

CARACTERÍSTICAS DE UM PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO ABRÚPTICO DOS PLATÔS LITORÂNEOS DO NORTE DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO ^{1/}

Moema Bachour Zangrande ^{2/}
Sérvulo Batista de Rezende ^{3/}

1. INTRODUÇÃO

Os solos originários dos sedimentos terciários do Grupo Barreiras, provenientes do desmonte de antigas superfícies de aplainamento, ocupam área expressiva do território brasileiro.

No Estado do Espírito Santo, esses solos se distribuem ao longo de todo o litoral (ocupando cerca de 26,6% da área do Estado), principalmente (cerca de 50% das áreas) na região Norte, com relevo predominantemente plano e suave ondulado, o que faz com que constituam a maior área contínua com reais possibilidades de exploração agrícola.

Esses solos são naturalmente aptos para culturas perenes, mas, devido à necessidade de produção de grãos para o abastecimento interno do Estado, a presença de áreas planas, que facilitam a mecanização e viabilizam a irrigação, e a proximidade de grandes centros consumidores têm contribuído para um aumento brusco no cultivo de lavouras anuais.

Além disso, esses solos apresentam carência generalizada de nutrientes ao longo do perfil, camada adensada, de espessura e profundidade variáveis, e são relativamente pobres em recursos hídricos, o que torna problemático o seu uso agrícola.

^{1/} Trabalho extraído da Tese de Mestrado do primeiro autor, com suporte financeiro do CNPq, no Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, MG.

Aceito para publicação em 12-9-1988.

^{2/} Pesquisadora da Área de Solos da Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária (EMCAPA). CEP 29900 Linhares, ES.

^{3/} Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. 36570 Viçosa, MG.

A carência de nutrientes deve-se ao fato de o material de origem ser muito intemperizado e lixiviado antes de seu transporte e deposição no local atual (10). Como resultado, tem-se um material em que a fração grosseira e a fração argila são, basicamente, constituídas de quartzo e caulinita, respectivamente (1, 14, 15, 16, 17, 18, 27). São, portanto, solos mineralogicamente estáveis e resistentes ao intemperismo, com pouca reserva de nutrientes (18, 31, 44, 48).

A baixa atividade da fração argila contribui muito pouco para a capacidade de troca, que, nesses solos, tende a atingir valores da ordem de 5 meq/100 g de argila. A saturação de bases não ultrapassa 10%, com maiores valores no horizonte superficial (1, 27, 31, 44), onde há maior concentração de nutrientes integrados ao ciclo orgânico, induzindo, assim, concentração quase que exclusiva de raízes nos primeiros centímetros desses horizontes (48).

Para alguns pesquisadores, o adensamento é resultante da migração em profundidade de colóides minerais e orgânicos ou de partículas finas. Esse fato contribui para a obstrução dos macroporos e, conseqüentemente, para a formação de camadas com alta densidade aparente (1, 27, 35). Bennema *et alii*, citados por ACHÁ PANOSO (1), ressaltam o baixo conteúdo de ferro desses solos, bem como sua elevada microporosidade e baixa porosidade total, devido ao empacotamento das partículas, o que lhes confere coesão característica. Para os solos da região Norte do Estado do Espírito Santo, o rearranjo das partículas é outro mecanismo que pode explicar a origem dessa camada subsuperficial adensada.

A transmissão de água em profundidade, nesses solos, é muito lenta, e o relevo plano favorece as perdas por evaporação (37) e contribui para a baixa quantidade de água armazenada. Além disso, a ocorrência de veranicos e a baixa densidade de drenagem, evidenciada pelos amplos interflúvios (platôs), aliadas à elevada evapotranspiração na região, reduzem a disponibilidade de água na superfície.

Embora as limitações desses solos sejam similares em toda a sua extensão geográfica, há a ocorrência de ambientes distintos, que devem e precisam ser tratados como diferentes, para um manejo adequado.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar algumas características de uma das unidades dos solos que ocorrem na região dos platôs litorâneos, ao norte do Estado do Espírito Santo, o Podzólico Vermelho-Amarelo abrupto, visando fornecer subsídios para a tomada de decisões relacionadas com o seu manejo.

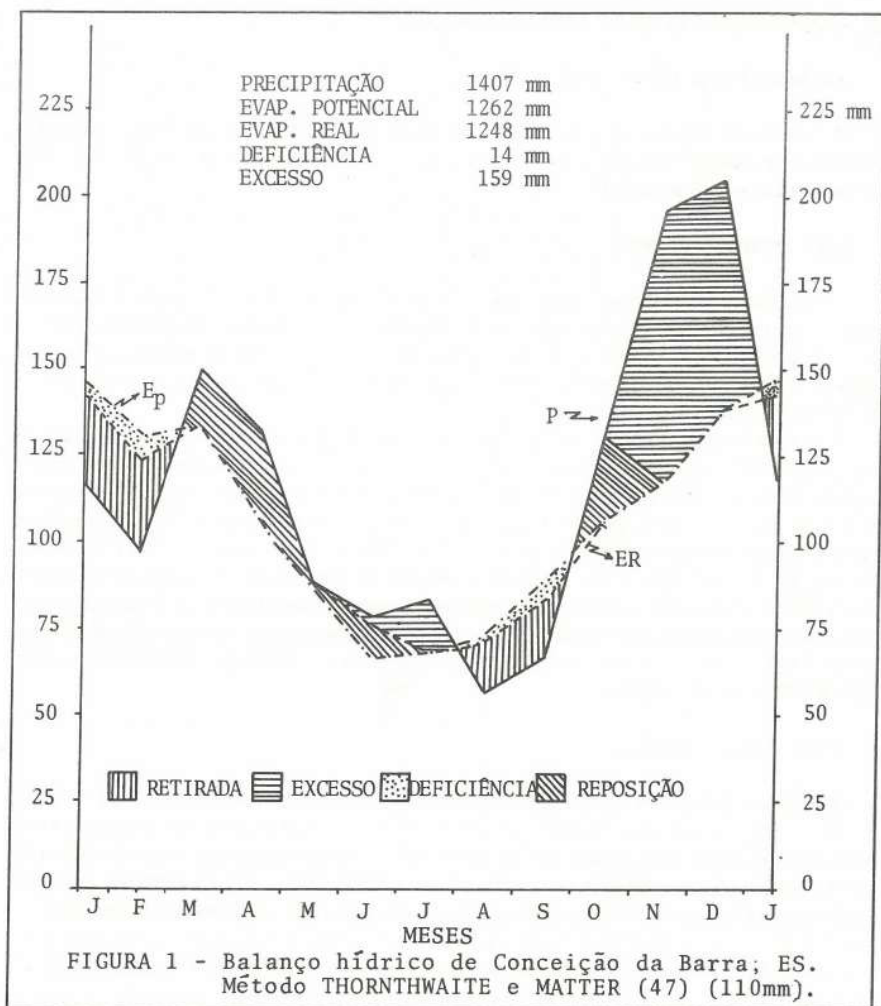
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição da Área

A área abrangida pelo presente trabalho está localizada no nordeste do Estado do Espírito Santo, entre os paralelos 18°26' e 18°55' de latitude Sul e entre os meridianos 39°40' e 40°10' de longitude Oeste, embasada em sedimentos terciários do Grupo Barreiras.

Do ponto de vista agrícola, o clima da região, de acordo com a Carta Agroclimática do Estado (22), apresenta períodos secos pronunciados na maior parte do ano. A estação chuvosa concentra-se no verão, a partir do mês de outubro, com incidência muito comum de veranicos nos meses de janeiro e fevereiro. A temperatura é elevada durante todo o ano, com a média das máximas do mês mais quente em torno de 30,2°C e a média das mínimas do mês mais frio em torno de 17,7°C, com temperatura média anual em torno de 22°C.

O balanço hídrico do município de Conceição da Barra, cujo perfil foi descrito, é mostrado na Figura 1.



2.2. Métodos de Campo

Alguns trechos da área dos platôs litorâneos, no norte do Estado, principalmente nas proximidades de Conceição da Barra e municípios vizinhos, foram intensivamente percorridos, com o objetivo de visualizar os diferentes usos das várias unidades de solos presentes.

Descreveu-se o perfil de um Podzólico Vermelho-Amarelo abrupto, cultivado com cana-de-açúcar, seguindo-se as normas da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (43) e do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo (19). Além da amostragem normal dos horizontes, amostraram-se 22 camadas de diferentes espessuras, para avaliar a densidade radicular e a distribuição de nutrientes em profundidade.

Amostrou-se, na profundidade de 65 cm, o horizonte de um Latossolo Vermelho-Escuro (LE) e material saprolítico de gnaiss, correspondente a duas bandas

(de estratificação) da rocha, para comparações.

2.3. Métodos de Laboratório

As análises físicas, químicas e mineralógicas do material de solo coletado, seco ao ar e passado em peneira de 2 mm, foram realizadas nos laboratórios do Departamento de Solos da UFV.

2.3.1. Análises Físicas

As análises granulométricas foram efetuadas pelo método da pipeta, utilizando-se como dispersante uma solução de NaOH 0,5N. A densidade do solo (para o caso do PV₄), pelo método do torrão parafinado (19), e a das partículas, pelo adotado no Laboratório de Física do Solo, no qual se utilizam um balão volumétrico de 50 ml e álcool etílico.

A retenção de umidade foi avaliada, para os horizontes do PV₄, em tensões de 0,06, 1/10 e 1/3 atmosfera, pelo método da panela de pressão dotada de placa de cerâmica porosa, e em 1,0, 5,0, 8,0 e 15 atmosferas, utilizando-se o aparelho de membrana de Richards (40). A partir dos dados obtidos, estimou-se a distribuição funcional dos poros entre as seguintes classes de diâmetro: <0,2; 0,2-0,5; 0,5-0,9; 0,9-2,0; 2,0-5,0; 5,0-9,0; 9,0-30 e > 30 μ m. As tensões correspondentes ao diâmetro inferior e superior de cada classe foram calculadas, segundo orientação de FERNANDES (23), e as percentagens de água retida, nas diferentes tensões, foram estimadas por interpolação dos valores obtidos em laboratório, segundo ALMEIDA (2) e ERNESTO SOBRINHO (20).

2.3.2. Análises Químicas

O pH foi obtido em água (solo: água=1:2,5) e em KCl 1N; os teores de Al^{3+} + (Ca^{2+} + Mg^{2+}) foram extraídos com solução normal de cloreto de potássio (11) e quantificados por volumetria de neutralização e complexometria, com NaOH (11), e por espectrofotometria de absorção atômica (36); o (H + Al) foi extraído com solução normal de acetado de cálcio, pH 7,0, e determinado através de volumetria de neutralização, com NaOH a 0,1 N (7); o potássio e fósforo disponíveis e o sódio foram extraídos pelo extrator Mehlich; o potássio e o sódio, determinados por fotometria de chama (11); e o fósforo, colorimetricamente, segundo o método proposto por BRAGA e DEFELIPO (6); o nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl (7) e o carbono orgânico pelo método de DEFELIPO e RIBEIRO (11). Na avaliação dos óxidos totais seguiu-se a orientação de VETTORI (49).

2.3.3. Análises Mineralógicas

Fizeram-se análises mineralógicas da fração terra fina (passada em peneira de 0,149 mm), de areia muito fina e de argila total.

Os pré-tratamentos e o fracionamento das amostras seguiram os métodos de JACKSON (28) e EMBRAPA (19).

A fração argila total foi analisada em lâminas orientadas, previamente saturadas com K, com e sem aquecimento, a 550°C, por 30 minutos, e glicoladas. Obtiveram-se difratogramas das amostras de terra fina montadas em lâminas (amostras em pó), ao natural e após tratamento com NaOH 5 N, em ebulição, durante 60 minutos, para destruição dos minerais silicatados e dos óxidos de alumínio (34). A

composição mineralógica foi determinada por difratometria de raios-x, utilizando-se a radiação de um tubo de cobre e filtro de níquel, operando com 40 kV de tensão e 30 mA de corrente, com velocidade de exposição de 8º por minuto. A diagnose dos minerais foi feita conforme CHEN (9) e JOINT COMMITTEE ON POWDER DIFFRACTIONS STANDARDS (29). A fração areia muito fina foi mon-com bálsamo-do-canadá, $\mu_r = 1,54$, e, com o auxílio de um microscópio petrográfico, os minerais foram identificados, através de alguns atributos: cor, pleocroísmo, forma, clivagem, relevo, birrefringência e sinal ótico.

A densidade radicular foi avaliada, segundo SALGADO (42) e BARUQUI (4). Para medir o comprimento das raízes, utilizou-se o método das quadrículas (30, 45), com malhas de 3 cm de lado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Uso Agrícola

Primitivamente, a região era coberta pela Floresta Atlântica dos Tabuleiros, riquíssima formação vegetal, com espécies nobres (41). Entretanto, essa floresta sofreu devastação violenta: árvores nativas de até 50 metros foram derrubadas, para fins comerciais, o que resultou numa exploração indiscriminada da floresta natural. Extraídas as madeiras de lei, o restante da mata foi devastado com machado e fogo, dando lugar às lavouras e pastos (32).

Sobre as áreas recém-devastadas era muito comum a presença de um revestimento quase contínuo de pastos de capim-colômbio (*Panicum maximum* Jacq.), freqüentemente mal cuidados e infestados de ervas daninhas. Atualmente, grande parte dessas pastagens está sendo substituída pelo cultivo, de certa forma intensivo, do café conilon.

Observam-se extensas áreas cultivadas com eucaliptos, tanto de povoamento adulto quanto de formação recente. Em algumas áreas, sucedem-se pequenas e médias propriedades, com a cultura da mandioca, em sua maior parte vinculada à pequena indústria rural, produtora de farinha de mesa, e ao fornecimento de raízes para ração animal. A pimenta-do-reino, que vem alcançando alta rentabilidade, ocupa pequenas e grandes áreas, com ampliação da área plantada. A cana-de-açúcar, com os incentivos governamentais, que viabilizaram a instalação da indústria alcooleira na região, apresenta grande expansão na área de plantio.

A cultura do feijão, tradicionalmente explorada em pequenas áreas e consorciada com milho e café, é, atualmente, a principal cultura nas áreas irrigadas dos solos dos Tabuleiros, plantada praticamente durante o ano todo, com rendimentos aquém do seu potencial. Isso vem despertando a atenção dos agricultores para a necessidade de rotação de culturas nessas áreas, contexto em que as culturas de sorgo, milho e arroz aparecem como promissoras.

Nas áreas em que não é possível a irrigação, o sorgo granífero, embora em pequena escala, tem apresentado rendimentos satisfatórios.

Destacam-se ainda, na região, fruteiras de clima tropical, sobretudo o mamão e o abacaxi. Observa-se também a expansão de áreas com seringueira e espécies botânicas que apresentam potencialidade para estabelecimento na região, como macadâmia, urucum, guaraná e pimenta-da-jamaica.

3.2. Características Morfológicas

Na descrição morfológica do perfil do Podzólico Vermelho-Amarelo abrupto

(PV4), sintetizada no Quadro 1, observa-se a predominância da cor amarelada em todos os horizontes, indicando a presença de ferro na forma de goethita.

A estrutura do horizonte AP1, que varia de granular a grãos simples, deve-se à predominância da fração areia. Os baixos teores de matéria orgânica contribuem para o grau fraco de desenvolvimento dessa estrutura, com baixa coerência entre os grânulos. A estrutura desse horizonte poderá ser extremamente alterada pelo uso de máquinas e implementos, haja visto que o material é usado na região como reboco de casebres, apresentando, sem nenhum tratamento especial, aspecto de cimento (49).

A consistência dos subhorizontes é dura, quando seca. A tendência das partículas de caulinita, de se ajustarem face a face, aumenta a aderência entre elas, tornando os torrões mais difíceis de quebrar. Quando o solo é umedecido, essa dureza dá lugar a uma certa friabilidade. O aumento do teor de água favorece o deslizamento e a orientação das partículas, facilitando a formação de camadas compactadas ou torrões muito duros, quando secos (49). Assim, o estado de umidade em que esse solo deve ser trabalhado e o tipo de implemento a ser usado em seu preparo merecem cuidados e estudos especiais.

A consistência molhada, apesar dos altos teores de argila, apresenta-se apenas ligeiramente pegajosa, indicando material de baixa atividade (39).

3.3. Características Físicas

Nas pedopaisagens correspondentes ao Barreiras, no local estudado, têm-se o Latossolo Vermelho-Escuro, correspondente às partes mais elevadas da paisagem, e, associado a este, mais abaixo, o Latossolo Amarelo (49). Entretanto, ao contrário do processo de rejuvenescimento deste (49), na parte menos dissecada da paisagem encontram-se os solos com características de podzolização e transição abrupta entre os horizontes A e B (PV4).

Pelos resultados das análises físicas (Quadro 2), observa-se aumento pronunciado no teor de argila em profundidade, seguido de um decréscimo nos teores de areia total, com uma mudança textural abrupta na profundidade de 25 cm. Pelo fato de a pedoforma tabular favorecer o acúmulo da água no sistema, podem-se considerar os processos para explicar essa mudança textural: (1) remoção diferencial das partículas pela erosão — em ambientes com acúmulo de água superficial e baixos teores de agentes cimentantes, a argila tende a entrar facilmente em suspensão e ser arrastada pela água de deflúvio, enquanto as frações mais grosseiras vão-se acumulando residualmente (33); (2) destruição das partículas de argila pela ferrólise — em ambientes alagados, de redução, ocorre a formação de Fe^{2+} , que tende a substituir as bases que são lixiviadas. Com a drenagem, o ferro, nessa forma, é removido do complexo sortivo, formando compostos de Fe^{3+} . Para o balançamento de cargas, o hidrogênio substitui o Fe^{2+} , ocorrendo a acidificação das argilas. A argila acidificada torna-se instável, decompondo-se (8).

O teor de silte, baixo e constante com a profundidade, provavelmente devido ao pré-intemperismo, indica baixa reserva mineral, uma vez que frações grosseiras são também desprovidas de minerais facilmente intemperizáveis (1, 18, 27, 31, 35, 44).

A densidade do solo é alta em todo o perfil, com valores semelhantes aos encontrados por alguns pesquisadores (1, 31, 37) e na maioria dos trabalhos de levantamento de solos realizados nas regiões de ocorrência desses solos (14, 15, 16, 17, 18). Os resultados mostram tratar-se de solo denso, encontrando-se o maior valor na profundidade de 25 a 40 cm (horizonte AP2).

QUADRO 1 - Principais características morfológicas do perfil correspondente ao Podzólico Ver-melho-Amarelo abrupto dos platôs litorâneos do Norte do Estado do Espírito Santo

Horizonte	Profundidade	Cor úmida	Estrutura (1)	Consistência (2)		
				Úmida	Molhada	Muito
				molhada		
	cm					
Ap ₁	0 - 25	10 YR 4/2	1 pb gs	f	np	npe
Ap ₂	25 - 40	10 YR 5/3; 10 YR 3,5/1	2 pbs	f	lp	lpe
B ₂₁	40 - 80	10 YR 5/4	2 pbs	f	p	lpe
B ₂₂	80 - 95	10 YR 5/4; 10 YR 6/6; 5 YR 6/8	2 pbs	f	p	lpe

(1) 1 pg = fraca, pequena, granular; gs = grãos simples; 2 pbs = moderada, pequena, blocos subangulares.

(2) f = muito friável; f = friável; np = não-plástico; lp = ligeiramente plástico; p = plásti-co; npe = não-pegajoso; lpe = ligeiramente pegajoso.

QUADRO 2 - Algumas características físicas do perfil correspondente ao Podzólico Vermelho-Amarelo abrupto dos platôs litorâneos do Norte do Estado do Espírito Santo

Hori- zotes	Profundidade (cm)	Granulometria				Argila dispersa em água	GF	s/r	Densidade	
		ag	af	s	r				Solo	Parti- culas
										g.cm ⁻³
Ap ₁	0 - 25	70	20	3	7	2	75	0,43	1,58	2,65
Ap ₂	25 - 40	65	6	5	24	10	58	0,21	1,65	2,57
B ₂₁	40 - 80	44	20	4	32	16	51	0,12	1,61	2,59
B ₂₂	80 - 95	39	16	4	41	23	43	0,09	1,44	2,57

Símbolos: ag = areia grossa; af = areia fina; s = silte; r = argila; GF = grau de flocculação.

As atividades de expansão e contração, devido às variações de umedecimento e secagem, equivalem à aplicação de uma energia organizadora nas partículas, tendendo a colocá-las face a face, à semelhança do que acontece com o barro amassado, em que há considerável aumento da densidade. Essas variações são mais pronunciadas na superfície e perdem intensidade com a profundidade. Próximo à superfície, a presença de matéria orgânica neutraliza, até certo ponto, esse efeito de adensamento (48). A parte superior do horizonte AP₂, além de sofrer alternâncias de umedecimento e secagem e a influência do uso de máquinas e implementos, não é beneficiada pelo efeito «tamponante» da matéria orgânica (já em teores menores) no processo de organização das partículas, e, assim, essa camada torna-se, evidentemente, mais densa.

Na Figura 2 vêem-se as curvas de retenção de umidade dos diferentes horizontes do PV₄. Os resultados indicam que a maior parte da água disponível para as plantas encontra-se em tensões inferiores a 1 atm. Independentemente do horizonte, as maiores variações do teor de umidade ocorrem nas tensões próximas a 1 atm, o que mostra a influência do tamanho dos poros (Quadro 3), que, por sua vez, é afetado pela estrutura dos horizontes (25). Em tensões superiores a 1 atm, a quantidade de água retida dentro de cada horizonte é comparativamente pequena. As diferenças, não muito pronunciadas, entre as tensões de 8 a 15 atmosferas parecem estar sendo mais influenciadas pela textura do que pela estrutura (25). No horizonte AP₁, a predominância da fração areia torna menor a quantidade de água retida.

O balanço hídrico do local indica deficiência de apenas 14 mm, distribuídos durante o ano, não sendo, assim, prevista deficiência de água nesse solo. Entretanto, as pequenas diferenças entre os teores de água retida nas diferentes tensões sugerem baixo teor de água disponível. Assim, o método utilizado na determinação do balanço hídrico tende a superestimar a disponibilidade de água nesse solo.

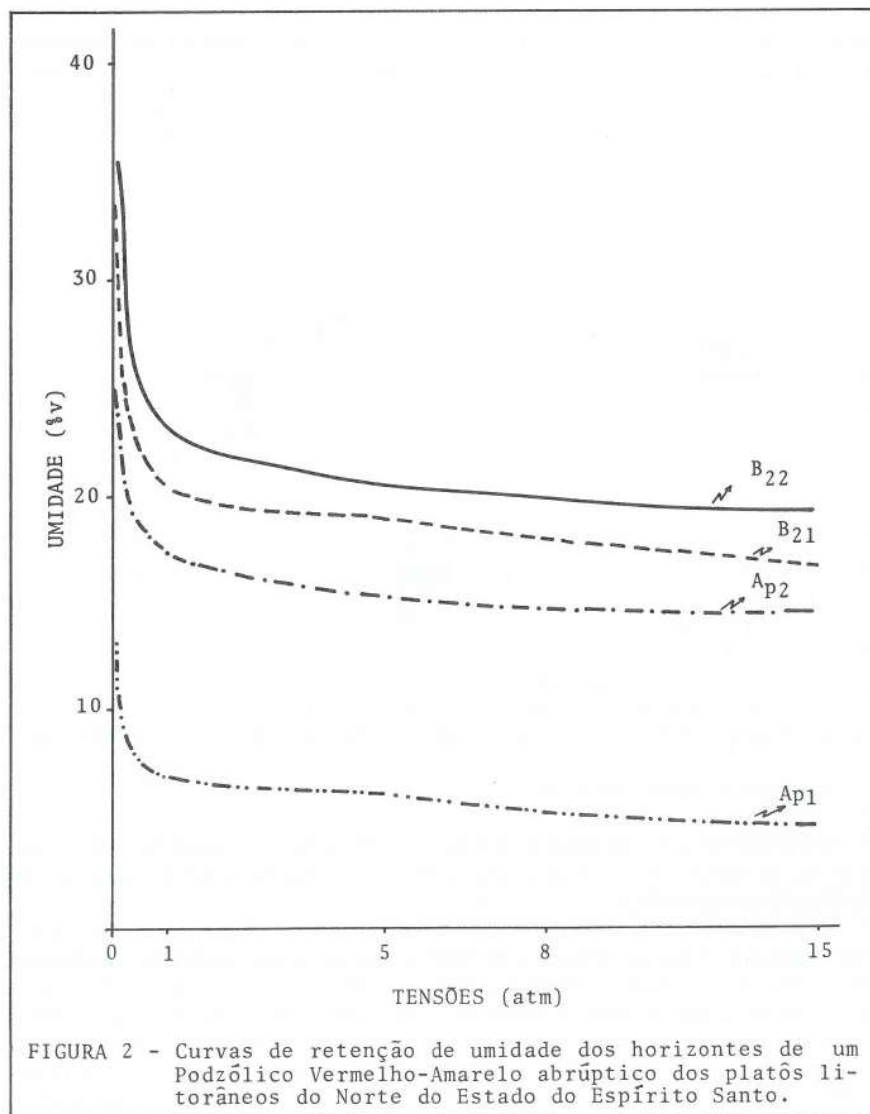
3.4. Características Químicas

Os resultados das análises químicas do perfil correspondentes ao PV₄ encontram-se no Quadro 4. Observa-se que todos os nutrientes encontram-se em concentrações muito baixas.

O perfil de distribuição do cálcio em profundidade (Figura 3) evidencia ser este nutriente o que se apresenta em maior concentração, ocorrendo decréscimo não muito pronunciado de teores a partir de 25 cm. Deve-se isto, provavelmente, à maior seletividade da matéria orgânica e da caulinita por esse cátion (21), possivelmente devido à calagem. O potássio, ao contrário do cálcio, decresce exponencialmente, o que indica maior susceptibilidade a perdas por erosão. Por outro lado, sua maior concentração na superfície, apesar de ser elemento relativamente móvel, sugere um eficiente mecanismo de reciclo.

Grande parte da soma de bases e da capacidade de troca corresponde ao cálcio, 65% e 22%, respectivamente. O potássio é o que menos contribui nesse aspecto, sendo, assim, um elemento que poderá acarretar problemas nesses solos.

O fósforo, no que se refere à sua estabilidade, reage peculiarmente nesse solo. Os resultados obtidos por DELAZARI (12), em estudo sobre a disponibilidade desse elemento em solos do Estado do Espírito Santo, mostram que a quantidade de 10 kg de P/ha aumenta 3,2 vezes o fósforo em solução; 40 kg de P/ha aumentam-no 4,2 vezes; de 40 a 120 kg P/ha, o aumento é muito pequeno. Isso significa que, com a adição de pequenas quantidades de P, atinge-se a capacidade máxima de adsorção desse solo. Como consequência, todo fósforo que for adicionado esta-



rá prontamente «disponível» para a planta, uma vez que não haverá competição entre esta e o solo.

A avaliação da capacidade de troca de cátions da fração argila e da matéria orgânica, feita através do método preconizado por BENNEMA (5), é vista na Figura 4. Os valores obtidos, tanto para a matéria orgânica ($T_c = 1,83$ meq/100 g de C) como para a argila ($T_r = 11,22$ meq/100 g de argila), mostram a baixa capacidade de troca desse solo. Até a profundidade de 25 cm, as variações seguem os teores de carbono; a partir dessa profundidade, o ligeiro aumento deveu-se ao aumento do teor de argila.

Os altos valores da relação C/N indicam baixa taxa de decomposição da ma-

QUADRO 3 - Umidade retida (% V), para diversas tensões e diâmetros de poros de material de um Podzólico Vermelho-Amarelo abrupto dos platôs litorâneos do Norte do Estado do Espírito Santo

Tensões (atm)	Diâmetro dos poros (μm)	Água Retida			
		Ap ₁	Ap ₂	B ₂₁	B ₂₂
15,00*	0,19	4,87	14,41	17,16	19,28
14,20	0,20	4,91	14,46	17,25	19,38
8,00*	0,35	5,28	14,89	17,97	20,10
5,55	0,50	6,11	15,22	18,21	20,53
5,00*	0,57	6,30	15,30	18,88	20,63
3,08	0,90	6,57	16,23	19,54	21,63
1,35	2,00	6,86	17,11	20,16	22,52
1,00*	2,84	6,90	17,30	20,29	22,71
0,56	5,00	7,65	18,81	22,36	24,11
0,35	8,00	8,01	19,52	23,36	24,78
0,30*	9,47	8,09	19,69	23,60	24,94
0,10*	28,14	9,94	23,75	28,66	32,33
0,09	30,00	10,68	24,39	29,85	33,11
0,06*	47,36	12,91	26,33	33,42	35,47

* Os teores de água (em volume) correspondente às tensões assinaladas foram determinados em laboratório. As demais tensões e os diâmetros dos poros foram calculados.

téria orgânica, provavelmente pelo fato de serem os microrganismos que a decompõem mais sensíveis às limitações ecológicas do que os que a produzem (39). Tem-se, aqui, uma combinação de deficiência de nutrientes e deficiência de água. A deficiência de nutrientes, que limita a produção biológica, a baixa atividade da pedofauna, a natureza caulínica e, principalmente, a baixa velocidade de infiltração, desse solo (49), podem estar contribuindo para uma redução na distribuição da matéria orgânica em profundidade.

Os baixos teores de óxidos, principalmente os de ferro e de alumínio, parecem ser as principais causas do adensamento, pois as argilas silicatadas, na ausência de agentes cimentantes, tendem a se ajustar face a face, o que favorece o adensamento (48). Essa camada, de baixa permeabilidade, deve favorecer, na época das chuvas, um considerável movimento de água na superfície, acentuando a erosão nos locais com declives ligeiramente maiores, e poderá limitar o desenvolvimento radicular das plantas. Por outro lado, dependendo da profundidade em que aparece, poderá contribuir para a manutenção de nutrientes no sistema.

3.5. Densidade Radicular

Nas estimativas da densidade radicular, para a cana-de-açúcar (Quadro 5), observa-se um decréscimo, tendendo a exponencial com a profundidade. A maior concentração, cerca de 90%, deu-se, praticamente, até a profundidade de 25 cm. Esse valor é muito expressivo, quando comparado aos de outros ambientes.

INFORZATO e ALVAREZ (26), estudando a distribuição do sistema radicular

QUADRO 4 - Algumas características químicas do perfil correspondente ao Podzólico Vermelho-Amarelo a brúptico dos platôs litorâneos do Norte do Estado do Espírito Santo

Hori- zon- tes	Prof. (cm)	pH(1:2,5)		Complexo sortivo						Valor		100·Al ³⁺		P	
		Água	kcl	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S	Al ³⁺	H ⁺	Valor T	V	Al ³⁺ + S		NC
		meq/100 g solo						%		ppm					
Ap ₁ Ap ₂ B ₂₁ B ₂₂	0 - 25	5,7	4,3	0,5	0,2	0,13	0,05	0,8	0,5	4,1	5,5	15	37,31	7	
	25 - 40	5,2	3,9	0,3	0,2	0,03	0,03	0,5	0,5	1,8	2,9	20	46,73	2	
	40 - 80	5,3	3,9	0,2	0,2	0,02	0,02	0,4	0,5	1,5	2,4	18	53,19	2	
	80 - 95	5,0	3,8	-	0,1	0,02	0,03	0,1	1,1	1,2	2,4	6	88,71	1	

Hori- zon- tes	Prof. (cm)	C	N	C/N	Ataque sulfúrico d = 1,47					Relação molecular			
					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	Ki	Kr	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
					%								
Ap ₁ Ap ₂ B ₂₁ B ₂₂	0 - 25	2,13	0,06	35,50	3,58	2,42	0,20	0,20	0,01	1,51	2,39	18,99	
	25 - 40	1,69	0,06	28,17	9,63	8,41	1,00	0,43	0,01	1,95	1,81	13,20	
	40 - 80	1,12	0,04	28,00	13,25	11,73	1,56	0,57	0,01	1,92	1,77	11,80	
	60 - 95	0,97	0,05	19,40	16,69	1,15	2,21	0,62	0,01	2,00	1,82	10,05	

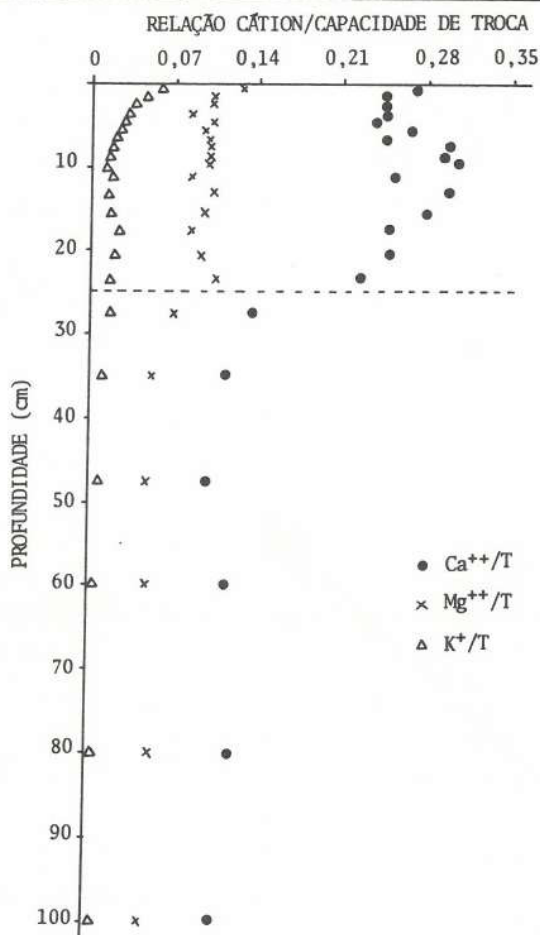
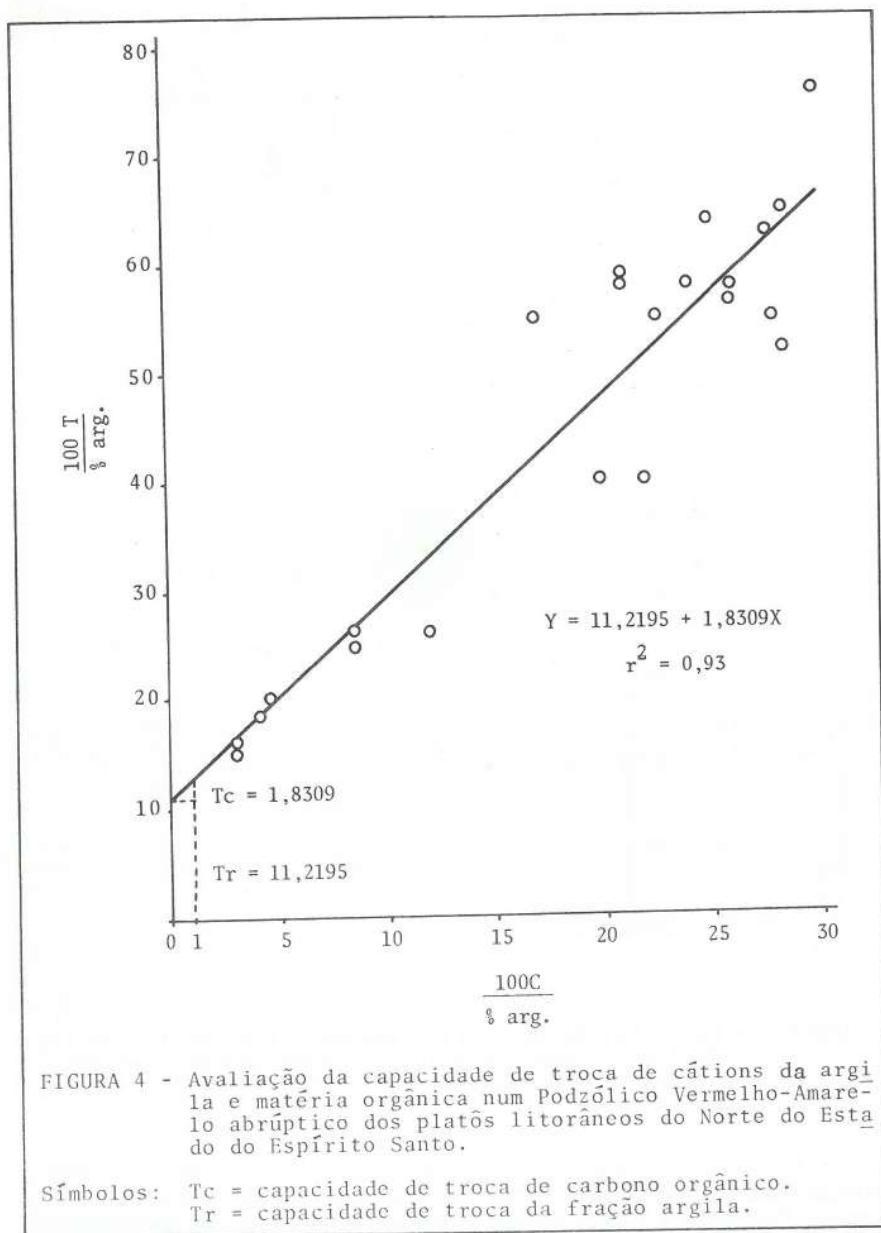


FIGURA 3 - Distribuição de cálcio, magnésio e potássio, em profundidade, num Podzólico Vermelho-Amarelo abrupto dos platôs litorâneos no Norte do Estado do Espírito Santo.

da cana Co.290, em Latossolo Roxo, verificaram que, com 18 meses de idade, as plantas apresentavam mais de 75% das raízes nos primeiros 50 cm de profundidade. Para a cana adulta, variedade CB 41-76, Souza, citado por BACHI (3), verificou que 80% da distribuição do sistema radicular encontravam-se nos primeiros 60 cm de profundidade.

TROUSE Jr. e HUMBERT (46) observaram, em latossolos com baixo teor de matéria orgânica, que a densidade de $1,46 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ reduziu seriamente a penetração das raízes e consideraram como crítica a densidade de $1,52 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Os resultados encontrados no presente trabalho mostram que esses solos, pelo menos em profundidades maiores que 25 cm, não são muito favoráveis ao desenvolvimento



radicular da cana. A presença da camada adensada, além da baixa fertilidade, parece estar contribuindo para o não-desenvolvimento das raízes em profundidade.

Em dois perfis de Latossolo Amarelo, no município de Aracruz, ES, MATTOS (31) observou que a resistência mecânica do solo foi o principal fator do desenvolvimento anormal do sistema radicular de *Eucalyptus* spp., nas camadas mais

QUADRO 5 - Densidade radicular da cana-de-açúcar, em diversas profundidades, num Podzólico Vermelho-Amarelo abruptico dos platôs litorâneos do Norte do Estado do Espírito Santo

Prof. (cm)	Raízes (cm.cm ⁻³)	%	ac	Prof. (cm)	Raízes (cm.cm ⁻³)	%	ac
0 - 1	12,38	11,54	11,54	12 - 14	4,03	3,76	78,43
1 - 2	7,14	6,66	18,20	14 - 16	4,90	4,57	83,00
2 - 3	8,48	7,91	26,11	16 - 19	4,37	4,08	87,08
3 - 4	5,99	5,59	31,70	19 - 22	3,53	3,29	90,37
4 - 5	6,36	7,97	37,63	22 - 25	2,61	2,43	92,80
5 - 6	8,54	7,05	45,59	25 - 30	2,15	2,01	94,81
6 - 7	7,56	6,14	52,65	30 - 40	1,41	1,31	96,12
7 - 8	6,58	4,58	58,78	40 - 50	0,96	0,89	97,02
8 - 9	4,92	5,07	63,37	50 - 70	1,56	1,45	98,47
9 - 10	5,44	6,23	68,44	70 - 90	0,79	0,74	99,21
10 - 12	6,68	3,76	74,64	90 - 110	0,85	0,79	100,00

profundas, considerando outros fatores, como alumínio, baixa fertilidade e déficit de oxigênio, de menor importância.

O total de água disponível na profundidade de 0 a 25 cm é de aproximadamente 13 mm. Considerando a evapotranspiração da cana igual a 4 mm-dia^{-1} (13), essa água só será suficiente para 3,2 dias, não havendo, portanto, suprimento para a cultura. Isso sugere a importância de poucas raízes na absorção de água em profundidades maiores. Por outro lado, essa baixa disponibilidade de água poderá limitar o rendimento de culturas de enraizamento pouco profundo, como ocorre nos tabuleiros costeiros do Nordeste (24), onde se verificou que o déficit de umidade foi a principal causa do baixo rendimento de culturas anuais.

3.6. Características Mineralógicas

Os resultados das análises mineralógicas das amostras estudadas indicam a existência de dois sistemas pedomineralógicos: o relacionado com o Grupo Barreiras e o relacionado com o Embasamento Cristalino.

Os relacionados com o Grupo Barreiras apresentam certa homogeneidade mineralógica, que pode ser justificada pelo fato de os minerais dos pedossistemas dos platôs litorâneos serem herdados (sedimentos), não tendo, portanto, sido formados pela pedogênese «in situ» (10, 48). Isso contribuiu para que não houvesse muita diferença na mineralogia dos solos desse ecossistema, exceto no que se refere aos minerais ferruginosos, hematita e goethita, relacionados com a coloração.

Tanto no Podzólico Vermelho-Amarelo abrupto (PV_4) como no Latossolo Vermelho-Escuro (LE) (Figura 5), há predominância quase que absoluta da caulinita (Ka), seguida do quartzo (Qz). Dentre os minerais ferruginosos, a goethita (Gt) é a forma predominante, além de um teor considerável de hematita (Hm), que, pelo seu alto poder pigmentante (38), é responsável pela cor vermelha do solo. No PV_4 , além da caulinita (Ka) e da goethita (Gt), observa-se também o anatásio (An) (Figura 6). Mesmo com a ausência do difratograma correspondente à amostra saturada com K e submetida ao aquecimento (550°C), é possível supor a presença desse mineral também no LE, pelo fato de esses solos apresentarem mineralogia semelhante.

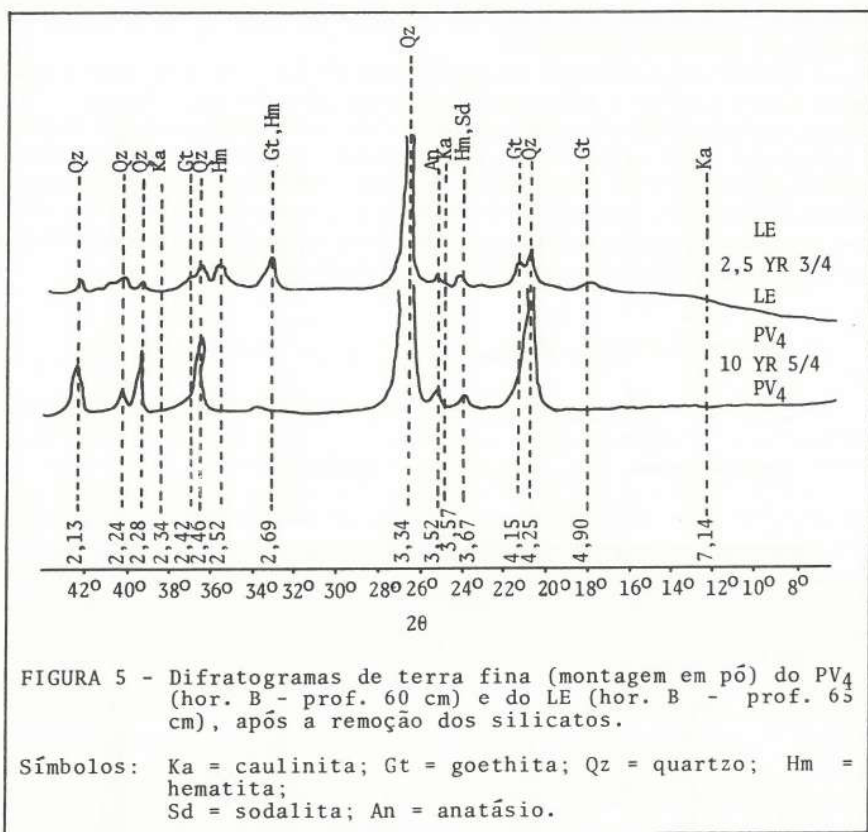
Os materiais relacionados com o Embasamento Cristalino apresentam, em sua mineralogia, caulinita (Ka), vermiculita (Vm), esmectita (Em), mica (Mi), goethita (Gt) e hematita (Hm).

No solo Podzólico Vermelho-Amarelo Latossólico (PVL_d), verifica-se a presença da goethita (Gt) e hematita (Hm), com nitidez nos horizontes B e C (Figura 7). Entre os minerais silicatados, a caulinita (Ka) é dominante, mas verifica-se também (Figura 8) a presença de argilas 2:1 expansivas (vermiculita e esmectita) e mica (Mi).

Aparentemente, tanto a esmectita (Em) quanto a vermiculita (Vm), pelas ombreiras, em todos os tratamentos, aparecem, em parte, como minerais interestratificados. O colapso não muito intenso no tratamento com K 550°C sugere a possibilidade de que a vermiculita ocorra com ilhas de hidróxido de alumínio, o que lhe confere elevada resistência ao intemperismo (2).

Os difratogramas de saprolito de gnaiss (Figura 9) mostram esmectita (Em) e caulinita (Ka); supostamente, não há vermiculita, pois a expansão no tratamento com glicerol é completa até cerca de 17\AA .

Nos difratogramas das amostras em pó, tratadas com NaOH (Figura 10), os teores de mica foram maiores na amostra 2, isto é, a relação Ka/2:1 aumentou da



amostra 2 para a amostra 1.

Pelos resultados das análises mineralógicas da fração areia muito fina (Quadro 6), verifica-se que, com exceção do saprolito de gnaiss, o quartzo é o mineral predominante.

Tanto nas amostras do PV₄ quanto nas do LE, os grãos de quartzo apresentaram-se relativamente arredondados, sugerindo transporte de outros locais para o local em que se encontram atualmente, o que é compatível com a natureza do material de origem desses solos (1, 18).

Nas amostras do PVLd e do saprolito de gnaiss, além do quartzo, que se apresentou sob a forma de grãos arestados, observou-se também que a mica encontrava-se em avançado estágio de decomposição.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Realizou-se este trabalho em área dos platôs litorâneos localizada ao norte do Estado do Espírito Santo, situada entre os paralelos 18°26' e 18°55' de latitude Sul e entre os meridianos 39°40' e 40°10' de longitude Oeste, visando avaliar algumas características de um Podzólico Vermelho-Amarelo abrupto (PV₄), desenvolvido em sedimentos terciários do Grupo Barreiras.

A descrição do perfil e a amostragem de camadas delgadas foram feitas sob

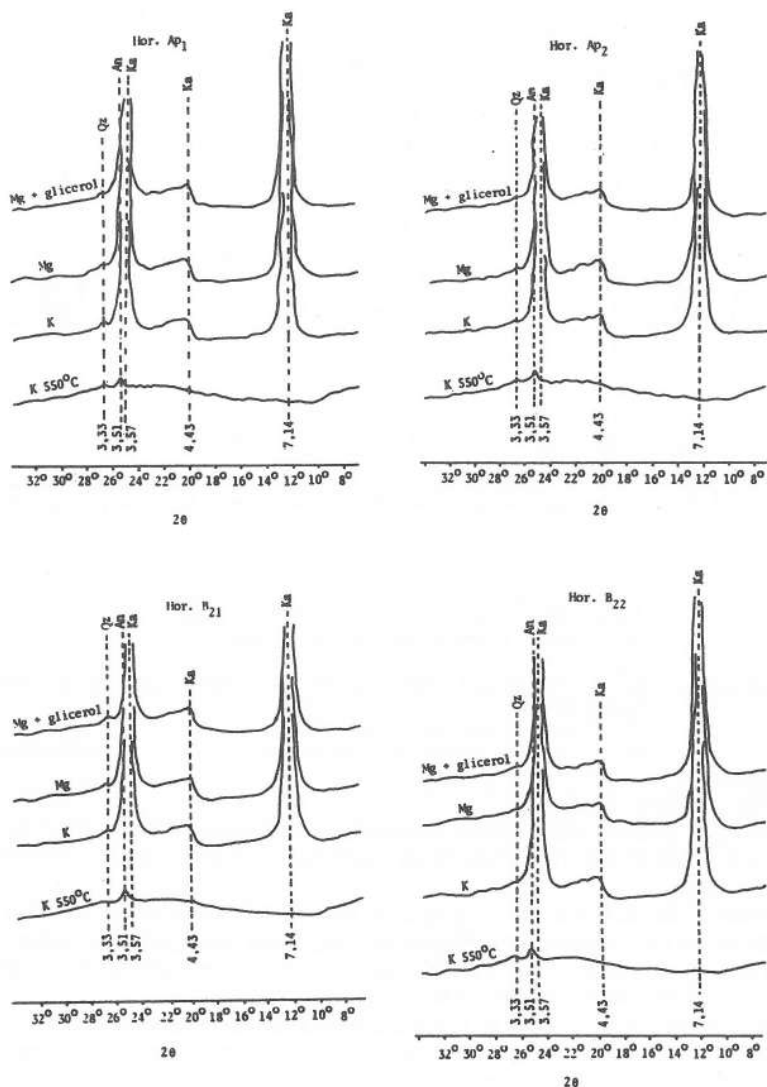
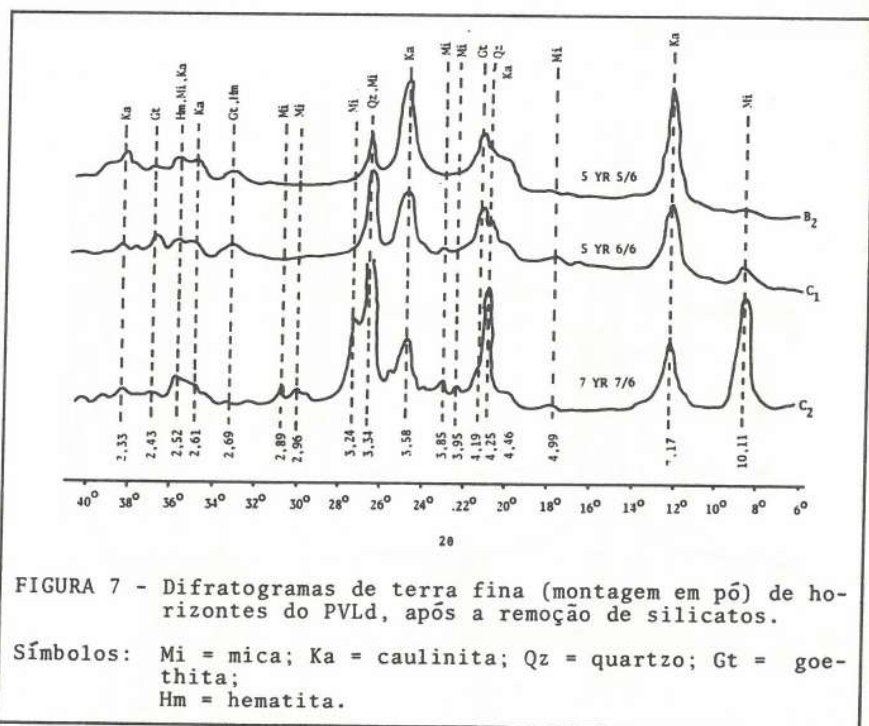


FIGURA 6 - Difratogramas (amostra orientada) da fração argila total dos horizontes do PV₄, após desferriificação, saturação com Mg (com e sem glicerol) e com K (com e sem aquecimento a 550°C, durante 30 minutos).

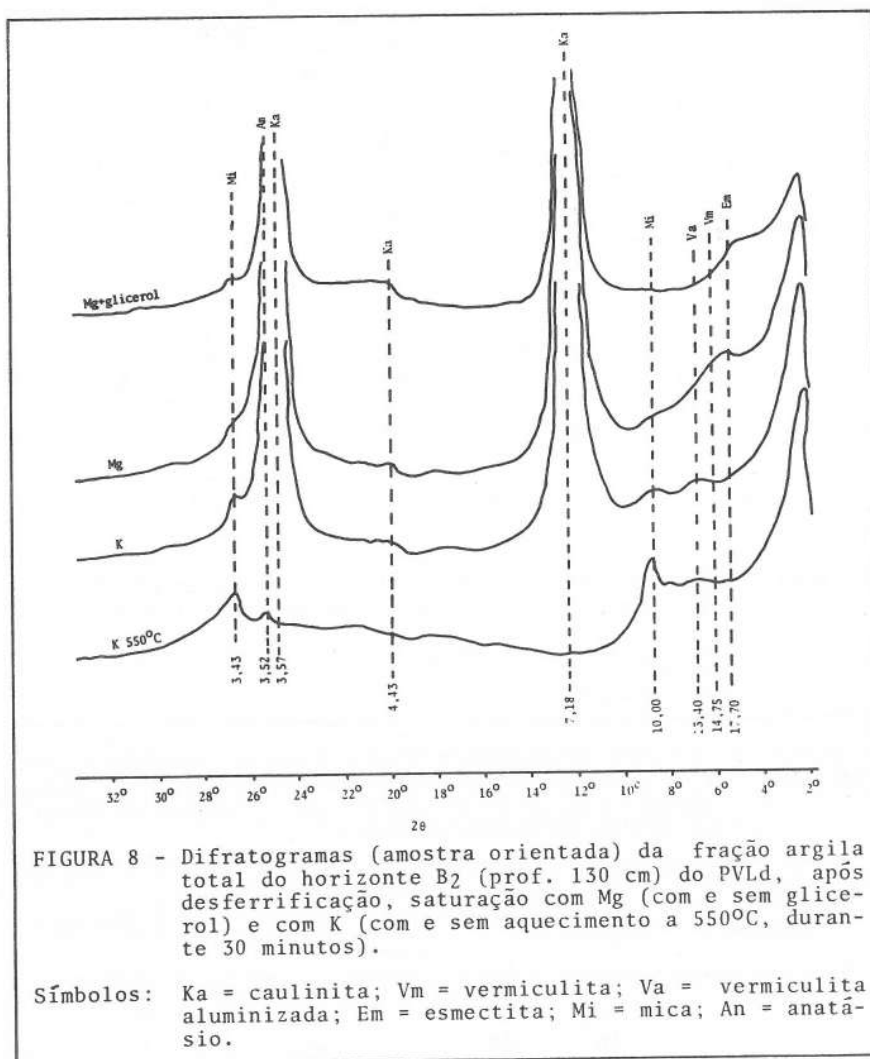
Símbolos: Ka = caulinita; Qz = quartzo; An = anatásio.



QUADRO 6 - Composição mineralógica da fração areia muito fina de material de solos dos platôs litorâneos no Norte do Estado do Espírito Santo.

Ident. amostra	Horiz.	Quartzo	Óxidos de ferro	Rutilo	Turma- lina	Zincão	Mica
PV ₄	Ap ₁	96	-	-	x	4	-
	Ap ₂	85	-	12	1	1	-
	B ₂₁	89	2	x	2	4	-
	B ₂₂	89	1	x	x	4	-
LE	B ₂	79	12	x	x	4	4
PVLd	B ₂	83	8	-	-	1	6
	C ₂	26	4	-	-	-	70
Saprolito de gnaiss	Amostra 1	11	2	-	-	-	86
	Amostra 2	26	4	-	-	-	70

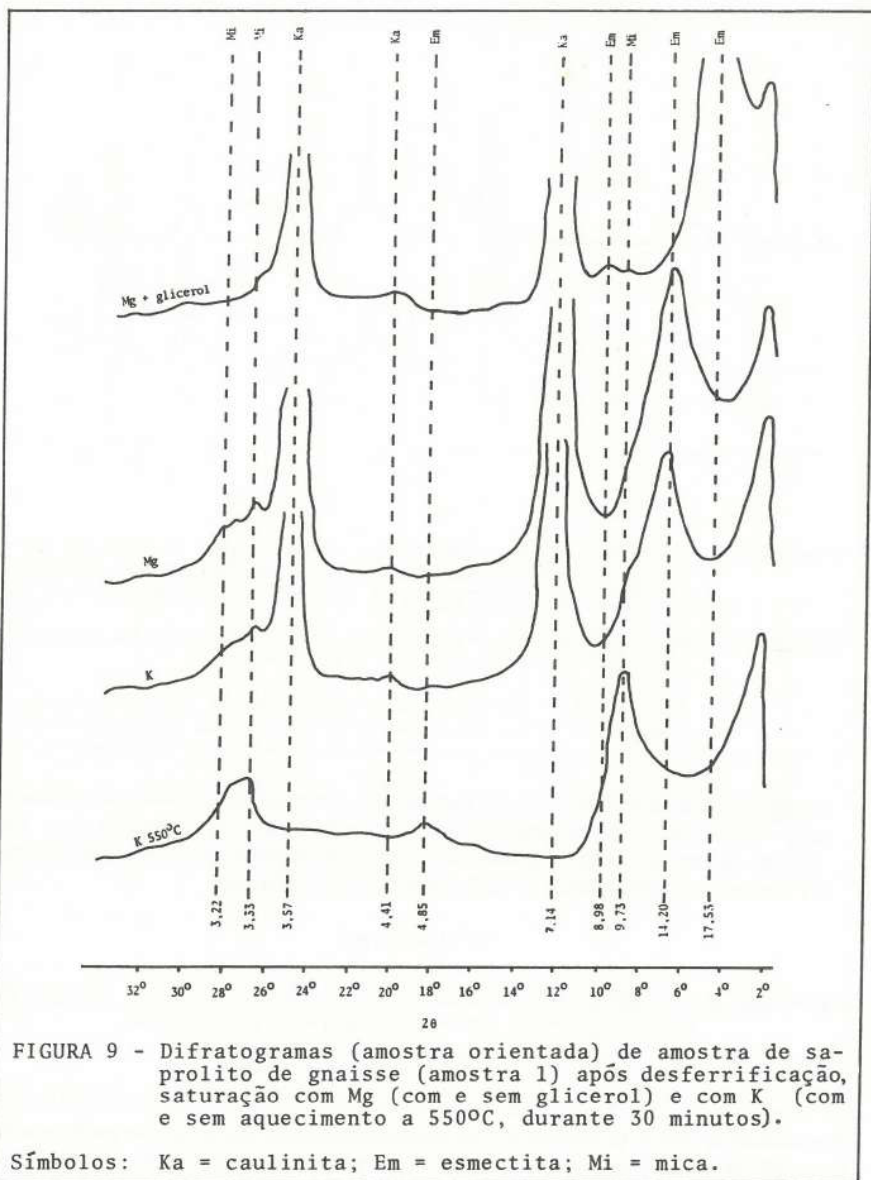
(x) Traços; (-) ausência.



cultura de cana-de-açúcar, fazendo-se também a avaliação da densidade das raízes, com a profundidade. Nas amostras coletadas, fizeram-se análises físicas, químicas e mineralógicas. Além disso, coletaram-se amostras de outros solos e de saprolitos desenvolvidos de gnaiss, para estudos mineralógicos comparativos.

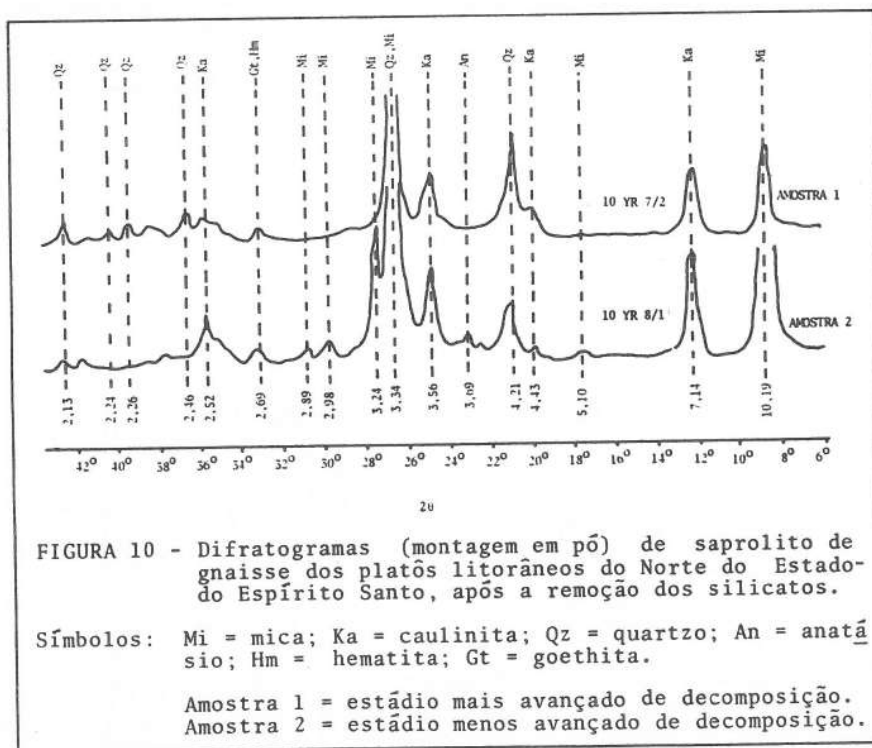
Diante dos resultados obtidos, conclui-se que:

1. A transição morfológica abrupta entre os horizontes A e B dos podzólicos dos tabuleiros corresponde a mudanças bruscas nos teores de água e nutrientes e no arejamento e desenvolvimento das raízes.
2. A área deste estudo apresenta dois conjuntos de pedossistemas, determinados, principalmente, pela diferença no substrato geológico: tabuleiros (sedimentos do Grupo Barreiras) e embasamento gnáissico (Cristalino);
3. Os pedomateriais originários de gnaiss têm maiores teores de ferro e de bases



do que os dos desenvolvidos dos sedimentos do Grupo Barreiras. No entanto, não têm expressividade na área deste trabalho.

4. Conquanto tenham mineralogia muito similar, o Podzólico abruptico, os latossolos, todos desenvolvidos dos sedimentos Barreiras, e o Podzólico Vermelho-Amarelo abruptico reagem diferentemente ao manejo e à erosão.
5. A fração argila do Podzólico Vermelho-Amarelo abruptico apresentou baixos teores de ferro e alumínio, constituindo-se, quase que exclusivamente, de caulinita, o que favoreceu a presença de uma camada subsuperficial adensada,



característica desse solo. Assim parece que a reorganização das partículas do solo representa papel importante na formação desse adensamento, que, conquanto favoreça a erosão, poderá ser o fator de conservação de nutrientes nesses sistemas, sabidamente de pobreza química acentuada.

5. SUMMARY

(PEDOLOGICAL CHARACTERISTICS OF A RED YELLOW ABRUPTIC PODZOLIC SOIL OF THE COASTAL PLATEAU IN NORTHERN ESPÍRITO SANTO STATE)

A soil profile was described, sampled and analysed of a Red Yellow Abruptic Podzolic Soil which is spread out in Northern Espírito Santo State, associated to the Yellow and Dark Red Latosol soils. All these soils were developed on continental pre-weathered tertiary sediments known as Grupo Barreiras. For contrasting the mineralogy and iron oxides contents, saprolithic weathered materials from gneiss of crystalline geological basement were also sampled.

The abruptic transition in clay content from A to B horizon of the Podzolic soil gave rise to a sharp decrease in water, nutrients, air and root growth below its Ap horizon. Although Podzolic and Latosol soils were developed from tertiary Barreiras sediments and have a quite similar mineralogy, they behave quite differently under erosion and for management purposes. On the other hand, the contents in iron oxides of the Barreiras and Crystalline-born soils differentiate

them providing evidence for the existence of two environmental contrasting soil conditions.

6. LITERATURA CITADA

1. ACHÁ PANOSO, L. *Latossolo Vermelho-Amarelo de tabuleiro do Espírito Santo*. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1976. 115 p. (Tese Livre Docência).
2. ALMEIDA, J.R. de. *Cronocromossequência de solos originários de rochas pelíticas do Grupo Bambuí*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1979. 150 p. (Tese M.S.).
3. BACCHI, O.O.S. Botânica da cana-de-açúcar. In: IAA/PLANALSUCAR. *Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil*. Piracicaba, 1983. p. 25-37. (Coleção PLANALSUCAR, 2).
4. BARUQUI, F.M. *Inter-relações solo-pastagens nas Regiões Mata e Rio Doce do Estado de Minas Gerais*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1982. 119 p. (Tese M.S.).
5. BENNEMA, J. Organic carbon profiles in oxisols. *Pedologia*, 24(2):119-142, 1974.
6. BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extrato de solos e plantas. *Rev. Ceres*; 21:73-85, 1974.
7. BRAGA, J.M. *Avaliação da fertilidade do solo (Análise Química)*. I e II parte. Viçosa, Imprensa Universitária, 1983. 167 p.
8. BRINKMAN, R. *Ferrolysis. A soil formation process in hydromorphic conditions*. Wageningen, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1979. 106 p. (Reports, 881).
9. CHEN, P.-Y. *Table of key lines in X-ray powder diffraction patterns of minerals in clays and associated rocks*. Bloomington, Indiana, Department of Natural Resources Geological, 1977. 67 p. (Survey Occasional Paper 21).
10. CORREA, G.F. *Modelo de evolução da mineralogia da fração argila de solos do planalto de Viçosa, MG*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1984. 87 p. (Tese M.S.).
11. DEFELIPO, B.V. & RIBEIRO, A.C. *Análise química do solo (metodologia)*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1981. 17 p. (Boletim de Extensão, 29).
12. DELAZARI, P.C. *Disponibilidade de fósforo em solos do Estado do Espírito Santo*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1979. 42 p. (Tese M.S.).
13. DOORENBOS, J. & PRUITT, W.O. *Guidelines for predicting crop water requirements*. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1975. 179 p. (Irrigation and Drainage Paper 24).

14. EMBRAPA. *Levantamento exploratório — Reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Norte*. Recife, 1971. 531 p. (Boletim Técnico, 21).
15. EMBRAPA. *Levantamento exploratório — Reconhecimento de solo do Estado da Paraíba*. Rio de Janeiro, 1972. 650 p. (Boletim Técnico, 15).
16. EMBRAPA. *Levantamento exploratório — Reconhecimento de solos do Estado do Ceará*. Recife, 1973. 502 p. (Boletim Técnico, 20).
17. EMBRAPA. *Levantamento exploratório — Reconhecimento de solos do Estado de Sergipe*. Recife, 1975. (Boletim Técnico, 35).
18. EMBRAPA. *Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Espírito Santo*. Rio de Janeiro, 1978. 461 p. (Boletim Técnico, 45).
19. EMBRAPA. *Manual de métodos de análise do solo*. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979 (s.m.p).
20. ERNESTO SOBRINHO, F. *Caracterização, gênese e interpretação para uso de solos derivados de calcário da Região da Chapada do Apodi, Rio Grande do Norte*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1979. 133 p. (Tese M.S.).
21. FASSBENDER, H.W. *Química de suelos*. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, 1975. 375 p.
22. FEITOZA, L.R. *Carta Agroclimática do Estado do Espírito Santo*. Vitória, EMCAPA, 1986. (Mapa — Escala 1:400.000).
23. FERNANDES, B. *The effect of tillage systems on soil physical properties*. West Lafayette, Purdue University, 1976. 123 p. (Ph.D. Thesis).
24. HAYNES, J.L. *Uso dos tabuleiros costeiros do Nordeste do Brasil. Um exame das pesquisas*. Recife, SUDENE, Divisão de Pesquisa e Experimentação, 1970. 139 p.
25. HILLEL, D. Soil-moisture characteristic curve. In: HILLEL, D. (ed.) *Soil and water physical principles and process*. New York, Academic Press, 1972. p. 63-65.
26. INFORZATO, R. & ALVAREZ, R. Distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar, var. Co.290, em solo tipo terra-roxa-legítima. *Bragantia*, 16:1-13, 1957.
27. JACOMINE, P.K.T. *Fragipans em solos de tabuleiros; características, gênese e implicações no uso agrícola*. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1974. 112 p. (Tese Livre Docência).
28. JACKSON, M.L. *Soil chemical analysis — Advanced course*. 2 ed. Madison, s. ed., 1975. 895 p.
29. JOINT COMMITTEE ON POWDER DIFFRACTION STANDARDS. *Selected powder diffraction data for minerals*. Pennsylvania, JCPDS, 1974. 833 p.

30. MARSH, B. Measurement of length in random arrangement of lines. *Journ. Appl. Ecol.*, 8:265-267, 1971.
31. MATTOS, C.M. *Propriedades físicas de solos cauliniticos coesos do Município de Aracruz, ES*. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz», 1979. 73 p. (Tese M.S.).
32. MORAES, C. *Geografia do Espírito Santo*. Vitória, Fundação Cultural do Espírito Santo, 1974. 231 p.
33. MOSS, R.P. Slopers development and soil morphology in a part of South-West Nigeria. *J. Soil Sci.*, 16:192-206, 1965.
34. NORRISH, K. & TAYLOR, R.M. The isomorphous replacement of iron by aluminum in soil goethites. *J. Soil Science*, 12:294-306, 1961.
35. OLIVEIRA, L.B. de; DANTAS, H. da S.; CAMPELO, A.B.; GALVÃO, S.J.; GOMES, I.F. Caracterização de adensamento no subsolo de uma área de «Tabuleiro», da Estação Experimental do Cerrado, Recife. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 3:207-214., 1968.
36. PERKIN-ELMER. *Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry*. Norwalk, connecticut, Perkin-Elmer Corp, 1968 (snp).
37. RANZANI, G. *Solos do município de Aracruz (ES)*. Piracicaba, Centro de Estudos Sociais, ESALQ/USP, 1971. 65 p.
38. RESENDE, M. *Mineralogy, chemistry, morphology and geomorphology of some soils of the Central Plateau of Brazil*. West Lafayette, Purdue University, 1976. 237 p. (Ph.D. Thesis).
39. RESENDE, M. *Pedologia*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 1982. 100 p.
40. RICHARDS, L.A. A pressure membrane extraction apparatus for soils solution. *Soil Science*, 51:337-386, 1941.
41. RUSCHI, A. Fitogeografia do Estado do Espírito Santo. *Boletim do Museu de Biologia Prof. «Mello Leitão»* (1):1-353, 1950. (Série Botânica).
42. SALGADO, J.S. *Efeito de sistemas de aradura e de manejo da palhada do milho em propriedades físicas e químicas do solo e em características das plantas*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1979. 61 p. (Tese M.S.).
43. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. *Manual de método de trabalho de campo*. Campinas, 1976. 36 p.
44. SOMBROEK, W.C. *Amazon soils*. Wageningen, Center for Agricultural Publications and Documentation, 1966. 292 p.
45. TENNANT, D.A. A test of a modified line intersect method of estimating root

- length. *J. Ecology*, 63:995-1.001, 1975.
46. TROUSE Jr., A.C. & HUMBERT, R.P. Some effects of soil compaction on the development of sugar-cane roots. *Soil Sci.*, 91:208-217, 1961.
47. THORNTON, C.W. & MATHER, J.R. *The water balance*. Centerton, Drexel Institute, 1955. 86 p.
48. UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. *Levantamento exploratório, com intensidade, de solos do Centro-Oeste do Estado do Pará*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1979. 266 p.
49. UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. *Caracterização de solos e avaliação dos principais sistemas de manejo dos tabuleiros costeiros do Baixo Rio Doce e da Região Norte do Estado do Espírito Santo e sua interpretação para o uso agrícola*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1984. 153 p.
50. VETTORI, L. *Métodos de análises de solo*. Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 24 p. (Boletim Técnico, 7).