

**A CIÊNCIA DO SOLO NO PROGRESSO
TÉCNICO-CIENTÍFICO E SUSTENTÁVEL
NO MARANHÃO
UM PANORAMA DAS PESQUISAS EM
SEUS AGROECOSSISTEMAS**



ORGANIZAÇÃO:

Régia Maria R. Gualter
Ana Roberta L. de Miranda

**A CIÊNCIA DO SOLO NO PROGRESSO
TÉCNICO-CIENTÍFICO E
SUSTENTÁVEL DO MARANHÃO:
UM PANORAMA DAS PESQUISAS EM SEUS
AGROECOSSISTEMAS**



GOVERNO DO
MARANHÃO

FAPENMA

Conselho Editorial

Dr. Clívio Pimentel Júnior - UFOB (BA)

Dra. Edméa Santos - UFRRJ (RJ)

Dr. Valdriano Ferreira do Nascimento - UECE (CE)

Dr^a. Ana Lúcia Gomes da Silva - UNEB (BA)

Dr^a. Eliana de Souza Alencar Marques - UFPI (PI)

Dr. Francisco Antonio Machado Araujo - UFDPar (PI)

Dr^a. Marta Gouveia de Oliveira Rovai - UNIFAL (MG)

Dr. Raimundo Dutra de Araujo - UESPI (PI)

Dr. Raimundo Nonato Moura Oliveira - UEMA (MA)

Dra. Antonia Almeida Silva - UEFS (BA)

A CIÊNCIA DO SOLO NO PROGRESSO TÉCNICO-CIENTÍFICO E SUSTENTÁVEL DO MARANHÃO: UM PANORAMA DAS PESQUISAS EM SEUS AGROECOSSISTEMAS

© Régia Maria Reis Gualter - Ana Roberta Lima de Miranda

1ª edição: 2021

Editoração

Acadêmica Editorial

Diagramação

Danilo Silva

Capa

Paulo José Brito da Silva

Reprodução e Distribuição

CAJU: Educação, Tecnologia e Editora

Ficha Catalográfica elaborada de acordo com os padrões estabelecidos no
Código de Catalogação Anglo – Americano (AACR2)

C569 A ciência do solo no progresso técnico-científico e sustentável do
Maranhão: um panorama das pesquisas em seus agroecossistemas /
Régia Maria Reis Gualter, Ana Roberta Lima de Miranda,
organizadoras. – Parnaíba, PI: Acadêmica Editorial, 2021.
E-book.

ISBN: 978-65-88307-47-2

1. Ciência do solo. 2. Diversidade microbiana. 3. Conservação do
solo. I. Gualter, Régia Maria Reis (Org.). II. Miranda, Ana Roberta
Lima de (Org.). III. Título.

CDD: 631.4

Bibliotecária Responsável:

Nayla Kedma de Carvalho Santos – CRB 3ª Região/1188

CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO DE UM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA EM RELAÇÃO A DIFERENTES USOS DA TERRA, NA AMAZÔNIA OCIDENTAL MARANHENSE

Luciano Cavalcante Muniz

Diana Signor

Victor Roberto Ribeiro Reis

Uelson Serra Garcia

Ilka South de Lima Cantanhêde

Carlos Augusto Rocha de Moraes Rego

Joaquim Bezerra Costa

INTRODUÇÃO

A sustentabilidade dos ecossistemas está intimamente ligada à avaliação das propriedades do solo que estimam a sua qualidade. No entanto, a avaliação da qualidade do solo não é uma tarefa simples, haja vista a grande complexidade dos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem no solo, sua variabilidade espacial e diversidade de manejo.

Os sistemas de Integração, Lavoura, Pecuária e Floresta (ILPF) são alternativas tecnológicas à perspectiva de uma pecuária mais produtiva e sustentável. Dentre os benefícios desse sistema, destacam-se a conservação do

solo e dos recursos hídricos, a promoção do sequestro de carbono, a flexibilidade do fluxo de caixa ao longo do ano e o aumento da biodiversidade (VILELA *et al.*, 2011). Para esses autores, os sistemas ILPF são apontados como a solução para muitos problemas inerentes às pastagens, sobretudo aqueles de natureza ambiental. Além disso, esses sistemas podem ser uma alternativa para que o problema de degradação das pastagens seja superado, pois contribuem para melhorar a capacidade produtiva dos animais e das pastagens, aprimorar a fertilidade e a conservação do solo, minimizar o estresse climático sobre os animais, aumentar a rentabilidade por área e agregar valor à propriedade (REGO *et al.*, 2017; MUNIZ *et al.*, 2017; MARTHA JUNIOR *et al.*, 2011).

De acordo com Dias-Filho (2006), o componente florestal, com sistema radicular mais profundo que o das forrageiras, promove a translocação de nutrientes e água das camadas inferiores para camadas mais próximas à superfície, favorecendo o desenvolvimento das forrageiras. Além disso, o aporte e a decomposição de resíduos animais e vegetais (do componente florestal e da espécie forrageira) aumentam a ciclagem de nutrientes no sistema. Contudo, na perspectiva do produtor rural, os benefícios ambientais atribuídos ao sistema ILPF, como o aumento da biodiversidade, a conservação ambiental e o sequestro de C, têm importância marginal, enquanto a baixa lucratividade e o alto investimento iniciais ganham destaque, configurando-se nas principais barreiras à adoção desse sistema (DIAS-FILHO, 2006; DIAS-FILHO; FERREIRA, 2007).

No Maranhão, a atividade pecuária é feita predominantemente de maneira extensiva e em pastagens degradadas, e, em grande parte do estado, desenvolvida em áreas de ocorrência de babaçu (Mata de Cocais). A Mata de Cocais é uma formação de transição entre Floresta Amazônica, Mata Atlântica, Caatinga e Cerrado; localizada principalmente no Maranhão, está presente também no Piauí e no oeste do

Ceará. Diante da ampla distribuição das matas de babaçu no estado do Maranhão e da condição de degradação das pastagens na Amazônia Ocidental maranhense, o presente trabalho se propõe a avaliar os atributos químicos do solo de um de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), considerando diferentes usos da terra, na Amazônia Ocidental Maranhense.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de solo foram coletadas em áreas sob diferentes usos da terra no município de Pindaré-Mirim, no estado do Maranhão (S 3°46'9.12" e W 45°29'35.52"). O clima da região é classificado, segundo Köppen (1948), como Aw (quente e úmido), com temperatura média anual de 26°C, temperatura mínima de 22,3°C e máxima de 33,5°C, precipitação pluviométrica entre 2000 a 2400 mm anuais e umidade relativa do ar anual entre 79% e 82% (GEPLAN, 2002). O solo da área de estudo é classificado como Plintossolo háplico, recoberto originalmente por vegetação de floresta Ombrófila Aberta de Terras Baixas, com predomínio de palmeira babaçu.

Os quatro diferentes usos da terra avaliados foram: vegetação nativa com babaçu (*Attalea speciosa* C. Martius), capoeira (vegetação secundária com, aproximadamente, 20 anos de pousio), pastagem degradada (cultivada com *Urochloa brizantha* cv. Marandu, com mais de 10 anos de implantação) e área sob sistema ILPF (com cinco meses de implantação).

O sistema de ILPF foi implantado em área de pastagem degradada, similar àquela de mesma denominação amostrada neste estudo. Para implantação desse sistema, a área de pastagem degradada foi preparada por meio de aração, gradagem e nivelamento, seguido por incorporação (até 20 cm de profundidade) de 1,8 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico. Aos 60 dias após a calagem, foi feita simultaneamente a semeadura mecanizada do milho híbrido KWS 9304 (espaçamento de 0,6

m x 0,3 m) e da pastagem *Urochloa Brizantha* cv. Marandu. A adubação para cultura do milho foi realizada da seguinte maneira: adubação de plantio = 400 kg/ ha⁻¹ da fórmula (04-30-10+Zn); 1ª adubação de cobertura = 200 kg/ha⁻¹ da fórmula (36-00-30) aos 10 dias após a emergência do milho; e a 2ª adubação de cobertura = 200 kg/ ha⁻¹ da fórmula (36-00-30) aos 20 dias após a primeira adubação de cobertura. O componente arbóreo do sistema ILPF foi representado por eucalipto (*Eucalyptus spp.*), implantado por mudas, 70 dias após a emergência do milho, em fileira dupla, com espaçamento (3,0 x 2,0 m) + 28 m 3,0 m x 2,0 m e 28 m entre fileiras duplas. Para o eucalipto, a adubação por cova foi realizada com 75 g de rocha fosfática em 30 cm de profundidade e 150 g de adubo 36-00-30. Aos 15 dias após a semeadura foram aplicados os herbicidas *Atrazina* (controle de folhas largas) e *Nicosulfuron* (uma subdosagem de 1/3 para provocar um atraso no desenvolvimento da forragem).

Em cada uma das quatro áreas foram abertas três trincheiras e, em torno de cada trincheira, em todas as direções cardeais, foram marcados doze pontos equidistantes, onde foram coletadas amostras de solo deformadas nas seguintes profundidades: 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm. Em torno de cada trincheira, as amostras simples dos doze pontos foram combinadas em uma única amostra composta por cada profundidade coletada. A amostragem de solo na área com ILPF foi realizada após a colheita da primeira lavoura de milho.

As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Análises de Solos e Tecidos Vegetais da Embrapa Semiárido, onde foram secas ao ar e caracterizadas física e quimicamente segundo a Embrapa (1997). Foram avaliados os seguintes atributos físicos: textura (a partir da avaliação da composição granulométrica da terra fina seca ao ar e da argila dispersa em água pelo método da pipeta) e densidade do solo, pelo método do anel volumétrico. O pH em água foi determinado eletronicamente por meio de eletrodo combinado, imerso

em suspensão de solo e água na proporção 1:2,5. Os teores de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis foram extraídos com solução de KCl 1 mol L⁻¹. Os teores de cálcio e magnésio foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica e determinação do Al trocável foi feita por titulação com NaOH 0,025 mol L⁻¹. Fósforo disponível, potássio e sódio trocáveis foram extraídos com solução Mehlich⁻¹ (0,05 mol L⁻¹ de HCl + 0,0125 mol L⁻¹ de H₂SO₄). O fósforo foi determinado espectroscopicamente por meio da leitura da intensidade da cor do complexo fosfomolibdico, produzido pela redução de molibdato com ácido ascórbico; já o potássio e sódio trocáveis foram determinados por fotometria de emissão de chama. A acidez potencial (H+Al) do solo foi extraída com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ e determinada por titulação com NaOH 0,025 mol L⁻¹.

Os atributos físicos e químicos avaliados foram submetidos à análise de variância pelo método de Kruskal-Wallis (teste não paramétrico) e posterior comparação de médias pelo teste de Bonferroni (Dunn), quando foram calculados os intervalos de confiança em torno das médias, a 95% de confiança. Todas as análises estatísticas foram realizadas através do Action Stat 3.0.2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solos sob pastagem degradada e sistema ILPF apresentaram menores teores de areia e maiores de argila em relação aos outros usos, considerando as profundidades 0-10 e 10-20 cm (Tabela 1). Em todas as camadas avaliadas, o teor de silte no sistema ILPF foi significativamente superior às áreas com mata nativa e capoeira, além de semelhante à pastagem degradada. Apesar dessas diferenças, todos dos resultados foram classificados como textura franco-arenosa, demonstrando a pouca sensibilidade desse atributo às alterações no uso do solo (RESENDE *et al.*, 2015). Observou-se também a ocorrência de um declínio dos teores de areia

em profundidade para as áreas com mata nativa com babaçu, variando entre 615,93 g kg⁻¹ e 748,80 g kg⁻¹, e capoeira, variando entre 602,10 g kg⁻¹ e 768,47 g kg⁻¹. O maior teor de areia no horizonte superficial pode ser atribuído principalmente à translocação de argila do horizonte A e à sua acumulação no horizonte B (CARVALHO *et al.*, 1999). Esse aumento do teor de argila em profundidade foi observado por Anjos *et al.* (2007), sobretudo na área com capoeira. Em profundidade, os tratamentos apresentaram teores de silte semelhantes entre as diferentes camadas do solo, exceto no uso da mata nativa com babaçu.

Tabela 1. Teores de areia, silte e argila (g kg⁻¹) sob diferentes usos da terra

Profundidade (cm)	Mata nativa	Capoeira	Pastagem degradada	ILPF
---- areia (g kg ⁻¹) ----				
0-10	748,80 aA	768,47 aA	528,38 bA	603,64 bA
10-20	744,52 aA	742,2 aAB	630,19 bA	634,15 bA
20-30	721,38 aAB	714,26 aBC	647,36 aA	614,08 bA
30-40	692,98 aAB	706,85 aBC	584,65 bA	583,62 bA
40-60	666,71 abBC	675,07 aCD	536,99 bA	555,63 abA
60-80	619,48 aC	609,47 aDE	557,63 aA	609,67 aA
80-100	615,93 aC	602,1 aE	537,53 aA	581,85 aA
---- silte (g kg ⁻¹) ----				
0-10	144,79 bABC	107,71 bA	411,28 aA	348,18 aA
10-20	125,66 bABC	124,69 bA	274,67 aA	284,94 aA
20-30	119,84 bC	149,56 bA	257,69 abA	293,87 aA
30-40	128,67 bBC	123,03 bA	263,07 aA	306,34 aA
40-60	125,71 bBC	113,55 bA	301,33 aA	297,96 aA

60-80	159,84	bAB	150,52	bA	292,79	aA	260,81	aA
80-100	165,75	bA	145,02	bA	317,46	aA	311,97	aA
---- argila (g kg ⁻¹) ----								
0-10	106,41	aD	123,81	aE	60,35	bB	48,18	bB
10-20	129,81	aCD	133,11	aE	95,15	bAB	80,91	bAB
20-30	158,78	aBC	136,18	aDE	94,95	aAB	92,05	aAB
30-40	178,35	aB	170,11	aCD	152,28	aA	110,05	aAB
40-60	207,58	aA	211,38	aBC	161,68	abA	146,41	bA
60-80	220,68	aA	240,01	aAB	149,58	bA	129,51	bA
80-100	218,31	aA	252,88	aA	145,01	bA	106,18	cAB

Nota: Letras minúsculas comparam médias entre diferentes usos dentro de uma mesma profundidade. Letras maiúsculas comparam médias dentro do mesmo uso em profundidades diferentes. Médias seguidas por letras iguais na mesma linha ou coluna não diferem entre si pelo teste de Bonferroni ($\alpha=0,05$).

Na profundidade 0-10 cm, a densidade do solo na mata nativa com babaçu (1,17 g cm⁻³) foi significativamente inferior à média do uso com pastagem degradada (1,40 g cm⁻³) (Tabela 2). Araújo *et al.* (2007) afirmam que existe uma relação proporcional entre o aumento da densidade do solo e a intensidade do seu uso. Essa relação pode ser resultante do pisoteio dos animais e do trânsito de máquinas e implementos. Nas áreas de mata nativa de babaçu e capoeira, a densidade da camada 0-10 cm foi estatisticamente inferior à da camada 10-20 cm. Essa tendência natural também foi observada por Costa *et al.* (2009), que atribuíram esse comportamento à menor contribuição da matéria orgânica na agregação do solo em camadas mais profundas, ao peso das camadas subjacentes, à menor penetração de raízes e à diminuição da porosidade total devido à eluviação de argila.

Tabela 2. Densidade do solo (g cm^{-3}) sob diferentes usos da terra

Profundidade (cm)	Mata nativa		Capoeira		Pastagem degradada		ILPF	
0-10	1,17	bC	1,23	abC	1,40	aB	1,32	abC
10-20	1,36	aA	1,44	aAB	1,47	aAB	1,39	aBC
20-30	1,31	cAB	1,34	bcC	1,49	aAB	1,38	abBC
30-40	1,3	bAB	1,34	bC	1,58	aAB	1,46	aB
40-60	1,3	aAB	1,35	aBC	1,48	aAB	1,53	aA
60-80	1,24	cBC	1,33	cC	1,59	aA	1,53	bA
80-100	1,28	cAB	1,48	bcA	1,51	aAB	1,53	abA

Nota: Letras minúsculas comparam médias entre diferentes usos dentro de uma mesma profundidade. Letras maiúsculas comparam médias dentro do mesmo uso em profundidades diferentes. Médias seguidas por letras iguais na mesma linha ou coluna não diferem entre si pelo teste de Bonferroni ($\alpha=0,05$).

Na camada 0-10 cm, o pH do solo por meio do uso com capoeira foi superior ao da mata nativa com babaçu e ao do sistema ILPF, e inferior à pastagem degradada, variando entre 4,78 e 5,38 (Tabela 3). De Maria *et al.* (1999) atribuíram os maiores valores do pH nas camadas superficiais às características tamponantes da MO e ao aumento da força iônica da solução do solo, tendo em vista o incremento dos teores de Ca, Mg e K na camada superficial. Na pastagem degradada e ILPF houve um processo de acidificação do solo em profundidade, provavelmente devido ao efeito da correção do pH do solo em superfície com o uso de calcário, ou aos elevados teores de Al em profundidade, comum em Plintossolos da região (ANJOS *et al.*, 2007).

Na camada 0-10 cm, os teores de alumínio trocável foram menores no sistema ILPF e pastagem degradada em comparação ao uso com capoeira, com valores iguais a $0,32 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $0,28 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente (Tabela 3). Segundo Souza e Lobato (2004), o principal objetivo de se corrigir a acidez do solo em camadas superficiais é para neutralizar o alumínio trocável, uma vez que esse elemento no

solo é capaz de diminuir a absorção de fósforo. Apesar disso, os valores de alumínio trocável, observados neste trabalho até 60 cm, estão acima do valor adequado para a *Brachiariabrizantha* cv. Marandu (>1,5) e abaixo do valor máximo de saturação de Al não tóxica para essa cultura (25%) (RIBEIRO *et al.*, 1999).

Tabela 3. Teores médios de pH e alumínio (Al) do solo, sob diferentes usos da terra

Profundidade (cm)	Mata nativa		Capoeira		Pastagem degradada		ILPF	
---- pH ----								
0-10	4,83	cA	5,08	bA	5,38	aA	4,78	cA
10-20	4,73	bA	5,03	abA	5,51	aA	4,90	bA
20-30	4,66	bA	5,05	aA	5,39	aA	4,72	bAB
30-40	4,61	bA	5,03	aA	5,10	aAB	4,64	bBC
40-60	4,55	bA	5,02	aA	4,85	aBC	4,53	bC
60-80	4,59	bA	5,05	aA	4,70	aCD	4,50	bC
80-100	4,60	bA	5,11	aA	4,64	bD	4,45	bC
---- Teor de Al (cmol _c dm ⁻³) ----								
0-10	2,00	abD	0,95	aF	0,32	bDE	0,28	bD
10-20	1,02	abD	1,47	aE	0,33	bDE	0,60	abCD
20-30	1,83	aCD	2,43	aD	0,20	bE	1,05	abCD
30-40	2,58	aCD	2,95	aD	1,40	aCD	3,95	aBC
40-60	4,32	aBC	4,75	aC	4,27	aBC	6,33	aAB
60-80	9,08	aAB	7,28	aB	8,43	aAB	8,9	aAB
80-100	12,25	aA	9,57	aA	10,97	aA	10,57	aA

Nota: Letras minúsculas comparam médias entre diferentes usos dentro de uma mesma profundidade. Letras maiúsculas comparam médias dentro do mesmo uso em profundidades diferentes. Médias seguidas por letras iguais na mesma linha ou coluna não diferem entre si pelo teste de Bonferroni ($\alpha=0,05$).

Nas camadas 20-30, 30-40 e 40-60 cm, os teores de Ca^{2+} foram maiores na pastagem degradada e no sistema ILPF (Tabela 4). Essas duas áreas também apresentaram elevados teores de Mg^{2+} , sobretudo em profundidades maiores que 40 cm (Tabela 4). Entre as camadas, os teores de Mg^{2+} foram similares para as áreas com pastagem degradada, ILPF e mata nativa. Os valores de Ca^{2+} aumentaram em profundidade em todos os usos. Siqueira Neto *et al.* (2009) observaram os maiores valores desses elementos em ambientes que sofreram correção do solo, porém, neste trabalho houve uma menor variação.

Tabela 4. Teores médios de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do solo sob diferentes usos da terra

Profundidade e (cm)	Mata nativa	Capoeira	Pastagem degradada	ILPF
---- Teor de Ca (cmol _c dm ⁻³) ----				
0-10	2,00	aBC 1,43	aC 3,27	aA 2,70
10-20	1,83	aBC 1,17	abC 3,37	aA 2,83
20-30	1,47	aB 1,13	abB 3,23	aA 2,63
30-40	1,27	abB 0,91	bcB 3,27	aA 2,43
40-60	0,81	bcB 0,73	cdB 2,17	aA 2,07
60-80	0,48	cdB 0,67	cdA B 1,27	aA 1,13
80-100	0,30	dC 0,40	dBC 0,77	aA 0,60
---- Teor de Mg (cmol _c dm ⁻³) ----				
0-10	4,17	aAB 2,97	abB 6,27	aA 6,30
10-20	3,23	aA 2,67	abA 5,90	aA 6,20
20-30	3,13	aA 2,41	abA 7,20	aA 6,63
30-40	1,66	aB 2,09	bB 10,73	aA 6,60
40-60	2,63	aB 2,77	abB 7,57	aA 6,70
60-80	2,92	aB 2,86	abB 7,57	aA 6,40
80-100	3,57	aB 3,86	aB 6,63	aA 6,43

Nota: Letras minúsculas comparam médias entre diferentes usos dentro de uma mesma profundidade. Letras maiúsculas comparam médias dentro do mesmo uso em profundidades diferentes. Médias seguidas por letras iguais na mesma linha ou coluna não diferem entre si pelo teste de Bonferroni ($\alpha=0,05$).

Os teores de P no sistema ILPF foram superiores aos da mata nativa na camada 0-10 cm (Tabela 5). Em profundidade, os solos do sistema ILPF demonstraram um decréscimo nos teores de P. A adição de fósforo na formulação da adubação de plantio no sistema ILPF ocasionou um acúmulo desse nutriente nas camadas superficiais em função da baixa mobilidade do fósforo no solo (SANTOS *et al.*, 2008). Na mata nativa e capoeira, os baixos teores de P podem estar relacionados à fixação de íons fosfatos por minerais argilo-ferruginoso, caulinita, hematita, goethita, muscovita e biotita intemperizada (ANJOS *et al.*, 2007). Os teores de K no sistema ILPF e pastagem degradada foram superiores aos demais tratamentos até a profundidade de 40 cm (Tabela 5). Conforme Ribeiro *et al.* (1999), os valores de K em todos os solos amostrados podem ser classificados como bom ou muito bom. Os teores de Na trocável no solo variaram entre 0,06 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ e 0,16 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, considerando os diferentes usos da terra (Tabela 5). Em profundidade, houve uma similaridade dos valores de sódio para os tratamentos, exceto na capoeira.

Tabela 5. Teores de fósforo (P), potássio (K) e sódio (Na) trocáveis sob diferentes usos da terra

Profundidade (cm)	Mata nativa		Capoeira		Pastagem degradada		ILPF	
---- Teor de P (mg dm ⁻³) ----								
0-10	1,26	aB	1,67	aAB	3,46	aAB	10,70	aA
10-20	1,67	aAB	0,55	aB	1,37	bAB	9,33	abA
20-30	1,67	aAB	0,74	aB	1,73	abAB	7,58	abcA
30-40	0,77	abB	0,68	aB	1,30	bA	4,72	abcA
40-60	0,97	abA	0,55	aA	1,60	abA	3,10	abcA
60-80	1,29	abAB	0,30	aB	1,48	bA	1,21	bcAB
80-100	0,27	bB	*	*	1,48	abA	0,97	cA
---- Teor de K (cmolc dm ⁻³) ----								
0-10	0,27	aB	0,23	bcB	1,04	aA	0,92	aA
10-20	0,25	aB	0,18	eB	0,91	abA	0,76	abA

20-30	0,26	aB	0,18	deB	0,79	abcA	0,76	abA
30-40	0,26	aB	0,21	cdB	0,67	abcA	0,62	abA
40-60	0,35	aBC	0,25	bC	0,67	abcAB	0,68	abA
60-80	0,42	aB	0,32	aC	0,50	bcB	0,66	abA
80-100	0,42	aAB	0,35	aB	0,46	cA	0,51	bA

----- Teor de Na (cmol_c dm⁻³) -----

0-10	0,07	aB	0,07	abcB	0,16	aA	0,15	aA
10-20	0,07	aB	0,06	bcB	0,14	aA	0,13	aA
20-30	0,07	aB	0,06	cB	0,14	aA	0,14	aA
30-40	0,07	aB	0,06	cB	0,13	aA	0,15	aA
40-60	0,07	aB	0,06	bcB	0,14	aA	0,16	aA
60-80	0,09	aBC	0,07	abC	0,13	aAB	0,15	aA
80-100	0,09	aB	0,08	aB	0,13	aAB	0,15	aA

*Valores abaixo do limite de detecção do método Nota: Letras minúsculas comparam médias entre diferentes usos dentro de uma mesma profundidade. Letras maiúsculas comparam médias dentro do mesmo uso em profundidades diferentes. Médias seguidas por letras iguais na mesma linha ou coluna não diferem entre si pelo teste de Bonferroni ($\alpha=0,05$).

A acidez potencial (H+Al) no sistema ILPF e na pastagem degradada foi inferior aos demais usos nas camadas 0-10, 10-20, 20-30 e 60-80 cm (Tabela 6). Em profundidade, houve um aumento da acidez potencial em todos os usos avaliados. A capacidade de troca catiônica foi semelhante entre as áreas até 80 cm de profundidade (Tabela 6). Em profundidade, ocorreu um aumento da CTC do solo, exceto na pastagem degradada. A mudança no uso da terra provocou valores superiores de saturação por base nos solos sob sistema ILPF e pastagem degradada em comparação à mata nativa e capoeira (Tabela 6). Esses altos valores foram relacionados à correção da fertilidade do solo pelas práticas de calagem e adubação, que, em conjunto, fornecem Ca, Mg e K, e neutralizam o alumínio (SOUZA; LOBATO, 2004). O alumínio é considerado o principal componente da acidez

potencial no solo amostrado neste trabalho. No sistema ILPF e na pastagem degradada, os valores de saturação por base estão acima do recomendado por Ribeiro *et al.* (1999) para o capim Marandu.

Tabela 6. Valores médios de acidez potencial (H+Al), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V) do solo sob diferentes usos da terra

Profundidade (cm)	Mata nativa		Capoeira		Pastagem degradada		ILPF	
----- $H+Al$ (cmol _c dm ⁻³) -----								
0-10	6,40	cA	6,56	deA	2,56	cB	2,23	cB
10-20	6,19	cA	5,92	eA	2,23	cB	2,39	cB
20-30	6,67	cA	6,45	deA	2,48	cB	2,97	cB
30-40	6,88	cA	7,2	cdA	3,55	cA	4,37	bcA
40-60	8,53	bcA	8,21	bcA	5,2	bcA	7,34	abA
60-80	14,88	abA	12,27	abA	9,24	abB	9,65	aB
80-100	20,53	aA	14,24	aAB	10,89	aBC	9,82	aC
----- CTC (cmol _c dm ⁻³) -----								
0-10	12,75	cA	11,26	cdA	13,29	aA	12,3	bA
10-20	11,57	cA	9,99	eA	12,55	abA	12,32	bA
20-30	11,6	cA	10,23	eA	13,84	abcA	13,14	abA
30-40	10,14	cA	10,46	deA	18,35	abcA	14,17	abA
40-60	12,39	bcA	12,02	bcA	15,74	abcA	16,94	abA
60-80	18,96	abA	16,19	abA	18,71	bcA	17,99	aA
80-100	24,91	aA	18,94	aAB	18,88	cAB	17,51	abB
----- V (%) -----								
0-10	51,73	aB	41,86	aB	80,46	aA	81,86	aA
10-20	45,6	abB	40,79	aB	80,99	aA	81,26	abA
20-30	42,23	abcB	37,03	abB	81,43	aA	77,47	bcA
30-40	28,73	bcdB	31,31	bcB	80,78	aA	71,5	cdA
40-60	30,77	abcd B	31,84	bcB	68,97	abA	58,12	deA
60-80	20,8	cdB	24,29	cB	50,62	bcA	47,14	eA
80-100	17,77	dB	24,61	cB	42,91	cA	44,79	eA

Nota: Letras minúsculas comparam médias entre diferentes usos dentro de uma mesma profundidade. Letras maiúsculas comparam médias dentro do mesmo uso em profundidades diferentes. Médias seguidas por letras iguais na mesma linha ou coluna não diferem entre si pelo teste de Bonferroni ($\alpha = 0,05$).

A sucessão da pastagem degradada para o sistema ILPF, no primeiro ano, não indicou perceptíveis diferenças entre esses usos para a maioria dos atributos avaliados, não havendo influência da limpeza mecanizada, dessecação e adubação na condução das culturas entre essas duas áreas.

Posterior a essa etapa do experimento, surgiu a necessidade de analisar as amostras de solo dessa cronossequência de pastagem após o segundo ano de colheita do milho. O objetivo era verificar possíveis variações na fertilidade deixadas pela adubação residual no solo sob lavoura de milho, pasto e componente florestal.

CONCLUSÕES

Os atributos químicos do solo foram afetados significativamente em função do uso da terra. De maneira geral, os maiores valores foram encontrados em áreas com ILPF. Em profundidade, a incorporação superficial de calcário e de adubo resultaram em decréscimo do pH, Ca, P, K, V% e soma de bases, além do acréscimo dos teores de Al, H+Al e CTC. Contudo, esses efeitos não foram evidentes nos teores de Na e Mg.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem: ao Programa Iniciação Científica da Universidade Estadual do Maranhão, pelas bolsas de iniciação científica; à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA); ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); à Embrapa Semiárido, pelo apoio na realização das análises químicas de solo; e à Embrapa Cocais, pela parceria e disponibilidade para realização das pesquisas na URT de ILPF, na Fazenda Muniz em Pindaré-Mirim/MA.

REFERÊNCIAS

ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; PÉREZ, D. V.; RAMOS, D. P. Caracterização e classificação de Plintossolos no Município de Pinheiro – MA. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 31, n. 5, p. 1035-1044, 2007.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W.J.; LACERDA, M.P.C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 31, n. 05, p. 1099-1108, 2007.

CARVALHO, E. J. M.; FIGUEIREDO, M. S.; COSTA, L. M. Comportamento físico-hídrico de um podzólico Vermelho-amarelo Câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 34, n. 2, p. 257-265, 1999.

COSTA, F.S.; BAYER, C., ALBUQUERQUE, J. A.; FONTOURA, S. M. V. Aumento de matéria orgânica num latossolo bruno em plantio direto. **Ciência Rural**, v. 34, n. 2, p. 587-589, mar./abr. 2004.

GEPLAN. Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. **Atlas do Maranhão**. São Luís: UEMA/ GEPLAN, 2002. 44p.

DIAS-FILHO, M. B. Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens tropicais degradadas. In: GONZAGA NETO, S.; COSTA, R. G.; PIMENTA FILHO, E. C.; CASTRO, J. M. da C. (Eds.). SIMPOSIOS DA REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais** [...]. João Pessoa: SBZ; UFPB, 2006. (Suplemento Especial da Revista Brasileira de Zootecnia, v. 35, p. 535-553).

DIAS-FILHO, M. B.; FERREIRA, J. N. Barreiras para a adoção de sistemas (Eds.). In: SIMPOSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS: TEMAS EM EVIDÊNCIA – RELAÇÃO CUSTO BENEFÍCIO, 6., 2007, Lavras. **Anais** [...]. Lavras: NEFOR; UFLA, 2007. p. 347-365.

DE MARIA, I. C.; NNABUDE, P. C.; CASTRO, O. M. Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical properties of a Rhodic Ferralsol in southern Brazil. **Soil Tillage Reseach**, v. 51, p. 71-79, 1999.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de análises de métodos de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p. (Documentos, 1).

KOPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der erde**. Gotha verlag, 1928 (Wall – Map 150 cm X 200 cm).

MARTHA JUNIOR, G. B.; ALVES, E.; CONTINI, E. Dimensão econômica de sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 46, n. 10, p. 1117-1126, out. 2011.

MUNIZ, L. C.; REGO, C. A. R. M.; CANTANHEDE, I. S. L.; FIGUEIREDO, R. S. Utilização da modelagem para análise da viabilidade econômica e de risco da implantação de diferentes sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta no município de Pindaré-Mirim, Maranhão. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 55., 2017, Santa Maria. **Anais [...]**. Santa Maria: [s. n.], 2017. v. 55. p. 1-12.

REGO, C. A. R. M.; REIS, V. R. R.; WANDER, A. E.; CANTANHEDE, I. S. L.; COSTA, J. B.; MUNIZ, L. C.; COSTA, B. P.; HERRERA, J. L. L. Cost Analysis of Corn Cultivation in the Setup of the Crop-Livestock-Forest Integration System to Recover Degraded Pastures. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, p. 168-174, 2017.

RESENDE, T. M.; ROSOLEN, V.; BERNOUX, M.; BRITO, J. L. S.; BORGES, E. N.; ALMEIDA, F. P. Atributos físicos e carbono orgânico em solo sob Cerrado convertido para pastagem e sistema misto. **Sociedade e Natureza**, v. 27, n. 3, 2015.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. C.; SOCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C. da.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 709-717, 2009

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B; MACEDO, M. C. M.;
MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JUNIOR, R.; PULROLNIK, K.;
MACIEL, G. A. Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária na
Região do Cerrado. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 46, n. 10, p. 1127-
1138, 201