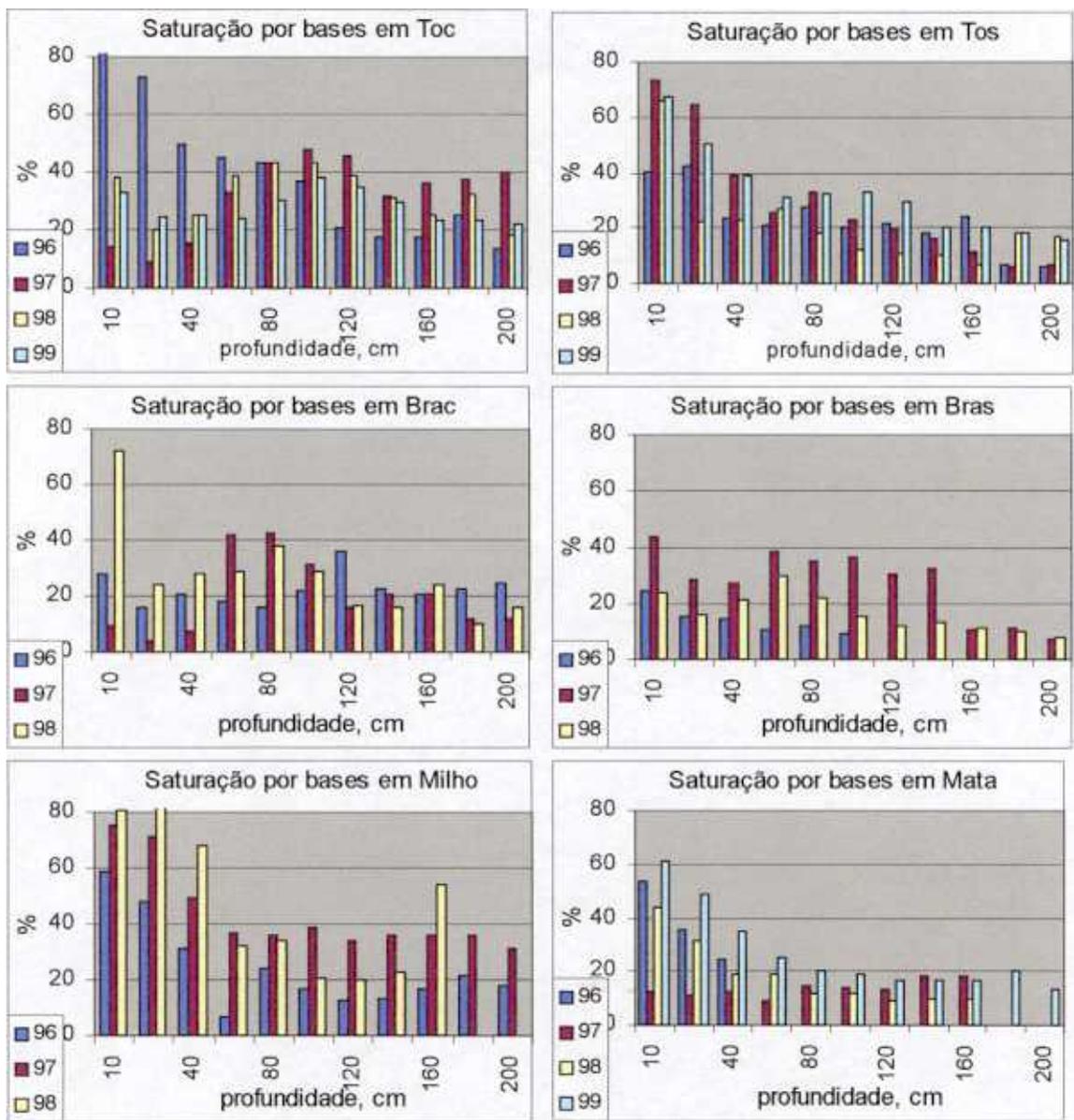


Figura 12. Variação de saturação por bases (V), em Latossolo Vermelho-Amarelo, nos diferentes usos do solo. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.

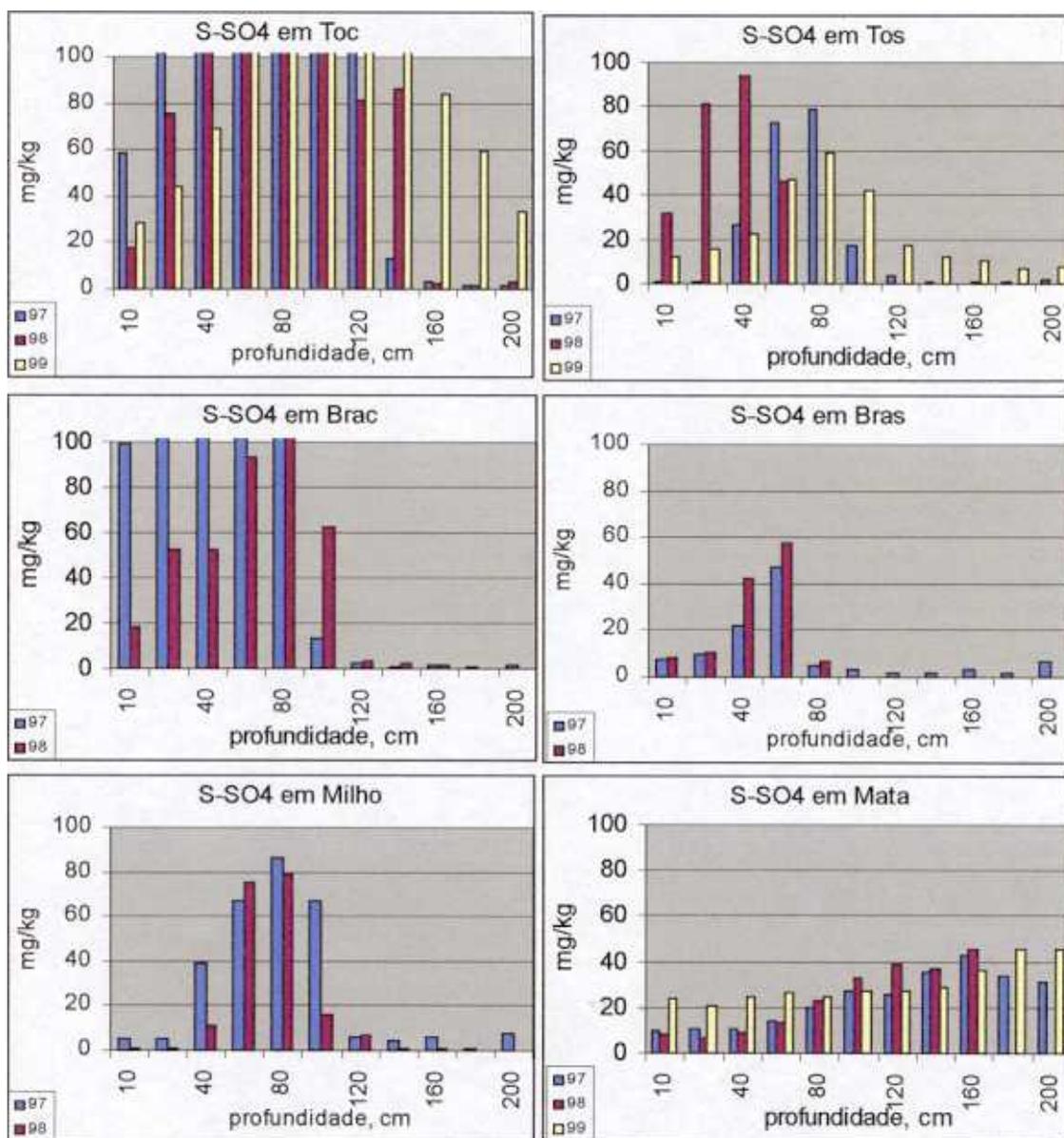


Figura 13. Distribuição de sulfato em Latossolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes tipos de ocupação. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.

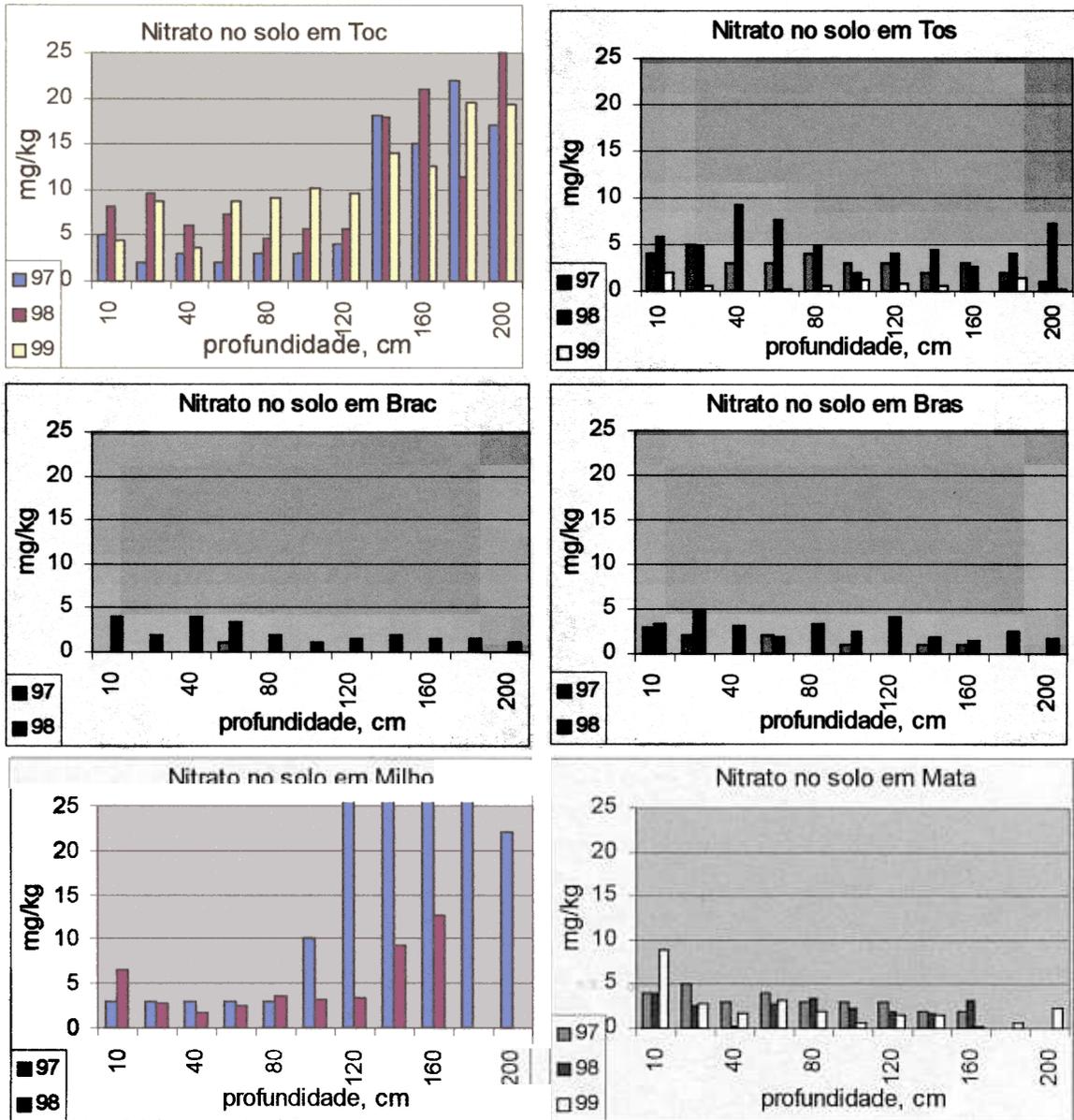


Figura 14. Variação de  $\text{NO}_3^-$  em Latossolo Vermelho-Amarelo, nos diferentes usos do solo. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.

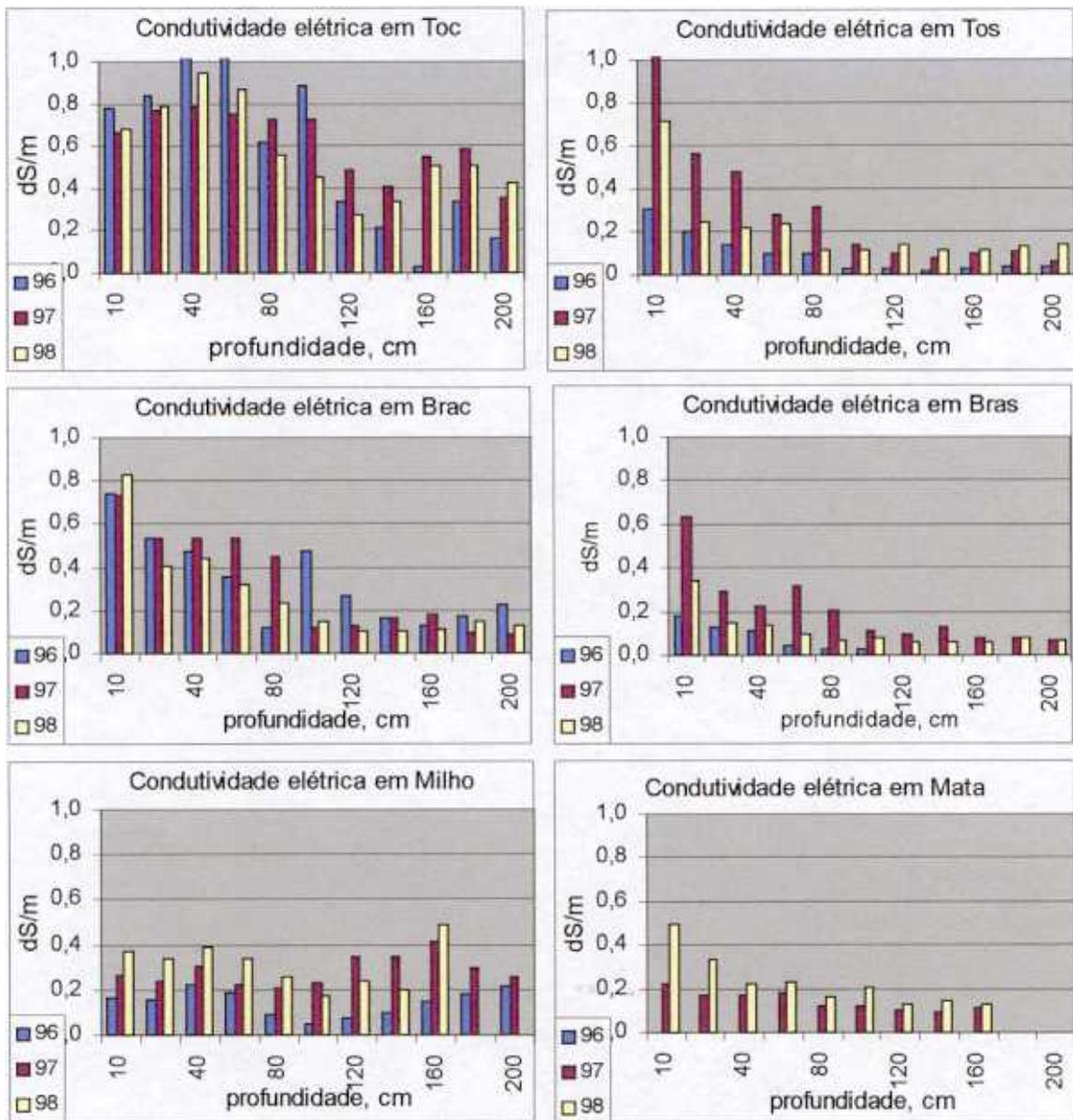


Figura 15. Variação de condutividade elétrica do extrato de saturação, em Latossolo Vermelho-Amarelo, nos diferentes usos do solo. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo, Milho = milho para silagem, Mata = mata mesófila semidecídua.

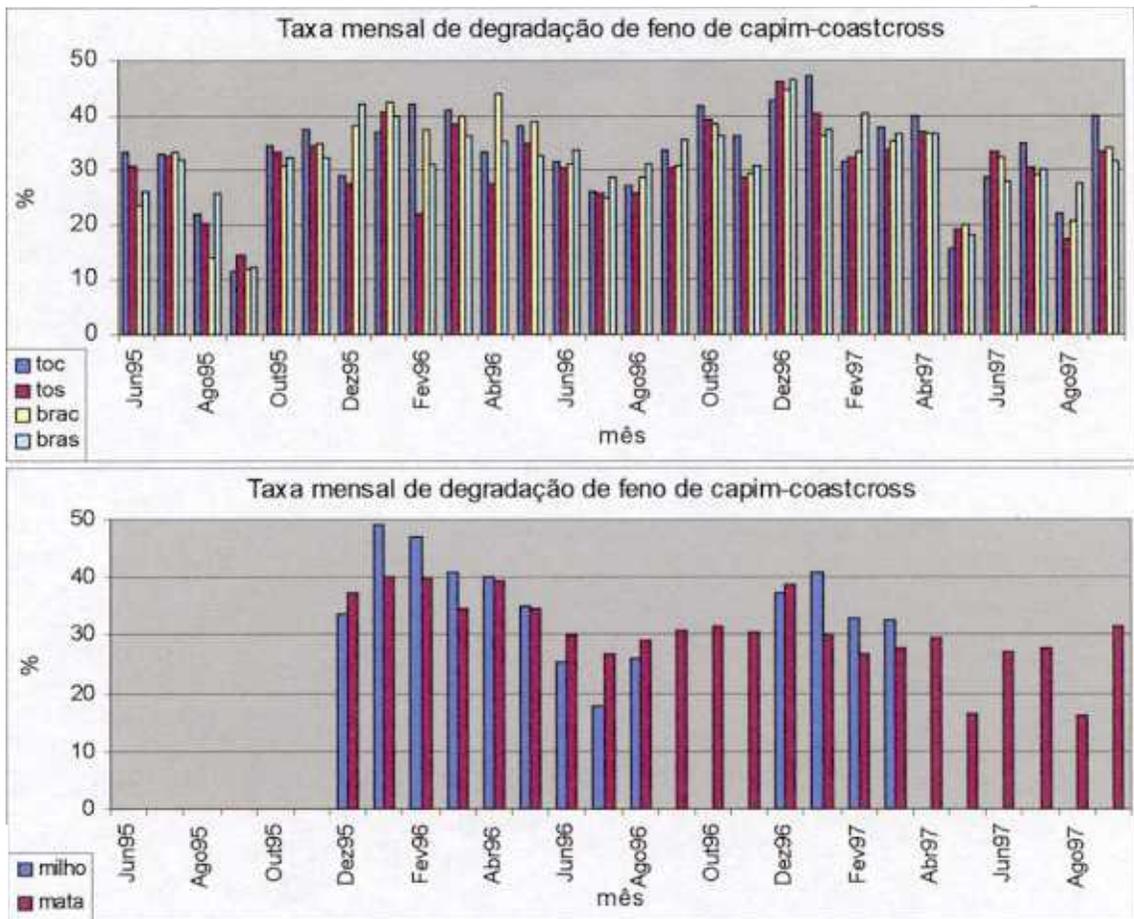


Figura 16. Taxa mensal de decomposição de feno de capim-coastcross, em diferentes áreas agrícolas e mata, durante diferentes períodos de seca e chuva. Toc = pasto de capim-tobiatã adubado com N, Tos = pasto de capim-tobiatã sem N, Brac = pasto de capim-braquiária com N, Bras = pasto de capim-braquiária sem adubo.

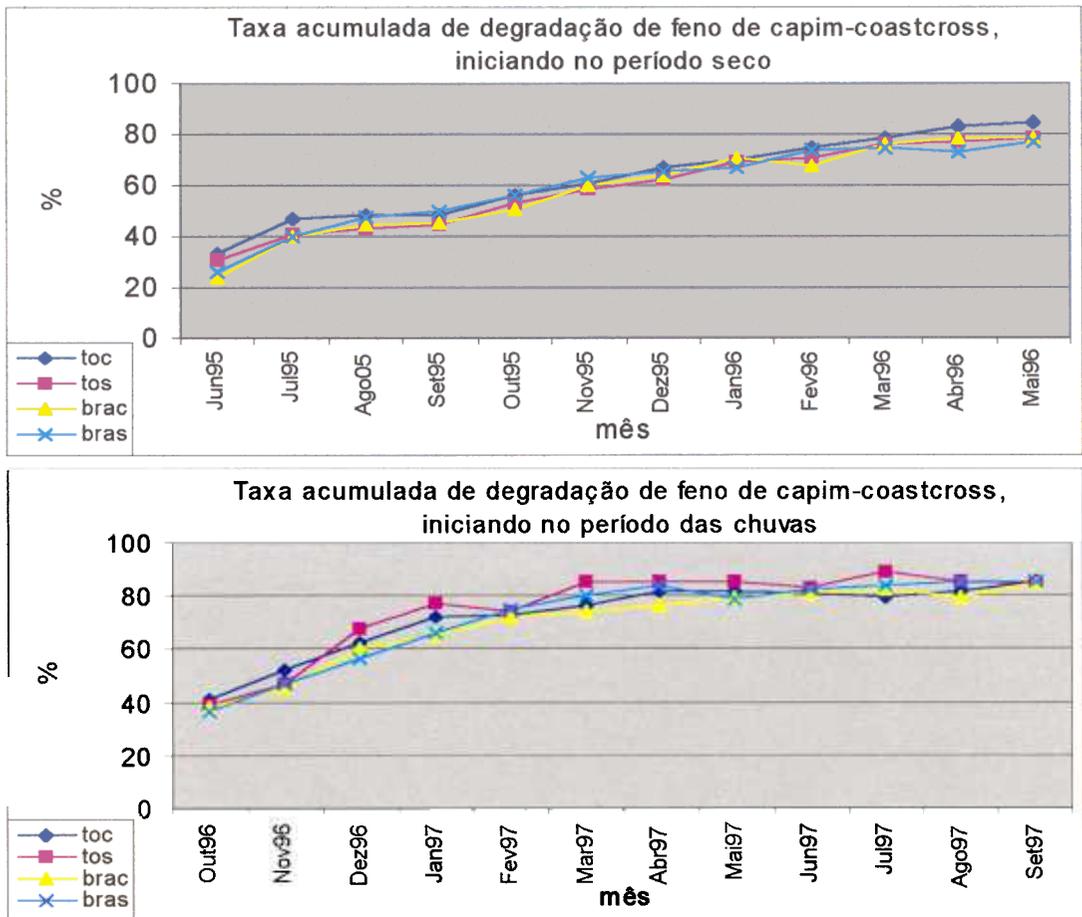


Figura 17. Taxa acumulada anual de degradação de feno de capim-coastcross, nos diferentes pastos, iniciando em duas épocas climáticas. Toc = pasto de capim-tobiatã adubado com N, Tos = pasto de capim-tobiatã sem N, Brac = pasto de capim-braquiária com N, Bras = pasto de capim-braquiária sem adubo.

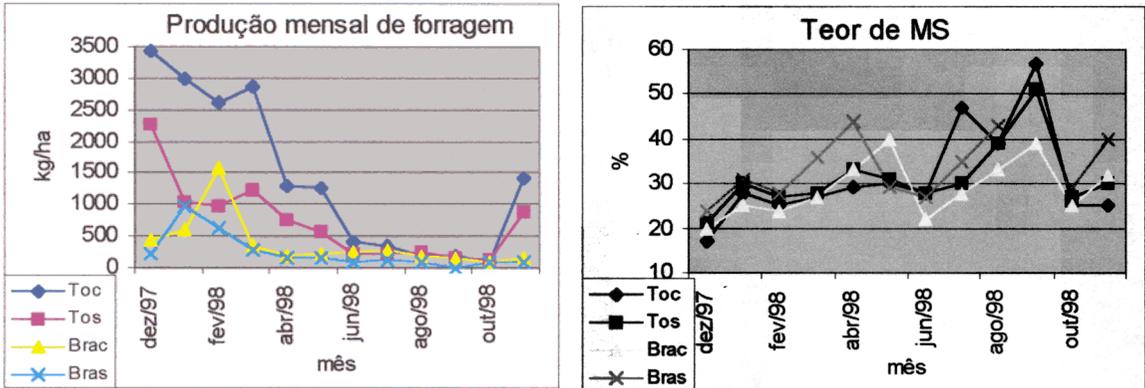


Figura 18. Produção mensal de forragem e teor de matéria seca na forragem das diferentes pastagens ao longo do ano agrícola 1997-1998. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo.

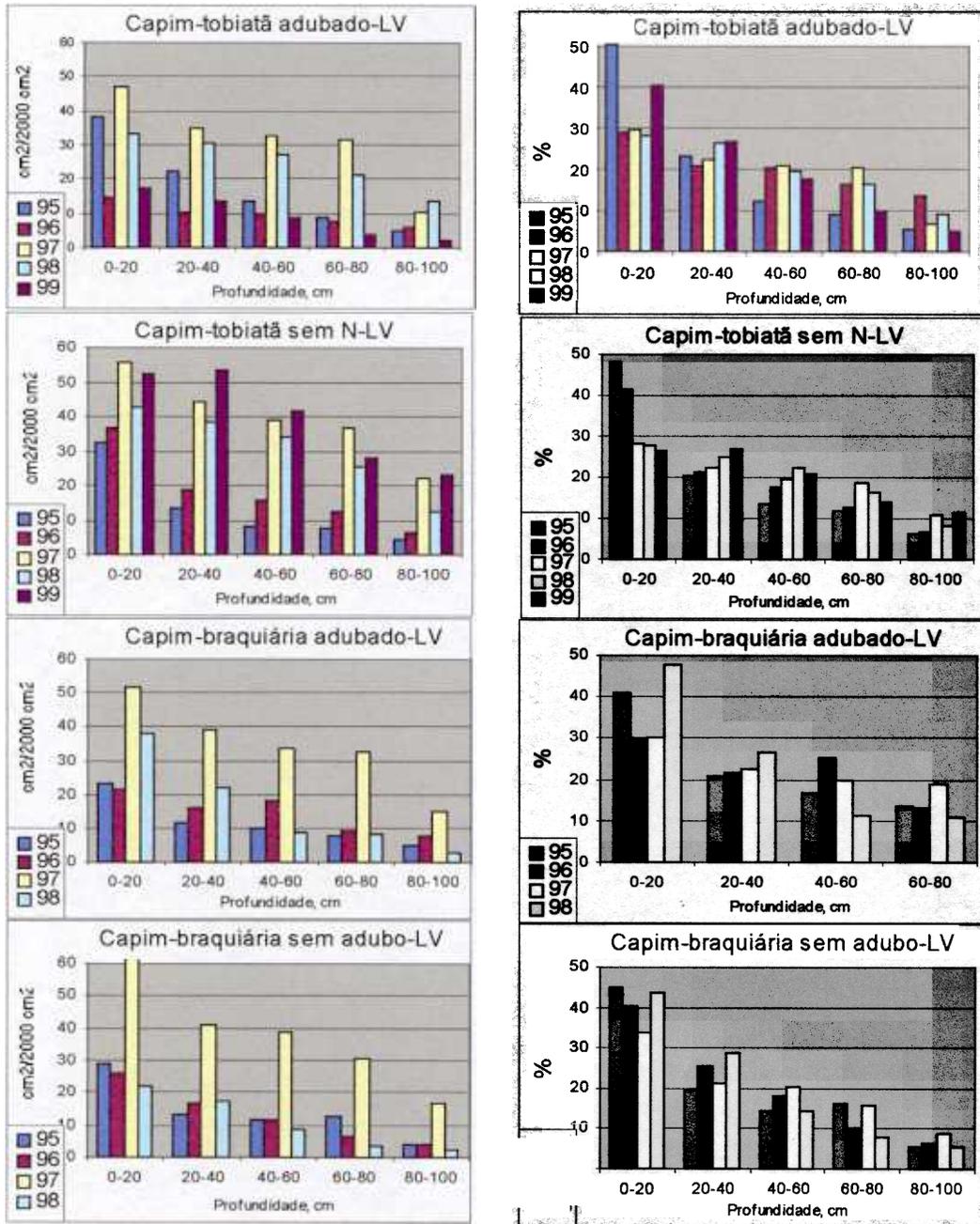


Figura 19. Distribuição radicular real e relativa nas diferentes pastagens monitoradas, até 100 cm de profundidade.

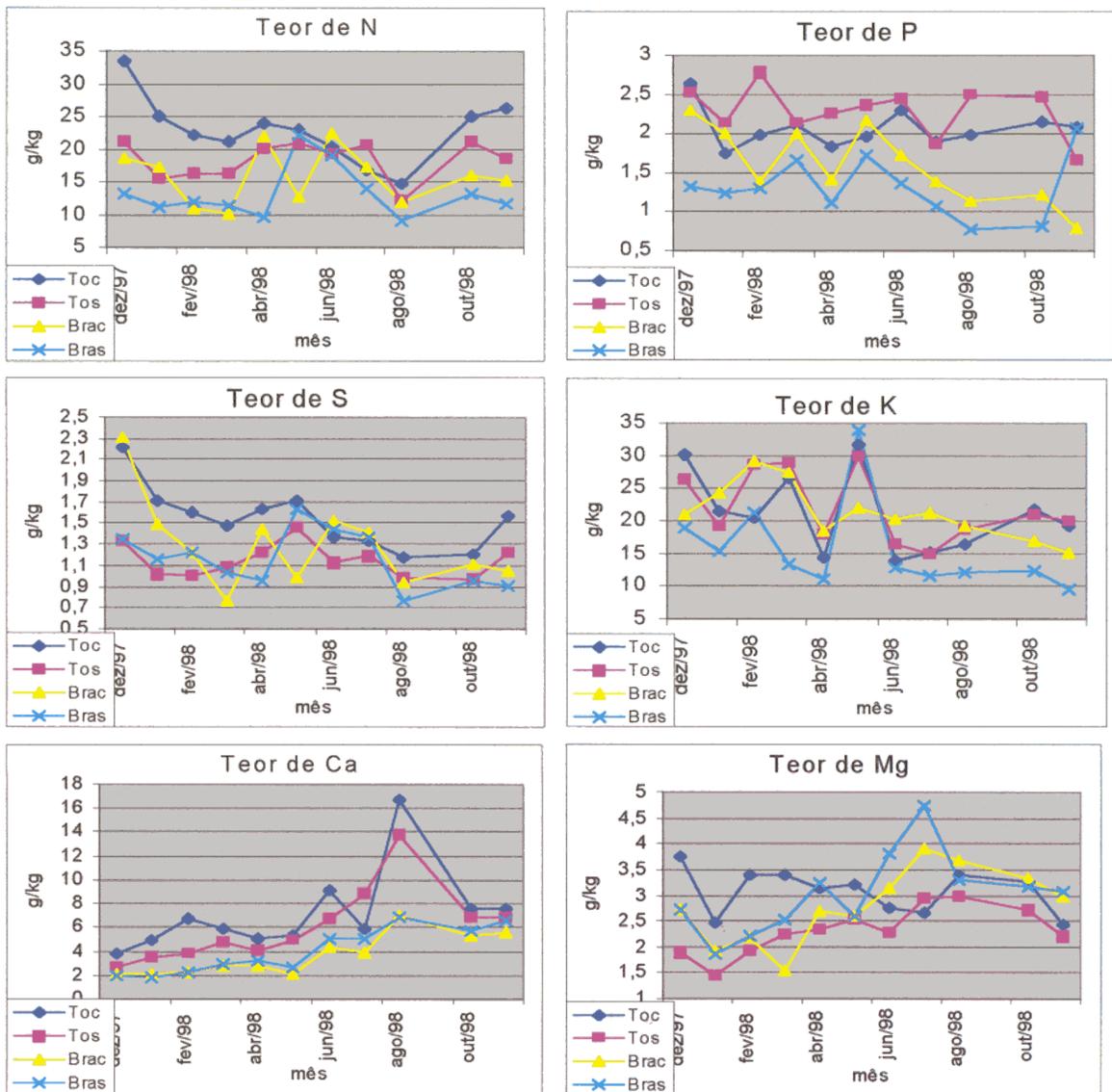


Figura 20. Teor de macronutrientes na forragem das diferentes pastagens ao longo do ano agrícola 1997-1998. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo.

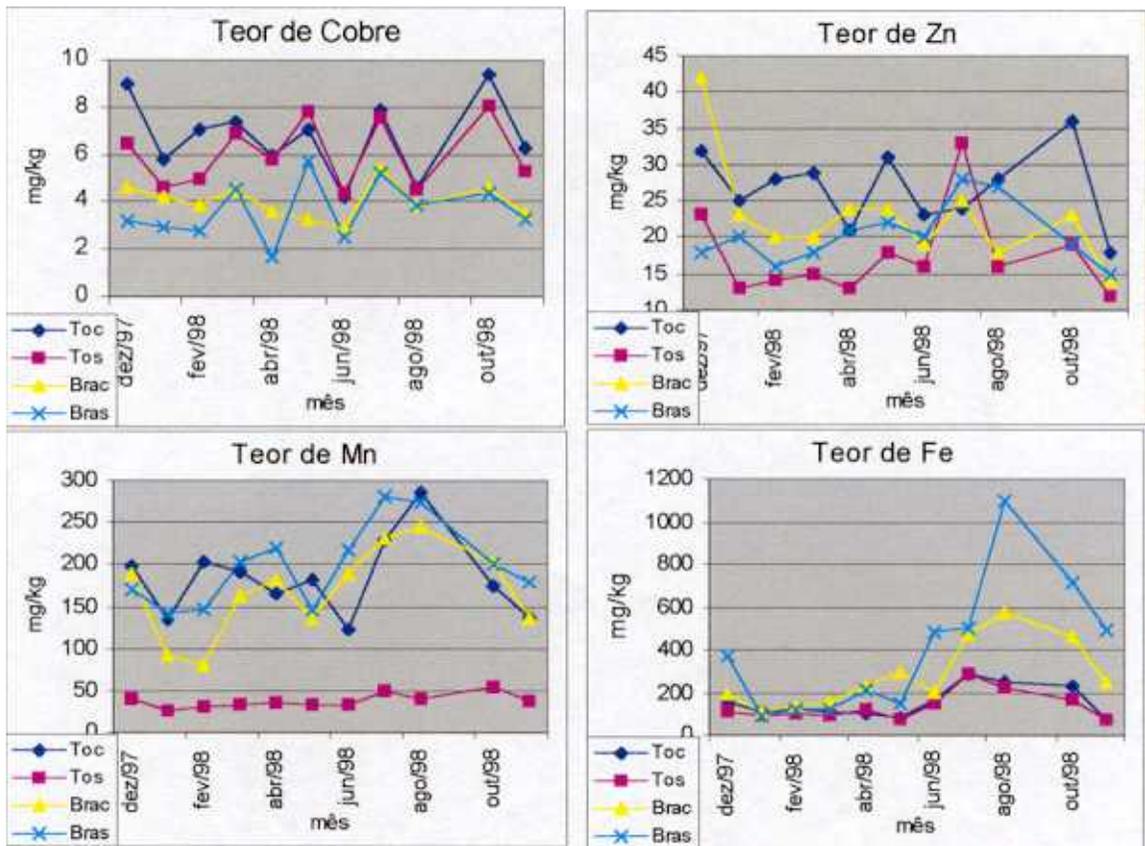


Figura 21. Teor de micronutrientes na forragem das diferentes pastagens ao longo do ano agrícola 1997-1998. Toc = capim-tobiatã adubado com N, Tos = capim-tobiatã não adubado com N, Brac = capim-braquiária adubado, Bras = capim-braquiária sem adubo.

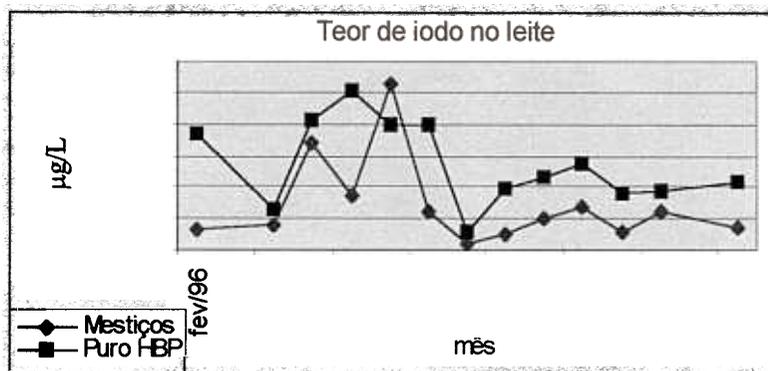


Figura 22. Variação no teor de iodo no leite produzido nos sistemas de vacas puras holandês preto e branco (P) e mestiças (M). Média de iodo no período seco-chuvoso-geral de, respectivamente: P = 149-102-136 µg/L, e M = 82-46-66 µg/L.

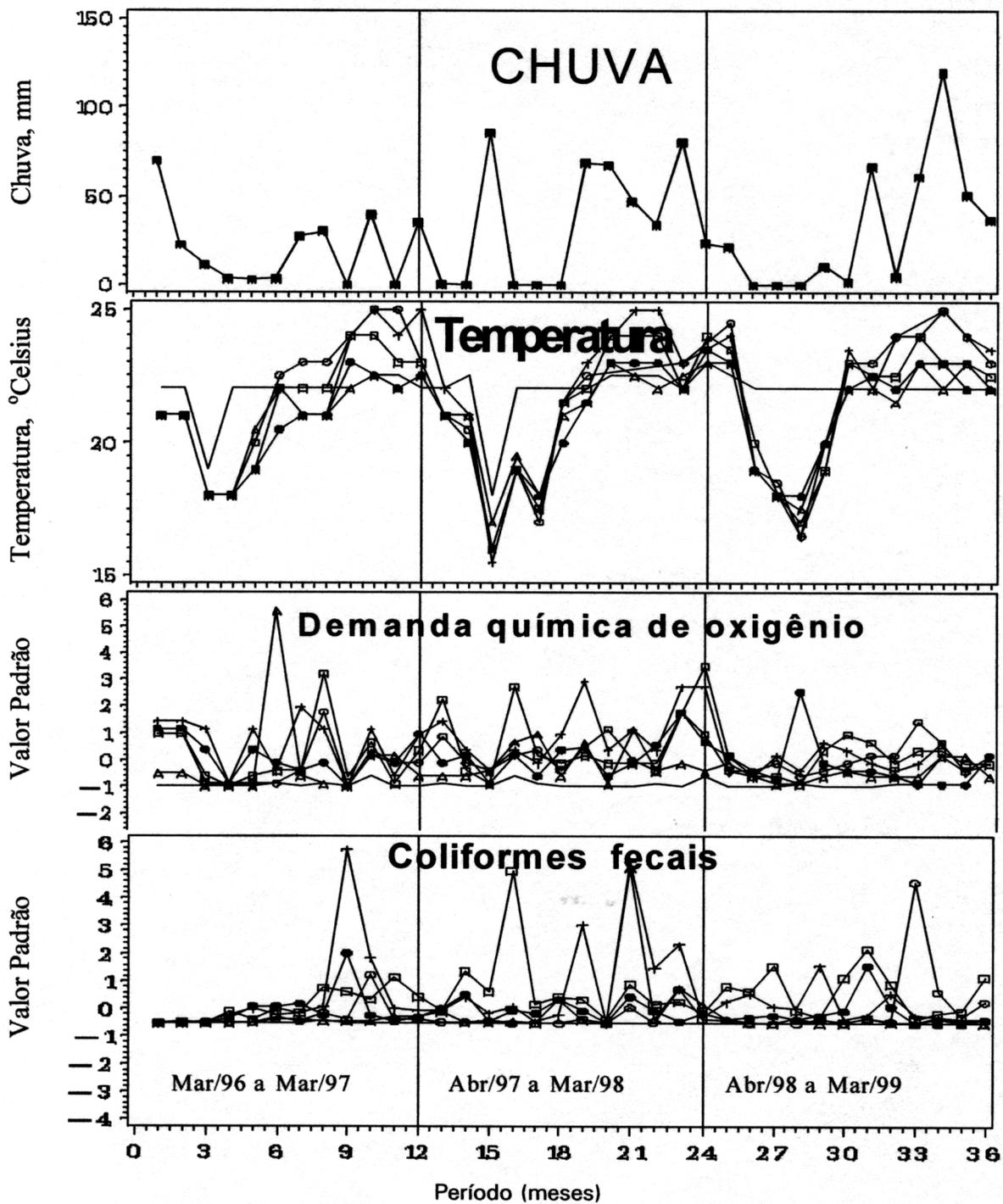


Figura 23. Distribuição mensal (1 a 36) de chuva, temperatura da água e dos valores padronizados da demanda química de oxigênio e coliformes fecais dos seis pontos de coleta: 1. nascente da mata (linha), 2. nascente do Sistema (triângulo), 3. vertedouro do açude do Sistema (círculo), 4. curso do Canchim acima da cachoeira (quadrado), 5. vertedouro do açude da Colônia (+) e 6. foz do Canchim (círculo cheio).

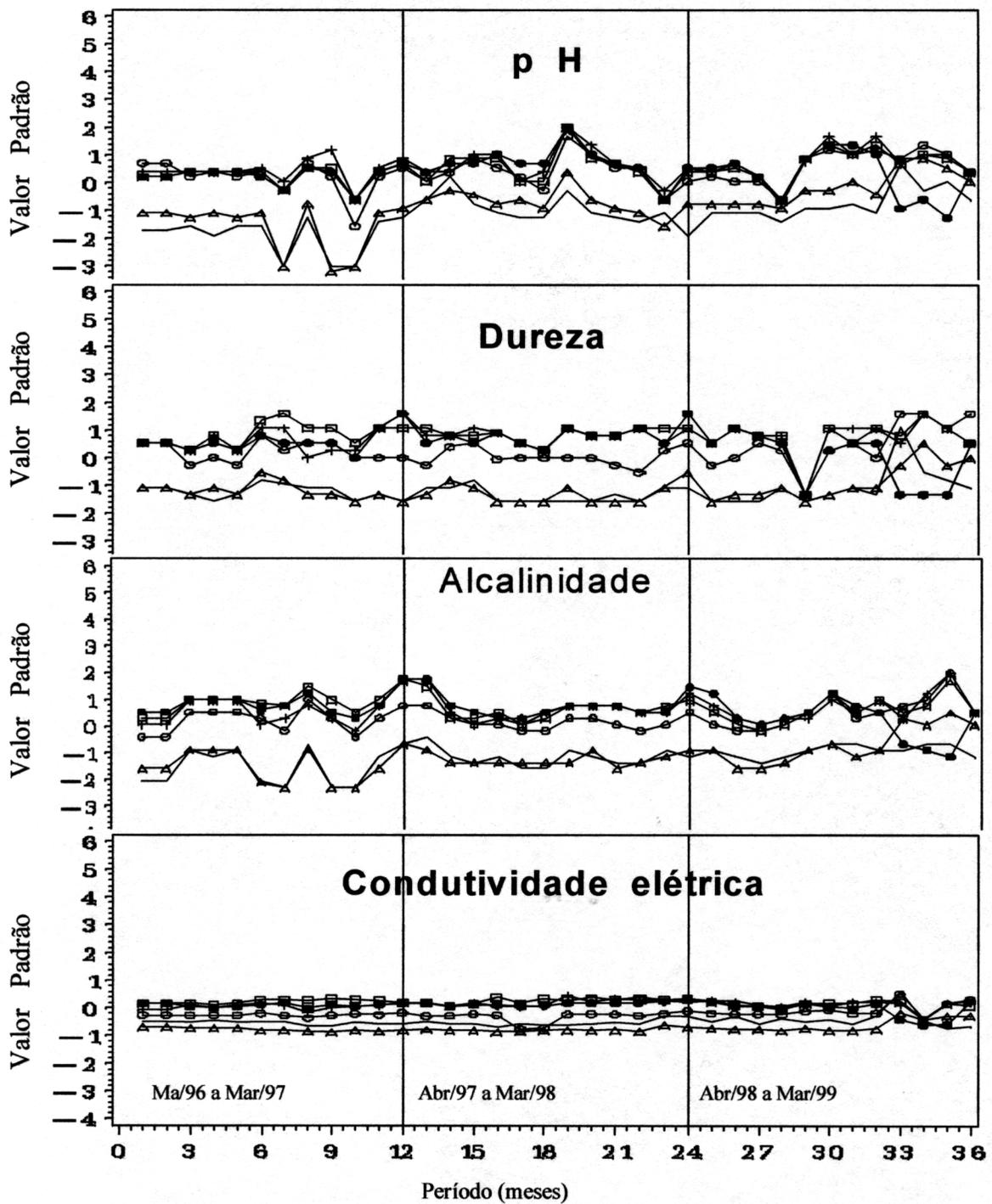


Figura 24. Distribuição mensal (1 a 36) dos valores padronizados do pH, dureza, alcalinidade e condutividade elétrica dos seis pontos de coleta: 1. nascente da mata (linha), 2. nascente do Sistema (triângulo), 3. vertedouro do açude do Sistema (círculo), 4. curso do Canchim acima da cachoeira (quadrado), 5. vertedouro do açude da Colônia (+) e 6. foz do Canchim (círculo cheio).

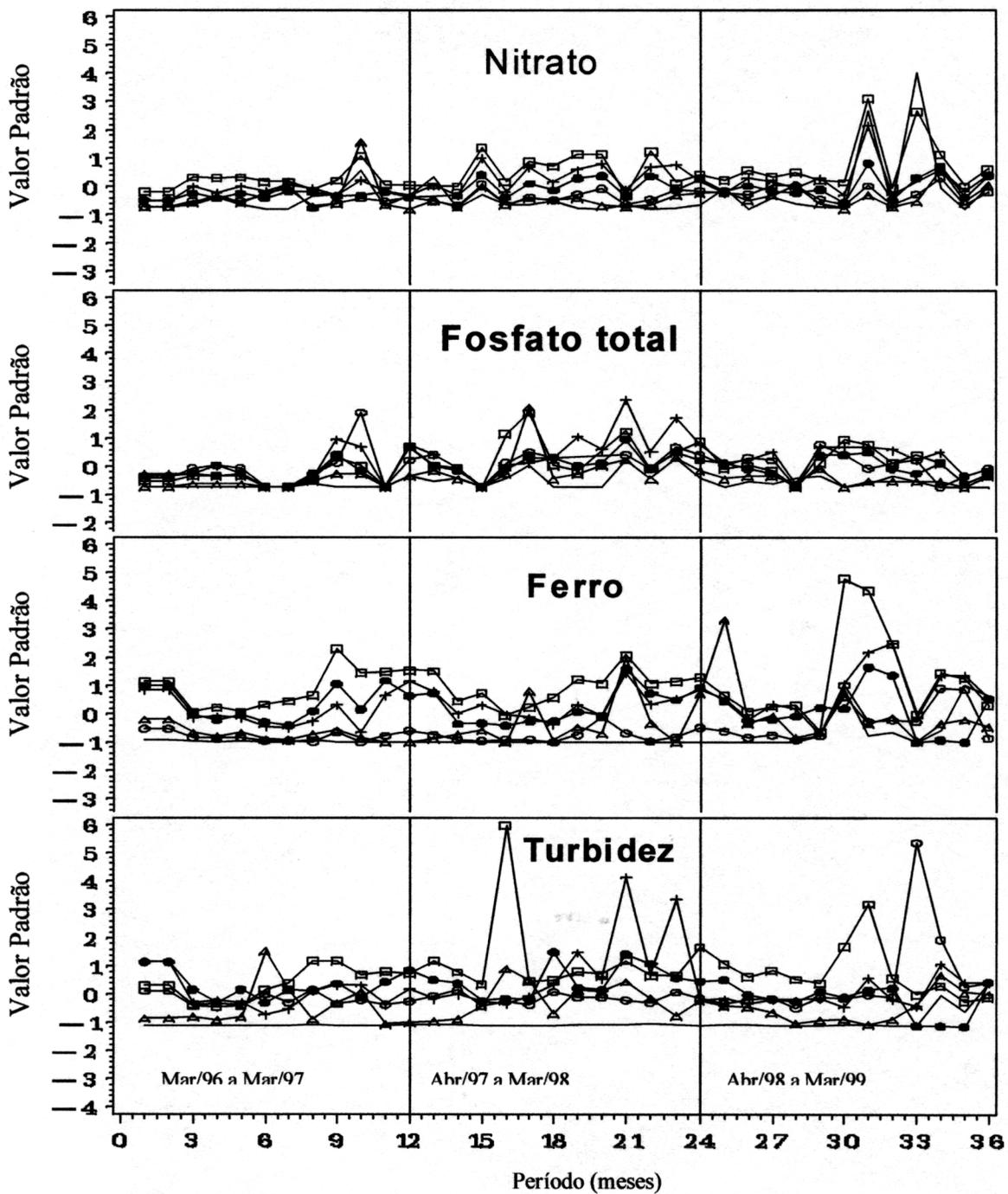


Figura 25. Distribuição mensal (1 a 36) dos valores padronizados do nitrato, fosfato total, ferro total e turbidez dos seis pontos de coleta: 1. nascente da mata (linha), 2. nascente do Sistema (triângulo), 3. vertedouro do açude do Sistema (círculo), 4. curso do Canchim acima da cachoeira (quadrado), 5. vertedouro do açude da Colônia (+) e 6. foz do Canchim (círculo cheio).

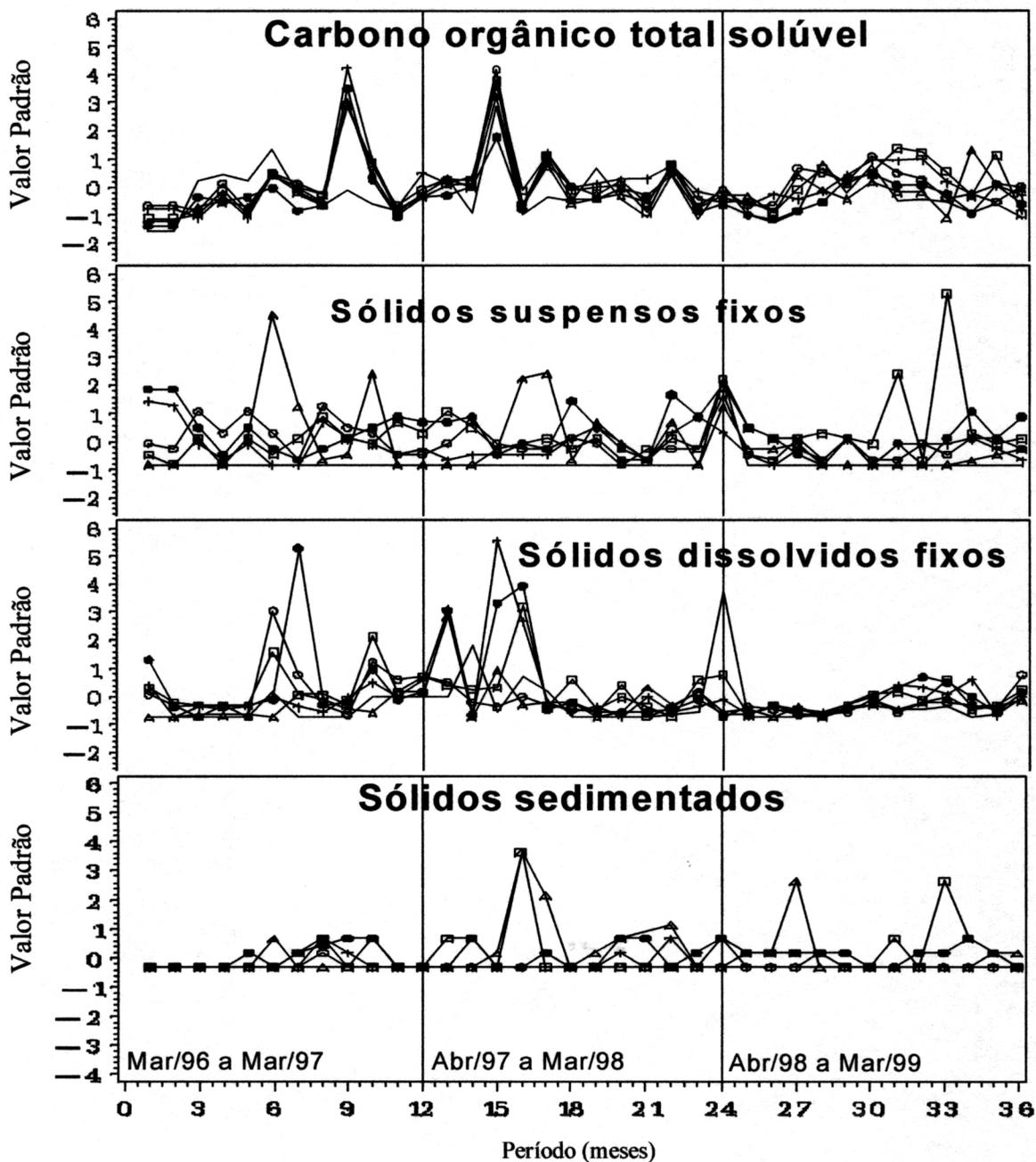


Figura 26. Distribuição mensal (1 a 36) dos valores padronizados de carbono orgânico dissolvido total, sólidos suspensos fixos, sólidos dissolvidos fixos e sólidos sedimentados dos seis pontos de coleta: 1. nascente da mata (linha), 2. nascente do Sistema (triângulo), 3. vertedouro do açude do Sistema (círculo), 4. curso do Canchim acima da cachoeira (quadrado), 5. vertedouro do açude da Colônia (+) e 6. foz do Canchim (círculo cheio).

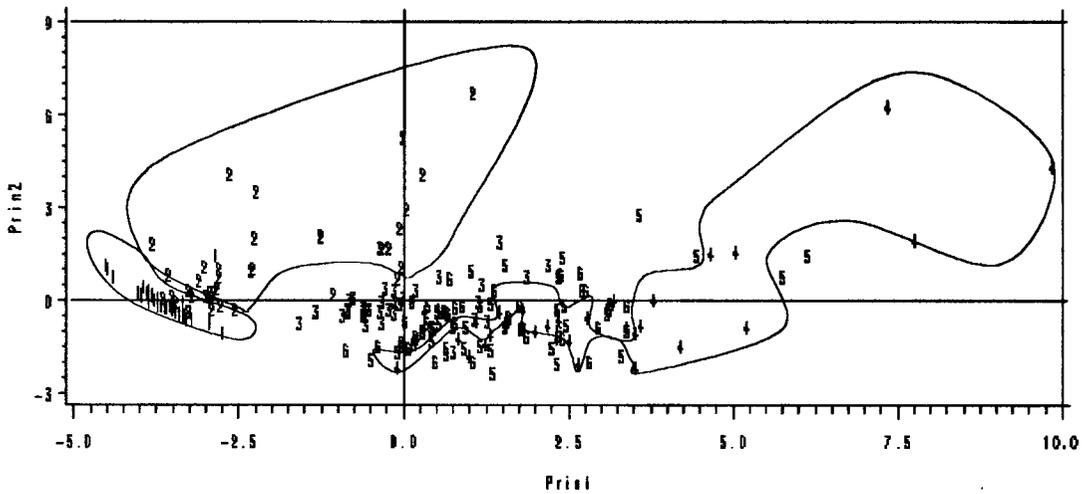


Figura 27. Combinação dos componentes principais 1 e 2, e identificação dos seis pontos de coleta de água: 1 - nascente da Mata, 2 - nascente do Sistema, 3 - açude do Sistema, 4 - água corrente ao lado campo de futebol, 5 - açude da Colônia, 6 - foz do ribeirão Canchim.