

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E COMPACTAÇÃO DE UM LATOSSOLO VERMELHO INFLUENCIADO POR RESÍDUOS CULTURAIS

ALDERETE David Ruiz¹; CARRET Anillo; OLSZEVSКИ Nelci¹

¹Universidade Federal de Viçosa-MG, CEPXXXXXX Deptº de Ciência do Solo.

RESUMO: Tem sido observado que, a adição de material orgânico melhora as características físicas do solo e, principalmente reduz sua susceptibilidade à compactação. Desse modo, este trabalho teve por objetivo, avaliar o efeito da incorporação de doses crescentes de resíduos de soja e de milho picados em diferentes tamanhos e incubados em diferentes tempos, na resistência física à compactação e em algumas características químicas de Latossolo Vermelho. Realizou-se o ensaio da influência dos resíduos culturais na resistência física à compactação do solo, determinando-se a Densidade Máxima do Solo (DMS) e avaliações químicas: N, pH em água, K e P disponíveis, Al, Ca e Mg. O resíduo de milho apresenta maior contribuição na resistência física à compactação do solo, em relação ao resíduo de soja. As diferenças são decorrentes da natureza dos resíduos que afeta as taxas de decomposição. A quantidade e o tamanho do pedaço do resíduo afetam a resistência à compactação, porém, o efeito destes fatores é dependente do tempo de incubação. A adição de altas doses de resíduos culturais foi efetiva no incremento da fertilidade do solo. O mecanismo dominante para este efeito é atribuído à liberação de cátions trocáveis, como Ca, Mg e K, ao aumento do pH, à redução dos teores de Al e ao aumento da CTCe. Os resultados permitem inferir que, por meio da rotação de culturas incluindo milho e soja, a incorporação dos resíduos poderia aliviar os problemas de compactação e deficiência de nutrientes do solo.

Palavras-chave: matéria orgânica, fertilidade do solo, sistemas de manejo

CHEMICAL CHARACTERISTICS AND COMPACTION PROCESS OF THE A RED LATOSOL INFLUENCED BY CROP RESIDUES

SUMMARY: It has been observed that the organic matter added to soil improves the soil physical characteristics and reduces the soil compaction. The objective of this research was to evaluate the effect of incorporation of increasing doses of soybeans and corn residues shred in different size fragments. They were incubated with soil for different times to test the physical resistance to soil compaction. It was also studied their influence in some chemical characteristics of a Red Latosol. An experiment was set to test the influence of the residues on physical resistance to soil compaction. It was determined the MSD and it was analyzed soil nitrogen, water pH, available K and P, and exchangeable Al³⁺, Ca²⁺ and Mg²⁺. The corn residue contributed to soil compaction in comparison to soybeans residue. The differences are related to the residue composition that affects the rate of decomposition. The amount and size of the residue changed the physical resistance to soil compaction. However, the effects of these factors depend on the time of incubation. The high doses of the residues added to soil were able to change soil nutrients concentration.

This condition was related to the exchangeable cations released from residue decomposition, increasing soil pH and CTC and decreasing exchangeable aluminum. The results allow to infer that the corn-soybeans rotation could alleviate the soil compaction and some nutrient deficiency.

Key words: organic matter, soil fertility, management practices

INTRODUÇÃO

Em solos agrícolas, o conteúdo de matéria orgânica resulta do equilíbrio entre o aporte e a decomposição e mineralização do material, sendo estas duas últimas ligadas à atividade microbiana. Algumas pesquisas têm demonstrado que a queda da produtividade do solo é devida à combinação de fatores adversos como, deficiência de O₂, baixa disponibilidade de água, impedimento físico e restrição à absorção de nutrientes (Barber & Navarro, 1991). Esses efeitos podem ser atribuídos, em grande parte, à compactação do solo que resulta da aplicação de pressões pela passagem de implementos e máquinas (Kaiser et al., 1991), provocando redução da porosidade. Esta característica, por sua vez, é de importância a processos físicos, químicos e biológicos, como infiltração, drenagem e retenção de água, difusão de nutrientes, crescimento de microrganismos e raízes (Moreira & Siqueira, 2002). Desse modo, tem sido observado que a adição de materiais orgânicos provoca incremento da porosidade total, macroporosidade, percentagem de agregados estáveis em água (Sanchez et al., 1989), retenção de água (Dudal & Deckers, 1993) e redução da susceptibilidade do solo à compactação (O'Sullivan, 1992).

Em relação às características químicas do solo, o efeito dos resíduos está relacionado ao fornecimento de nutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo, enxofre e micronutrientes; ao incremento do pH, diminuição da toxicidade do ferro, alumínio e manganês; e ao incremento da capacidade de troca catiônica do solo. Bell & Bessho (1993) e Miyasawa et al. (1993) verificaram que resíduos de leguminosas são mais efetivos em aumentar o pH do solo em comparação com os de gramíneas. Geralmente, resíduos de leguminosas liberam maiores quantidade de

íons de caráter básico, como o Ca e o Mg e enquanto resíduos de gramíneas aportam K⁺ em maior proporção. Quanto ao alumínio trocável (Al), é verificado seu decréscimo pela adição de resíduos, em função do deslocamento do Al por cátions básicos, do incremento do pH que provoca a precipitação do Al(OH)₃ e da formação de complexos de alumínio com compostos orgânicos (Bell & Bessho, 1993). Quanto aos nutrientes, a adição de resíduos orgânicos oferece valiosa contribuição no fornecimento de Ca e Mg. Sidiras & Pavan (1985) encontraram incrementos no teor de Ca e Mg quando resíduos de leguminosas foram deixados como cobertura morta sobre a superfície do solo. Quanto à melhoria da CTC, nos solos tropicais altamente intemperizados, está relacionada com a manutenção da matéria orgânica do solo e, marcadamente com o aumento do pH, fato atribuído ao aumento da ionização dos grupos ácidos COOH em maiores valores de pH (Stevenson, 1986).

Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar, em casa de vegetação, o efeito da incorporação de doses crescentes de resíduos de soja e de milho picados em diferentes tamanhos e incubados em diferentes tempos, na resistência física à compactação e em algumas características químicas do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Material de solo: foram utilizadas amostras de um Latossolo Vermelho provenientes do município de São Sebastião do Paraíso, MG. As amostras da camada superficial (0 - 20 cm), após serem secas ao ar, foram peneiradas por malha de 2 mm para sua caracterização física e química (Tabela 1) e por malha de 4,7 mm para os ensaios em casa de vegetação.

Tabela 1 - Caracterização física e química do material de solo.

Determinação	
Composição granulométrica (g/kg) ¹	
Areia grossa	70,0
Areia fina	250,0
Silte	130,0
Argila	550,0
Classe textural	Argila
Densidade (g/cm ³)	
- de partículas ²	2,99
- do solo ³	1,32
- máxima do solo ⁴	1,63
Equivalente de umidade (% em peso) ⁵	21,18
Capacidade de campo (% em peso) ⁶	26,00
pH em água (1:2,5)	5,00
pH em KCl (1:2,5)	4,20
Ca ⁺² (cmol _c /dm ³) ⁷	0,50
Mg ⁺² (cmol _c /dm ³) ⁷	0,20
K ⁺ (mg/dm ³) ⁸	26,00
Al ⁺³ (cmol _c /dm ³) ⁷	0,25
P (mg/dm ³) ⁸	1,90
H + Al (cmol _c /dm ³) ⁹	7,20
SB (cmol _c /dm ³) ⁷	0,75
CTC _e (cmol _c /dm ³)	1,00
CTC _T (cmol _c /dm ³)	7,95
V (%)	9,36
m (%)	24,26
Carbono orgânico total (%) ¹⁰	1,70

1 - Método da pipeta (Embrapa, 1979);

2 - Método do balão volumétrico (Moura Filho 1964)

3 - Método da proveta (Embrapa, 1979)

4 - Proctor (1993);

5 - Embrapa (1979)

6 - Método da coluna (Fernandes & Sykes, 1968)

7 - Extrator KCl 1 mol/L (Defelipo & Ribeiro, 1981)

8 - Extrator Mehlich-1 (Defelipo & Ribeiro, 1981)

9 - Extrator Ca(OAc)2 0,5 mol/L pH 7.0

10 - Método Walkley-Black (Defelipo & Ribeiro, 1981)

Material orgânico: os resíduos de soja e de milho foram coletados no campus da Universidade Federal de Viçosa e cortados em pedaços de 5 e 10 cm e estocados em lugar seco e fresco até a instalação dos experimentos. A caracterização química dos resíduos é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 - Caracterização química dos resíduos culturais

Determinação	Resíduo de milho -----% com base peso seco -----	Resíduo de soja
Fósforo ¹	0,05	0,02
Potássio ¹	1,07	0,34
Cálcio ¹	0,07	0,98
Magnésio ¹	0,07	0,20
Matéria orgânica ²	81,41	80,96
Nitrogênio ³	0,32	0,46
Relação C/N	147,22	101,85
Relação C/P	942,20	2342,50

1 - Extração Nitro-Perclórica;

2 - Método de Calcinação (KIEHL, 1985); 3 Método Kjeldahl (BREMNER, 1965).

Ensaio da influência dos resíduos de soja e de milho na resistência física à compactação do solo: foi determinada a Densidade Máxima do Solo (DMS) em relação à umidade, utilizando-se a prova de Proctor (1993). Posteriormente, amostras de solo, foram colocadas em cilindros metálicos de volume conhecido e submetidas à compressão numa prensa hidráulica, até alcançarem a DMS. A pressão necessária correspondeu a 1.510 kPa. Resíduos de soja e de milho (Ti), cortados em tamanhos de 5 e 10 cm (Ta) foram misturados com 2,5 kg de solo. As quantidades de resíduos adicionadas (Q) foram equivalentes a 0, 10, 20 e 30 t ha⁻¹. As misturas solo-resíduo foram colocadas em sacos plásticos, acondicionadas em vaso de PVC de 20 cm de altura e 15 cm de diâmetro, e submetidas a 0, 30, 60 e 90 dias de incubação aeróbia (Te). A umidade da mistura foi mantida a 70% da capacidade de campo. Os tratamentos dispostos em um delineamento em blocos casualizados, com duas repetições, corresponderam a um arranjo fatorial 2Ti x 2Ta x 4Q e 4Te. Após cada tempo de incubação, a mistura solo-resíduo de cada unidade experimental foi umedecida até alcançar a umidade crítica de compactação do solo e deixada em repouso por 24 horas. Em seguida, a mistura foi colocada em um cilindro metálico de peso, diâmetro e altura conhecidos e submetida a uma pressão de 1.510 kPa. Determinaram-se o volume e a densidade aparente máxima (DAM) após a compactação por meio da Equação 1:

(Eq. 1)

$$DAM = \frac{(M / V)}{1 + (U / 100)}$$

onde:

DAM = densidade aparente máxima

M = Massa do solo compactado;

V = Volume;

U = Umidade do solo (%)

Características avaliadas:

Nitrogênio do solo: O N total foi determinado pelo método Kjeldahl (Bremner, 1965). O nitrogênio inorgânico foi extraído de amostras úmidas com KCl 1 mol L⁻¹ em relação 1:10 solo:solução. A determinação do NO₃ e do N-NH₄ foi realizada mediante a destilação com óxido de magnésio e liga devarda, *r e s p e c t i v a m e n t e*. A mineralização/imobilização foi determinada pela diferença nos valores do (NO₃ + NH₄)-N entre duas amostragens.

pH em água: foi determinado potenciométricamente, numa relação suspensão solo-líquido 1:2,5 (Defelipo & Ribeiro, 1981).

Potássio e fósforo disponíveis: utilizou-se o extrator Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,05 mol L⁻¹). O P foi determinado por colorimetria e o K, por fotometria de emissão de chama (Defelipo & Ribeiro, 1981).

Alumínio, cálcio e magnésio: foram extraídos com KCl 1 mol L⁻¹. O Ca e Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, e o Al, por titulação com NaOH 0,025 mol L⁻¹ na presença de azul de bromotimol como indicador.

Análise estatística: Realizaram-se análises de variância para todas as variáveis avaliadas, utilizando o esquema em blocos casualizados. Os tratamentos foram dispostos num esquema fatorial 4Te x 4Q x 2Ta x 2Ti. Todos os fatores e as interações foram

submetidos à análise de regressão seqüencial, em que foi adotado um nível de significância de até 10% de probabilidade, pelo teste F. Utilizou-se, para esta análise, o programa MSTATC da Universidade de Michigan - EUA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo da adição de resíduos de soja e de milho na resistência física à compactação do solo avaliada mediante a Densidade Máxima do Solo (DMS) (Tabela 3). A adição de doses crescentes de resíduo acarretou redução de DMS, observando-se uma variação de 1,63 g/cm³, para o solo em condições naturais (Tabela 1) a 1,50 g/cm³ com a dose máxima de resíduo (Tabela 4). O resíduo de milho apresentou maior contribuição na redução da DMS, e as diferenças em relação ao resíduo de soja, aumentaram com o incremento das doses de resíduo. Comportamento contrário foi observado para o fator tempo de incubação (Te), observando-se incremento da DMS, que foi maior nos primeiros 30 dias. Estes resultados estão estreitamente relacionados com o padrão de decomposição dos resíduos orgânicos adicionados. Inicialmente, o resíduo de milho apresentou maior contribuição na redução da DMS. Todavia, a diferença entre os dois tipos de resíduos foi diminuindo até ser quase nula no último período de incubação. Este comportamento pode ser atribuído às diferenças na composição e estrutura física dos resíduos estudados.

Tabela 3 - Análise de variância da densidade máxima do solo (DMS)

Fonte de variação	G.L	Quadrados Médios e Significância DMS
Tempo (Te)	3	0,005000000 ***
Quantidade (Q)	3	0,024000000 ***
Int. TexQ	9	0,001000000 ***
Tamanho (Ta)	1	0,000332662 **
Int. TexTa	3	0,000170765 *
Int. QxTa	3	0,000002216 ns
Int. TexQxTa	9	0,000245429
Tipo (Ti)	1	0,002000000 ***
Int. TexTi	3	0,001000000 ***
Int.QxTi	3	0,000326012 ***
Int. TexQxTi	9	0,000188141 **
Int. TaxTi	1	0,000053229 ns
Int. TexTaxTi	3	0,000108667 ns
Int. QxTaxTi	3	0,000450206 **
Int. TexQxTaxTi	9	0,000070964 ns
Resíduo	64	0,000081503
C.V. (%)		0,55

*** Significativo a 1% de probabilidade.

** Significativo a 5% de probabilidade.

* Significativo a 10% de probabilidade.

ns não significativo.

Tabela 4 - Dados médios da densidade máxima do solo (g/cm³) durante a decomposição dos resíduos

Tipo de resíduo	Tempo de incubação (dias)	Tamanho do pedaço (cm)	Dose de resíduo(t/ha).....				Média
			0	10	20	30	
Soja	0	5	1,63	1,60	1,57	1,56	1,59
		10	1,62	1,60	1,56	1,54	1,58
		Média	1,62	1,60	1,56	1,55	1,58
	30	5	1,61	1,61	1,59	1,56	1,59
		10	1,63	1,60	1,56	1,56	1,59
		Média	1,62	1,60	1,58	1,56	1,59
	60	5	1,61	1,60	1,58	1,58	1,59
		10	1,61	1,60	1,58	1,57	1,60
		Média	1,61	1,60	1,58	1,57	1,59
	90	5	1,63	1,60	1,60	1,58	1,60
		10	1,63	1,61	1,59	1,57	1,60
		Média	1,63	1,61	1,60	1,57	1,60
Média			1,62	1,60	1,58	1,56	
Milho	0	5	1,62	1,58	1,55	1,51	1,56
		10	1,61	1,58	1,55	1,50	1,56
		Média	1,62	1,58	1,55	1,50	1,56
	30	5	1,62	1,59	1,57	1,54	1,58
		10	1,62	1,59	1,57	1,56	1,58
		Média	1,62	1,59	1,57	1,55	1,58
	60	5	1,63	1,61	1,58	1,57	1,60
		10	1,60	1,58	1,60	1,57	1,59
		Média	1,62	1,59	1,59	1,57	1,59
	90	5	1,64	1,60	1,59	1,58	1,60
		10	1,64	1,61	1,59	1,59	1,60
		Média	1,64	1,60	1,59	1,58	1,60
Média			1,62	1,59	1,57	1,55	

Para uma mesma massa, o resíduo de milho apresentava volume 3,5 vezes maior que o resíduo de soja. No entanto, a parte interna do colmo do milho apresentava relação C/N menor (103) que a parte externa (200), que deve ter-se decomposto mais rapidamente, afetando a estrutura do resíduo e, assim, reduzindo a resistência física à compactação. Por outro lado, o resíduo de soja apresenta estrutura mais rígida e composição mais uniforme, mostrando padrão de decomposição também mais uniforme.

Quanto à interação significativa dos fatores tempo de incubação (T_e) e quantidade de resíduo (Q) (Figura 1) nota-se que houve maior incremento na DMS nos primeiros 30 dias e nas menores doses de resíduo, fato este que pode estar relacionado às altas taxas de decomposição registradas nesse período. Por outro lado, vê-se também que o manejo em relação às quantidades de resíduo alterou o padrão de decomposição, oferecendo maior resistência física à compactação do solo. Na maior dose de resíduo de milho, após 90 dias de incubação, observa-se um aumento maior que 60% na DMS em relação ao solo em condições naturais. Porém, o material orgânico residual parcialmente decomposto, que corresponde aproximadamente a 60% do adicionado, pode ainda contribuir na resistência física à compactação do solo, evitando o empacotamento das partículas do solo. Assim, pode também favorecer na manutenção de uma estrutura que permita a penetração da água e melhore a troca gasosa.

Figura 1 - DMS em função do tempo de incubação e das doses crescentes de resíduos de soja e de milho.

Efeito da adição dos resíduos em propriedades químicas do solo

pH do solo: foi afetado pelos fatores tempo de incubação (T_e), quantidade de resíduo (Q) e pela interação destes (Tabela 5). Também, houve diferenças entre os dois tipos de resíduos (Tabela 6). Em relação ao fator T_e , verificou-se queda do pH até os 60 dias de incubação para depois incrementar até o final do experimento (Tabela 6). Possivelmente, a queda do pH pode estar relacionada à formação de H_2CO_3 como consequência da produção de CO_2 pela respiração microbiana e às condições de umidade do solo (Brady, 1989). Nos últimos dias de incubação, as taxas de decomposição foram menores, tendo liberado menor quantidade de CO_2 . Por outro lado, observa-se aumento do pH em relação à adição de doses crescentes de resíduo orgânico (Tabela 6). Bell & Bessho (1993) e Miyasawa et al. (1993) relatam que a adição de resíduos de culturas incrementam o pH do solo, em função da liberação de NH_3 no processo de decomposição dos resíduos, a produção de OH pela dissolução de óxidos sólidos de Fe e Mn e a substituição dos radicais OH dos óxidos de Fe e Al por ânions orgânicos.

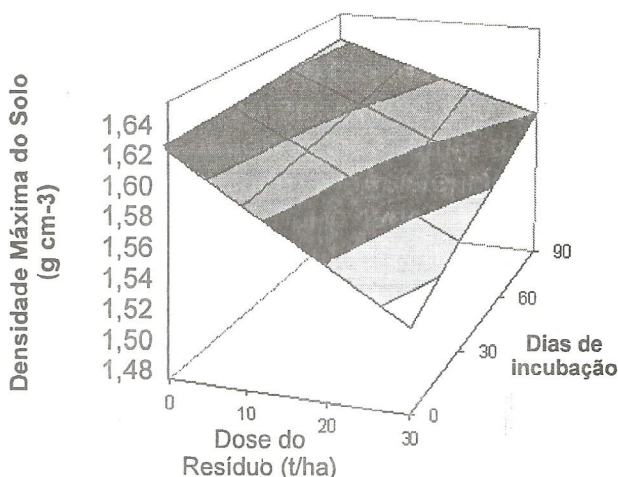


Tabela 5 - Análise de variância do pH, Al³⁺ e da % de saturação com alumínio (m) em relação ao tempo de incubação (Te), à quantidade (Q) e ao tamanho do pedaço (Ta) dos resíduos de soja e de milho (Ti).

Fonte de variação	G.L	QUADRADOS MÉDIOS e SIGNIFICÂNCIA		
		pH	Al ³⁺	m
Tempo (Te)	3	0,833 ***	0,0840 ***	521,629 ***
Quantidade (Q)	3	2,309 ***	0,0710 ***	1118,197 ***
Int. TexQ	9	0,345 ***	0,0220 ***	382,718 ***
Tamanho (Ta)	1	0,189 ***	0,0004 ns	99,735 ns
Int. TexTa	3	0,039 **	0,0040 ns	11,131 ns
Int. QxTa	3	0,023 ns	0,0010 ns	15,082 ns
Int. TexQxTa	9	0,047 ***	0,0010 ns	18,910 ns
Tipo (Ti)	1	0,081 **	0,0010 ns	30,083 ns
Int. TexTi	3	0,016 ns	0,0010 ns	63,692 ns
Int. QxTi	3	0,059 **	0,0040 ns	20,701 ns
Int. TexQxTi	9	0,057 ***	0,0020 ns	47,077 ns
Int. TaxTi	1	0,006 ns	0,0020 ns	216,750 **
Int. TextTaxTi	3	0,014 ns	0,0010 ns	60,549 ns
Int. QxTaxTi	3	0,064 **	0,0020 ns	24,474 ns
Int. TexQxTaxTi	9	0,067 ***	0,0020 ns	13,663 ns
Resíduo	64	0,018	0,0020	40,114
C.V. (%)		2,88	17,24	15,44

*** Significativo a 1% de probabilidade.

** Significativo a 5% de probabilidade.

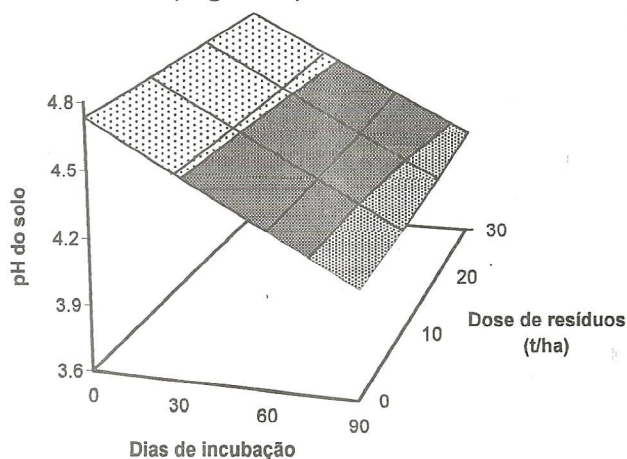
* Significativo a 10% de probabilidade.

ns Não significativo.

Tabela 6 - Dados médios do pH do solo dos tratamentos com resíduos

Tipo de resíduo	Tempo de incubação (dias)	Tamanho do pedaço (cm)	Dose de resíduo(t/ha).....				Média
			0	10	20	30	
Soja	0	5	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86
		10	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86
		Média	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86
	30	5	4,29	4,39	5,41	4,78	4,72
		10	4,29	4,48	4,54	4,92	4,56
		Média	4,29	4,43	4,98	4,85	4,64
	60	5	4,29	4,52	4,61	5,01	4,61
		10	4,29	4,41	4,73	4,97	4,60
		Média	4,29	4,47	4,67	4,99	4,60
	90	5	4,19	4,45	4,74	5,23	4,65
		10	4,19	4,47	4,73	5,05	4,61
		Média	4,19	4,46	4,73	5,14	4,63
	Média		4,41	4,56	4,81	4,96	
Milho	0	5	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86
		10	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86
		Média	4,86	4,86	4,86	4,86	4,86
	30	5	4,29	4,76	4,56	4,83	4,61
		10	4,29	4,50	4,56	4,62	4,49
		Média	4,29	4,63	4,56	4,72	4,55
	60	5	4,29	4,56	4,72	4,91	4,62
		10	4,29	4,38	4,60	4,71	4,50
		Média	4,29	4,47	4,66	4,81	4,56
	90	5	4,19	4,46	4,71	5,15	4,63
		10	4,18	4,37	4,79	4,96	4,57
		Média	4,18	4,41	4,75	5,06	4,60
	Média		4,41	4,59	4,71	4,86	

A interação significativa mostra que houve dependência do fator Q em relação ao tempo de incubação, apresentando-se um maior incremento do pH nos últimos 30 dias, em todas as quantidades de resíduos adicionadas (Figura 2).



$$Y = 4,7324 - 0,007216$$

$$***E + 0,002777 Q + 0,0003156$$

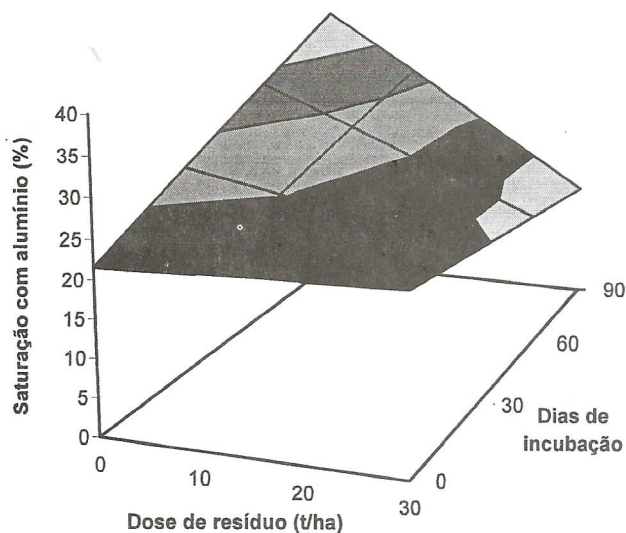
$$***EQ R^2=0,88$$

Figura 2 - pH do solo em função do tempo de incubação e adição de doses crescentes de resíduos de soja e de milho.

O pH do solo foi superior quando se adicionou o resíduo de soja. Esta diferença parece estar relacionada ao conteúdo de cátions básicos nos materiais orgânicos. Os resíduos de soja apresentavam maior conteúdo de Ca e Mg enquanto os de milho um alto conteúdo de K (Tabela 2). Assim, a adição de resíduos de soja, liberando cátions básicos bivalentes em maior proporção que os resíduos de milho, mostram-se mais eficiente no aumento do pH do solo.

Alumínio trocável e percentagem de saturação com alumínio: o teor de Al e a percentagem de saturação com alumínio (m) variaram significativamente em relação aos diferentes tempos de incubação (Te) e às quantidades de resíduo adicionadas (Q), além da interação destes fatores ter alterado a percentagem de saturação com alumínio (Tabelas 5 e 7). Nota-se que a percentagem de saturação com alumínio aumentou conforme os tempos de incubação (Figura 3) estando relacionado com a redução do pH (Tabela 6)

que variou em sentido oposto ao Al.



$$Y = 21,52 + 0,2$$

$$***E + 0,05 Q - 0,0094$$

$$***EQ R^2=0,77$$

Figura 3 - "m" em função do tempo de incubação e das doses crescentes de resíduo de soja e de milho.

As doses crescentes de resíduo orgânico apresentaram efeito sobre o Al e sua saturação (Figura 3). Bell & Bessho (1993) mencionam que o decréscimo do Al pela adição de doses crescentes de resíduo orgânico poderia ser o resultado do deslocamento de Al por cátions básicos, do incremento do pH do solo que causa precipitação do $Al(OH)_3$ e da complexação do alumínio por compostos orgânicos.

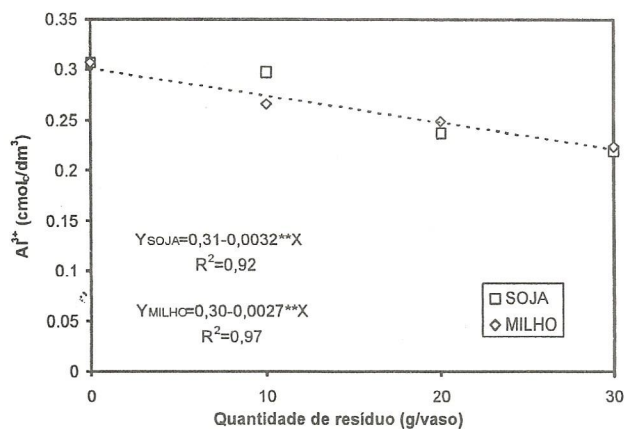


Figura 4 - Teor de Al em função da adição de doses crescentes de resíduos de soja e de milho.

Tabela 7 - Dados médios do Al (cmolc/dm³) e da "m" do solo dos tratamentos com resíduos de soja e de milho

Tipo de resíduo	Tempo de incubação (dias)	Tamanho do pedaço (cm)	Dose de resíduo(t/ha).....									
			0	10	20	30	Média	0	10	20	30	Média
			Al ³⁺					m				
Soja	0	5	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	24,27	24,27	24,27	24,27	24,27
		10	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	24,27	24,27	24,27	24,27	24,27
		Média	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	24,27	24,27	24,27	24,27	24,27
	30	5	0,24	0,28	0,18	0,20	0,23	22,13	26,23	15,70	11,83	18,97
		10	0,24	0,29	0,25	0,18	0,24	22,13	23,93	18,87	13,57	19,63
		Média	0,24	0,29	0,22	0,19	0,23	22,13	25,08	17,29	12,70	19,30
	60	5	0,36	0,35	0,23	0,26	0,30	29,83	32,17	31,90	23,87	29,44
		10	0,36	0,33	0,24	0,24	0,29	29,83	30,17	25,70	18,43	26,03
		Média	0,36	0,34	0,24	0,25	0,30	29,83	31,17	28,80	21,15	27,74
	90	5	0,41	0,35	0,30	0,23	0,32	44,87	26,70	22,70	12,50	26,69
		10	0,41	0,34	0,25	0,20	0,30	44,87	24,33	22,27	15,40	26,72
		Média	0,41	0,35	0,28	0,22	0,31	44,87	25,52	22,48	13,95	26,70
Média			0,31	0,30	0,24	0,22		30,28	26,51	23,21	18,02	
Milho	0	5	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	24,27	24,27	24,27	24,27	24,27
		10	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	24,27	24,27	24,27	24,27	24,27
		Média	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	24,27	24,27	24,27	24,27	24,27
	30	5	0,24	0,19	0,28	0,18	0,23	22,13	21,73	22,60	14,47	20,23
		10	0,24	0,26	0,26	0,24	0,25	22,13	23,30	24,73	23,40	23,39
		Média	0,24	0,23	0,27	0,21	0,24	22,13	22,52	23,67	18,93	21,81
	60	5	0,36	0,24	0,27	0,25	0,28	29,83	26,17	14,47	14,80	22,07
		10	0,36	0,34	0,23	0,30	0,31	29,83	40,00	27,03	19,87	29,18
		Média	0,36	0,29	0,25	0,28	0,29	29,83	33,08	22,25	17,33	25,63
	90	5	0,41	0,35	0,25	0,21	0,31	44,87	31,10	15,90	18,03	27,48
		10	0,41	0,31	0,26	0,17	0,29	44,87	31,30	25,33	24,37	31,47
		Média	0,41	0,33	0,26	0,19	0,30	44,87	31,20	20,62	21,20	29,47
Média			0,31	0,27	0,25	0,22		30,28	27,77	22,70	20,43	

Por outro lado, registra-se também que o resíduo de soja teve maior contribuição na redução do teor de Al. Bell & Bessho (1993), destacam que as leguminosas têm maior efeito na redução do alumínio em razão de sua maior concentração de Ca e Mg.

Realizou-se análise de correlação para conferir quais características do solo poderiam interferir no comportamento do Al. O aumento do pH, do Mg e da soma de bases, contribuíram para baixar o Al (Tabela 8), enquanto o Ca não influenciou os teores de Al.

Tabela 8 - Coeficiente de correlação do pH, da soma de bases, do Ca e Mg com o teor de Al do solo.

Variável	Coeficiente r	
	Resíduo de soja	Resíduo de milho
pH	-0,98	-0,99
Soma de bases	-0,99	-0,92
Cálcio	-0,28	0,91
Magnésio	-0,99	-0,99

Teor de cálcio e magnésio do solo: o resíduo de soja contribuiu significativamente para o incremento do Ca e do Mg do solo e foi estatisticamente superior ao resíduo de milho ao longo do experimento (Tabelas 9 e 10).

Tabela 9 - Análise de variância do Ca e Mg, do P e K disponíveis, soma de bases e CTCe em relação ao tempo de incubação (Te), à quantidade (Q) e ao tamanho do pedaço (Ta) dos resíduos de soja e de milho (Ti).

Fonte de variação	GL	QUADRADOS MÉDIOS e SIGNIFICÂNCIA					
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	P	K	SB	CTCe
Tempo (Te)	3	0,19500***	0,02500***	2,554***	27807,422***	0,580000***	1,549***
Quantidade (Q)	3	0,03500**	0,02500***	0,129ns	29562,977***	0,322000***	0,073**
Int. TexQ	9	0,20700***	0,00800***	0,061ns	4270,468***	0,160000***	0,094***
Tamanho (Ta)	1	0,00021ns	0,00100ns	0,009ns	231,880ns	0,000975ns	0,013ns
Int. TexTa	3	0,02000ns	0,00200ns	0,063ns	841,408ns	0,021000ns	0,049ns
Int. QxTa	3	0,00400ns	0,00029ns	0,051ns	1211,519ns	0,002000ns	0,003ns
Int. TexQxTa	9	0,01500ns	0,00100ns	0,054ns	2166,269ns	0,027000*	0,036ns
Tipo (Ti)	1	0,75000***	0,05300***	0,015ns	91746,797***	0,097000**	0,155**
Int. TexTi	3	0,16500***	0,00800**	0,144ns	10913,047***	0,054000**	0,044ns
Int. QxTi	3	0,09200***	0,01200***	0,149ns	6212,464***	0,026000ns	0,077**
Int. TexQxTi	9	0,02400**	0,00200 ns	0,114 ns	1721,084 ns	0,011000 ns	0,022 ns
Int. TaxTi	1	0,04700**	0,00014 ns	0,004 ns	155,880 ns	0,046000 *	0,002 ns
Int. TexTaxTi	3	0,01900 ns	0,00100 ns	0,051 ns	548,575 ns	0,037000 *	0,013 ns
Int. QxTaxTi	3	0,01000 ns	0,00200 ns	0,032 ns	2114,991 ns	0,015000 ns	0,015 ns
Int. TexQxTaxTi	9	0,01400 ns	0,00100 ns	0,071 ns	1913,575 ns	0,018000 ns	0,017 ns
Resíduo	64	0,01000	0,00100	0,090	1353,953	0,014000	0,024
C.V. (%)		19,56	19,00	19,63	18,57	13,77	13,43

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; * Significativo a 10% de probabilidade; ns Não significativo.

Tabela 10 - Dados médios do Ca e do Mg (cmolc/dm³) do solo dos tratamentos com resíduos de soja e de milho.

Tipo de resíduo	Tempo de incubação (dias)	Tamanho do pedaço (cm)	Dose de resíduo (t/ha)									
			0	10	20	30	Média	0	10	20	30	Média
Soja	0	5	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
		10	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
		Média	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
	30	5	0,73	0,50	0,50	0,47	0,55	0,13	0,23	0,30	0,30	0,24
		10	0,73	0,53	0,43	0,30	0,50	0,13	0,20	0,30	0,30	0,23
		Média	0,73	0,52	0,47	0,38	0,53	0,13	0,22	0,30	0,30	0,24
	60	5	0,63	0,50	0,57	0,50	0,55	0,20	0,20	0,23	0,27	0,23
		10	0,63	0,63	0,80	0,67	0,68	0,20	0,20	0,30	0,33	0,26
		Média	0,63	0,57	0,68	0,58	0,62	0,20	0,20	0,27	0,30	0,24
	90	5	0,37	0,80	0,80	0,73	0,68	0,20	0,20	0,20	0,30	0,23
		10	0,37	0,77	0,83	0,87	0,71	0,20	0,20	0,27	0,23	0,23
		Média	0,37	0,78	0,82	0,80	0,69	0,20	0,20	0,23	0,27	0,23
Média			0,55	0,58	0,61	0,56	0,18	0,20	0,24	0,26		
Milho	0	5	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
		10	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
		Média	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
	30	5	0,73	0,33	0,23	0,30	0,40	0,13	0,20	0,20	0,20	0,18
		10	0,73	0,27	0,23	0,17	0,35	0,13	0,20	0,20	0,20	0,18
		Média	0,73	0,30	0,23	0,23	0,38	0,13	0,20	0,20	0,20	0,18
	60	5	0,63	0,60	0,57	0,43	0,56	0,20	0,13	0,20	0,20	0,18
		10	0,63	0,43	0,37	0,67	0,53	0,20	0,20	0,17	0,20	0,19
		Média	0,63	0,52	0,47	0,55	0,54	0,20	0,17	0,18	0,20	0,19
	90	5	0,37	0,50	0,47	0,43	0,44	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
		10	0,37	0,40	0,43	0,37	0,39	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
		Média	0,37	0,45	0,45	0,40	0,42	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Média			0,55	0,43	0,40	0,41	0,18	0,18	0,19	0,19		

Nota-se, na Figura 5, que houve incremento do Ca de tendência linear quando se fez a adição de resíduo de soja, podendo ser explicado pela alta concentração deste elemento que inicialmente apresentava o resíduo de soja (Tabela 2). Em relação ao tempo de incubação, o resíduo de milho não apresentou diferenças significativas. Por outro lado, detectam-se incrementos significativos de tendência quadrática, quando doses crescentes dos resíduos de soja e de milho foram adicionadas (Figura 6). Esse comportamento relaciona-se às taxas de decomposição, que diminuíram com o aumento das quantidades de resíduos. O resíduo de milho diminuiu o teor de Ca do solo. Possivelmente, deve ter acontecido a complexação deste elemento com a matéria orgânica pobre em Ca. Houve, também, interação significativa entre os fatores tempo, quantidade e tipo de resíduo, mostrando que, houve incremento do Ca com o aumento da dose de soja ao longo do tempo de incubação, podendo ser atribuída ao maior conteúdo de Ca neste resíduo.

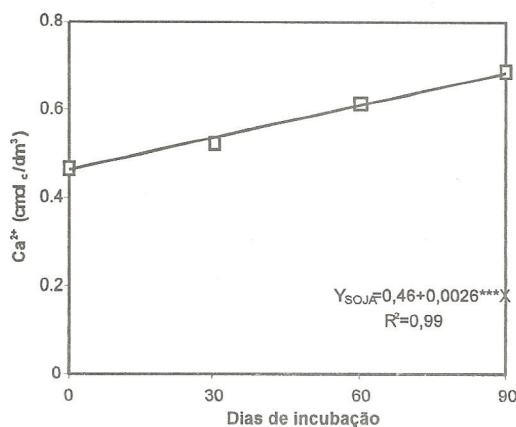


Figura 5 - Teor de Ca do solo em função do tempo de incubação dos resíduos de soja.

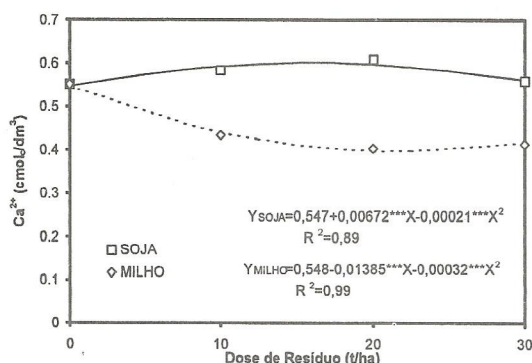


Figura 6 - Teor de Ca do solo em função da adição de doses crescentes de resíduos de soja e de milho.

O teor de Mg variou significativamente em relação ao tempo de incubação, mostrando um incremento de tendência quadrática e linear para os resíduos de soja e de milho, respectivamente (Figura 7). Houve também um incremento de tendência linear significativa no teor de Mg conforme aumentaram as doses de resíduo de soja e de milho (Figura 8). A maior contribuição do resíduo de soja pode ser atribuída ao maior conteúdo de Mg em relação ao resíduo de milho. Verifica-se a importância da adição de resíduos culturais, particularmente os de soja, que favorecem o aumento nos teores de Ca e Mg, principalmente em solos ácidos altamente intemperizados, onde é bastante comum a deficiência destes elementos.

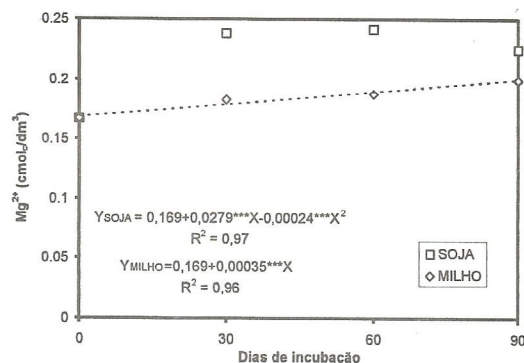


Figura 7 - Teor de Mg do solo em função do tempo de incubação dos resíduos de soja e de milho.

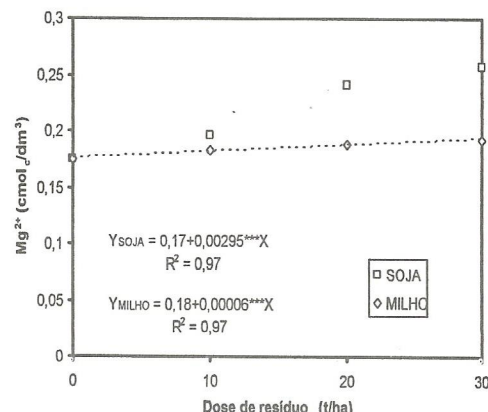


Figura 8 - Teor de Mg do solo em função da adição de doses crescentes de resíduos de soja e de milho.

Teor de fósforo disponível do solo: a adição de doses crescentes de resíduos de soja e de milho não alterou significativamente o teor de P disponível do solo (Tabelas 9 e 11). Verifica-se diminuição do P disponível em relação ao tempo de incubação (Figura 9). A disponibilidade do P está estritamente relacionada ao pH que apresentou queda até os 60 dias de incubação e, depois aumentou, mas sempre se mantendo abaixo de 5, valor

que segundo Brady (1989) e Tan (1982) favorece a fixação do fósforo.

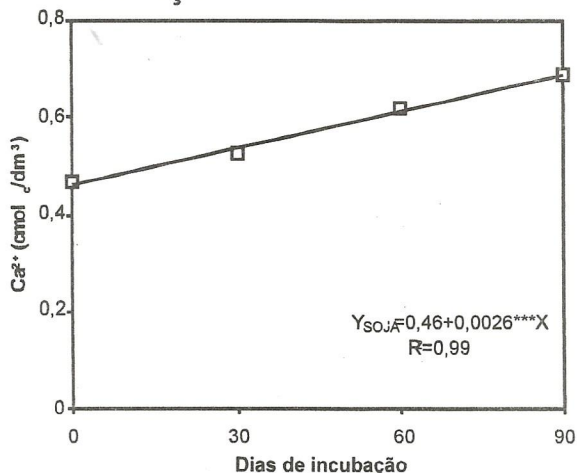


Tabela 11 - Dados médios do P disponível (mg/dm³) do solo dos tratamentos com resíduos de soja e de milho.

Tipo de resíduo	Tempo de incubação (dias)	Tamanho do pedaço (cm)	Dose de resíduo (t/ha)				Média
			0	10	20	30	
Soja	0	5	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87
		10	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87
		Média	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87
	30	5	1,50	1,67	1,30	1,70	1,54
		10	1,50	1,47	1,27	1,60	1,46
		Média	1,50	1,57	1,28	1,65	1,50
	60	5	1,50	1,30	1,40	0,93	1,28
		10	1,50	1,90	1,07	1,27	1,43
		Média	1,50	1,60	1,23	1,10	1,36
	90	5	1,33	1,50	1,53	1,30	1,42
		10	1,33	1,13	1,30	1,27	1,26
		Média	1,33	1,32	1,42	1,28	1,34
Média			1,55	1,59	1,45	1,48	
Milho	0	5	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87
		10	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87
		Média	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87
	30	5	1,50	1,27	1,33	1,53	1,41
		10	1,50	1,30	1,23	1,37	1,35
		Média	1,50	1,28	1,28	1,45	1,38
	60	5	1,50	1,53	1,27	1,67	1,49
		10	1,50	1,33	1,40	1,80	1,51
		Média	1,50	1,43	1,33	1,73	1,50
	90	5	1,33	1,50	1,33	1,33	1,38
		10	1,33	1,27	1,27	1,73	1,40
		Média	1,33	1,38	1,30	1,53	1,39
Média			1,55	1,49	1,45	1,65	

Teor de potássio disponível do solo: registra-se uma variação significativa do K em relação ao tempo de incubação e às quantidades de resíduos adicionadas

(Tabelas 9 e 12). Percebe-se, também, que houve diferença entre os dois tipos de resíduos. Na Figura 10 observa-se que houve incremento de tendência quadrática do K em

relação ao tempo de incubação. Depreende-se que o resíduo de milho teve uma maior contribuição. Quando as doses de resíduos foram incrementadas, verificam-se aumentos significativos do K, de tendência linear e quadrática para os resíduos de soja e de milho, respectivamente (Figura 11).

As diferenças entre os dois tipos de resíduos podem ser explicadas pela maior concentração de K que inicialmente o resíduo de milho apresentava em relação ao de soja. Maiores incrementos de K foram também observados por Bell e Bessho (1993), quando resíduos de gramíneas foram incorporados ao solo.

Soma de bases: a soma de bases trocáveis incrementa-se significativamente em relação ao tempo de incubação (Tabelas 9 e 13). Houve incremento de tendência quadrática pela adição dos dois tipos de resíduos (Figura 12). Estes resultados devem-se à contribuição de cátions trocáveis que, mediante a decomposição, os resíduos de soja e milho liberam ao solo. O resíduo de soja teve maior contribuição na soma de bases (SB) (Figura 12). As diferenças entre os tipos de resíduos são decorrentes da maior concentração de íons básicos que o resíduo de soja apresentava, inicialmente, em relação ao resíduo de milho.

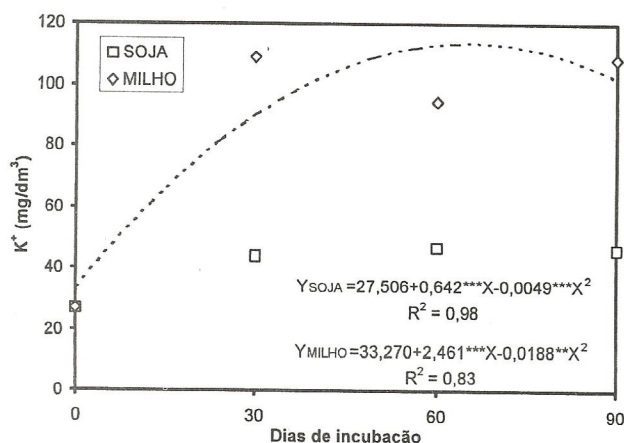


Figura 10 - Teor de K disponível do solo em função do tempo de incubação dos resíduos de soja e de milho.

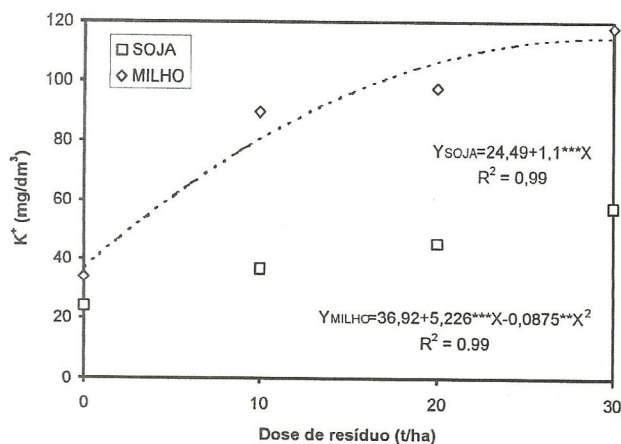


Figura 11 - Teor de K disponível do solo em função da adição de doses crescentes de resíduo de soja e de milho.

Tabela 13 - Dados médios da SB e da CTCe (cmolc/dm³) do solo dos tratamentos com resíduos de soja e de milho.

Tipo de resíduo	Tempo de incubação (dias)	Tamanho do pedaço (cm)	Dose de resíduo(t/ha).....									
			0	10	20	30	Média	0	10	20	30	Média
Soja												
	0	5	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	CTC_e				
		10	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
		Média	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	30	5	0,88	0,86	0,91	0,98	0,91	1,15	1,16	1,07	1,11	1,12
		10	0,88	0,84	0,87	0,84	0,86	1,15	1,11	1,07	0,98	1,08
		Média	0,88	0,85	0,89	0,91	0,88	1,15	1,13	1,07	1,05	1,10
	60	5	0,84	0,78	0,96	0,96	0,88	1,20	1,14	1,46	1,26	1,27
		10	0,84	0,93	1,21	1,18	1,04	1,20	1,33	1,68	1,44	1,41
		Média	0,84	0,85	1,08	1,07	0,96	1,20	1,24	1,57	1,35	1,34
	90	5	0,62	1,10	1,13	1,15	1,00	1,12	1,50	1,47	1,43	1,38
		10	0,62	1,03	1,16	1,27	1,02	1,12	1,36	1,50	1,51	1,37
		Média	0,62	1,07	1,15	1,21	1,01	1,12	1,43	1,48	1,47	1,38
	Média		0,76	0,87	0,96	0,98	1,11	1,19	1,27	1,21		
Milho												
	0	5	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
		10	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
		Média	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	30	5	0,88	0,71	0,72	0,98	0,82	1,15	0,91	0,92	1,15	1,03
		10	0,86	0,99	0,71	0,76	0,83	1,15	1,25	0,95	0,88	1,06
		Média	0,87	0,85	0,72	0,87	0,83	1,15	1,08	0,93	1,01	1,04
	60	5	0,84	0,98	1,11	1,03	0,99	1,20	1,32	1,34	1,23	1,27
		10	0,84	0,85	0,90	1,23	0,95	1,20	1,42	1,23	1,53	1,35
		Média	0,84	0,92	1,01	1,13	0,97	1,20	1,37	1,29	1,38	1,31
	90	5	0,62	0,96	1,03	1,07	0,92	1,12	1,40	1,23	1,30	1,26
		10	0,62	0,87	0,89	0,95	0,83	1,12	1,27	1,19	1,25	1,21
		Média	0,62	0,92	0,96	1,01	0,88	1,12	1,33	1,21	1,28	1,23
	Média		0,76	0,85	0,85	0,93	1,11	1,19	1,10	1,16		

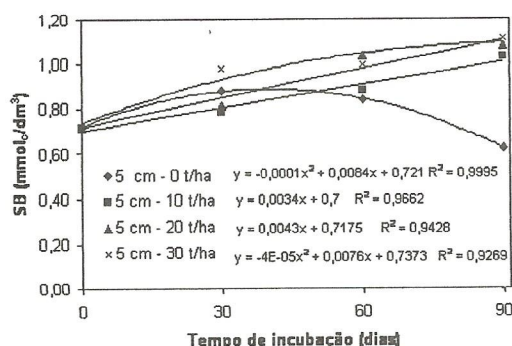
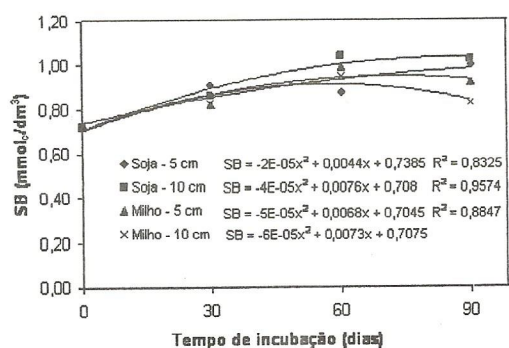
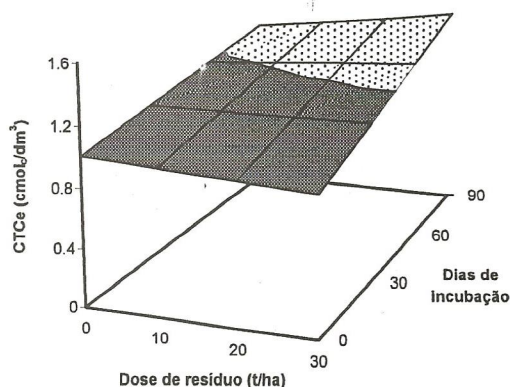


Figura 12 - Soma de bases do solo em função do tamanho, quantidade e do tempo de incubação dos resíduos de soja e de milho.

Capacidade de troca catiônica efetiva (CTCe): a CTCe variou significativamente com o tempo de incubação, apresentando também interação com as doses de resíduos (Tabelas 9 e 14 e Figura 13). Observa-se maior incremento da CTCe nos primeiros 30 dias de incubação dos resíduos de soja e de milho em relação ao tempo de incubação. Este comportamento pode ser atribuído à variação das taxas de decomposição dos resíduos culturais, que diminuíram com o aumento nas quantidades aplicadas. Houve maior contribuição do resíduo de soja, verificando-se incrementos acima de 50% com as doses mais elevadas. Essa diferença é decorrente do alto conteúdo de íons básicos do resíduo

de soja, que mediante sua liberação contribuíram para aumentar o pH do solo. Em decorrência desses resultados, pode-se afirmar que de acordo com a sua composição os resíduos orgânicos desempenham um papel importante na modificação da acidez e também nas propriedades físico-químicas do solo. Portanto, o conhecimento da natureza dos resíduos culturais adquire importância fundamental no seu manejo.



$$Y=1,01+0,0027$$

$$**E-0,0027Q+0,00011$$

$$*EQ R2=0,79$$

Figura 13 - CTCe do solo em função do tempo de incubação e das doses crescentes de resíduo de soja e de milho.

CONCLUSÕES

O resíduo de milho apresenta maior contribuição na resistência física à compactação do solo, sendo que, a quantidade e o tamanho do pedaço afetam essa resistência; porém, o efeito destes fatores é altamente dependente do tempo de incubação.

O uso de resíduos culturais, relativamente resistentes à decomposição, particularmente os de milho, poderiam ser úteis na recuperação de solos com problemas de adensamento, devendo-se considerar práticas que permitam prolongar a permanência dos mesmos no solo.

A adição de resíduos de culturas pode ser de muita utilidade não apenas na diminuição da resistência física à compactação do solo, mas também na redução das deficiências de Ca e Mg (soja) e

K (milho).

Pode-se inferir que, por meio da rotação de culturas incluindo milho e soja, a incorporação dos resíduos poderia aliviar os problemas de compactação e deficiência de nutrientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBER, R. G.; NAVARRO, F. Efecto de capas densas sobre la disponibilidad de humedad y el crecimiento de cultivos en la zona central de Santa Cruz - Bolivia. Santa Cruz, CIAT. 1991. 10 p. (Informe, 59).

BELL, L. C.; BESSHO, T. Assessment of aluminium detoxification by organic materials in an Ultisol, using soil solution characterization and plant response. In: MULONGOY, K. & MERCKX, R., eds. Soil organic matter and sustainability of tropical agriculture. Chichester, K.U. Leuven/IITA: John Wiley & Sons. 1993. p. 317-30.

BRADY, N. C. Natureza e propriedades dos solos. 7.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 878 p.

BREMNER, J.M. Methods of soil analysis. American Society of Agronomy: Inc., Publisher USA, 1965, p.1149-1178.

DEFELIPO, B. V.; RIBEIRO, A. C. Análise química do solo (metodologia). Viçosa, MG, UFRV, 1981. 17 p. (Boletim de extensão, 29).

DUDAL, R.; DECKERS, J. Soil organic matter in relation to soil productivity. In: MULONGOY, K. & MERCKX, R., eds. Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture. Chichester: John Wiley & Sons, 1993. p.377-80.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. SERVIÇO DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS, EMBRAPA-SLCS. Manual de métodos e análise do solo. Rio de Janeiro, 1979.

FERNANDEZ, B. & SYKES, J. O. Capacidade de campo e retenção de água em três solos de Minas Gerais. *Revista Ceres*, V.15, p.1-39, 1968.

KAISER, E. A.; WALENZIK, G.; JEINEMEYER, O. The influence of soil compaction on decomposition of plant residues and on microbial biomass. In: WILSON, W.S., ed. *Advance in soil organic matter research; the impact on agriculture an the environment*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1991. p.207-16.

KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492p.

MIYASAWA, M.; PAVAN, M. A.; GALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, V. 17, p.411-6, 1993.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: UFLA, 2002. 626 p.

MOURA FILHO, W. Métodos de campo e de laboratório. Viçosa, UREMG, 1964. 24p.

O'SULLIVAN, M.F. Uniaxial compaction effects of soil physical properties in relations to soil type and cultivation. *Soil and Tillage Research*. V.24, n.3/4. p.257-269, 1992.

PROCTOR, R. R. Fundamental principles of soil compaction. *Engineering News*, V. 5, p.286-289, 1993.

SANCHEZ, P. A.; PALM, C. A.; SZOTT, L. T.; CUEVAS, E. & LAL, R. Organic input management in tropical agroecosystems. In: COLEMAN, D. C.; OADES, J. M.; UEHARA, G., eds. *Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems*. Honolulu: Niftal Projet, University of Hawaii, 1989. p.125-52.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, V. 9, p.249-4, 1985.

STEVENSON, F. J. *Cycles of soil. carbon, nitrogen, phosphorous, sulfur, micronutrients*. New York: John Wiley & Sons. 1986. 380 p.

TAN, K. H. *Principles of soil chemistry*. New York: Marcel Dekker, 1982. 266p.