

PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO RELACIONADAS A DIFERENTES NÍVEIS DE OFERTA DE FORRAGEM NUMA PASTAGEM NATURAL¹

ILDEGARDIS BERTOL², KLECIUS ELLERA GOMES³, ROSIANE BERENICE NICOLOSO DENARDIN⁴,
LUIS ARMANDO ZAGO MACHADO⁵ e GERZY ERNESTO MARASCHIN⁶

RESUMO - O manejo de animais com diferentes lotações em pastagens naturais pode afetar algumas propriedades físicas do solo, aumentando sua suscetibilidade à erosão hídrica e diminuindo sua capacidade produtiva. Assim, a utilização das pastagens naturais, visando a uma produtividade sustentada, necessita maiores informações sobre as relações solo-planta-animal. O trabalho, efetuado em 1993, objetivou avaliar a densidade aparente, porosidade total e distribuição de tamanho de poros, diâmetro médio ponderado dos agregados, taxa de infiltração de água e os teores de cálcio e magnésio no solo de uma pastagem natural. Foram estudados os seguintes níveis de oferta de forragem (equivalentes a diferentes níveis de pressão de pastejo): 4, 8, 12 e 16%, em um solo Podzólico Vermelho-Amarelo com declives moderados. Os resultados obtidos indicaram uma significativa diminuição da taxa de infiltração de água no solo, além de uma tendência de diminuições da porosidade e diâmetro médio ponderado dos agregados e de aumento da densidade aparente do solo nos tratamentos com menor oferta de forragem (4 e 8%), equivalentes às maiores pressões de pastejo. Constatou-se, ainda, uma diminuição nos teores de cálcio e magnésio na camada de 0-3 cm de profundidade no tratamento de menor oferta de forragem (4%).

Termos para indexação: densidade aparente do solo, taxa de infiltração de água, estabilidade de agregados em água, pressão de pastejo.

SOIL PHYSICS PROPERTIES AND THEIR RELATION TO DIFFERENT LEVELS OF FORAGE SUPPLY ON A NATURAL PASTURES

ABSTRACT - Animal management with different allotment can affect some important soil physical properties on natural pastures, increasing soil susceptibility to water erosion and decreasing its productive capacity. Therefore, more information about the relationships among soil, plant and animal are necessary to improve to sustainability in the use of natural pastures. The experiment was conducted in 1993, with the objective of evaluating soil aparent density, total porosity, pore diameter distribution, weighed average diameter of aggregates, water infiltration rate on natural pasture submitted to different animal allotments. Four levels of forage supply were studied: 4, 8, 12 and 16%, on soil sandy loam red-yellow podzolic (Paleudult). The results showed a significant decrease on soil water infiltration rate in the lower levels of forage supply (4 and 8%). There was also a trend of decreasing total porosity and weighed average diameter of aggregates and of increasing soil aparent density in treatments with higher grazing pressure and lower forage availability. Calcium and magnesium contents were lower at the first 3 cm of the soil under 4% of forage supply than in the other treatments.

Index terms: soil density, soil water infiltration rate, water aggregates stability.

¹ Aceito para publicação em 29 de dezembro de 1997. Trabalho desenvolvido com recursos dos Departamentos de Solos e Fitotecnia da UFRGS.

² Eng. Agr., Dep. de Solos, CAV/UDESC, Caixa Postal 281, CEP 88520-000 Lages, SC. Bolsista do CNPq. E-mail: a2ib@cav.udesc.br

³ Eng. Agr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen), Caixa Postal 02372, CEP 70849-970 Brasília, DF.

⁴ Eng^a Agr^a, Faculdade de Agronomia, UNOESC, Caixa Postal, CEP 89809-000 Chapecó, SC.

⁵ Eng. Agr., Embrapa-Centro de Pesquisa de Pecuária dos Campos Sul-Brasileiros (CPPSUL), CEP 96400-970 Bagé, RS.

⁶ Eng. Agr., Prof. Adj., Dep. de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, UFRGS, Caixa Postal 227, CEP 90001-970 Porto Alegre, RS.

INTRODUÇÃO

As pastagens naturais contribuem expressivamente com a economia do Rio Grande do Sul, fornecendo aproximadamente 90% da forragem utilizada na alimentação do rebanho bovino e ovino. Ocupam cerca de 51% da área total do estado (Mohr dieck, 1980), abrangendo vários tipos de solos. Por isso, apresentam também uma elevada contribuição para a conservação do solo, água, fauna e flora e para as atividades de lazer. No entanto, a utilização dessas pastagens naturais tem sido feita de maneira imprópria e, na maioria das vezes, com o estabelecimento de lotações animais (cargas animais) inadequadas em relação à capacidade de produção e à aptidão agrícola das terras.

O manejo inadequado das pastagens naturais pode ser apontado como um dos principais fatores dos baixos índices zootécnicos verificados nas explorações bovina e ovina no Rio Grande do Sul. Um programa de pesquisa em pastagem natural, que vise aumentar a produção animal, deve considerar também a necessidade de obter informações sobre as relações solo-planta-animal, por meio de estudos dos efeitos da pressão de pastejo sobre as propriedades físicas e químicas do solo.

Variando-se os níveis de oferta de forragem, equivalentes a níveis de pressão de pastejo, é possível avaliar a real capacidade de produção animal das pastagens naturais. Assim, pode-se buscar o ponto ótimo de oferta de forragem, no qual é possível maximizar os ganhos por animal e por área, sem degradar as pastagens. A oferta de forragem é expressa pela relação entre a massa de matéria seca produzida por área de terreno e 100 kg de peso vivo de animal. Estudos dessa natureza podem permitir, ainda, detectar o nível crítico de oferta de forragem, equivalente à uma pressão de pastejo, quanto às alterações nas propriedades físicas e químicas do solo.

A intensidade de desfolhamento das pastagens naturais e a pressão de pastejo ocasionada pelo pisoteio dos animais são distintos nos diferentes níveis de oferta de forragem. Nos menores níveis, onde a pressão de pastejo é maior, o desfolhamento das pastagens é mais severo, causando um maior estresse nas plantas. O desfolhamento mais intenso das pastagens caracteriza-se por uma maior remoção

da parte aérea, o que obriga as pastagens a utilizarem as reservas contidas nas raízes, paralisando o crescimento do sistema radicular, em detrimento da recuperação da parte aérea (Taylor, 1981).

O manejo dos animais sobre as pastagens naturais implica modificações nas propriedades físicas do solo a médio e longo prazos (Alderfer & Robinson, 1947). A pressão aplicada pelo pisoteio dos animais ocasiona alterações na densidade aparente e porosidade do solo, especialmente nos primeiros 3 a 6 cm de profundidade (Gradwell, 1960, 1966). Provavelmente, ocorrem também modificações na resistência dos agregados e infiltração de água no solo. Tais alterações nas propriedades físicas do solo podem refletir no desenvolvimento do sistema radicular e produção de massa da parte aérea das pastagens (Federer et al., 1961; Gradwell, 1966). O pastejo indiscriminado, sem adequado manejo das pastagens naturais, pode provocar, ainda, um empobrecimento do solo por erosão hídrica pela diminuição da cobertura superficial. Este empobrecimento também pode ser agravado, em decorrência da extração de nutrientes pelos animais ao consumirem a forragem, embora parte dessa forragem consumida retorne ao solo através dos dejetos, contribuindo para a reciclagem de nutrientes.

Este estudo teve como objetivo avaliar as alterações na densidade aparente, porosidade total e distribuição do tamanho de poros, estabilidade de agregados em água, infiltração de água e os teores de cálcio e magnésio trocáveis de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo, submetido a diferentes níveis de pressão de pastejo equivalentes a diversos níveis de oferta de forragem.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, localizada no km 49 da BR 290, no município de Eldorado do Sul, situada na região fisiográfica da Depressão Central do Rio Grande do Sul, a 30° 5' 55" latitude Sul, com altitude média de 46 m. O clima é do tipo Cfa, subtropical úmido, segundo Köppen.

Estudou-se em 1993 uma pastagem natural representativa da região, que vinha sendo submetida, desde 1986, aos níveis de oferta de forragem de 4, 8, 12 e 16%, sobre um solo Podzólico Vermelho-Amarelo, com a seguinte

granulometria na camada de 0-20 cm de profundidade: 25% de areia grossa, 15% de areia fina, 30% de argila e 30% de silte. O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso, com duas repetições, totalizando oito parcelas experimentais com área aproximada de um hectare cada uma. Em cada parcela experimental foram coletadas amostras em dois locais diferentes e em três profundidades, totalizando 24 amostras do solo.

As propriedades físicas do solo: densidade aparente, microporos, macroporos e porosidade total foram obtidas utilizando-se amostras do solo indeformadas. Elas foram coletadas com anéis de 3 cm de altura por 8,5 cm de diâmetro nas profundidades de 0-3 e 3-6 cm e, na profundidade de 10-15 cm, com anéis de 5 cm de altura por 8,5 cm de diâmetro, conforme método descrito por Forsythe (1975). A estabilidade de agregados em água foi determinada pelo método descrito por Tisdall et al. (1978), nas mesmas profundidades acima referidas, cujo diâmetro médio ponderado (DMP) foi calculado conforme Van Bavel (1949). A taxa de infiltração de água no solo foi avaliada durante duas horas, utilizando-se cilindros concêntricos com carga variável, conforme Forsythe (1975).

Na caracterização química do solo, feita nas mesmas profundidades acima referidas, foram determinados os teores de cálcio e magnésio trocáveis conforme Catani & Jacintho (1974), e a matéria orgânica, pelo método de Walkley & Black, descrito em Black (1965).

Os dados foram analisados utilizando-se regressão linear simples e regressão não-linear.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade do solo normalmente é alterada pela pressão mecânica exercida sobre ele (Baver et al., 1972), a qual pode ser influenciada pelo pisoteio animal (Gradwell, 1966; Bertol & Santos, 1995) e, ainda, pela desagregação ocasionada pelo preparo excessivo do solo (Bertol, 1989; Bertol & Santos, 1995). Na profundidade de 0-3 cm, a densidade aparente do solo diminuiu nos níveis mais baixos de oferta de forragem (4, 8 e 12%), aumentando no nível mais alto (16%) (Fig. 1). Isto é explicado porque os diferentes níveis de oferta de forragem ocasionaram distintos perfis de cobertura do solo pela pastagem. As áreas com menor disponibilidade de forragem tenderam a ser ocupadas por espécies prostradas, de menor massa vegetal, as quais possuem gemas na superfície do solo, com aspecto de "campo de golfe". No entanto, nas áreas com maior oferta de forragem a vegetação apresentava-se mais abundante e

desuniforme, com dois estratos distintos, em forma de "mosaico", formando um estrato superior, com muitas espécies cespitosas, semelhante ao observado por Girardi-Deiro & Gonçalves (1985). Nessas áreas, os animais transitavam preferencialmente pelos locais mais limpos, formando trilhas de caminhamento, aumentando a degradação das propriedades físicas da superfície do solo pelo pisoteio mais intenso. Nessas trilhas, onde foram coletadas as amostras do solo para análise, as propriedades do solo estavam tão ou mais alteradas do que nos tratamentos de menor oferta de forragem, equivalentes a maior pressão animal.

A porosidade total mostrou, em geral, uma tendência inversa da densidade aparente, nos diferentes níveis de oferta de forragem estudados (Fig. 2). O aumento na densidade aparente do solo nos níveis mais baixos de oferta de forragem resultou numa diminuição da porosidade total nesses tratamentos. Isto indica um reflexo negativo do pisoteio animal sobre essas propriedades do solo até a profundidade estudada, concordando em parte com dados obtidos por Federer et al. (1961). De modo geral, os valores de porosidade total foram muito baixos, o que

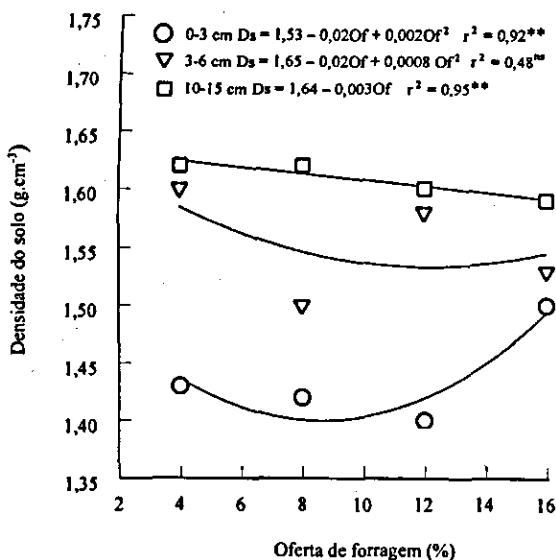


FIG. 1. Densidade aparente (Ds) em três profundidades de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo submetido a diferentes níveis de oferta de forragem (Of).

refletiu na distribuição de tamanho de poros e, certamente, na taxa de infiltração de água no solo. Também na porosidade total o nível mais alto de oferta de forragem foi diferente dos demais níveis, pelas mesmas razões já discutidas na densidade aparente.

A distribuição do tamanho de poros é um dos principais parâmetros físicos que condiciona as taxas de infiltração de água e difusão de oxigênio no solo e a sua capacidade de retenção de água (Baver et al., 1972). O aumento da densidade aparente do solo (Fig. 1), que resultou na diminuição da porosidade total (Fig. 2), ocasionou, primeiramente, uma diminuição dos macroporos (Fig. 3) e, secundariamente, um aumento dos microporos (Fig. 4) nos tratamentos com menor oferta de forragem. Isto refletiu no comportamento da taxa de infiltração de água. Na camada de 3-6 cm de profundidade, a diminuição da porcentagem de macroporos, em decorrência da diminuição da oferta de forragem e conseqüente au-

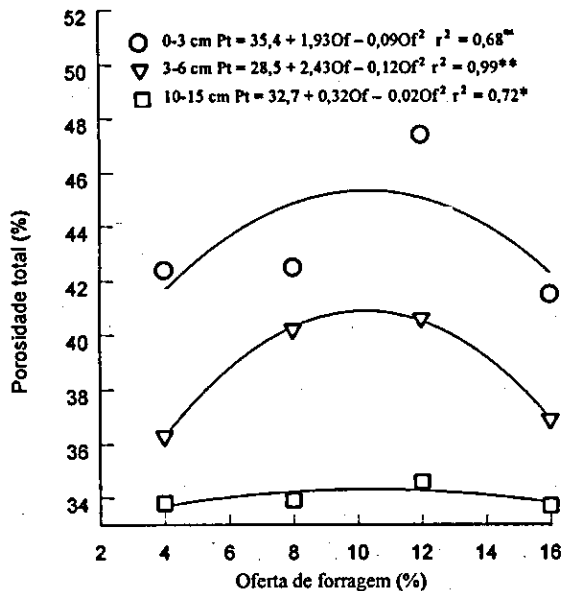


FIG. 2. Porosidade total (Pt) calculada em três profundidades de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo submetido a diferentes níveis de oferta de forragem (Of).

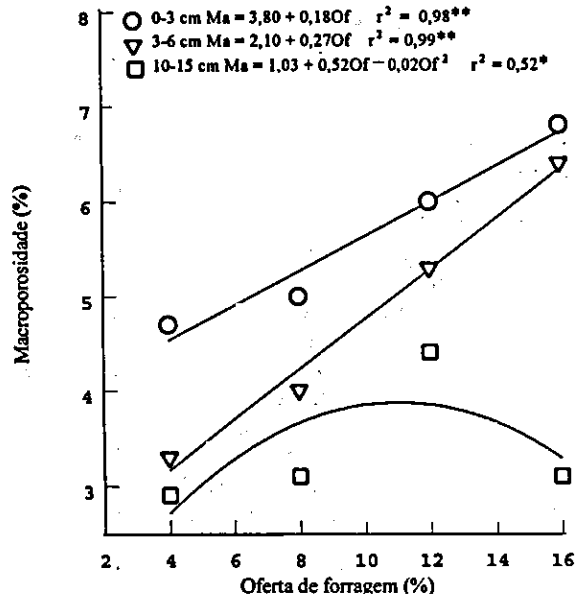


FIG. 3. Macroporosidade (Ma) em três profundidades de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo sub-

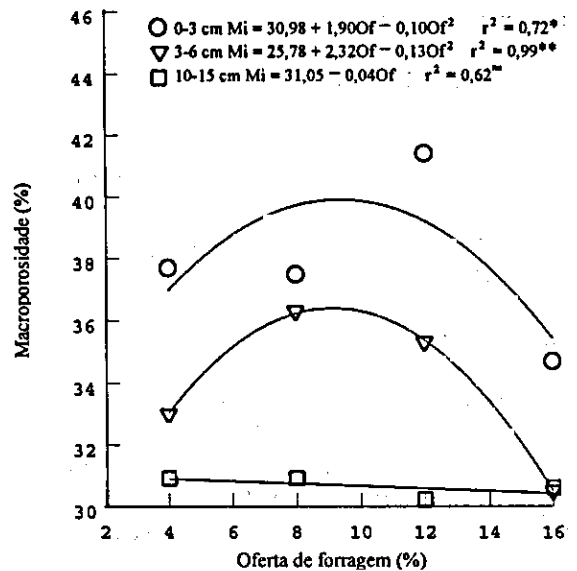


FIG. 4. Microporosidade (Mi) em três profundidades de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo submetido a diferentes níveis de oferta de forragem (Of).

pelo pisoteio animal foi transmitida da camada superficial (0-3 cm) para a camada imediatamente abaixo (3-6 cm), não atingindo a camada abaixo dos 6 cm de profundidade, de acordo com dados obtidos por outros autores (Gradwell, 1960; Federer et al., 1961).

A distribuição do tamanho de poros no solo condiciona a difusão de oxigênio e a drenagem da água que ocorrem predominantemente nos macroporos, bem como a capacidade do solo de retenção de água disponível à baixa energia que ocorre predominantemente nos microporos por capilaridade e tensão superficial. A relação ideal entre microporos e porosidade total do solo, para um desenvolvimento satisfatório das plantas, é de 0,67 (Kiehl, 1979). Tal condição facilita tanto uma rápida drenagem do excesso de água através dos macroporos após uma chuva, permitindo adequada aeração do solo, quanto a armazenagem de um volume de água relativamente alto retido à baixa energia nos microporos e facilmente disponível às plantas por um período de tempo relativamente longo após uma chuva. Em todos os tratamentos, a relação entre microporos e porosidade total ultrapassou o valor 0,67 (Fig. 5), com alguns valores superando 0,85. Isto dá uma idéia dos aumentos no volume de microporos

e no adensamento do solo, com conseqüente degradação da estrutura, especialmente nas camadas de 0-3 e 3-6 cm de profundidade, ocasionada pelo pisoteio dos animais, com reflexos negativos especialmente na taxa de infiltração de água no solo.

A resistência do solo à desagregação pode ser avaliada pela estabilidade que os agregados apresentam quando submetidos ao choque pela água por determinado período de tempo (Tisdall et al., 1978). No entanto, este parâmetro não avalia a qualidade estrutural do solo, quanto à distribuição de tamanho de poros (Forsythe, 1975). Assim, é possível que um solo adensado, com a estrutura degradada, apresente uma alta estabilidade de agregados em água e, ao mesmo tempo, uma relação entre microporos e porosidade total completamente alterada em relação à ideal. Solos com maior estabilidade de agregados em água apresentam maior diâmetro médio de agregados. No entanto, é comum solos submetidos a menores pressões mecânicas e menos degradados apresentarem maior estabilidade de agregados, com conseqüente maior diâmetro médio ponderado de agregados, do que outros, mais degradados (Tisdall et al., 1978). O diâmetro médio ponderado dos agregados aumentou com a elevação da oferta de forra-

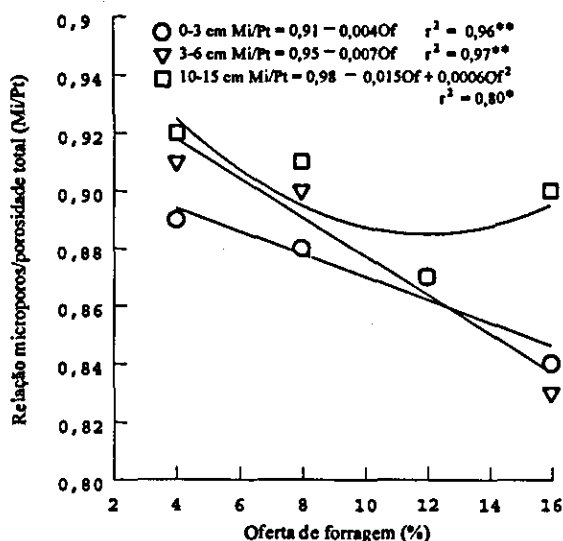


FIG. 5. Relação entre microporos e porosidade total (Mi/Pt) em três profundidades de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo submetido a diferentes níveis de oferta de forragem (Of).

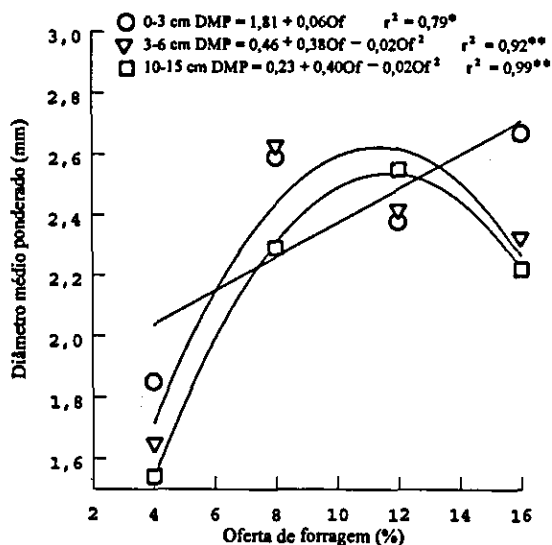


FIG. 6. Diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados em três profundidades de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo submetido a diferentes níveis de oferta de forragem (Of).

gem na profundidade de 0-3 cm e, nas demais profundidades estudadas, até o nível de 12% de oferta de forragem (Fig. 6). Isto indica que o aumento da oferta de forragem, com possível aumento no volume de raízes das espécies vegetais que compunham a pastagem, refletiu positivamente na estrutura do solo. Com isto, o solo tornou-se mais resistente à desagregação, aumentando o diâmetro médio ponderado dos agregados nos tratamentos com maior oferta de forragem e conseqüente menor pressão de pastejo. Observa-se ainda que, de modo geral, todos os tratamentos apresentaram reduzido diâmetro médio ponderado dos agregados. Isto pode ser decorrente, entre outros fatores, dos baixos conteúdos médios de argila (30%) e matéria orgânica (Fig. 7) na camada do solo estudada. Os teores de argila e matéria orgânica são fatores importantes na agregação do solo (Tisdall et al., 1978).

O nível de matéria orgânica do solo está relacionado, entre outros fatores, com a quantidade de resíduos vegetais adicionados ao solo, com as perdas por erosão hídrica, com o grau de decomposição dos resíduos e com a intensidade da mineralização dos compostos orgânicos decorrentes da decomposição. Em todas as profundidades estudadas houve um

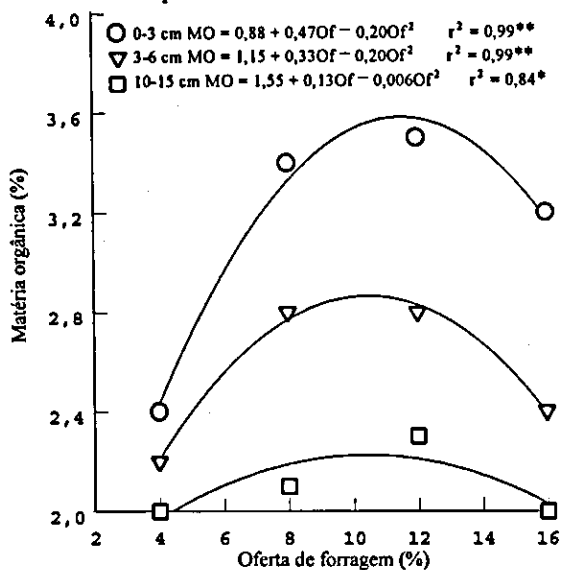


FIG. 7. Matéria orgânica (MO) em três profundidades de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo submetido a diferentes níveis de oferta de forragem (Of).

aumento no teor de matéria orgânica do solo com o aumento da oferta de forragem, até o nível de 12% (Fig. 7), em decorrência da maior quantidade de restos vegetais da pastagem mantida no solo nos tratamentos com maior oferta de forragem. Contribuiu para isto a provável menor erosão hídrica ocorrida nesses tratamentos, ocasionada pela maior cobertura superficial do solo pela pastagem mais densa.

A taxa de infiltração de água no solo é a propriedade física pela qual melhor se pode avaliar a qualidade estrutural do solo, especialmente quanto à distribuição do tamanho de poros e à resistência dos agregados à energia cinética da chuva e à pressão mecânica (Duley, 1939). Solos fisicamente degradados e com baixa estabilidade estrutural apresentam rápida diminuição da taxa de infiltração de água logo após o início das chuvas, estabilizando-se em valores muito baixos em relação às iniciais (Duley, 1939; Bertol, 1989; Bertol & Santos, 1995). A taxa de infiltração de água no solo diminuiu com a redução da oferta de forragem (Fig. 8), equivalente a um aumento da pressão animal pelo pisoteio. Tal comportamento é explicado pela reduzida percentagem de macroporos (Fig. 3) ocasionada pela pressão exercida pelos cascos dos animais. Os macroporos são responsáveis pelo movimento de percolação da água

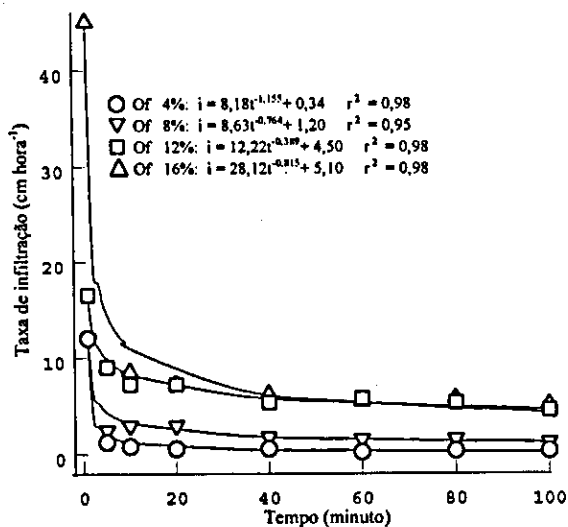


FIG. 8. Taxa de infiltração (i) de água em solo Podzólico Vermelho-Amarelo submetido a diferentes níveis de oferta de forragem (Of).

no solo (Baver et al., 1972). Assim, sua diminuição, com conseqüente aumento dos microporos (Fig. 4), ocasionou uma diminuição do movimento da água no perfil do solo, diminuindo a taxa de infiltração. O comportamento da taxa de infiltração da água indicou que a estrutura da superfície do solo encontrava-se degradada nos tratamentos de menor oferta de forragem (4 e 8%), equivalentes a maiores pressões de pastejo, em relação àqueles de maior oferta de forragem, equivalentes a menores pressões de pastejo.

Neste trabalho, a taxa de infiltração de água no solo foi considerada constante aproximadamente aos 100 minutos após o início dos testes, com valores de 0,34, 1,20, 4,50 e 5,10 cm.h⁻¹, respectivamente nos níveis de oferta de forragem de 4, 8, 12 e 16% (Fig. 8). Levando-se em consideração que o método utilizado (anéis concêntricos com uma lâmina de água que ocasiona uma pressão hidráulica) superestimou a taxa de infiltração em cerca de cinco vezes (Forsythe, 1975), ela seria da ordem de 0,068, 0,24, 0,90 e 1,02 cm.h⁻¹ nos respectivos níveis de oferta de forragem, se os tratamentos fossem submetidos a uma chuva. Esses valores de taxa infiltração podem ser considerados muito baixos, especialmente os referentes aos níveis de 4 e 8% de oferta de forragem, equivalentes às maiores pressões de pastejo. Isto indica que, especialmente nesses dois tratamentos, o solo apresentava-se com alto grau de degradação física, embora tal fato não tenha ficado completamente claro quando da análise das demais propriedades físicas do solo, feita anteriormente. No local do estudo é comum a ocorrência de chuvas com intensidades maiores do que as taxas constantes de infiltração obtidas nos tratamentos de menor oferta de forragem, gerando altas taxas de enxurrada e, conseqüentemente, possíveis perdas de sedimentos e nutrientes por erosão hídrica. Assim, pode-se inferir que os tratamentos de menor oferta de forragem (4 e 8%), equivalentes às maiores pressões de pastejo, apresentavam alto grau de alteração da estrutura do solo.

A análise química do solo mostrou diferenças nos teores de cálcio e magnésio, entre os tratamentos estudados, na camada de 0-3 cm de profundidade (Figs. 9 e 10). O teor de cálcio foi maior nos tratamentos com 8, 12 e 16% de oferta de forragem (Fig. 9),

enquanto o teor de magnésio foi maior naqueles com 12 e 16% (Fig. 10). O tratamento de menor oferta de forragem (4%) apresentou os menores valores de

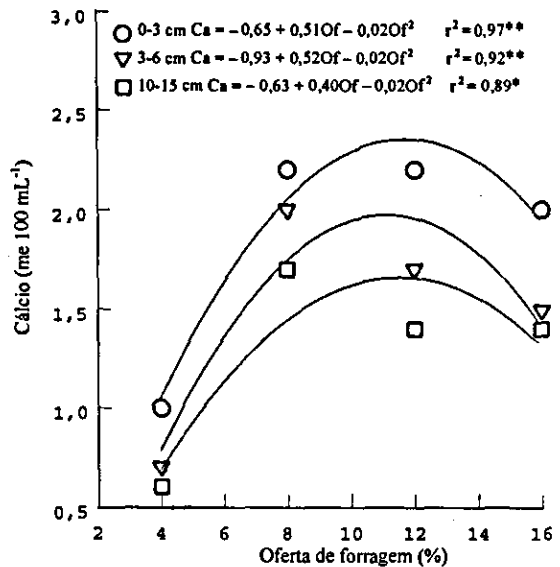


FIG. 9. Cálcio (Ca) em três profundidades de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo submetido a diferentes níveis de oferta de forragem (Of).

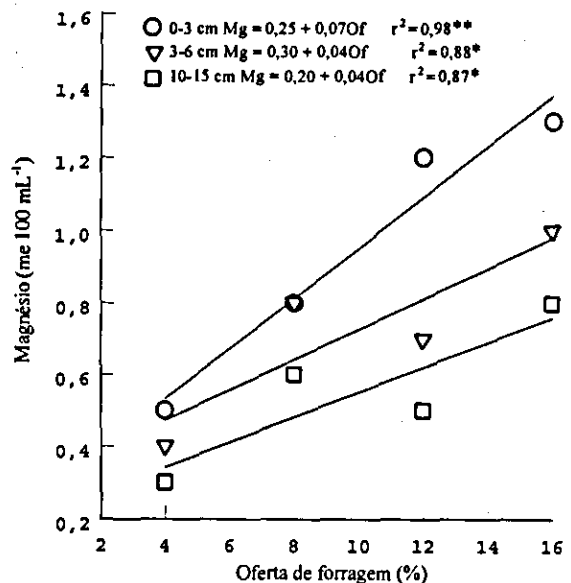


FIG. 10. Magnésio (Mg) em três profundidades de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo submetido a diferentes níveis de oferta de forragem (Of).

cálcio e magnésio. Essa diminuição de cálcio e magnésio com a diminuição da oferta de forragem equivalente ao aumento da carga animal, pode ter sido ocasionada pela exportação através do pastejo. Tais resultados podem ser parcialmente explicados, ainda, pela perda de nutrientes por erosão hídrica possivelmente ocorrida no tratamento de 4% de oferta de forragem, em função da menor cobertura superficial do solo. É possível que as partículas de solo de menor diâmetro, mais ricas em nutrientes, tenham sido desagregadas e transportadas em maior quantidade por erosão hídrica nesse tratamento, durante o período de condução do experimento. Ainda, é possível que nos tratamentos de maior oferta de forragem tenha ocorrido uma maior reciclagem de nutrientes, decorrente da sobra de maior quantidade de forragem na parte aérea que, ao ser decomposta e mineralizada, tenha liberado maiores quantidades de nutrientes para o solo.

CONCLUSÕES

1. Algumas propriedades físicas e químicas na superfície do solo são alteradas pelo manejo controlado das pastagens.
2. A diminuição da oferta de forragem com consequente aumento da pressão de pastejo diminui a taxa de infiltração de água no solo e, em geral, aumenta a densidade aparente e diminui a porosidade e estabilidade dos agregados em água na camada superficial do solo.
3. O manejo controlado das pastagens altera fortemente a relação entre microporos e porosidade total na superfície do solo.
4. A diminuição da oferta de forragem em geral diminui os teores de cálcio e magnésio na camada superficial do solo.

REFERÊNCIAS

- ALDERFER, R.B.; ROBINSON, R.R. Runoff from pastures in relation to grazing intensity and soil compaction. *Journal of American Society of Agronomy*, Madison, v.39, p.948-958, 1947.
- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. Soil structure - evaluation and agricultural significance. In: BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. *Soil physics*. 4.ed. New York: John Wiley & Sons, 1972. Ch.5, p.178-223.
- BERTOL, I. Degradação física do solo sob a cultura do alho. *Revista Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v.2, n.2, p.47-50, 1989.
- BERTOL, I.; SANTOS, J.C.P. Uso do solo e propriedades físico-hídricas no Planalto Catarinense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.30, n.2, p.263-267, 1995.
- BLACK, C.A. *Methods of Soil Analysis: Part 2 - Chemical and Microbiological Properties*. Madison: American Society of Agronomy, 1965. 1159p.
- CATANI, R.A.; JACINTHO, A.O. *Avaliação da fertilidade do solo. Métodos de análise*. São Paulo: Ed. Ave Maria, 1974. 61p.
- DULEY, F.L. Surface factors affecting the rate of intake of water by soils. *Soil Science Society of America. Proceedings*, Madison, v.4, p.60-64, 1939.
- FEDERER, C.A.; TENPAS, G.H.; SCHMITD, D.R.; TANNER, C.B. Pasture soil compaction by animal traffic. *Agronomy Journal*, Madison, v.53, p.53-54, 1961.
- FORSYTHE, W. *Física de solos; manual de laboratório*. New York: University Press, 1975. 324p.
- GIRARDI-DEIRO, A.M.; GONÇALVES, J.O.N. *Estrutura da vegetação de campo natural submetido a três cargas animais na região sudoeste do Rio Grande do Sul*. Bagé: Embrapa, 1985. 55p. (Boletim de Pesquisa, 1)
- GRADWELL, M.W. Changes in the pore-space of a pasture topsoil under animal treading. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, New Zealand, v.4, p.663-674, 1960.
- GRADWELL, M.W. Soil moisture deficiencies in puddled pastures. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, New Zealand, v.9, p.127-136, 1966.
- KIEHL, E.J. *Manual de Edafologia; relação solo-planta*. São Paulo: Ceres, 1979. 263p.
- MOHRDIECK, K.H. Formações campestres do Rio Grande do Sul. In: SEMINÁRIO SOBRE PASTAGENS "DE QUE PASTAGENS NECESSITAMOS", Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: FARSUL, 1980. p.18-27.
- TAYLOR, H.M. Managing root systems to reduce plant water deficits. In: MEHTA, Y.R. *The soil/root system in relation to Brazilian agriculture*. Londrina: IAPAR, 1981. p.45-60.
- TISDALL, J.M.; COCKROFT, B.; UREN, N.C. The stability of soil aggregates as affected by organic materials, microbial activity and physical disruption. *Australian Journal of Soil Research*, v.16, p.9-17, 1978.
- VAN BAVEL, C.H.M. Mean weight-diameter of soil aggregates as a statistical index of aggregation. *Soil Science Society of America. Proceedings*, Madison, v.38, p.826-830, 1949.