

RELAÇÃO ENTRE ATRAÇÃO MAGNÉTICA E ATRIBUTOS DO SOLO

CENTURION, José Frederico
SILVA, Luciana Maria da¹
ANDRIOLI, Itamar¹
NATALE, William¹

RESUMO: Com o objetivo de conseguir meios diferentes para determinação do teor de ferro, visando reduzir custos dessa determinação em análises de solo, estudaram-se as relações entre atração magnética e atributos de alguns solos do Estado de São Paulo (ARGISSOLO VERMELHO AMARELO, NITOSSOLO, LATOSSOLO VERMELHO Acriférico, LATOSSOLO VERMELHO, LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, NEOSSOLO LITÓLICO). Foram feitas análises de ferro total, argila e atração magnética. Os resultados mostraram que quando foram correlacionados todos os solos analisados ocorreu grande dispersão dos valores estimados pela equação, comparada aos observados nas análises feitas em laboratório. Quando foram correlacionados somente os latossolos, que apresentam alto grau de intemperismo tendendo a concentrar residualmente os óxidos de ferro, os valores estimados pela equação ficaram próximos dos observados nas análises de laboratório, sendo possível obter os teores de ferro total e argila dos latossolos pela atração magnética.

Termos para indexação: argila, ferro total, magnetização

INTRODUÇÃO

Os solos apresentam propriedades que variam de acordo com seus constituintes minerais e a caracterização e quantificação destes minerais ajudam na avaliação da sua gênese do solo e nas propriedades relacionadas com sua classificação e utilização de práticas agrícolas de modo racional, sem agredir o meio ambiente.

A classificação dos solos é importante para a organização científica das descobertas advindas tanto da pesquisa agrônômica como da prática

¹ Departamento de Solos e Adubos, FCAV/UNESP. CEP: 14870-000. Jaboticabal, SP.
E-mail: jfcentur@fcav.unesp.br

dos agricultores. Entretanto, a caracterização dos solos para fins de classificação e manejo exige uma série de determinações analíticas que, muitas vezes, apresentam alto custo, além de serem demoradas.

A COMISSÃO DE SOLOS (1960) sugere a utilização de um pequeno ímã de mão para diferenciação dos solos que possuem atração magnética no campo. Esse critério foi adotado para identificar solos desenvolvidos de rochas máficas.

Existem procedimentos para classificar o solo no campo, e um deles é pela estimativa do teor de óxidos de ferro (Fe_2O_3 , %) mediante o emprego de um ímã comum. O teor de ferro total oriundo da análise analítica através do ataque sulfúrico é empregado para classificar os solos. Cada classe taxonômica de solos que possui horizonte B latossólico apresenta uma amplitude de variação de óxidos de ferro. Esta prática é utilizada em solos argilosos ou muito argilosos, que têm cor mais avermelhada, para estimar o teor de ferro total, evitando que se tenha custo por amostra de solo, além do tempo de espera, separando assim um LATOSSOLO VERMELHO férrico (mais de 18% de ferro) de um LATOSSOLO VERMELHO hipoférrico, em que o teor de ferro não atinge 18%, de acordo com PRADO (1993).

Sabe-se que os solos altamente intemperizados tendem a concentrar óxidos, e os óxidos de ferro por sua vez apresentam magnetização. Procurou-se, então, encontrar a relação que há entre a atração magnética e alguns atributos do solo, como o teor de ferro total e argila, auxiliando assim, na classificação dos solos de forma mais prática, rápida e com menor custo.

O objetivo do presente trabalho foi de determinar e correlacionar o conteúdo de ferro total e o de argila com atração magnética de alguns solos do estado de São Paulo obtido em laboratório por métodos diferentes.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletados amostras dos solos: PVA - ARGISSOLO VERMELHO AMARELO, N -NITOSSOLO, LVwf - LATOSSOLO

VERMELHO Acriférrico, LV - LATOSSOLO VERMELHO, LVA - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, RQ - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO e RL - NEOSSOLO LITÓLICO em seus diferentes horizontes nas regiões de Jaboticabal e São Carlos, no Estado de São Paulo. Determinou-se o conteúdo de argila pelo método da pipeta segundo CAMARGO et al. (1986) e a atração magnética foi determinada com ímã.

Foram feitas análises de ferro total pela metodologia apresentada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e Instituto Agrônomo de Campinas, denominadas no presente trabalho como: EMBRAPA com H_2SO_4 , IAC com H_2SO_4 e EMBRAPA com $H_2SO_4 + HCl$. As metodologias estão descritas à seguir:

Ferro Total pelo método do IAC (CAMARGO et al., 1986). Pesou-se 0,5g de solo argiloso ou 1,0g de solo arenoso ou barrento, previamente passado em peneira de 0,5mm de malha, e transferiu-se para tubo digestor de 75 ml (2,5cm de diâmetro). Foram adicionados 20mL de solução de ácido sulfúrico 18 mol L^{-1} , colocou-se um funil sobre a boca do tubo, para evitar evaporação rápida, e foi levado ao bloco digestor. Deixou ferver durante uma hora, resfriou, lavou o funil e as paredes do tubo com água deionizada, perfazendo um volume de aproximadamente 20 mL. Filtrou, recebendo todo o filtrado em balão volumétrico de 250 mL, e transferindo todo material sólido para o papel de filtro (Whatman nº 40). Lavou o resíduo quatro vezes com 50 mL de água cada vez. Completou o volume dos balões volumétricos com água deionizada e homogeneizou. A leitura da solução foi realizada em espectrofotômetro a 518 nm.

Ferro Total pelo método da EMBRAPA (EMBRAPA, 1997). Digestão: pesou-se 1,0g de solo (TFSA), transferiu para tubo digestor. Adicionou 20 mL de ácido sulfúrico 18 mol L^{-1} (1:1). Levou-se ao bloco digestor. Deixou ferver por 30 minutos, resfriou (retirou do bloco). Lavou as paredes do tubo perfazendo um total de 200 mL. Agitou o tubo com o ataque. Filtrou com papel de filtro faixa azul para balão de 250 mL, transferindo todo material sólido para papel de filtro. Lavou com aproximadamente 200 ml de deionizada, completou o volume e agitou. Leitura em absorção atômica.

Ferro Total pelo Método da EMBRAPA com HCl (EMBRAPA, 1997). Pipetou-se 20 mL do extrato sulfúrico e foi colocado em um becker de 300 mL de forma alta; adicionou-se 2,5 mL da solução de HCl + HNO₃ para completa destruição da matéria orgânica (desaparecimento da cor escura); adicionou-se 25 a 30 mL de água e ajustou-se o pH da solução para 1,5 em potenciômetro, empregando solução de HCl 1:1 e NH₄OH concentrado; adicionou-se em seguida 1 mL da solução de ácido sulfossalicílico como indicador e foi aquecido até uma temperatura aproximada de 60 °C; titulou-se com solução EDTA 0,01 mol L⁻¹, passando a coloração de vermelho para amarelo.

Argila: Foi utilizada dispersão em água com NaOH, agitação lenta (16 horas), sedimentação, argila determinada pelo método da pipeta, de acordo com CAMARGO et al. (1986).

Atração Magnética: Foi realizada pesando-se 10 g de TFSA para cada amostra de solo, exceto para latossolos e nitossolo onde foram pesados 5 g devido a intensa atração magnética. Sobre estas amostras passou-se o ímã, repetiu-se esta operação várias vezes, procurando o máximo possível o contato do ímã com a TFSA. Foram feitas dez repetições por amostra de solo. A magnetização ou atração magnética (AM), foi obtida pela expressão: AM (g kg⁻¹) = (massa da TFSA atraída / massa da TFSA total) * 1000. Esta metodologia esta sendo proposta pelos autores do presente trabalho.

Empregou-se as análises estatísticas de correlação e regressão linear, processadas por meio do pacote estatístico, ESTAT- Sistema para Análises Estatísticas, desenvolvido pelo Departamento de Ciências Exatas da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os Latossolos evidenciaram avançado estágio de intemperização e lixiviação e tendem a concentrar residualmente os óxidos, e os óxidos de ferro são os que efetivamente respondem pela magnetização da amostra (FERREIRA et al., 1994).

Encontram-se na tabela 1 os resultados das análises do teor de ferro, argila e atração magnética, em g.kg^{-1} , mostrando que os Latossolos apresentaram o maior teor de ferro total e, conseqüentemente, maior atração magnética.

Tabela 1 - Valores de ferro total, argila e atração magnética.

Solo	Horizonte	Fe_2O_3			Atração	Argila
		HCl	IAC	EMBRAPA		
		g kg^{-1}			g kg^{-1}	
PVA	Ap	36	26	19	18,3	80
	E	25	21	20	17,2	90
	Bt1	54	46	29	14,0	240
	Bt2	42	29	28	14,8	240
	BC	46	36	28	13,6	160
RL arenito	Ap	28	25	21	23,3	140
	A/C	-	33	28	18,6	230
	R	36	32	33	14,4	130
RL basalto	Ap	145	145	148	588,6	210
	A/C	205	192	149	600,6	260
N	Ap	251	242	255	980,0	480
	Bt1	254	224	255	994,0	550
	Bt2	251	228	197	997,2	570
	Bw	251	218	207	998,0	610
	LVwf ₁	Ap1	300	282	311	1000
	Ap2	350	329	342	1000	570
	AB	327	338	317	1000	590
	BA	337	342	320	1000	590

Continuação:

Solo	Horizonte	Fe ₂ O ₃			Atração	Argila
		HCl	IAC	EMBRAPA		
		g kg ⁻¹			g kg ⁻¹	
	Bw1	342	340	329	1000	580
	Bw2	345	335	329	1000	580
LVA	Ap	65	57	51	87,8	260
	AB	63	58	55	98,4	300
	Bw1	40	71	62	94,8	360
	Bw2	74	71	69	86,6	390
	Bw3	78	78	69	83,0	370
RQ	Ap	17	5	8	4,8	90
	AC	20	9	8	3,8	50
	C1	19	14	9	3,4	110
	C2	20	7	8	5,0	70
	C3	21	15	9	3,8	80
LVwf ₂	A1	183	174	184	942,8	590
	Bw2	190	161	181	959,8	550
LV	A1	60	42	44	60,4	280
	Bw2	54	54	55	68,4	350

Os valores de ferro total pelo método do IAC apresentaram-se entre 5 e 342 g kg⁻¹, enquanto pelo método da EMBRAPA, encontraram-se entre 8 e 342 g kg⁻¹. Pelo método da EMBRAPA com HCl, entre 17 e 350 g kg⁻¹, sendo que o teor de argila variou de 50 a 610 g.kg⁻¹ e a atração magnética de 3,8 a 1000 g kg⁻¹.

A análise estatística dos valores da tabela 1 pode ser observada na tabela 2, na qual estão relatadas as equações de regressão linear, com sua respectiva correlação, mostrando-se significativa a 1% de probabilidade.

Nessas equações nota-se a alta correlação que existe entre os métodos de determinação de ferro total da EMBRAPA com H_2SO_4 , IAC com H_2SO_4 e EMBRAPA com $H_2SO_4 + HCl$, observando-se que é mais vantajoso ser utilizado o método do IAC, pois, apresenta um menor custo na determinação devido aos materiais utilizados.

Tabela 2 - Equações de regressão linear obtidas com os atributos analisados que estão contidos na tabela 1.

Equações	Coefficiente de correlação (r)
Atração = $-42,04 + 3,65$ Fe total EMBRAPA	0,95**
Atração = $-51,11 + 3,63$ Fe total IAC	0,94**
Atração = $-78,49 + 3,61$ Fe total HCl	0,96**
Atração = $-276,95 + 2,05$ argila	0,89**
Fe total EMBRAPA = $-2,77 + 0,998$ Fe total IAC	0,99**
Fe total EMBRAPA = $-54,85 + 0,53$ argila	0,88**
Fe total IAC = $-49,24 + 0,53$ argila	0,88**
Fe total HCl = $11,06 + 1$ Fe total EMBRAPA	0,99**
Fe total HCl = $6,94 + 1,01$ Fe total IAC	0,99**
Fe total HCl = $-42,13 + 0,53$ argila	0,88**
Argila = $152,87 + 1,46$ Fe total EMBRAPA	0,88**
Argila = $149,10 + 1,46$ Fe total IAC	0,88**

**significativo a 1% de probabilidade.

Já as equações para determinação de ferro total, tanto pelo método da EMBRAPA como do IAC através do teor de argila do solo, são válidas para teores de argila maiores que $110g.kg^{-1}$. Apesar do ferro total e da argila apresentarem alta correlação, não existe precisão dos teores de ferro total através do teor de argila do solo com estas equações. Os valores estimados pela equação estão distantes dos valores observados, oriundos da metodologia das análises feitas no laboratório. Isso é decorrente da grande dispersão dos valores, conforme mostra a figura 1. Isso é função dos diferentes estágios de intemperismo, bem como de material de origem.

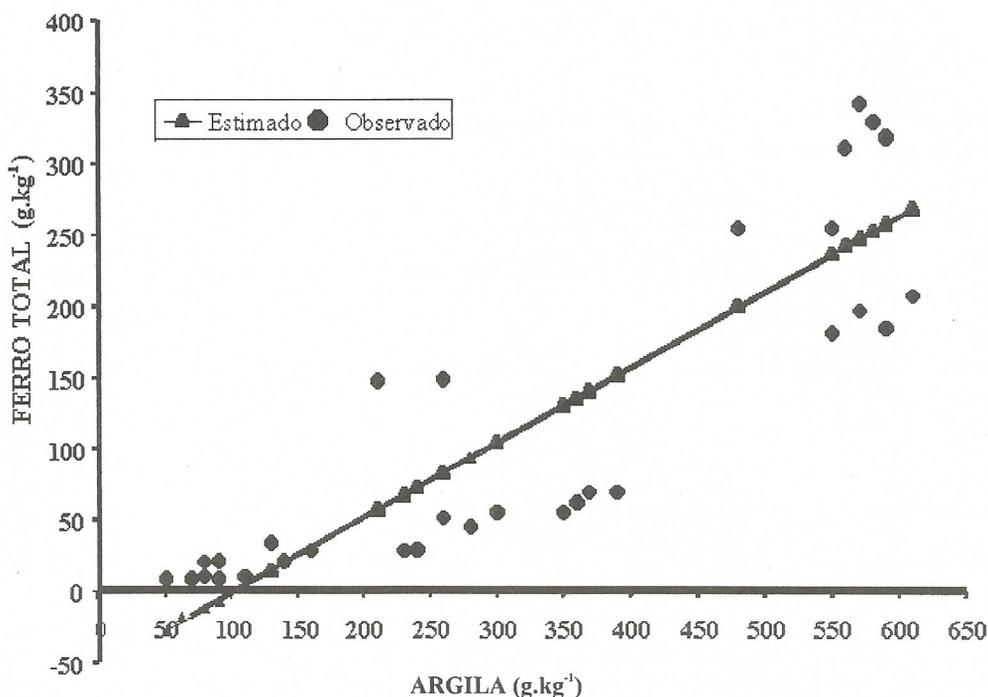


Figura 1 - Correlação entre Ferro Total e Argila em todos os solos analisados.

Pode-se observar também, a alta correlação que há entre atração magnética e ferro total, mas os valores obtidos pela equação estão também distantes dos valores oriundos dos métodos analíticos utilizados no laboratório. A figura 2 mostra a grande dispersão desses valores.

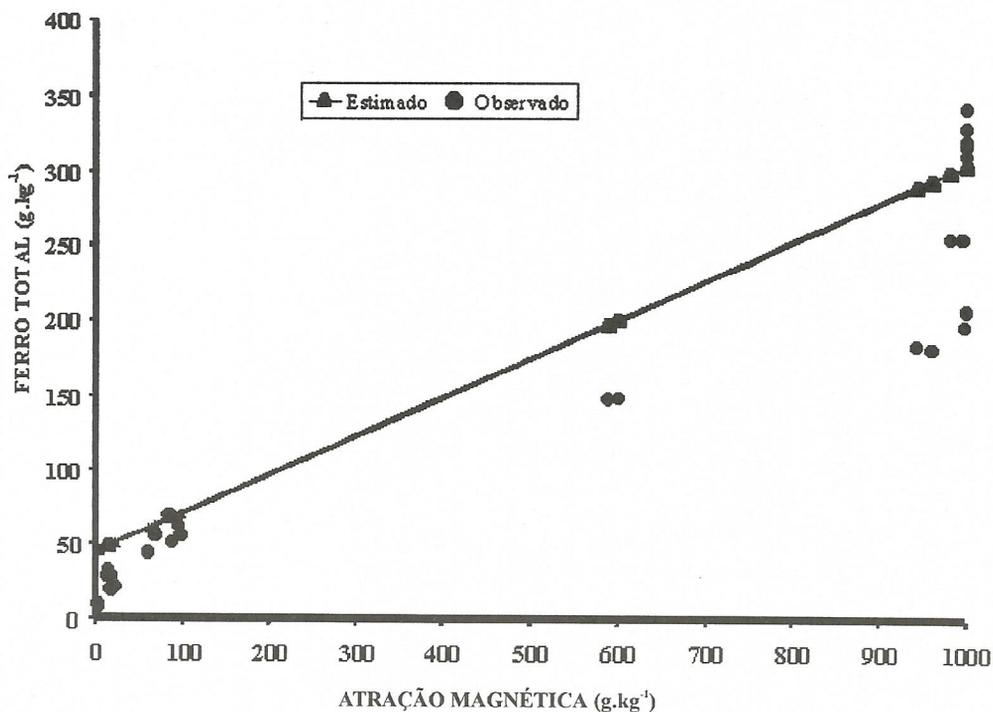


Figura 2 - Correlação entre ferro total e atração magnética em todos os solos analisados.

Como os latossolos são altamente intemperizados, tendendo a concentrar residualmente os óxidos de ferro, foram feitas as equações de regressão linear, com suas respectivas correlações, somente com amostras de latossolos (Tabela 3). Estas apresentaram, em média, correlações maiores que as verificadas na tabela 2, na qual se correlacionaram diferentes tipos de solos.

Tabela 3 - Equações de regressão linear para atributos dos Latossolos.

Equações	Coefficiente de correlação (r)
Atração = -1017,31 + 3,43 argila	0,97**
Atração = -55,57 + 3,43 Fe total EMBRAPA	0,94**
Atração = -41,49 + 3,33 Fe total IAC	0,92**
Atração = -59,57 + 3,34 Fe total HCl	0,94**
Fe total EMBRAPA = -230,9 + 0,89 argila	0,92**
Fe total EMBRAPA = 0,84 + 0,99 Fe total IAC	0,99**
Fe total EMBRAPA = -1,60 + 0,98 Fe total HCl	0,99**
Fe total IAC = -0,85 + 0,98 Fe total HCl	0,99**
Fe total IAC = -224,50 + 0,88 argila	0,90**
Fe total IAC = 38,87 + 0,25 atração	0,92**
Fe total HCl = -227,79 + 0,90 argila	0,90**
Argila = 291,31 + 0,94 Fe total EMBRAPA	0,92**
Argila = 293,97 + 0,92 Fe total IAC	0,90**
Argila = 307,56 + 0,27 atração	0,97**

**significativo a 1% de probabilidade.

Para a condição da tabela 3, na qual os valores foram correlacionados, somente para Latossolos, foram observados maiores correlações, a exemplo do que verificaram PINOTTI et al. (2000). Os valores mínimos para utilização da equação entre ferro total determinado por um dos três métodos empregados e a fração argila é de 260 g.kg⁻¹. A utilização de valores elevados em função dos critérios de reconhecimento para B latossólico, no qual é necessário textura média ou mais fina de acordo com EMBRAPA (1999), provocou este limite mínimo, conforme figura 3.

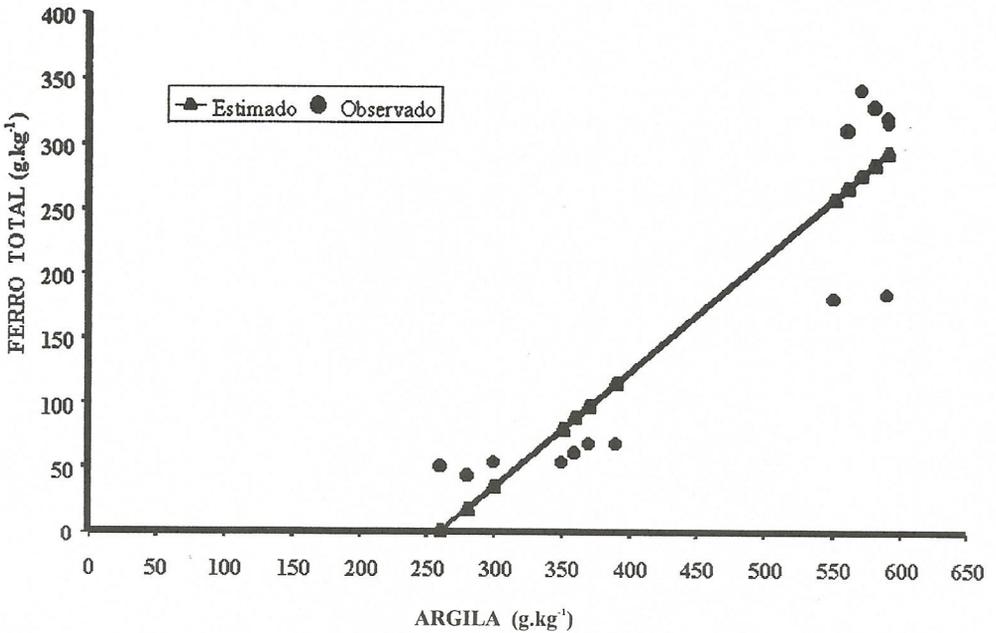


Figura 3 - Correlação entre ferro total e argila em Latossolos.

Segundo PRADO (2000), para latossolos, a utilização de métodos práticos como calibração de ímã visando a determinação do conteúdo do ferro total é válida e auxilia a separação de classes de latossolos. Nota-se a alta correlação entre atração magnética e ferro total, e observa-se que os valores estimados pela equação estão próximos dos valores observados em análises de laboratório. Isso é decorrente da menor dispersão que ocorre entre esses valores, por se encontrarem as amostras de solo com um alto índice de intemperismo, como pode ser visto na figura 4.

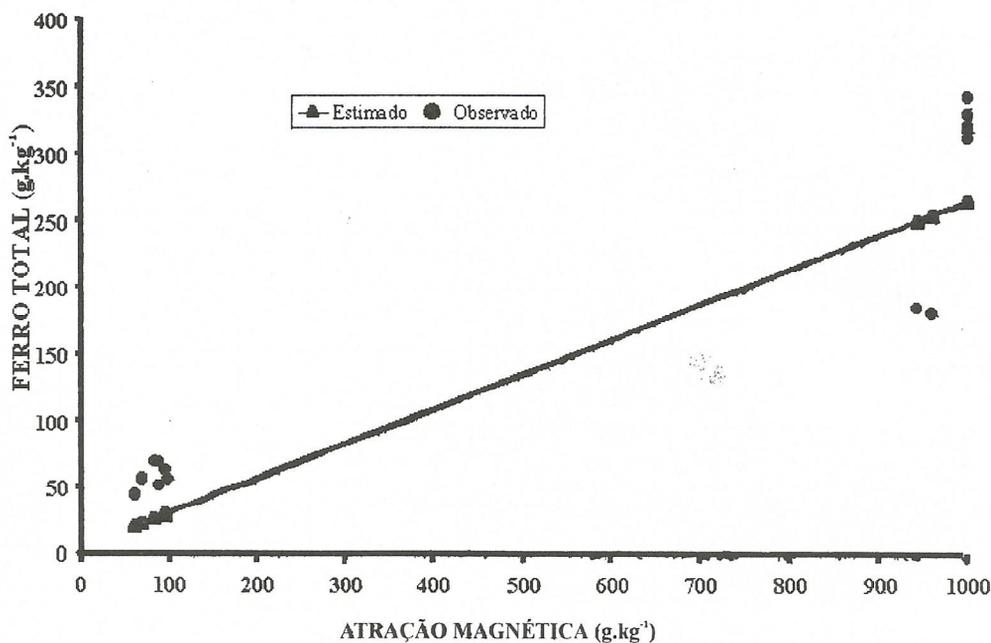


Figura 4 - Correlação entre atração magnética e ferro total em Latossolos.

Para validação das equações dos Latossolos, utilizou-se outras amostras de solo (Latosolos), nas quais se observou os valores de atração magnética de cada amostra e, pela equação, encontraram-se os valores de ferro total e argila, comparando-se com os valores obtidos com os valores das análises de laboratório. Para ferro total, foram analisadas 21 amostras (Tabela 4), obtendo-se uma correlação de 0,94, significativa a 1% de probabilidade, conforme pode ser observado na figura 5.

Tabela 4 - Valores de Atração Magnética e Ferro Total pela análise em laboratório e equação.

Amostras	Atração Magnética	Fe total (observado)	Fe total (estimado)
	g kg^{-1}		
1	971	276	287,46
2	957	291	283,82
3	758	159	232,05
4	313	134	116,21
5	81	79	55,88
6	110	65	63,48
7	125	80	67,40
8	195	90	85,63
9	248	99	99,35
10	395	140	137,52
11	812	181	246,15
12	902	229	269,35
13	940	300	279,36
14	923	260	274,99
15	909	223	271,30
16	825	186	249,46
17	380	115	133,63
18	97	67	60,18
19	89	65	58,10
20	840	159	253,31
21	91	71	58,62

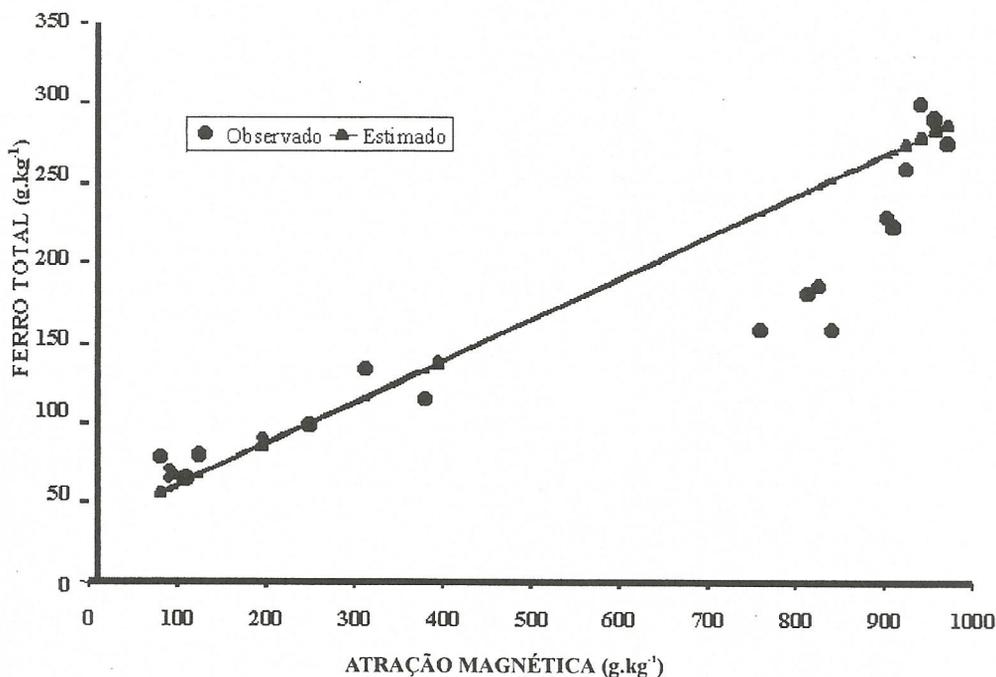


Figura 5 - Correlação entre atração magnética e ferro total em Latossolos, visando a validação da equação.

Para argila, foram analisadas 33 amostras (Tabela 5), obtendo-se uma correlação de 0,83, significativa a 1% de probabilidade, conforme pode ser observado na figura 6, mostrando que os resultados estimados pelas equações de Latossolos estão próximos dos encontrados em análises laboratoriais.

Tabela 5 - Teste de validação da equação: Valores de Atração Magnética e Argila determinada em laboratório e pela equação.

Amostras	Atração Magnética	Argila (estimado)	Argila (observado)
		g kg ⁻¹	
1	957,50	566,09	500
2	971,20	569,78	510
3	890,30	547,94	440
4	957,15	565,99	530
5	777,65	517,53	450
6	758,05	512,23	540
7	321,15	394,27	410
8	312,50	391,94	510
9	103,15	335,41	240
10	80,45	329,28	310
11	96,60	333,64	250
12	109,70	337,18	320
13	129,30	342,47	320
14	124,75	341,24	350
15	173,60	354,43	230
16	194,90	360,18	360
17	226,30	368,66	340
18	247,65	374,43	430
19	337,30	398,63	400
20	394,45	414,06	450
21	819,10	528,72	460
22	812,25	526,87	510
23	836,65	533,46	410
24	901,50	550,97	500
25	940,00	561,46	510

Continuação:

Amostras	Atração Magnética	Argila (estimado) g kg ⁻¹	Argila (observado)
26	923,19	556,92	520
27	909,00	553,09	540
28	825,00	530,41	440
29	379,50	410,13	460
30	97,00	333,85	320
31	89,00	331,69	350
32	839,81	534,41	530
33	91,00	332,23	370

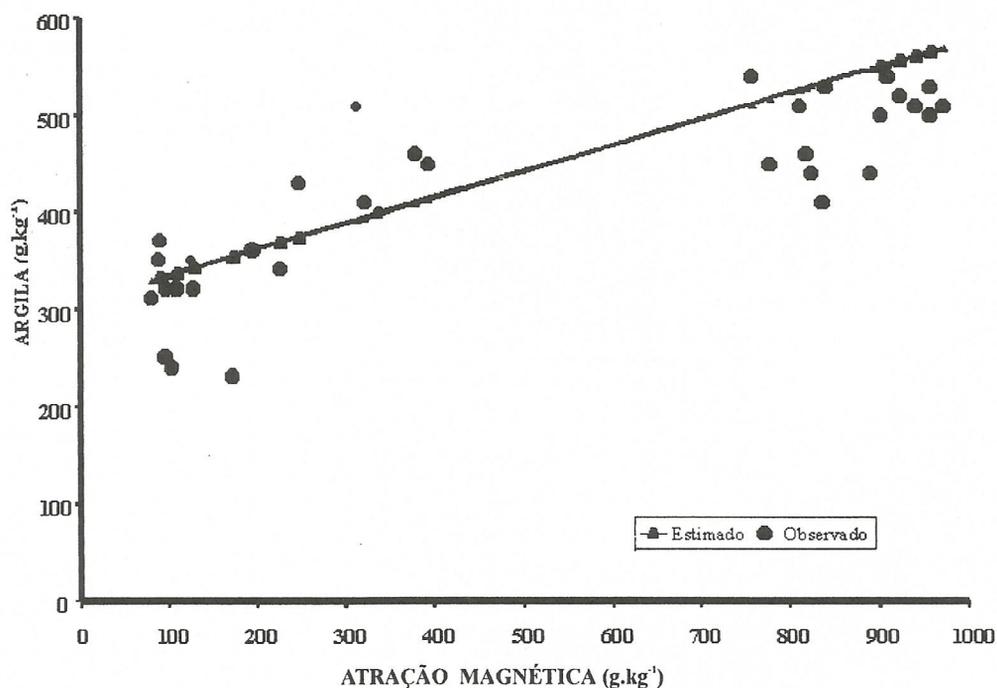


Figura 6 - Correlação entre atração magnética e argila em Latossolos
Cultura Agrônômica, Ilha Solteira, v.12, n.2, p.37-54, 2003

De acordo com esses resultados, foi possível calcular os teores de ferro total e argila através das equações propostas para os Latossolos.

CONCLUSÕES

A análise conjunta das classes de solos indicou que as equações encontradas para todas as amostras de solos analisadas apresentaram altas correlações, mas devido aos diferentes estágios de intemperismo, bem como de material de origem, os valores estimados pela equação ficaram distantes dos valores observados a partir da metodologia das análises feitas em laboratórios.

Ocorreram altas correlações entre os atributos estudados, principalmente entre métodos de determinação de ferro total e outros de interesse prático como ferro total e atração magnética para Latossolos.

As equações obtidas para as amostras de Latossolos apresentaram, em média, correlações maiores que as verificadas nas amostras de todos os solos analisados, e os valores estimados por elas ficaram próximos dos valores das análises realizadas em laboratório.

CENTURION, J.F.; SILVA, L.M.; ANDRIOLI, I.; NATALE, W. Relation between magnetic attraction and soil attributes. *Cultura Agrônômica*, Ilha Solteira, v.12, n.2, p.37-54, 2003.

SUMMARY: The relations between magnetic attraction and soil attributes were studied with the objective of establishing an alternative method to determine soil iron content, and also to reduce costs of that determination in regular soil analysis. These relations were studied in some soils of the State of Sao Paulo as Ultissolo, Alfissolo, Oxissolo and Endissolo. Correlation and regression analysis were performed on the analytical data for total iron and clay contents and the data for magnetic attraction. The obtained results showed that when all analyzed soils were correlated a great dispersion occurred for the estimated values by the equation, when compared to those observed in the laboratory analysis. However, for latosols when correlated the estimated values were very close to those obtained by the laboratory analysis, since latosols are soils with a high

degree of weathering having as a tendency to concentrate iron oxides residually, allowing to obtain values of total iron and clay contents by magnetic attraction.

Key-words: clay, regression equations, total iron, magnetization.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas: IAC, 1986, 94p. (Boletim Técnico, 106).

COMISSÃO DE SOLOS. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1960. 634p. (Boletim Técnico, 12).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Manual de métodos de análise de solo** 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p.

FERREIRA, S. A. D.; SANTANA, D. P.; FABRIS, J. D.; CURTI, N.; NUNES FILHO, E.; COEY, J. M. D. Relações entre magnetização, elementos traços e litologia de duas seqüências de solos do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, 1994. p.167-174.

PINOTTI, A. A. R.; CENTURION, J. F.; PEREIRA, G. T. Equações de regressão para estimação de alguns atributos de solos do estado de São Paulo. **Revista de Agricultura**. v.75; n.1, p. 97-108. 2000.

PRADO, H. **Manual de Classificação de Solos do Brasil**. Jaboticabal: FINEP, 1993. p.107

PRADO, H. **Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação e levantamento**. Piracicaba, 2000. 182p.

Cultura Agrônômica, Ilha Solteira, v.12, n.2, p.37-54, 2003