

CARACTERIZAÇÃO E GÊNESE DE SOLONETZ SOLODIZADO
DO SERTÃO CENTRAL E DO MÉDIO
JAGUARIBE - ESTADO DO CEARÁ

E.G.S. Moreira*

J.L.I. Demattê*

A. Marconi*

RESUMO: Foram estudados três perfis de solos localizados na região semi-árida do estado do Ceará, classificados como Solonetz Solodizado (Typic Natrustalf). São solos relativamente rasos, de variação textural abrupta. Os horizontes superficiais são constituídos por material arenoso, retrabalhado, sobre horizonte nátrico mais argiloso. Mineralogicamente, são solos pouco desenvolvidos, dominados por argilas 2:1 (micas, vermiculita e montmorilonita), ocorrendo ainda um pouco de caulinita e plagioclásios. Nas frações mais grosseiras ocorrem, além do quartzo, minerais intemperizáveis, como plagioclásios, calcita, micas, hornblenda, entre outros.

Termos para indexação: Solonetz Solodizado, Mineralogia.

CHARACTERIZATION AND GENESIS OF A NATRUSTALF
FROM THE CENTRAL REGION OF CEARA STATE

ABSTRACT: This study was carried out with the objective of obtaining information on the characteristics

* Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da E. S.A. "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo - 13.400 - Piracicaba, SP

and genesis of three pedons of a Typic Natrustalf located in the semi arid region of Brazil. These soils are relatively shallow with an abrupt textural change, have a poor drainase and a very developed natric horizon. The surficial horizons are very sandy originated by a reworked material. The natric horizon has a clay content around 25% characterized by a very strong blocky or colunar structure. The clay fraction of these soils is constituted basically by 2:1 clay minerals like micas, vermiculite and smectite. Some calcium plagioclase and kaolinite does occur. In the coarser fraction occurs minerals like calcite, calcium plagioclase, hornblend and quartz.

Index terms: Natrustalf, Mineralogy

INTRODUÇÃO

Na região do Sertão Central e do médio Jaguaribe, no estado do Ceará, existem extensas áreas de solos classificados como Solonetz Solodizado, bem como solos associados a estes, com processos semelhantes de gênese (JACOMINE, 1973). A área de ocorrência desses solos representa cerca de 8% da área do estado e é utilizada com pecuária, em um sistema de manejo ainda relativamente primitivo. Pouca pesquisa tem sido feita nestes solos, principalmente os relacionados à sua caracterização e gênese.

São solos alcalinos, que possuem horizontes sub-superficiais mais argilosos e com elevada porcentagem de sódio e magnésio trocáveis. São ligeiramente ácidos na superfície e alcalinos ou neutros nos horizontes inferiores. A estrutura do horizonte B é colunar típica do horizonte nátrico, a consistência extremamente dura quando seco e a drenagem é impedida (SOIL SURVEY STAFF, 1975). Na região, apresentam-se rasos e moderadamente

profundos, com horizontes bem diferenciados, possuindo sequência A, Bt, C. Apresentam permeabilidade lenta no subsolo, são muito susceptíveis a erosão e de elevada saturação de bases.

O principal objetivo pretendido neste trabalho refere-se as caracterizações física, química e mineralógica de alguns perfis de Solonetz Solodizado, desenvolvidos de rochas ácidas da região do médio rio Jaguaribe e estabelecer algumas considerações sobre sua gênese.

Caracterização do Meio Físico

A área em estudo compreende os municípios de Quixeradã, Quixeramobim e Jaguaretama, situando-se na região central do estado do Ceará (Figura 1).

Geologia regional

A área de Quixeramobim pertence ao período Pré-Cambriano A e ao Grupo Ceará, litologicamente constituído de filitos, sericitaxistos, biotitaxistos e biotitagnaises, incluindo quartzitos e leptinitos. A região de Jaguaretama pertence ao Pré-Cambriano Indiviso e aos Complexos Gnaiss-Migmatítico e Migmatito-Granítico, constituídos de granitos, sienitos, gabros e dioritos (PROJETO RADAMBRASIL, 1974).

Na área em estudo ocorrem duas unidades morfológicas distintas, que são descritas e indicadas como Superfície de Aplainamento Sertaneja e os Níveis Elevados mais evidentes encontrados na região (Figura 2). A Superfície de Aplainamento Sertaneja forma a depressão semi-árida, com topografia levemente ondulada e mostram afloramentos pré-devonianos (PROJETO RADAMBRASIL, 1973). SOUZA (1975) informa que esta superfície desenvolveu-se desde a base dos maciços residuais cristalinos, por meio de "glacis" dissecados, a partir de processos de morfogênese, ou mais precisamente em decorrência dos processos de pediplanação, engendrados por condições climáticas secas. A dissecação é então mínima

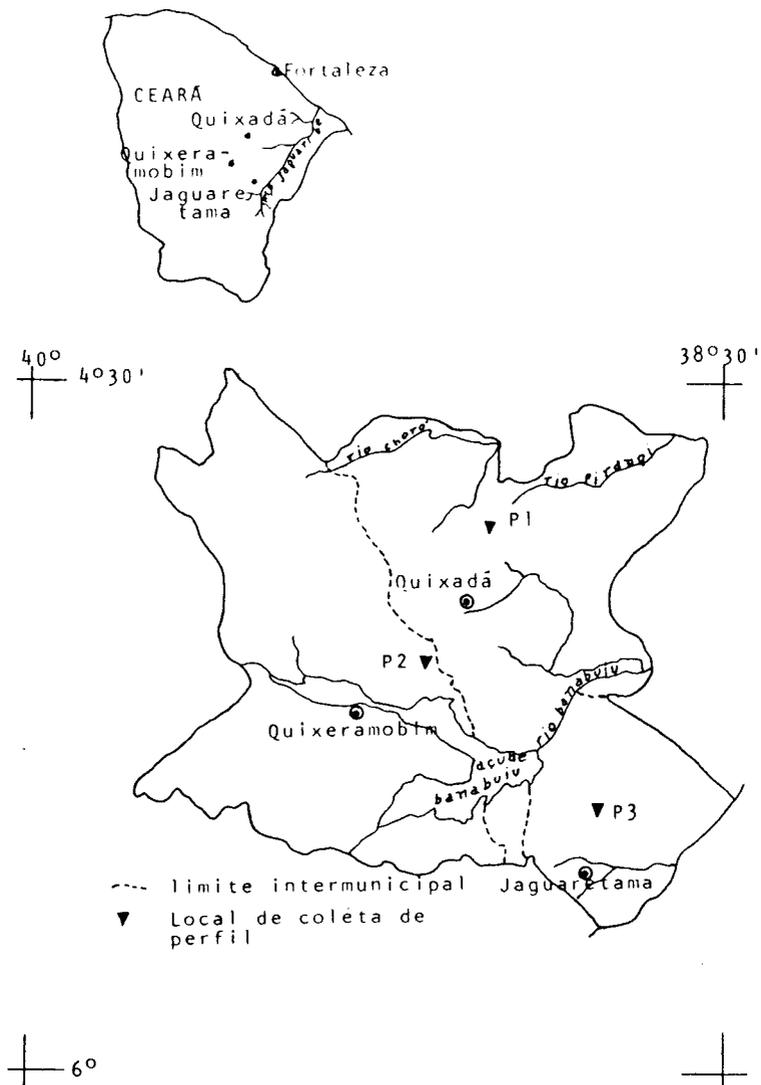


Fig. 1. Localização dos municípios em relação ao Estado do Ceará e dos perfis P1, P2 e P3

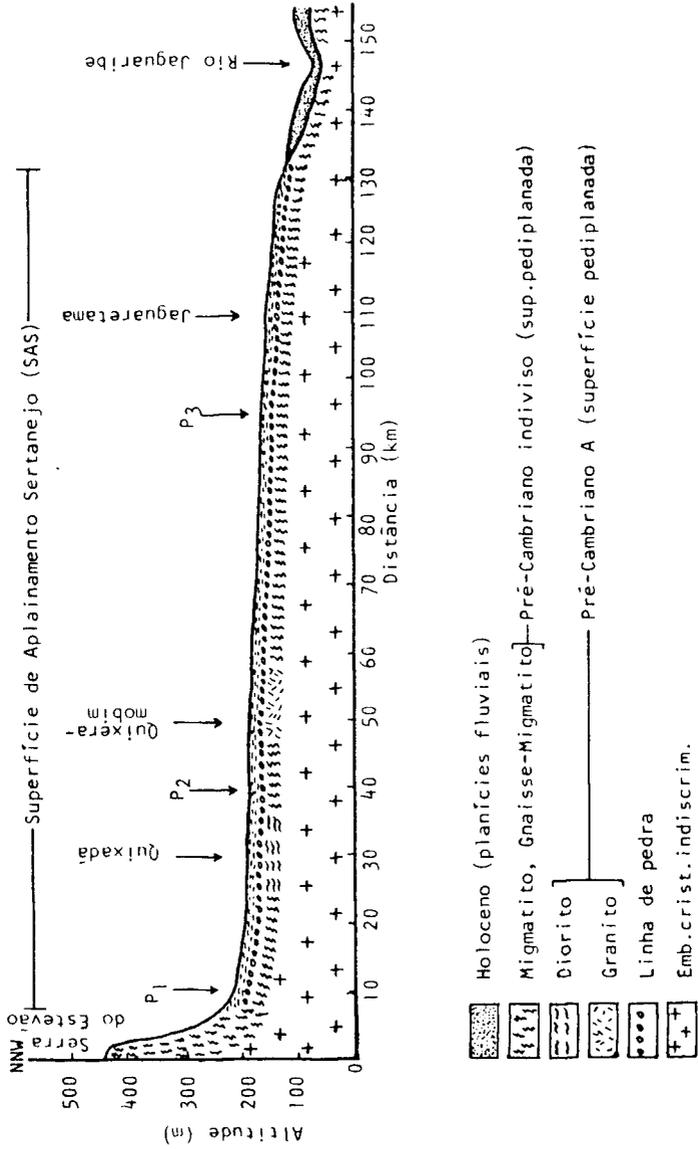


Fig. 2. Perfil geológico-geomorfológico com a localização dos perfis de solos nos Municípios de Quixadá, Quixeramobim e Jaguaratama - Ceará

e o aplainamento é conservado pela semi-aridez atual. O material superficial é constituído por sedimentos de profundidade variável, normalmente arenoso na superfície de franco argilo arenoso nos horizontes inferiores.

Como principal Nível Elevado, destaca-se a Serra do Estevão, onde o rio Chorô tem suas nascentes. Sua altitude é ligeiramente superior a 400m e as feições topográficas não chegam a ser marcadas por grandes irregularidades.

O clima da região enquadra-se no tipo B Sw'h', na classificação de Koppen, isto é, clima quente e semi-árido. A precipitação média anual chega a 803,8mm (1953/62), a temperatura média anual atinge 28,4°C e a evaporação média anual é de 1947,6mm. A vegetação regional é caracterizada pela caatinga hiperxerófitas, apresentando elevado grau de xerofitismo.

MATERIAL E MÉTODOS

Solos

Com o auxílio do Mapa Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará (JACOMINE, 1973), foram selecionadas as manchas de Solonetz Solodizado, localizadas nos municípios de Quixadá, Quixeramobim e Jaguaratama, onde foram escolhidos 3 perfis, designados P1, P2 e P3, respectivamente, para estudo e coleta das amostras (Figura 1). Os solos foram descritos em barrancos recentes, utilizando-se as recomendações contidas no Manual de Método de Trabalho de Campo (LEMON & SANTOS, 1976).

Foram realizadas determinações de análise granulométrica (KILMER & ALEXANDER, 1949) e as seguintes determinações químicas: pH em água e em KCl 1N (VETTORI, 1969); carbono orgânico (VETTORI, 1969); cations trocáveis, Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ e K^+ e $CaCO_3$ segundo RICHARDS (1954). Após a determinação do $CaCO_3$, por ataque clorídrico, foi deduzido o Ca^{++} trocável, obtendo-se

assim, o teor de CaCO_3 . A condutividade elétrica foi obtida no extrato de saturação (RICHARDS, 1954). Não foi feita a determinação de sais solúveis e, portanto, parte do cálcio e do sódio determinados como trocáveis confundem-se com o solúvel.

Nas análises mineralógicas, utilizou-se principalmente as recomendações de JACKSON (1969). Fez-se a dispersão dos solos, que inclui a remoção de sais solúveis, cations divalentes trocáveis, agentes cimentantes, matéria orgânica e óxidos de ferro livres. Após estes tratamentos, adicionou-se solução de carbonato de sódio 2%, agitou-se e separou-se a fração areia em peneira nº 270. Esta foi fracionada, por tamisação, em cinco frações, onde selecionou-se a fração areia muito fina, utilizada para separação de minerais leves e pesados, por meio de bromofórmio ($d = 2,9$). A fração argila foi separada da silte por velocidade diferencial de sedimentação em água. Uma amostra da fração argila foi saturada com K^+ e irradiada por raios-x no intervalo 20 de 2 a 32. Outra amostra foi saturada com Mg^{++} e irradiada no mesmo intervalo. Para análise da fração silte, cerca de 25g foram umedecidos com água e espalhados em lâmina de vidro. O material, seco em estufa a 110°C , foi irradiado no intervalo 20 de 3 a 60. Na fração argila determinou-se vermiculita, montmorilonita, caulinita (ALEXIADES & JACKSON, 1966) e material amorfo (HASHIMOTO & JACKSON, 1960). O alumínio foi determinado colorimetricamente com aluminon e o silício pelo molibdato de amônio (JACKSON, 1970). A análise quantitativa de mica foi feita segundo JACKSON (1970), através do teor de potássio, extraído com ácido fluorídrico.

Amostras indeformadas do horizonte B foram secas e impregnadas com uma mistura de Polylite T208 e monômero de estireno (60:40) e catalizador Refor-Mek (MENDES *et alii*, 1973), para preparo de lâminas para estudo em microscópio, realizado segundo interpretação recomendada por BREWER(1964). A fração cascalho, separada por tamisação, foi impregnada e preparada para estudo petrográfico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A descrição morfológica evidenciou que os perfis estudados são pouco profundos, tendo um horizonte A sub dividido em A1 e A2, com espessura variável entre 17 e 8cm, respectivamente. A coloração é bruno amarelado claro a branco. A textura é sempre areia e a estrutura é fraca, pequena, subangular ou maciça, que se desfaz em grãos simples. A consistência, quando úmida, apresenta-se macia, muito friável, não plástica e ligeiramente pegajoso.

Logo após o horizonte A, observa-se quase sempre uma linha de pedras de 15 a 20cm de espessura, constituída por seixos, calhaus e cascalhos de natureza quartzosa. O horizonte B situa-se logo após a linha de pedras, com espessura entre 55 e 100cm e coloração bruno amarelado escuro e cinzento rosado. A textura é franco arenosa e nota-se, no campo, a presença de material fino, que penetra nas fendas deste horizonte, advindo de horizontes superiores. A cerosidade é moderada a comum; a estrutura é forte, grande e colunar. A drenagem é imperfeita, evidenciada por mosqueados comuns e abundantes, principalmente no topo do B textural (Tabela 1). A consistência é duro e extremamente duro quando seco, e plástica e pegajoso quando molhado. Estes solos têm como material de origem os sedimentos re-trabalhados a partir do Terciário Superior.

A análise granulométrica da areia total (Tabela 1) apresenta uma variação assimétrica, sendo indício de provável descontinuidade litológica, afirmativa confirmada pela linha de pedras encontrada nas descrições morfológicas. A relação areia fina:areia muito fina pode indicar descontinuidades litológicas, muitas vezes não evidenciadas por outros métodos (DEMATTE & HOLOWAYCHUK, 1977). No campo desses solos, esta relação tem mostrado descontinuidades. Resultados semelhantes são obtidos pela relação areia total:silte, que evidenciam também estas descontinuidades. Os teores de argila aumentam com a profundidade do perfil, onde se nota uma diferença textural acentuada entre os horizontes A e B.

Tabela 1. Resumo da granulometria e características morfológicas dos solos

Horizonte	Profundidade (cm)	Granulometria, %										Af/ Amf	Cor úmida	Observações
		Areia					Argila							
		Amg	Ag	Am	Af	Amf	Silte	Argila						
		<u>Perfil 1</u>												
A1	0 - 8	11	17	11	25	19	10	6	0,91	10YR 5/3	np, np; grãos simples			
A2	8 - 25	6	21	15	27	16	6	8	0,71	5YR 8/1	np, np; trans.abrupta camada seixos			
IIBt	40 - 65+	4	10	9	23	18	12	23	0,35	10YR 5/4	colunar, forte; cascalho; cerosidade pouco			
		<u>Perfil 2</u>												
A1	0 - 10	3	7	10	38	26	10	6	0,98	10YR 6/2	np, np; maciça			
Bt1	10 - 20	3	7	5	13	17	6	7	0,58	10YR 4/1	mosqueado 10YR 7/1; prism.forte; cascalho; ceros. pouco			
Bt2	20 - 65+	2	7	6	18	18	13	23	1,10	5YR 6/3	pl,peg.; colunar forte; mosqueado 10YR 4/1; ceros.pouco			
		<u>Perfil 3</u>												
A1	0 - 37	10	13	11	37	20	6	1	0,97	10YR 6/4	np, np; maciço; seixos			
IIBt	37 - 60+	3	8	8	30	23	15	13	0,78	2,5Y 7/2	mosqueado 7,5YR 5/6; colunar, cascalho; ceros.pouco			

np = não plástico; pl = plástico; peg. = pegajoso

Características químicas

Estes solos apresentam elevados teores de cálcio e magnésio. O teor de potássio é relativamente baixo, entre 0,13 e 0,09 emg/100g de solo, porém a concentração de sódio chega ao máximo de 35,8% (IIBt, perfil 1). A soma de cations trocáveis e a capacidade de troca de cations eleva-se com a profundidade do solo (Tabela 2). A saturação de bases quase sempre é superior a 50%, chegando a 100% no Bt do perfil 2. A capacidade de troca catiônica atribuída à argila é elevada, denotando a presença de minerais 2:1 de grande atividade. A saturação com sódio é superior a 15% no horizonte B textural, que associada a estrutura colunar define um horizonte nátrico (SOIL SURVEY STAFF, 1975) ou horizonte B solonético (JACOMINE, 1973). São solos fracamente ácidos nos horizontes superficiais, tendo um pH variando entre 6,2 e 6,0, que aumenta com a profundidade do perfil (Tabela 2).

O teor de matéria orgânica é muito baixo, inclusive nos horizontes superficiais. Estes valores devem-se à pequena contribuição da vegetação local, como fonte de matéria orgânica e ao caráter arenoso dos horizontes superficiais.

A condutividade elétrica eleva-se com a profundidade do solo, chegando a 8,15mmhos.cm, a 25°C (Tabela 2). O equivalente em carbonato de cálcio é bastante elevado nos horizontes inferiores, entretanto, não é suficiente para a caracterização de um horizonte cálcico.

A distribuição de zirconita, hornblenda e rutilo, ao longo do perfil é desordenada, o que confirma uma natureza heterogênea do material de origem. A relação zirconita/hornblenda e a quantidade de minerais pesados demonstram a presença de descontinuidades litológicas em todos os perfis estudados. A presença de quartzo é nitidamente marcante nestas frações (Tabela 3), vindo a seguir os feldspatos potássicos e os plagioclásios. Na fração areia fina, os teores de

Tabela 2. Principais características químicas dos solos

Horizontes	pH		Ca	Mg	K	Na	S	H	CTC	V	Na	M.O. %	C.E. mmhos/ cm 25°C	Equivalente CaCO ₃ %
	H ₂ O	Kcl												
<u>Perfil 1</u>														
A1	6,0	5,8	1,02	0,17	0,13	0,11	1,43	1,36	2,86	50	3,8	0,67	0,90	0,85
A2	6,3	4,7	0,43	0,55	0,09	0,20	1,26	1,34	2,70	47	7,1	0,21	0,50	1,12
IIBt	6,5	5,0	1,47	3,04	0,08	3,25	7,84	1,25	9,10	86	35,7	0,23	8,15	2,98
<u>Perfil 2</u>														
A1	6,2	5,2	5,34	3,04	0,32	0,21	8,91	2,63	11,60	77	2,0	2,26	1,10	0,80
Bt1	5,7	4,1	3,66	3,59	0,13	2,83	10,21	1,56	12,00	85	23,0	0,26	1,60	2,12
Bt2	7,8	6,9	5,17	6,49	0,14	5,56	17,36	0,00	17,36	100	32,0	0,10	7,00	2,87
<u>Perfil 3</u>														
A1	6,0	5,0	0,72	0,42	0,12	0,07	1,33	1,01	2,40	55	2,9	0,62	0,50	0,50
IIBt	5,5	4,0	2,86	3,52	0,13	2,62	9,13	1,64	11,10	82	23,6	0,07	2,20	1,97

$$V = \frac{100 S}{CTC} \quad \% Na = \frac{100 Na}{CTC}$$

Obs.: Os sais solúveis estão computados nos trocáveis

Tabela 3. Minerais pesados e leves das frações areia fina (Af) e areia muito fina (Amf) dos solos

Horizontes	Fração	Minerais(%)		Zirc/ Hornb.	Minerais(%)		Minerais leves %				
		Zirc.	Rut.		Hornb.	Pesados	Leves	mag.	Feldsp. K	Plagio. Micas	Quartzo
<u>Perfil 1</u>											
A1	Af	46	0	34	0,85	98,1	0,9	6,0	3,0	2,3	88,6
	Amf	29	0,5	70	0,41	97,9	0,8	19,5	3,1	11,5	65,9
A2	Af	10	0	90	0,11	99,6	0,1	2,2	2,2	1,1	94,4
	Amf	86	1	13	6,62	99,2	0,3	29,3	1,5	15,8	53,3
IIBt	Af	25	0	75	0,33	99,4	0,2	1,9	0,6	1,3	96,1
	Amf	56	1,3	43	1,29	99,5	0,2	18,4	8,2	20,3	53,1
<u>Perfil 2</u>											
A1	Af	8	0	92	0,09	92,1	3,8	2,5	2,5	2,5	93,8
	Amf	10	0,5	89	0,11	97,0	0,4	15,8	1,7	2,3	80,0
Bt1	Af	10	2	88	0,11	95,4	2,3	6,3	1,6	1,6	90,4
	Amf	14	0,4	85	0,16	98,6	0,6	14,3	2,0	1,7	82,0
Bt2	Af	21	0	79	0,27	94,0	3,0	3,4	2,1	2,8	91,6
	Amf	22	0,4	78	0,27	98,6	0,6	21,2	1,9	3,6	73,2
<u>Perfil 3</u>											
A1	Af	59	3	38	1,55	99,0	0,5	6,5	5,2	1,9	86,3
	Amf	69	0,6	30	2,30	99,2	0,7	37,1	3,3	0,3	59,1
IIBt	Af	37	0	63	0,59	99,0	0,5	7,3	5,5	7,3	79,8
	Amf	17	0,3	83	0,20	98,8	0,5	23,4	2,4	1,4	72,8

feldspatos potássicos e sódicos, variam entre 7 e 2% e na areia muito fina entre 37 e 14%. Os plagioclásios apresentam uma variação menor, enquanto que a variação no teor de micas é mais elevada.

Mineralogia das frações silte e argila

As análises de raios-x da fração silte mostram grande uniformidade em relação à distribuição de minerais. Os plagioclásios foram identificados pelo conjunto de espaçamentos de 3,75, 3,64, 3,12 e 3,28 Å (para o K-feldspato, espaçamento de grande intensidade), 3,12 a 3,23 Å (para os plagioclásios, espaçamento de grande intensidade), 3,17, 3,01, 2,95 e 2,80 Å (Figura 3). O quartzo foi identificado principalmente pelos espaçamentos a 4,26 e a 3,33 Å (de maior intensidade). Além destes minerais, predominantes na fração silte, outros ocorrem em menor quantidade, como a montmorilonita, com espaçamento de segunda ordem a 8,85 Å e a calcita, com espaçamento a 3,03, 2,28 e 1,87 Å. Ainda na amostra, um pico muito largo na região dos 10 Å evidencia a presença de minerais do grupo das micas. Ao contrário da fração areia, na fração silte nota-se a ausência de hornblenda. Por outro lado, a presença de calcita nesta fração indica a ocorrência de pouco intemperismo, (JACKSON, 1969).

Tanto os feldspatos potássicos como os plagioclásios calcosódicos ocorrem em ambas as frações, confirmando assim a maior estabilidade destes minerais, quando comparados com a hornblenda. Tendo em vista a presença de mica em pequena quantidade na fração silte e em apreciável quantidade na fração areia, sugere-se ser esta mica uma moscovita, muito estável nestas condições de intemperismo. O quartzo está presente em ambas as frações em quantidades dominantes. A montmorilonita pode ser considerada como mineral resultante do intemperismo.

De uma maneira geral, os difratogramas de raios-x da fração argila indicam semelhança mineralógica entre os perfis estudados. Os plagioclásios estão presentes

também nesta fração, sendo reconhecidos pelos espaçamentos a 3,75, 3,22 e 3,18 A (Figuras 4 e 5). A caulinita é reconhecida pelos espaçamentos a 7,05 e 3,54 e eliminados a 550°C. O quartzo é um mineral herdado das frações mais grosseiras, mas que também se apresenta nas frações mais finas, identificado pelos espaçamentos a 4,20 (de menor intensidade) e a 3,33 A (de grande intensidade).

A mica foi reconhecida pelo espaçamento a 10,4, 5,0 e 3,3 A, inalterável com os diversos tratamentos (Figuras 4 e 5). O teor de caulinita em todos os perfis estudados é inferior a 40% (Tabela 4), dominando os minerais 2:1, com teores acima de 60%.

Os exames micromorfológicos mostraram que os horizontes superficiais são constituídos de uma estrutura granular, com ausência de plasma, o que foi atribuído ao caráter arenoso destes horizontes. Os vazios são do tipo simples de empacotamento em grande quantidade. Como feições pedológicas, foram observados apenas os minerais primários do tamanho areia e silte e algumas concreções ferruginosas. Os horizontes inferiores possuem plasma mais evoluído, do tipo sêpico e dentre eles, os masêpicos tendendo a bimasêpicos. Tal fato foi atribuído à natureza mineralógica da fração argila, constituída de minerais 2:1. Os vazios são do tipo orto ou meta plano, em quantidade apreciável, apresentando canais, que normalmente possuem cutãs iluviais com orientação forte e contínua. Como feições pedológicas, além de cutãs iluviais, notou-se a presença de pápulas em quantidades apreciáveis, sendo este fato atribuído ao intemperismo local de minerais, como micas e plagioclásios.

Considerações sobre a gênese do Solonetz Solodizado

O material de partida para a origem destes solos é heterogêneo, formado por rochas ricas em minerais ferro-magnesianos, micas e plagioclásios. Durante o Terciário Superior houve a formação da Superfície de

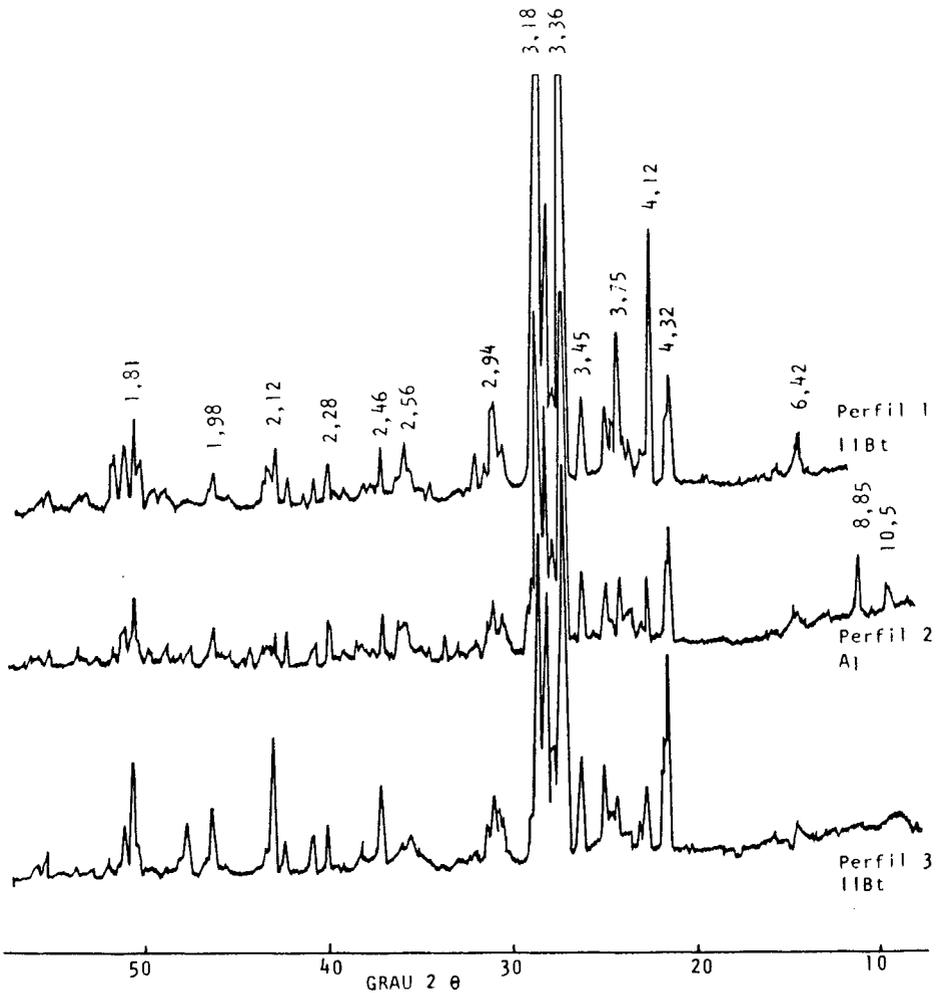


Fig. 3. Difratoograma da fração silte (0,02-0,002mm) de horizontes dos perfis P1, P2 e P3 (espaçamentos em \AA)

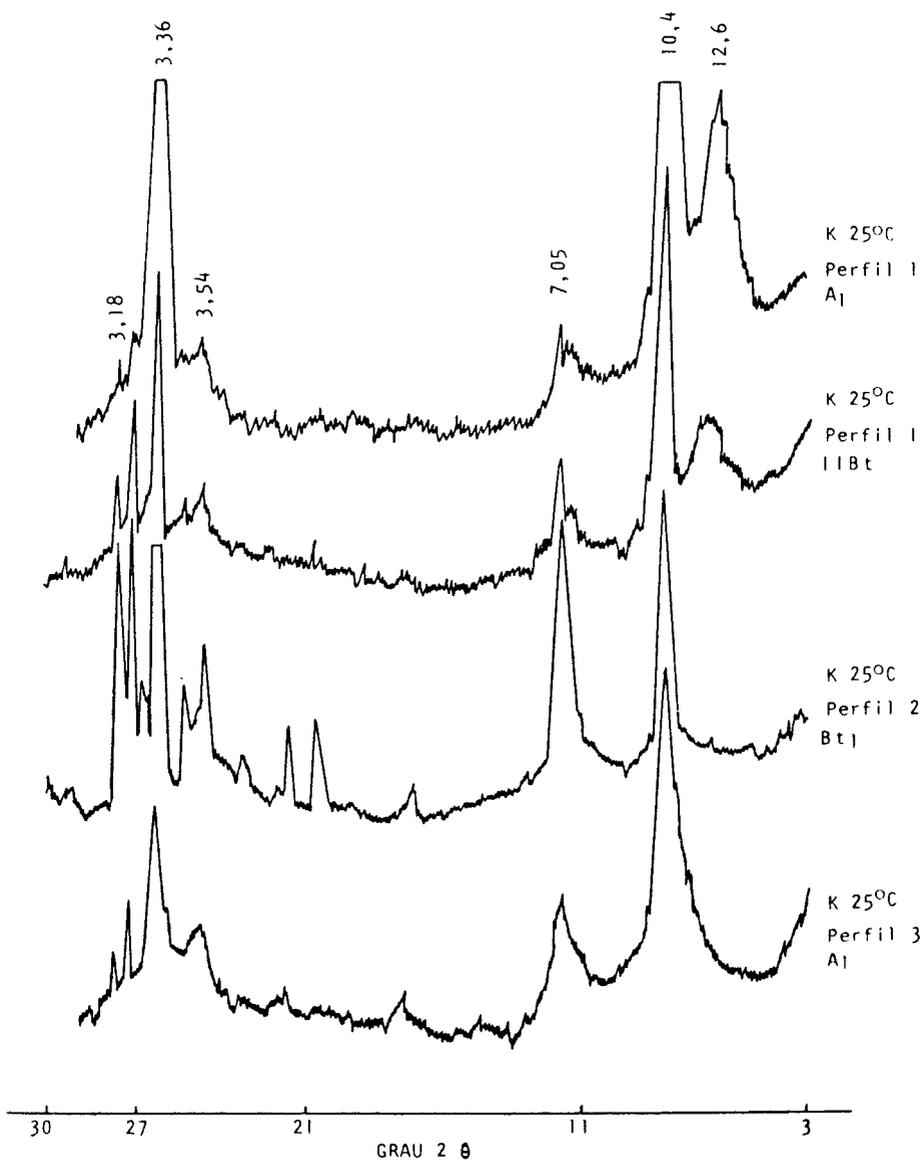


Fig. 4. Difratoqramas da fração argila (<math><2\mu</math>) de horizontes dos perfis P1, P2 e P3 (espaçamentos em Å)

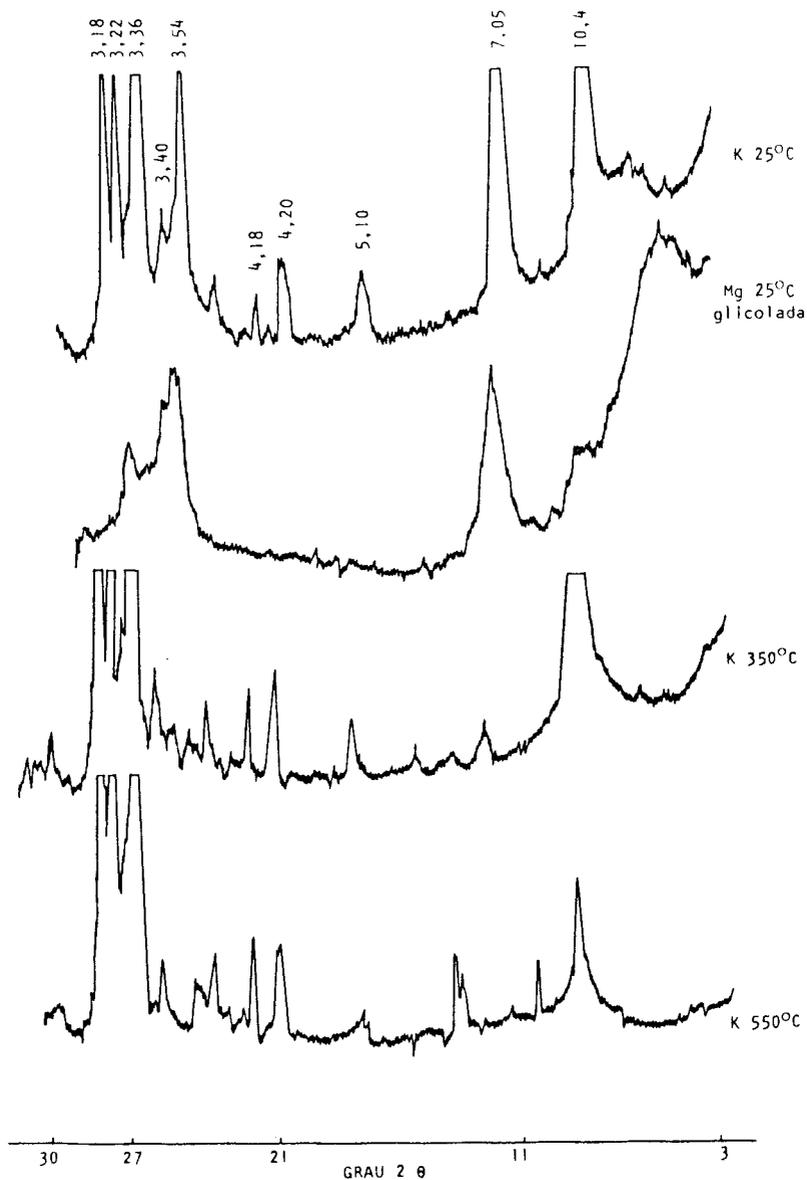


Fig. 5. Difratomogramas da fração argila (<2μ) do horizonte Bt2, do perfil P2

Aplainamento Sertaneja, que durou até o final do Pleistoceno Inferior. No decorrer deste tempo houve o início da formação do solo. A riqueza de minerais facilmente intemperizáveis no horizonte B, tanto na fração areia (hornblenda e plagioclásios), como na fração silte (calcita) e mesmo na fração argila (plagioclásios), indica que o clima anterior ao atual deve ter sido também árido, pois, caso contrário, tais minerais não ocorreriam em elevada quantidade. Como as condições climáticas eram áridas, os produtos do intemperismo, principalmente as bases, a sílica, a alumina e o sódio, permaneceram no sistema, propiciando a formação de minerais 2:1, tanto a montmorilonita como a vermiculita (KITTRICK, 1969; MELFI & PEDRO, 1977). A presença destes minerais expansivos, aliada à saturação com sódio, facilita a lessivagem (BUOL *et alii*, 1973). As argilas, principalmente montmorilonitas carregadas com sódio, intumescem-se quando úmidas, favorecendo a redução da porosidade, causando, com isto, uma condição de baixa permeabilidade neste horizonte.

Novos ciclos erosivos ocorreram na região, ocasionando remoção parcial ou total do solo e nova deposição, aparecendo assim linha de pedras e novos sedimentos sobre o horizonte B ou sobre o que restou do material formado anteriormente. Os dados analíticos aqui discutidos, principalmente os granulométricos e os químicos, indicam esta heterogeneidade de material. A natureza deste material sedimentar é semelhante ao material do horizonte B, por ser da mesma fonte, haja visto possuir a mesma assembléia de minerais. Sobre este conjunto de material, o processo pedológico continua se desenvolvendo em um ambiente climaticamente mais agressivo, porém não suficientemente forte para a ação de uma hidrólise total, o que levaria o solo a um processo de alitização (PEDRO, 1964). O processo de hidrólise é ainda parcial e a dessilicificação do meio é incompleta, haja visto a formação de caulinita. A eliminação dos cations é ainda parcial, devido às condições climáticas semi-áridas e também à drenagem impedida. Atualmente a drenagem imperfeita tem um papel fundamental na

redução deste intemperismo. A presença de mica no solo leva a conclusão de que ela é herdada do material de origem. A presença de caulinita reflete uma ação climática pouco mais agressiva do que as reinantes anteriormente, porém ainda pequena, haja visto a presença de plagioclásios na fração argila, cujos picos aumentam de intensidade, do horizonte superficial em direção ao horizonte Bt (Figura 4). A caulinita pode ter sido originada através da dessilicatização da montmorilonita (JACKSON, 1965).

A liberação de bases dos minerais primários, principalmente cálcio, magnésio e sódio, através do intemperismo e sua não remoção total do sistema, devido às condições climáticas reinantes e à drenagem impedida, fazem com que teores dessas bases, principalmente sódio, sejam extremamente elevados, aumentando assim a condutividade elétrica, causando sérios problemas ao uso agrícola deste solo. Devido a tais condições, a migração da argila é, por um lado, favorecida pela dispersão provocada pelo sódio, mas por outro lado, é atenuada pelas condições de drenagem. Em outras palavras, o horizonte argílico que se forma neste solo não apresenta grande quantidade de cutãs iluviais, como visto nas lâminas de seções delgadas. Por outro lado, o teor de sódio no complexo de troca é muito elevado, acima de 15% no horizonte B, que recebe a designação especial de horizonte nâtrico (SOIL SURVEY STAFF, 1975) ou de horizonte A solonético (JACOMINE, 1973). Exames da seção delgada indicam uma estrutura plâsmica bimassépica do horizonte B, característica esta associada à mineralogia 2:1 (BREWER, 1964).

Apesar deste solo ter condições para a estabilização de grande quantidade de matéria orgânica, devido principalmente à presença de ions polivalentes, o epipedon que se forma é o ócrico, fato devido à pequena contribuição da vegetação atual no teor de matéria orgânica do solo. Considerando-se que a temperatura média anual do solo na região, a 50cm de profundidade, é maior do que 22°C e que a temperatura média do solo no

verão difere da do inverno por menos de 5°C, estes solos são enquadrados como possuidores de um regime térmico do tipo isohipertérmico. Consequentemente, ao nível de família, estes solos seriam classificados como Typic Natrustalf, franco argilo arenoso, isohipertérmico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXIADES, C.A. & JACKSON, M.L. Quantitative clay mineralogical analysis of soil and sediments. *Annual Proceedings/Clay Minerals Society*, Lawrence, 14:35-52, 1966.
- BREWER, R. *Fabric and mineral analysis of soils*. New York, John Wiley, 1964. 470p.
- BUOL, S.W.; HOLE, F.D.; McCracken, R.J. *Soil genesis and classification*. Ames, Iowa State University Press, 1973. 360p.
- DEMATTÊ, J.L.I. & HOLOWAYCHUC, N. Solos da região de São Paulo. I. Propriedades granulométricas e químicas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 1:92-8, 1977.
- HASHIMOTO, I. & JACKSON, M.L. Rapid dissolution of allophane and kaolinite-halloysite after desydration. *Annual Proceedings/Clay Minerals Society*, Lawrence, 7:102-13, 1960.
- JACOMINE, P.K.T., coord. Levantamento exploratório: re conhecimento dos solos do estado do Ceará. *Boletim Técnico* 2, 1973, 301p. (Série pedológica 16).
- JACKSON, M.L. *Análisis químico de suelos*. Barcelona, Omega, 1970. 662p.
- JACKSON, M.L. Clay transformation in soil genesis during the quaternary. *Soil Science*, New Jersey, 99: 15-22, 1965.
- JACKSON, M.L. *Soil chemical analysis advanced course*. Madison, s.ed., 1969. 895p.

- KILMER, V.J. & ALEXANDER, L.T. Method of making mechanical analysis of soils. *Soil Science*, New Jersey, 68(1):15-26, 1949.
- KITRICK, J.A. Soil minerals in the $Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O$ system and a theory of their formation. *Clays and Clay Minerals*, Lawrence, 17:157-67, 1969.
- LEMOES, R.C. & SANTOS, R.D. *Manual de método de trabalho do campo*. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. 36p.
- MELFI, J.A. & PEDRO, G. Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, 7:271-86, 1977.
- MENDES, A.C.T.; FALCI, S.C.; DEMATTÊ, J.L.I. Secções delgadas de solos: método de impregnação. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, 30:35-48, 1973.
- MILLER, F. Physical chemical and mineralogical properties related to the micromorphology of the confield sultloam a fragindalf. Ohio, 1965. s.p. (PhD - Ohio State University).
- PEDRO, G. Principes geochimiques de la pédogenese: incidences mineralogiques. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 8., Bucarest, 1964. p.1087-94.
- PROJETO RADAMBRASIL. *Carta geológica do Brasil ao milionésico*. Folhas Jaguaribe (SB-24) e Fortaleza (SA-24). Rio de Janeiro, Ministério das Minas e Energia, 1974. 95p. (Levantamento de recursos naturais, MME/DNPM).
- PROJETO RADAMBRASIL. *Geomorfologia das folhas SA 23, São Luís e SA 24, Fortaleza*. Rio de Janeiro, Ministério das Minas e Energia, 1973. 95p. (Levantamento de recursos naturais, MME/DNPM).
- RICHARDS, L.A. *Diagnosis and improvement of saline and alkaline soil*. Washington, USDA, 1954. 245p.

SOIL SURVEY STAFF. *Soil taxonomy, a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. Washington, USDA, 1975. 754p.

SOUZA, M.J.N. *Geomorfologia do Vale do Chorão*. São Paulo, Instituto Geográfico, 1975. 212p. (Teses e Monografias, 17).

VETTORI, L. *Métodos de análises de solos*. Brasília, Instituto de Química e Agricultura Mineral, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).

Entregue para publicação em: 27/03/89

Aprovado para publicação em: 27/12/89