

TEMPO DE USO AGRÍCOLA E PROPRIEDADES QUÍMICAS DE DOIS LATOSSOLOS DO PLANALTO MÉDIO DO RIO GRANDE DO SUL⁽¹⁾

E. PERIN⁽²⁾, C. A. CERETTA⁽³⁾ & E. KLAMT⁽⁴⁾

RESUMO

Os Latossolos, que predominam na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul sob vegetação de mata, foram incorporados ao uso agrícola a partir de 1920, enquanto os solos sob vegetação de campo foram explorados a partir da década de 1960. Estes solos sofreram alterações em suas propriedades químicas com o intenso uso agrícola, principalmente com culturas anuais como soja e milho. Este estudo teve como objetivo avaliar a influência do tempo de uso agrícola sobre propriedades químicas de dois Latossolos, no município de Fortaleza dos Valos (RS). Coletaram-se amostras de perfis de um Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd) textura argilosa e de Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd) textura média, sob cobertura vegetal natural de floresta e campo, respectivamente, em situação de topo de coxilha e de perfis destes solos sob uso agrícola por períodos que variaram de oito até mais de 33 anos. Foram determinados os teores de argila, matéria orgânica, P e K disponíveis e totais, Ca, Mg e Al trocáveis e pH. Calculou-se a saturação por bases (V) e por alumínio (m). Os resultados mostraram que a diminuição no teor de matéria orgânica do solo com o tempo de uso agrícola foi perceptível, quando originalmente os solos eram de florestas, enquanto em solos de campo nativo o uso agrícola promoveu acréscimo no teor de matéria orgânica. Nutrientes como Ca e Mg tiveram incremento no solo com o tempo de uso agrícola, ao contrário do Al, que diminuiu seu teor e saturação em profundidade. Por essa razão, os perfis que apresentavam caráter álico sob vegetação nativa passaram a ser distróficos quando com mais tempo de uso agrícola. Com o tempo de uso agrícola os incrementos de P total foram evidentes nos horizontes superficiais, enquanto os incrementos de K total também ocorreram em profundidade.

Termos de indexação: uso do solo, matéria orgânica, nutrientes.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor junto ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Recebido para publicação em dezembro de 2001 e aprovado em maio de 2003.

⁽²⁾ Engenheiro-Agrônomo, EMATER-PR. Rua Presidente Kennedy 1493, CEP 85640-000 Ampére (PR). E-mail: perin@ampernet.com.br

⁽³⁾ Professor Titular do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. CEP 97105-900 Santa Maria (RS). Bolsista do CNPq. E-mail: ceretta@ccr.ufsm.br

⁽⁴⁾ Professor Titular Aposentado, Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. CEP 90001-970 Porto Alegre (RS). E-mail: fklamt@zaz.com.br

SUMMARY: *TIME OF AGRICULTURAL USE AND CHEMICAL PROPERTIES OF TWO FERRALSOLS IN THE PLANALTO MÉDIO REGION OF THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL*

From 1920 on, Ferralsols of the Planalto Médio region in the State of Rio Grande do Sul, Brazil, originally under forest vegetation, were converted into agricultural land, while the same soils under grassland were converted in the 1960-ies. Thereafter, chemical soil properties were affected by intense cropping, mainly of soybean and corn. To evaluate how the time of agricultural land use affected two Ferralsols in the Fortaleza dos Valos county, State of Rio Grande do Sul, pedon samples of a clay textured dystrophic Red Latosol and a medium textured dystrophic Red Latosol were collected under forest and grassland vegetation, respectively, on the top of the landscape and from soils under agricultural cultivation for eight to over 33 years. Concentrations of clay and organic matter; available and total P and K; exchangeable Ca, Mg and Al; and pH were determined. Base (V%) and aluminium (m%) saturation were calculated. Where the soil had been forested the organic matter content decreased after longer periods of agricultural use. On the other hand, the organic matter content increased as the time of agricultural use increased where the soil vegetation had been native grass. Ca + Mg contents increased while Al content and saturation decreased with the time of agricultural use. Originally Al-saturated soils under native vegetation gradually turned into soils with less than 50% of base saturation through the agricultural use. The total soil P increased notably in the surface horizons, while the total soil K also increased in deeper layers.

Index terms: soil use, organic matter, nutrients.

INTRODUÇÃO

A vegetação original em Latossolos Vermelhos da região do Planalto Médio do estado do Rio Grande do Sul era de floresta subcaducifolia e de campo subúmido (Pampas). Nas condições naturais, estes solos são ácidos e apresentam teores baixos e médios de Ca, Mg, K, soma e saturação por bases, que diminuem com a profundidade, enquanto os teores trocáveis e a saturação por Al são crescentes em profundidade (Brasil, 1973). Essa distribuição dos elementos em profundidade está relacionada com sua dinâmica através do ciclo biológico.

O desmatamento, queima e cultivo agrícola em áreas de floresta, com exportação contínua de nutrientes, começou no início do século XX pelos imigrantes europeus, enquanto as áreas de campo foram incorporadas ao uso agrícola a partir da década de 60, com a introdução da motomecanização e a recuperação da fertilidade dos solos (Beck & Klamt, 1988). A partir desta década, os exauridos solos originalmente sob floresta foram também recuperados e voltaram a ser intensamente cultivados.

O uso agrícola desses Latossolos provocou, em muitos casos, redução no teor de matéria orgânica, enquanto com a calagem houve aumento no teor de Ca e Mg trocáveis e migração destes cátions no solo, com elevação do pH e diminuição no teor de Al trocável (Drescher et al., 1995). Com a adubação fosfatada ocorreu acúmulo de P disponível próximo à superfície do solo e, para o K disponível, verificou-se incremento ou diminuição, sem, contudo, observar-se migração no perfil do solo (Drescher et al., 1995). O declínio na fertilidade do solo sob uso agrícola em

relação ao solo original, quando não se utilizam corretivos e fertilizantes e manejo adequado, é amplamente descrito na literatura (Sanchez et al., 1983; Bowman et al., 1990; Cerri et al., 1991; Correa & Reichardt, 1995; Silva & Ribeiro, 1995; Cravo & Smyth, 1997; Tognon et al., 1997; Vale Júnior et al., 1998).

No Rio Grande do Sul, a partir da década de 1970, com a expansão da cultura da soja, intensificaram-se as práticas de cultivo em todo o Planalto Médio, com acentuada utilização de calcário, fertilizantes, pesticidas e mecanização, além de sistemas de manejo de solo com revolvimento, que favorecem o processo de degradação (Wünsche et al., 1980). Entretanto, a partir da década de 1990, expandiu-se o sistema plantio direto em toda a região, com marcante redução no processo erosivo.

É importante destacar a influência do tempo de uso agrícola sobre as características dos horizontes superficiais e subsuperficiais do solo. O objetivo deste trabalho foi determinar a influência do tempo de uso agrícola sobre as propriedades químicas de dois perfis de Latossolos Vermelhos, sendo um de textura média e outro de textura argilosa.

MATERIAL E MÉTODOS

As áreas de estudo localizam-se no município de Fortaleza dos Valos (RS), região fisiográfica do Planalto Médio. Os limites geográficos representados pelas suas coordenadas UTM são: limite leste e oeste 290.000-260.000; limite norte e sul 6.820.000-6.790.000. O clima regional é subtropical úmido,

tipo Cfa, com precipitação total anual de 1.727 mm, sendo janeiro o mês mais quente, com máxima normal de 30 °C, e julho o mês mais frio, com mínima normal de 8,6 °C. A altitude varia de 310 a 440 m. Os declives entre 0 e 8 % são predominantes, ocorrendo, eventualmente, encostas com 18 % ou mais. As formas de relevo são homogêneas, formadas por colinas regionalmente conhecidas como coxilhas (Coelho, 1999)

Perfis de Latossolos Vermelhos em áreas sob vegetação natural ou sob uso agrícola há vários anos foram coletados nos períodos de janeiro e fevereiro/1997 e agosto/1997, em situações de topo de coxilha. As áreas foram selecionadas por meio de fotografias aéreas, imagens de satélite e entrevistas com produtores rurais. As classes de solos amostradas foram: Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd) textura argilosa (unidade de mapeamento Passo Fundo) e Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd) textura média (unidade de mapeamento Cruz Alta), cuja vegetação original é floresta subtropical subcaducifólia e campo natural, respectivamente.

Nas áreas atualmente sob uso agrícola, foi utilizado, por muitos anos, o preparo convencional do solo com arado, grade e escarificador e, mais recentemente, foi adotado o sistema plantio direto. No momento da coleta das amostras de solo, a maioria dos perfis sob uso agrícola encontrava-se no sistema plantio direto. Os tempos de uso do solo sob plantio direto dos perfis do LVd textura argilosa variaram de 1 a 8 anos e do LVd textura média variaram de 2 a 6 anos. Nas áreas amostradas, predominava o cultivo de soja e milho no verão, enquanto, no inverno, partes das áreas eram cultivadas com aveia e trigo ou permaneciam em pousio. A utilização de fertilizantes minerais e calcário foi generalizada, mas em quantidades inferiores às recomendadas para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CFSRS/SC, 1995).

Foram efetuadas amostragens de solo em três perfis por classe de tempo de uso no LVd textura argilosa: tempo zero (T0) = mata; tempo um (T1) = incorporados ao uso entre 1979-1989 (8-18 anos de uso); tempo dois (T2) = entre 1964-1979 (18-33 anos de uso); tempo três (T3) = incorporados anteriormente a 1964 (> 33 anos de uso). No LVd textura média, amostrou-se o solo em dois perfis por classe de tempo de uso: T0 = campo nativo; T1 = incorporados ao uso entre 1975-1989 (8-22 anos de uso); T2 = entre 1964-1975 (22-33 anos de uso), T3 = anteriormente a 1964 (> 33 anos de uso). Em cada perfil, coletaram-se amostras de solo nos horizontes A1/Ap, AB, BA e Bw com abertura de trincheira (0,50 x 0,50 x 0,50 m) e, a partir de 0,50 m, com trado, até uma profundidade mínima de 1,0 m. O período de tempo de incorporação dos solos ao uso agrícola foi determinado pela análise de fotografias aéreas de 1964 e 1975 e de imagens de satélite de 1979 a 1989. No caso de dúvidas, os agricultores foram entrevistados.

Nas amostras de solo, foram determinados pH em água, os teores de matéria orgânica, Al, Ca e Mg trocáveis e P e K disponíveis (Tedesco et al., 1995). Os teores de fósforo e potássio totais foram determinados por ataque sulfúrico com H₂SO₄ 1:1. Optou-se pela extração com H₂SO₄ para o K total pela maior simplicidade do método em relação ao método do HF. Além disso, foram feitos testes com seis amostras, quando ficou demonstrado que a extração com H₂SO₄ 1:1 representou de 75 a 85 % do K total extraído com HF (EMBRAPA, 1997a). H + Al foi determinado com solução de acetato de Ca 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0 e titulado com NaOH 0,0606 mol L⁻¹, conforme EMBRAPA (1997a). Calculou-se a saturação por Al (m) e por bases (V), sendo a CTC obtida a partir da soma de bases e H + A). Os teores médios de argila no horizonte A1/Ap foram de 338 e 198 g kg⁻¹, no LE textura argilosa e LE textura média, respectivamente (Quadro 1).

Por se tratar de um levantamento de campo, optou-se pela realização de equações de regressão, para estudar estatisticamente as variações dos atributos químicos de solo de acordo com o tempo de uso agrícola, dentro de cada horizonte, para cada solo, e de correlações, para verificar a relação entre alguns atributos do solo. O número de dados utilizados (n) para cada variável para o LVd textura argilosa foi n = 12. Entretanto, para o LVd textura média, utilizou-se n = 8. A escolha das equações de regressão ajustadas foi baseada no critério de nível de significância (P < 5 %) e maior coeficiente de determinação, enquanto a das correlações baseou-se nos níveis de significância que foram variáveis. O estabelecimento das equações de regressão foi feito por meio do aplicativo estatístico SAEG (Ribeiro Junior, 2001), enquanto os coeficientes de correlação foram avaliados pelo aplicativo estatístico SOC (EMBRAPA, 1997c).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tempo de uso agrícola e alterações nos teores de matéria orgânica

No solo LVd textura argilosa, constatou-se declínio no teor de matéria orgânica (MO) com o tempo de uso agrícola, principalmente no horizonte superficial (Figura 1a). Originalmente (T0), o solo apresentava 3,0 dag kg⁻¹ de MO no horizonte superficial, mas, nos perfis com mais de 33 anos de uso agrícola (T3), o teor foi reduzido para 2,3 dag kg⁻¹. A redução dos teores de matéria orgânica no horizonte superficial do LVd textura argilosa é comprovada estatisticamente por meio da equação de regressão: $\hat{y} = 2,93 - 0,02x$, em que y = MO (dag kg⁻¹) e x = tempo (ano), R² = 0,30, com nível de significância $\alpha = 0,05$. Com o uso agrícola tende-se à redução no teor de MO pelo aumento na taxa de

Quadro 1. Teores de argila, matéria orgânica, cálcio e alumínio em perfis (P) que representam pontos amostrados em áreas com tempos (T) de uso agrícola

Perfil	Horizonte															
	Al/Ap				AB				BA				BW			
	Arg	MO	Ca ²⁺	Al ³⁺	Arg	MO	Ca ²⁺	Al ³⁺	Arg	MO	Ca ²⁺	Al ³⁺	Arg	MO	Ca ²⁺	Al ³⁺
— g kg ⁻¹ —		— cmolc dm ⁻³ —		— g kg ⁻¹ —		— cmolc dm ⁻³ —		— g kg ⁻¹ —		— cmolc dm ⁻³ —		— g kg ⁻¹ —		— cmolc dm ⁻³ —		
LVd textura argilosa																
P1-TO	326	26	4,2	2,0	359	16	1,3	4,0	461	9	0,8	4,0	534	5	0,6	4,0
P2-TO	284	29	1,3	3,2	295	17	0,6	3,5	335	11	0,5	4,0	400	5	0,4	4,5
P3-TO	407	35	7,2	0,1	412	25	2,2	2,7	415	21	1,4	3,1	516	13	1,7	2,4
P1-T1	341	23	9,0	0,0	397	13	5,8	0,2	470	9	1,6	3,4	534	4	1,3	3,6
P2-T1	294	26	3,1	2,0	326	14	0,9	3,9	381	10	0,9	3,7	375	15	0,6	3,4
P3-T1	358	30	8,1	0,0	409	11	5,0	0,2	476	9	3,1	1,1	580	5	1,6	2,6
P1-T2	379	14	4,0	1,0	465	05	2,2	2,5	586	4	2,4	2,5	615	4	1,8	2,5
P2-T2	365	34	9,2	0,0	357	21	4,6	0,4	421	17	2,5	2,0	538	10	1,7	2,5
P3-T2	397	24	6,4	0,0	472	14	3,1	1,7	542	12	1,6	3,0	563	5	1,3	3,1
LVd textura média																
P1-T3	339	21	5,0	0,3	515	10	3,1	1,3	473	7	3,1	1,5	531	4	2,9	1,2
P2-T3	333	24	5,6	0,3	402	21	3,0	1,4	435	14	2,1	2,1	564	5	1,6	2,1
P3-T3	345	24	5,0	0,1	408	20	2,7	1,2	490	17	2,4	1,7	603	7	1,7	1,6
P1-TO	211	20	1,2	1,6	240	1,6	0,9	2,4	304	12	1,2	2,3	354	9	1,3	2,4
P2-TO	165	17	0,6	1,3	184	1,5	0,3	2,2	262	13	0,3	2,5	309	7	0,3	2,3
P1-T1	153	16	1,9	0,3	156	1,2	0,4	1,7	210	10	0,3	2,3	247	7	0,3	2,3
P2-T1	245	25	3,4	0,3	297	2,0	1,3	1,9	383	15	1,4	2,0	491	8	1,4	1,5
P1-T2	166	15	1,6	1,0	230	1,3	1,1	1,9	300	8	0,9	2,2	330	5	0,9	1,8
P2-T2	153	16	1,0	1,5	201	1,2	0,9	2,0	268	10	0,9	2,4	304	6	0,9	1,7
P1-T3	298	21	4,7	0,0	373	1,7	1,9	2,1	459	11	2,1	2,1	492	8	2,4	1,4
P2-T3	140	18	0,7	1,3	215	1,3	0,5	1,9	250	9	0,6	1,6	272	4	0,5	1,7

decomposição, especialmente quando o preparo do solo é feito com revolvimento, causando um balanço negativo entre adição e perda de carbono no solo (Bayer, 1996). Como as áreas estudadas encontram-se atualmente sob sistema plantio direto, essa tendência de redução no teor de MO poderá ser revertida.

No LVd textura média, não se verificou uma variação esperada no teor de matéria orgânica entre os perfis (Figura 1b). A correlação positiva entre MO e argila no horizonte superficial $r = 0,7536$ ($P = 0,031$) evidenciou a proteção física da MO proporcionada pela argila. Além disso, como os perfis sob uso agrícola estão sendo cultivados no sistema plantio direto por um período que varia de dois a seis anos e como originalmente esse solo já apresentava baixo teor de MO, devido, dentre outros fatores, à baixa produção de matéria vegetal em campo nativo, é compreensível que os perfis sob uso agrícola apresentassem teores de MO semelhantes ou superiores aos dos perfis sob vegetação nativa.

Tognon et al. (1997) também constataram menor redução no teor de MO para o solo originalmente sob cerrado do que para solo originalmente sob mata, pela incorporação dos solos ao uso agrícola. Isso

confirma que, em ambientes com maiores produções de matéria seca, onde originalmente o teor de MO é mais elevado, a taxa de decomposição da MO pela incorporação do solo ao uso agrícola é maior.

Comparando as variações nos teores de MO nos dois solos, admite-se que uma das justificativas para o decréscimo no teor com o uso agrícola no LVd textura argilosa seja a sua comparação com uma testemunha que era área de floresta, enquanto, no LVd textura média, a testemunha era área de campo nativo, cuja fertilidade natural é, em sua maioria, baixa, significando baixo potencial à produção de matéria seca das pastagens, justificando os baixos teores naturais de MO. Neste caso, seu uso agrícola normalmente significa melhoria na disponibilidade de nutrientes, que, favorecendo a produção de matéria seca das culturas, aumenta a adição de carbono ao solo e, conseqüentemente, eleva o teor de MO.

Tempo de uso agrícola e alterações nos teores de cálcio, magnésio e alumínio, nos valores de pH e nos índices de saturação por bases e por alumínio

As variações nos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺, conforme o tempo de uso agrícola do solo, são mostradas na

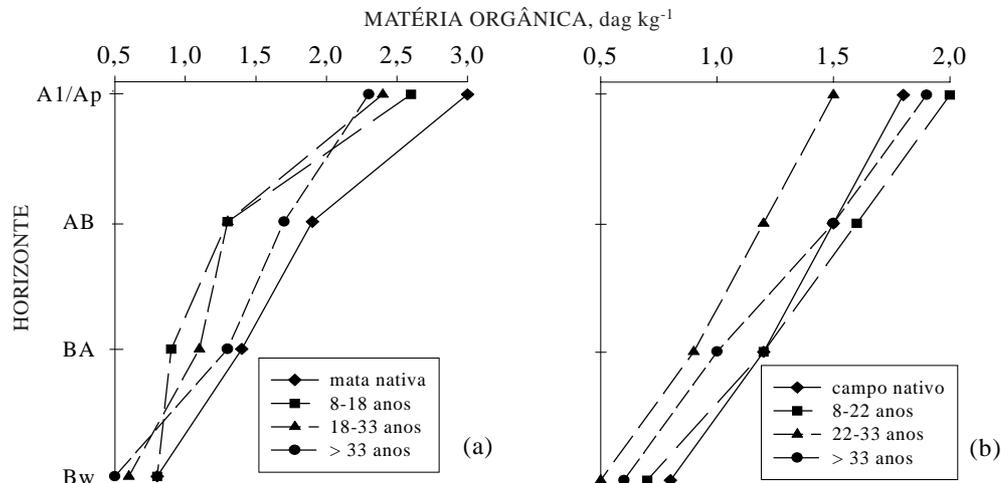


Figura 1. Efeito do tempo de uso agrícola sobre o teor de matéria orgânica do LVd textura argilosa(a) e do LVd textura média (b).

figura 2. No horizonte superficial do LVd textura argilosa, ocorreu incremento no teor de Ca^{2+} com o uso do solo, graças à prática da calagem, mas este incremento não foi tão acentuado, com uma tendência de declínio dos teores nos maiores tempos de uso do solo (> 33 anos). Esta tendência de declínio no teor de Ca^{2+} nos perfis com maior tempo de uso deveu-se, provavelmente, não só à maior exportação dos cátions pelas culturas, lixiviação e erosão, mas também à menor aplicação de calcário, já que os perfis com mais de 33 anos de uso agrícola (T3) eram os que se encontravam por mais tempo sob plantio direto (4 a 8 anos), sistema em que menores quantidades de calcário são aplicadas.

No entanto, nos horizontes mais profundos, verificou-se incremento praticamente linear no teor de Ca^{2+} com o uso agrícola do solo. No horizonte Bw, o aumento foi de 0,9 para 2,1 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ nos perfis com mais de 33 anos de uso agrícola (T3) em relação aos perfis sob mata (T0). Isso mostra que ocorreu migração de Ca^{2+} no perfil do solo (Figura 2a). No quadro 2, estão apresentadas as equações de regressão para o Ca^{2+} conforme o tempo de uso agrícola.

Apesar de não se obterem equações de regressão significativas com os resultados de incremento do Mg^{2+} de acordo com o tempo de uso agrícola, o incremento de Mg^{2+} no LVd textura argilosa foi menor do que de Ca^{2+} (Figura 2c) havendo também migração no perfil do solo. Verificam-se incrementos de Ca^{2+} e de Mg^{2+} no perfil no LVd textura média com o uso agrícola, com migração no perfil do solo (Figuras 2b e 2d).

Utilizando o histórico de manejo do solo, percebeu-se que o incremento de Ca^{2+} e Mg^{2+} deveu-se à aplicação de calcário. A migração de Ca^{2+} e Mg^{2+} no perfil do solo com o uso agrícola também foi observada por Cerri et al., 1991; Silva & Ribeiro, 1995; Tognon

et al., 1997; Vale Júnior et al., 1998. O Ca^{2+} e Mg^{2+} migram no perfil, provavelmente pela lixiviação com ânions acompanhantes (Mengel & Kirkby, 1979).

Originalmente, os solos apresentavam altos teores de Al^{3+} , tanto no solo sob mata (LVd textura argilosa) quanto no solo sob campo nativo (LVd textura média) (Figuras 2e e 2f). Com o uso agrícola houve diminuição nos teores de Al^{3+} e elevação do pH em relação ao solo original (T0), em razão do uso de calcário, tal como nos resultados obtidos por Silva & Ribeiro (1995).

Pelas regressões (Quadros 2 e 3), constata-se que, nos horizontes mais profundos, os teores de Al^{3+} decresceram linearmente com o tempo de uso agrícola, enquanto, no horizonte superficial, em razão da interferência direta da ação dos cultivos, as equações ajustadas foram de maior complexidade. No quadro 2, estão apresentadas as equações de regressão dos valores de pH de acordo com o tempo de uso agrícola para o LVd textura argilosa. Com a elevação do pH do solo, o Al trocável precipita na forma de hidróxido e, segundo Volkweiss (1989), em solos com pH igual ou superior a aproximadamente 5,5, os teores de Al trocável são insignificantes, porém, à medida que o pH diminui, os teores aumentam sensivelmente. Essa relação entre Al trocável e pH foi constatada nos dois solos. Assim, a toxidez de alumínio às plantas foi mais severa até pH 5,0 (Foy et al., 1978).

O incremento nos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} e a redução no teor de Al^{3+} no horizonte subsuperficial dos solos, de acordo com o tempo de uso agrícola, poderão facilitar o aprofundamento do sistema radicular, por reduzir o impedimento químico ao crescimento de raízes.

Os resultados mostram que, originalmente, os solos apresentavam baixo valor de saturação por bases e alto de saturação por alumínio, sendo ambos classificados como álicos (EMBRAPA, 1997b). O LVd

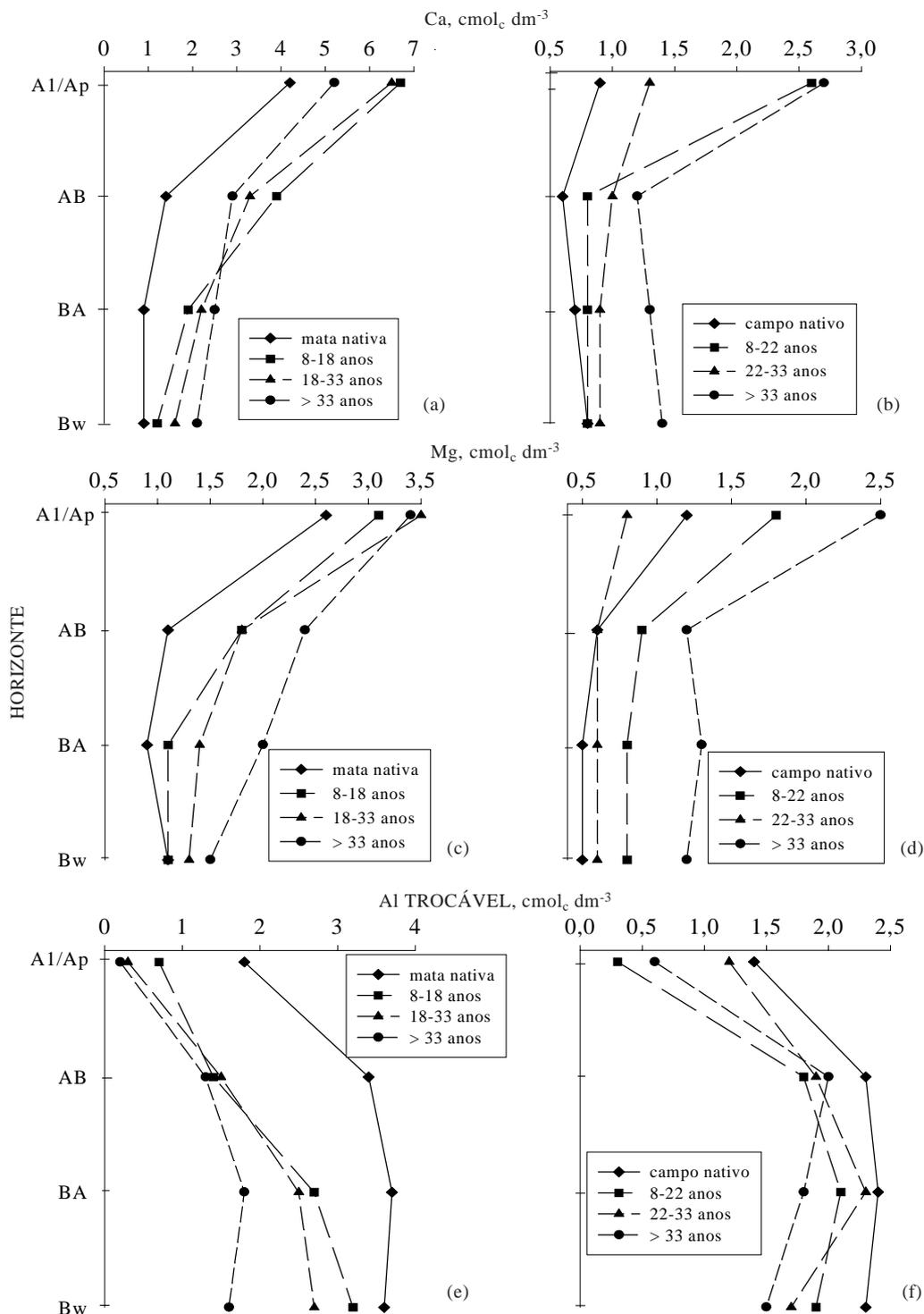


Figura 2. Efeito do tempo de uso agrícola sobre os teores de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis do LVd textura argilosa (a, c e e) e do LVd textura média (b, d e f).

textura argilosa apresentou no horizonte BA saturação por bases de 16 % e saturação por alumínio de 68 %, enquanto o LVd textura média apresentou no horizonte BA saturação por bases de 16 % e saturação por alumínio de 65 %.

Com o uso agrícola, ocorreu aumento da saturação por bases no LVd textura argilosa e no LVd textura média, bem como conseqüente redução na saturação por alumínio. A elevação na saturação por bases de ambos os solos não foi suficiente para

Quadro 2. Equações de regressão⁽¹⁾ para cálcio e alumínio trocáveis, pH, saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m), considerando o tempo (ano) de uso agrícola do solo LVd textura argilosa

Horizonte	Equação de regressão	R ²
Ca trocável, cmol _c dm ⁻³		
A	$\hat{y} = 4,28 + 0,23x - 0,005x^2$	0,25
AB	$\hat{y} = 1,50 + 0,19x - 0,004x^2$	0,34
BA	$\hat{y} = 1,15 + 0,03x$	0,45
Bw	$\hat{y} = 0,87 + 0,37x$	0,47
Mg trocável, cmol _c dm ⁻³		
A	$\hat{y} = 2,77 + 0,0188x$	0,04
AB	$\hat{y} = 1,25 + 0,026x$	0,19
BA	$\hat{y} = 0,86 + 0,024x$	0,25
Bw	$\hat{y} = 1,054 + 0,0089x$	0,33
Al trocável, cmol _c dm ⁻³		
A	$\hat{y} = 1,77 - 0,43\ln(x)$	0,36
AB	$\hat{y} = 3,31 - 0,59\ln(x)$	0,41
BA	$\hat{y} = 3,50 - 0,04x$	0,47
Bw	$\hat{y} = 3,71 - 0,05x$	0,62
pH		
A	$\hat{y} = 4,42 + 0,08x - 0,002x^2$	0,36
AB	$\hat{y} = 4,23 + 0,16\ln(x)$	0,25
BA	$\hat{y} = 4,14 + 0,13\ln(x)$	0,27
Bw	$\hat{y} = 4,15 + 0,01x$	0,47
V, %		
BA	$\hat{y} = 18,57 + 0,57x$	0,40
Bw	$\hat{y} = 18,06 + 0,47x$	0,37
m, %		
BA	$\hat{y} = 60,77 - 0,72x$	0,42
Bw	$\hat{y} = 68,20 - 0,82x$	0,44

⁽¹⁾ P < 0,05.

classificá-los como eutróficos, mas a diminuição na saturação por alumínio foi suficiente para os perfis com maior tempo de uso agrícola perderem o caráter álico e serem classificados como distróficos. O horizonte BA do LVd textura argilosa, nos perfis com mais de 33 anos de uso agrícola (T3), apresentou saturação por bases de 43 % e saturação por alumínio de 28 %, enquanto o horizonte BA do LVd textura média nos perfis com mais de 33 anos de uso agrícola (T3) apresentou saturação por bases de 32 % e saturação por alumínio de 42 %. As equações de regressão comprovam estatisticamente a elevação da saturação por bases e a diminuição da saturação por alumínio no LVd textura argilosa (Quadro 2) e LVd textura média (Quadro 3).

Tempo de uso agrícola e alterações nos teores de fósforo e potássio

Sendo o P pouco móvel no solo, eram esperadas melhorias no teor de P disponível nos horizontes

superficiais com os consecutivos cultivos e fertilizações fosfatadas, desde que os fenômenos erosivos estivessem sob relativo controle. Assim, com o uso agrícola e conseqüentes adubações fosfatadas, verificou-se acúmulo de P disponível no horizonte superficial no LVd textura argilosa e no LVd textura média (Figuras 3a e 3b).

Comparando os perfis sob vegetação natural (T0) com os de maior tempo de uso (T3), o aumento em P disponível no horizonte superficial foi de 4,6 para 15,5 mg dm⁻³, no LVd textura argilosa, e de 2,0 para 5,6 mg dm⁻³, no LVd textura média. Os aumentos ocorridos no horizonte superficial no LVd textura argilosa foram confirmados estatisticamente pela equação de regressão: $\hat{y} = 4,67 + 0,24x$, em que y = P e x = tempo (ano), R² = 0,40, com significância $\alpha = 0,05$.

O uso agrícola pode ocasionar incrementos nos teores de P disponível do solo (Patella, 1980; Cerri et al., 1991; Silva & Ribeiro, 1995; e Tognon et al., 1997), mas é importante considerar a ressalva de Rheinheimer et al. (1999) de que a interferência humana no ciclo natural do P é degradativa.

Os teores de P total mostraram-se mais elevados no solo de textura argilosa do que no solo de textura média, evidenciando a relação entre P e textura do solo (Quadro 4). As variações ocorridas com o teor de P total, entre os perfis no LVd textura média, foram muito influenciadas pelos teores de argila e de matéria orgânica, apresentando coeficientes de correlação entre teor de P total e teor de argila de r = 0,7039 (P = 0,051), para o horizonte A; r = 0,8112 (P = 0,015), para o horizonte AB; r = 0,9116 (P = 0,002), para o horizonte BA, e r = 0,8578 (P = 0,006), para o horizonte Bw. Por sua vez, os resultados mostraram coeficientes de correlação entre teor de P total e teor

Quadro 3. Equações de regressão⁽¹⁾ para alumínio trocável, saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m), considerando o tempo (ano) de uso agrícola do solo LVd textura média

Horizonte	Equação de regressão	R ²
Al trocável		
A	$\hat{y} = 1,47 - 0,30x + 0,02x^2 - 0,0003x^3$	0,57
AB	$\hat{y} = 2,24 - 0,04x + 0,001x^2$	0,59
BA	$\hat{y} = 2,41 - 0,01x$	0,39
Bw	$\hat{y} = 2,34 - 0,02x$	0,76
V %		
AB	$\hat{y} = 16,64 + 0,32x$	0,53
m %		
AB	$\hat{y} = 64,15 - 0,53x$	0,44

⁽¹⁾ P < 0,05.

de matéria orgânica de $r = 0,7800$ ($P = 0,022$), para o horizonte AB, e de $r = 0,7963$ ($P = 0,018$), para o horizonte Bw.

Nos perfis do LVd textura argilosa, as variações ocorridas no teor de P total foram influenciadas pelo teor de argila, com coeficientes de correlação entre teor de P total e teor de argila de $r = 0,6014$ ($P = 0,039$), para o horizonte A; $r = 0,8516$ ($P = 0,000$), para o horizonte AB, e $r = 0,8179$ ($P = 0,001$), para o horizonte Bw. Entretanto, comparando os resultados de P total dos perfis em T0 (solo sob vegetação nativa) com os perfis de solo sob uso agrícola T1, T2 e T3, ou seja, solos com até mais de 33 anos de uso agrícola, foram observados teores mais elevados nos perfis sob uso agrícola, com equação de regressão ajustada para o horizonte superficial do LVd textura argilosa, de acordo com o tempo de uso agrícola: $\hat{y} = 495,61 + 18,69x - 0,30x^2$, em que $y = P$ total e $x =$ tempo (anos), $R^2 = 0,59$, nível de significância $\alpha = 0,05$. Observou-se influência do teor de argila e matéria orgânica no teor de P deste solo, mas o manejo do

solo ao longo do tempo de uso com adubações fosfatadas, principalmente no horizonte superficial, teve efeito marcante na concentração de P neste solo.

As variações nos teores de K disponível foram mais expressivas no horizonte superficial de ambos os solos (Figuras 3c e 3d). No horizonte superficial do LVd textura argilosa, observou-se decréscimo no teor de K disponível com o aumento no tempo de uso agrícola do solo e isso é quantificado na equação de regressão: $\hat{y} = 101,97 + 5,53x - 0,14x^2$, e que $y = K$ trocável e $x =$ tempo (anos), $R^2 = 0,45$, com nível de significância $\alpha = 0,05$.

Entretanto, em ambos os solos e no horizonte superficial, os teores de K disponível variaram de médios a altos (CFSRS/SC, 1995), demonstrando que o uso agrícola pode também proporcionar acréscimos no teor de K disponível no solo. Isso está evidenciado no levantamento da situação da fertilidade dos solos no estado do RS, com base nos valores de 168.200 análises de solos realizadas de 1997 a 1999, em que 58,7 % das amostras apresentavam teor de

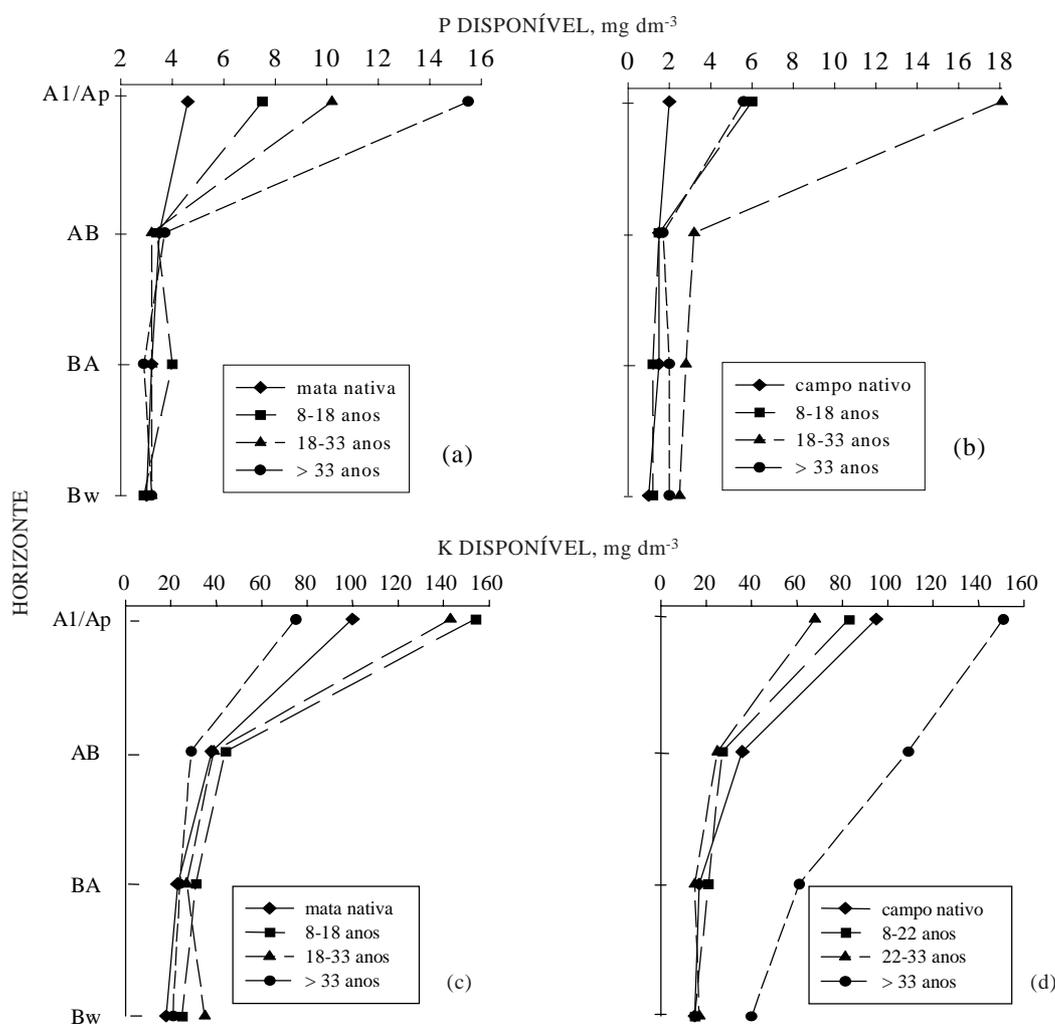


Figura 3. Efeito do tempo de uso agrícola sobre os teores de potássio e fósforo disponíveis do LVd textura argilosa (a e c) e do LVd textura média (b e d).

K disponível acima do nível crítico, que é de 80 mg dm⁻³ (Rheinheimer et al. 2001). Entretanto, pode-se considerar o valor de 73,1 %, pois a CFSRS/SC baixou o nível crítico de K disponível para 60 mg dm⁻³ (CFSRS/SC, 2001).

Observaram-se teores mais elevados de K total no solo de textura argilosa do que no solo de textura média, inclusive com incremento do teor em profundidade no LVd textura média, acompanhando, aproximadamente, o aumento do teor de argila no perfil desse solo (Quadro 4). É provável que as menores variações em profundidade no LVd textura argilosa possam ser justificadas pelos altos teores de K total existente naturalmente neste solo. Meurer et al. (1996), estudando as formas de ocorrência de K e a mineralogia de um Latossolo Vermelho distroférico típico (unidade de mapeamento Santo Ângelo), constataram que 76 % do K total estava localizado na fração argila.

As variações ocorridas com o teor de K total, entre os perfis do LVd textura média, foram bastante influenciadas pelos teores de argila e de matéria orgânica. Isso é confirmado pelos coeficientes de correlação entre teor de K total e teor de argila de $r = 0,9414$ ($P = 0,000$), para o horizonte A; $r = 0,9396$ ($P = 0,001$), para o horizonte AB; $r = 0,9382$ ($P = 0,001$), para o horizonte BA, e $r = 0,9259$ ($P = 0,001$), para o horizonte Bw, e pelos coeficientes de correlação entre teor de K total e teor de matéria orgânica $r = 0,6818$ ($P = 0,063$), para o horizonte A, e $r = 0,6403$ ($P = 0,087$), para o horizonte AB, que confirmam esta assertiva. As variações ocorridas com o teor de K total nos perfis do LVd textura argilosa foram influenciadas pela variação no teor

de argila entre amostras, mostrado pelos coeficientes de correlação entre teor de K total e teor de argila de $r = 0,7846$ ($P = 0,003$), para o horizonte A, e $r = 0,5247$ ($P = 0,080$), para o horizonte Bw. Entretanto, verificou-se tendência de aumento nos teores de K total com o tempo de uso agrícola nos horizontes mais profundos, em ambos os solos (Quadro 4).

CONCLUSÕES

1. A diminuição no teor de matéria orgânica do solo com o tempo de uso agrícola foi perceptível, quando originalmente os solos eram de florestas, enquanto, em solos de campo nativo, o uso agrícola promoveu acréscimo no teor de matéria orgânica.

2. Nutrientes como Ca e Mg trocáveis tiveram incremento no solo com o tempo de uso agrícola, ao contrário do Al trocável que diminuiu seu teor e saturação em profundidade.

3. Com o tempo de uso agrícola, os incrementos de P total foram evidentes nos horizontes superficiais, enquanto os incrementos de K total também ocorreram em profundidade.

LITERATURA CITADA

BAYER, C. Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. 240p. (Tese de Doutorado)

Quadro 4. Fósforo e potássio totais do solo LVd textura argilosa e LVd textura média em diversos perfis sob vegetação nativa e tempos de uso agrícola

Horizonte	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
P-total - LVd textura argilosa ⁽¹⁾				P-total - LVd textura média ⁽²⁾				
mg dm ⁻³								
A1/Ap	521	616	832	727	249	389	363	373
AB	475	557	703	591	249	303	279	294
BA	476	535	684	544	264	309	279	325
Bw	470	512	671	544	264	309	264	281
K-total - LVd textura argilosa ⁽¹⁾				K-total - LVd textura média ⁽²⁾				
A1/Ap	1.347	1.314	1.398	1.111	781	883	756	1.136
AB	1.212	1.161	1.128	1.145	807	857	807	1.187
BA	1.229	1.179	1.246	1.263	883	933	1.009	1.288
Bw	1.381	1.364	1.499	1.601	1.060	1.136	1.136	1.364

⁽¹⁾ T0 = mata nativa; T1 = 8-18 anos de uso; T2 = 18-33 anos de uso; T3 = > 33 anos de uso. ⁽²⁾ T0 = campo nativo; T1 = 8-22 anos de uso; T2 = 22-33 anos de uso; T3 = > 33 anos de uso.

- BECK, F.L. & KLAMT, E. Organização do conteúdo do ensino de solos e sua relação com a sociedade. In: MONIZ, A.C., ed. A responsabilidade social da ciência do solo. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p.169-181.
- BOWMAN, R.A.; REEDER, J.D. & LOBER, R.W. Changes in soil properties in a central plains rangeland soil after 3, 20 and 60 years of cultivation. *Soil Sci.*, 150:851-857, 1990.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária, Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul. Recife, 1973, 431p. (Boletim Técnico, 30)
- CERRI, C.C.; FELLER, C. & CHAUVEL, A. Evolução das principais propriedades de um latossolo vermelho escuro após desmatamento e cultivo por doze e cinquenta anos com cana-de-açúcar. *Cah. Orston, Sér. Pédol.*, 26:37-50, 1991.
- COELHO, O.W. Modelamento da degradação de Latossolos na região de Fortaleza dos Valos, RS - Uma aplicação SIG/sensoriamento remoto. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999. 165p. (Tese de Doutorado)
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-CFSRS/SC. Recomendações de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 3.ed. Passo Fundo, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/CNPQ, 1995. 223p.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-CFSRS/SC. Recomendações de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 3.ed. Passo Fundo, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/CNPQ, 2001. 4p. (Circular Técnica, 2)
- CORREA, J.C. & REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso das pastagens sobre as propriedades de um Latossolo Amarelo da Amazônia central. *Pesq. Agropec. Bras.*, 30:107-114, 1995.
- CRAVO, M.S. & SMYTH, T.J. Manejo sustentado da fertilidade de um Latossolo da Amazônia Central sob cultivos sucessivos. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:607-616, 1997.
- DRESCHER, M.; BISSANI, C.A.; GIASSON, E.; TEDESCO, M.J. & GIANELLO, C. Avaliação da fertilidade dos solos do estado do Rio Grande do Sul e necessidades de adubos e corretivos. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 24p. (Boletim Técnico de Solos, 7)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997a. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos: 4ª aproximação. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997b. 169p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Ambiente de software NTIA, versão 4.2.2: manual do usuário - ferramental estatístico. Campinas, Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura, 1997c. 258p.
- FOY, C.D.; CHANEY, R.L. & WHITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 29:511-566, 1978.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. 2.ed. Switzerland, Potash, 1979. 593p.
- MEURER, E.J.; KAMPF, N. & ANGHINONI, I. Fontes potenciais de potássio em alguns solos do Rio Grande do Sul. *R. Bras. Ci. Solo*, 20:41-47, 1996.
- PATELLA, J.F. Influência de quinze anos de adubação NPK sobre o rendimento do trigo e algumas propriedades químicas do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 4:31-35, 1980.
- RHEINHEIMER, D.; CASSOL, P.C.; KAMINSKI, J. & ANGHINONI, I. Fósforo orgânico no solo. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Genesis, 1999. p.139-158.
- RHEINHEIMER, D.S.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; ROBAINA, A.D.; ANGHINONI, I.; FLORES, J.P.C. & HORN, D. Situação da fertilidade dos solos no estado do Rio Grande do Sul. Santa Maria. Universidade Federal de Santa Maria, 2001. 41p. (Boletim Técnico, 2)
- RIBEIRO JUNIOR, J.I. Análises estatísticas no SAEG. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 301p.
- SANCHEZ, P.A.; VILLACHICA, J.H. & BANDY, D.E. Soil fertility dynamics after clearing a tropical rainforest in Peru. *Soil Sci. Soc. Am J.*, 47:1171-1178, 1983.
- SILVA, M.S.L. & RIBEIRO, M.R. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar nas propriedades químicas de solos argilosos. *Pesq. Agropec. Bras.*, 30:389-394, 1995.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5)
- TOGNON, A.A.; DEMATTÊ, J.A.M. & MAZZA, J.A. Alterações nas propriedades químicas de latossolos roxos em sistemas de manejo intensivos e de longa duração. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:271-278, 1997.
- VALE JÚNIOR, J.F.; SCHAEFER, C.E.R. & ANDRADE, F.V. Alterações nas propriedades físicas e químicas de uma terra roxa estruturada após a queima e remoção da floresta, com diferentes tempos de cultivo, em Roraima, Amazônia. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 12., Fortaleza, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Universidade Federal do Ceará, 1998. p.200-201.
- VOLKWEISS, S.J. Química da acidez dos solos. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS DA ACIDEZ DO SOLO, 2., Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1989. p.7-38.
- WÜNSCHE, W.A.; DENARDIN, J.E.; MIELNICZUK, J.; SCOPEL, I.; SCHNEIDER, P. & CASSOL, E.A. Projeto integrado de uso e conservação do solo - Um esforço conjunto para a conservação do solo no RS. Trigo e Soja, 51:20-25, 1980.