

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

ELDER GURGEL SOUZA MOREIRA

Orientador: JOSÉ LUIZ IORIATTI DEMATTÊ

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do Título de Doutor em Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Janeiro, 1979

*Ao Daniel, André, Eldiana e
Elder Filho.*

DEDIDO

A G R A D E C I M E N T O S

O autor expressa sinceros agradecimentos às seguintes pessoas e instituições:

Ao Professor Dr. José Luiz Ioriatti Demattê, pela correta e objetiva orientação prestada.

Ao Professor Dr. Arary Marconi, pelo auxílio dado na identificação microscópica das espécies minerais.

Ao Professor Dr. Antonio Carlos Teixeira Mendes, pelo cedido do Laboratório de Mineralogia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

Ao Professor Marcos José Nogueira de Souza, do Departamento de Geociências da Universidade Federal do Ceará pelas sugestões e orientação geomorfológica e geológica concedidas.

Ao Professor Adilson Carvalho do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo pela cessão do aparelho de Raio-X.

À Sra. Argentina Moreira de Menezes, pelo constante incentivo e irrestrito estímulo para realização desta pesquisa.

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" pelos ensinamentos ministrados.

À Coordenação do "Programa de Educação Agrícola Superior" do Ministério da Educação e Cultura, pelos recursos financeiros concedidos; e ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade oferecida para elaboração desta tese.

ÍNDICE

	<u>Página</u>
1 - RESUMO	1
2 - INTRODUÇÃO	3
3 - REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1 - Características gerais e taxonomia dos Solonetz	6
4 - CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO	13
4.1 - Localização da área	13
4.2 - Geologia regional	15
4.3 - Geomorfologia	15
4.4 - Rede de drenagem	19
4.5 - Subdomínios ecológicos	19
4.6 - Clima	20
4.7 - Vegetação	21
5 - MATERIAL E MÉTODOS	23
5.1 - Material	23
5.1.1 - Solos	23
5.2 - Métodos	25
5.2.1 - Preparação de amostras	25
5.2.2 - Análises físicas	25
5.2.3 - Análises químicas	26
5.2.4 - Análises mineralógicas	27
5.2.5 - Análises micromorfológicas	31
6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
6.1 - Características morfológicas	32
6.2 - Características físicas	34

	<u>Página</u>
6.3 - Características químicas	37
6.4 - Características mineralógicas	41
6.4.1 - Fração areia fina e areia muito fina	41
6.4.2 - Mineralogia das frações silte e argila	47
6.5 - Micromorfologia	60
6.6 - Considerações a respeito da gênese do Solonetz Solo dizado	62
6.7 - Classificação de solos	65
7 - CONCLUSÕES	67
8 - SUMMARY	69
9 - LITERATURA CITADA	71
10 - APÊNDICE	77

LISTA DE TABELAS

		<u>Página</u>
Tabela 1	Percentual da fração areia e relação areia fina/areia muito fina dos Perfis 1, 2 e 3	35
Tabela 2	Características granulométricas, densidade de partículas, umidade a 1/3 e 15 atm. e, classe textural dos Perfis 1, 2 e 3	36
Tabela 3	Complexo sortivo dos Perfis 1, 2 e 3	38
Tabela 4	pH, carbono orgânico, fósforo trocável, condutividade elétrica e equivalente em CaCO ₃ dos Perfis 1, 2 e 3	40
Tabela 5	Frequência, relação de minerais pesados, índices e percentuais de minerais pesados, leves e magnéticos na fração areia fina dos Perfis 1, 2 e 3 ..	42
Tabela 6	Frequência, relação de minerais pesados, índices e percentuais de minerais pesados, leves e magnéticos na fração areia muito fina dos Perfis 1, 2 e 3	44
Tabela 7	Identificação petrográfica da fração leve, das areias fina (0,25 - 0,10mm) e muito fina (0,10 - 0,05mm) dos Perfis 1, 2 e 3	46
Tabela 8	Análise mineralógica (%) da fração argila (<2 μ), nos Perfis 1, 2 e 3	61

LISTA DE FIGURAS

	<u>Página</u>
Figura 1	Localização dos municípios em relação ao Estado do Ceará 14
Figura 2	Perfil geológico com a localização dos perfis de solos nos municípios de Quixadá, Quixeramobim e Jaguaratama-Ceará 16
Figura 3	Precipitação média anual (1953-1962) nos municípios de Quixadá e Quixeramobim-Ceará 22
Figura 4	Precipitação média anual (1953-1962) no município de Jaguaratama-Ceará 22
Figura 5	Localização das áreas onde foram coletados os perfis 1, 2 e 3 24
Figura 6	Difratograma da fração silte (0,02-0,002mm) do horizonte IIB _{21t} do perfil 1 48
Figura 7	Difratograma da fração silte (0,02-0,002mm) do horizonte A ₁ do perfil 2 49
Figura 8	Difratograma da fração silte (0,02-0,002mm) do horizonte B _{1t} do perfil 3 50
Figura 9	Difratogramas da fração argila (<2 μ) dos horizontes A ₁ , A ₂ e IIB _{21t} do perfil 1 52
Figura 10	Difratogramas da fração argila (<2 μ) do horizonte A ₂ do perfil 1 53

Figura 11	Difratogramas da fração argila ($<2\mu$) do horizonte IIB _{21t} do perfil 1	54
Figura 12	Difratogramas da fração argila ($<2\mu$) dos horizontes A ₁ , B _{1t} e B _{2t} do perfil 2	55
Figura 13	Difratogramas da fração argila ($<2\mu$) do horizonte B _{2t} do perfil 2	56
Figura 14	Difratogramas da fração argila ($<2\mu$) do horizonte B _{1t} do perfil 2	57
Figura 15	Difratogramas da fração argila ($<2\mu$) do horizonte A ₁ do perfil 3	58
Figura 16	- Difratogramas da fração argila ($<2\mu$) do horizonte IIB _{1t} do perfil 3	59

1 - RESUMO

Na região do Sertão Central e do Médio Jaguaribe, no Estado do Ceará, foram estudados três perfis de Solonetz Solodizado. Este estudo tem como principal objetivo fornecer algumas informações sobre a caracterização morfológica, micromorfológica, física, química e mineralógica destes solos.

Os resultados analíticos indicam que, são solos pouco intemperizados, devido a dominância de argilo minerais 2:1. São arenosos superficialmente, com predominância de areia fina, e no horizonte B, possui uma textura franco argilo arenoso.

Morfologicamente, destacam-se por possuírem uma estrutura colunar, drenagem imperfeita e descontinuidade litológica.

Apresentam um elevado potencial químico, sendo bastante elevados os percentuais em cálcio, magnésio e sódio trocável. A saturação de bases (V%), quase sempre é superior a 50%. São fracamente ácidos nos horizontes superficiais e alcalinos a neutros nos horizontes mais profundos.

A variação assimétrica dos minerais zirconita e hornblenda, a distribuição irregular das frações granulométricas, e a presença da linha de pedra nesses solos, lhes conferem a frequência de descontinuidades litológicas.

A identificação petrográfica da fração leve das areias fina e muito fina, indica uma elevada concentração de plagioclásios calcosódicos e micas, tendo desta maneira um grande potencial mineral a decompor-se.

Pelos resultados analíticos apresentados neste trabalho, conclui-se que estes solos tenham sido formados em ambientes distintos sendo desta forma, de natureza poligenética. O ambiente anterior foi mais seco do que o atual.

Foi sugerida a seguinte sequência de intemperismo: FEDS PATO → ILITA → MONTMORILONITA → CAULINITA.

Os três perfis foram classificados ao nível de família:

- Perfil 1, 2 e 3 - "Typic Natrustalf", franco argilo arenoso, montmorilonítico isohipertérmico.

Estes solos, são classificados na Legenda da Divisão de Pesquisa Pedológica-MA., como: Solonetz Solodizado A fraco textura arenosa/média, fase caatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado.

2 - INTRODUÇÃO

Na região do Sertão Central e do Médio Jaguaribe no Estado do Ceará, existem extensas áreas de solos classificados como Solonetz Solodizados ou solos associados a estes, com processos semelhantes de gênese (JACOMINE et alii, 1973). A área de ocorrência destes solos e associados é bastante significativa, atingindo a 12.194,5 km², representando desta maneira 8,0% em relação a área total do estado.

Referidos solos, vêm sendo utilizados há muitos anos com pecuária, em um sistema de manejo ainda muito primitivo. Entretanto, por se tratarem de áreas importantes do ponto de vista agropecuário para o Estado, pouco se tem executado em relação à pesquisa de uma maneira geral nestes solos. Particularmente no que se refere a sua caracterização física, química e principalmente mineralógica nada se tem realizado.

Devido principalmente a este fato, houve a motivação para elaborar-se este trabalho, pretendendo-se atingir os seguintes objetivos:

- Caracterização morfológica, física e química de solos.
- Estudar e caracterizar através da difração de raios X, e microscopia ótica as frações areia, silte e argila, com a finalidade de conhecer a sua gênese e o seu potencial químico.
- Estudar a micromorfologia de alguns horizontes, com a finalidade de se conhecer a matriz do solo, a estrutura do plasma e as relações entre tais propriedades e sua gênese.

Vale ressaltar que, para execução desta pesquisa tomou-se como base o Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará, realizado em 1973 pela Divisão de Pesquisa Pedológica do Ministério da Agricultura.

3 - REVISÃO DE LITERATURA

Na região do Sertão Central e do Médio Jaguaribe do Estado do Ceará, foram elaborados poucos trabalhos sobre os solos Solonetz e suas Associações de uma maneira geral. Há uma inexistência de dados mineralógicos e micromofológicos da área em estudo. Todavia, solos semelhantes aqueles localizados na área têm sido estudados em vários locais no Brasil e no exterior.

A incidência com frequência de Solonetz Solodizado em todos os estados do Nordeste Brasileiro, é um fato comprovado nos levantamentos de solos, realizados pela antiga Divisão de Pesquisa Pedológica do Ministério da Agricultura.

3.1 - Características gerais e taxonomia dos Solonetz

Segundo o Sistema Clássico de Classificação de Baldwin-Kellogg e Thorp 1949, citado por MARQUES (1971), descreve os Solonetz como solos salinos que possuem horizonte subsuperficial de acumulação de argila, com altas percentagens de sódio e magnésio trocáveis. São ligeiramente ácidos na superfície e alcalinos a neutros nos horizontes inferiores. Apresentam um horizonte superficial friável, que se assenta num horizonte duro, escuro, em geral com estrutura colunar ou prismática.

Na classificação de THORP e SMITH (1949), o Grande Grupo Solonetz pertence à Ordem Intrazonal e Subordem dos solos Halomórficos (Salinos e Alcalinos).

KUBIENA (1952), descreve o Solonetz (nome popular russo) como sendo um solo formado a partir de Solonchak, fracamente alcalino ou neutro, na qual ocorrem lavagens consideráveis de sais até completa lixiviação, ocasionado pelo abaixamento do lençol freático. O horizonte A, apresenta-se as vezes subdividido em vários subhorizontes. O subsolo é compacto quando esta seco, mostrando quase sempre um horizonte de estrutura colunar típico.

O horizonte glei situado abaixo do A/Bh pode já conter quantidades consideráveis de sais lixiviados. A saturação de substâncias peptizáveis com o íon sódio, ocasiona uma forte dispersão da argila e do humus. Em troca do íon sódio adsorvido pelo íon cálcio, se forma o carbonato de sódio.

JANSEN e MOSS (1956), consideram que altos teores de manganês encontrado no Solonetz não causam problemas, mas são decorrentes dos resultados dos processos de formação do solo, durante a solodização.

HARRIS (1958), considera que o Solonetz é formado como um resultado do movimento descendente de argila migratória dos horizontes superiores, ocupando os poros, para formar uma estrutura densa e dura. Afirma ainda que, debaixo das condições sódicas, a argila intumesce quando úmida e causa pressões para reorientação na direção de menor resistência, por conseguinte, favorecendo a redução da porosidade.

BUEHRER et alii (1958), relatam que os Solonetz Solodizados com elevados teores de montmorilonita, geralmente mostram ter características estruturais pobres. Eles sugeriram que, deve haver um ótimo conteúdo de montmorilonita para estabilidade dos agregados.

MOHR e VAN BAREN (1959), estudando os solos alcalinos, verificaram que o cloreto de sódio, sulfato de sódio ou o carbonato de sódio são responsáveis por distintas características destes solos. Descreveram que, quando há predominância de cloretos e/ou sulfatos, os solos são geralmente classificados como Solonchak; quando o carbonato é excessivo, os solos são agrupados como alcalino preto ou Solonetz. Apresentam os horizontes superficiais ligeiramente arenosos. Supõem que haja uma lixiviação de silicatos de sódio-alumínio não sendo muito claro, pois estes silicatos podem ser produtos secundários do intemperismo ou serem silicatos primários pertencentes aos membros dos plagioclásios, ricos em albita.

MARTIN e RICHARDS (1959), sugerem que o sódio pode ser o responsável pela estrutura indesejável do Solonetz, até mesmo se está presente em quantidades muito pequena para a sua classificação. Os autores descrevem que apenas 5% de sódio trocável pode reduzir a condutividade hidráulica do solo.

Segundo o SOIL SURVEY STAFF (1975), o Solonetz Solodizado tem como mais frequente, o horizonte diagnóstico de subsuperfície nátrico. Este apresenta uma estrutura prismática, ou mais comumente, colunar, ou raramente estrutura em blocos com partes de um horizonte álbico penetrando mais de 2,5 cm. Em alguns subhorizontes, apresenta mais do que 15% de saturação com sódio trocável. Se um horizonte subjacente "C" tenha em alguma parte, mais que 15% de sódio, o horizonte nátrico pode ter mais $Mg^{++} + Na^+$ do que $Ca^{++} + H^+$ em algum subhorizonte.

FEHRENBACHER et alii (1963), estudando os Solonetz de Illinois, derivados de loess, verificaram que eles estão associados aos Planossolos bem desenvolvidos da região. Os horizontes superficiais são claros e o horizonte B possui uma estrutura colunar-prismática contendo concreções de carbonato de cálcio, que raramente se distribui por outros horizontes. O horizonte B tem $pH > 7,5$ e sódio trocável de 4 a 5 mE/100g. O teor de sódio trocável decresce logo após o horizonte B, indicando desta maneira que o material de origem não seja o responsável por esta elevação.

WILDING et alii (1963), citam como principal fonte de sódio trocável dos Solonetz de Illinois, o intemperismo "in situ" dos feldspatos ricos em sódio, existentes no material de origem (loess). Membros das séries albita (normalmente albita e plagioclásio) e da microclina rica em sódio, anortoclásio, agregam 70 a 80% dos minerais de sódio com tamanho equivalente ao do silte.

HORN et alii (1964), descrevem que os Solonetz de Arkansas, desenvolvidos de loess, estão classificados em três grupos gerais:

- (1) Solos com menos de 25 cm de profundidade para o horizonte sódico;

- (2) Solos com horizontes superficiais ácidos e moderadamente profundos com 64 cm para o horizonte sódico;
- (3) Solos com horizontes sódicos e ácidos.

Estes horizontes sódicos contêm altas percentagens de sódio trocáveis (15 a 40% ou mais) e magnésio (40 a 50% ou mais). A condutividade elétrica nestes solos é superior a 5 mmhos/cm. A principal característica morfológica destes horizontes é apresentarem estruturas prismáticas ou colunares.

Segundo THOMPSON (1965), BUCKMAN e BRADY (1968), quando uma alta concentração de sódio trocável torna-se associada aos coloides do solo, forma-se um novo tipo de solo, recebendo a denominação de solos alcalinos ou Solonetz. O pH desses solos é superior a 8,5 devido ao teor de sódio adsorvido ao complexo coloidal e a presença de carbonato de sódio. A percentagem de bases trocáveis é superior a 15% em sódio. A cor escura da superfície que se observa, é devido a matéria orgânica dissolvida. Essa coloração confere a êsses solos a designação de "Alkali Negro". O processo de formação dos Solonetz é aproximadamente denominado de solodização.

CAMARGO e BENNEMA (1966), no delineamento esquemático dos solos brasileiros agruparam o Solonetz como pertencente a uma classe de solos que apresenta um horizonte subsuperficial de acumulação de argila, com elevados percentuais de sódio e de magnésio trocáveis. São em geral ligeiramente ácidos na superfície e alcalinos a neutros na parte inferior do perfil.

KLAGES (1966), cita que o Solonetz Solodizado é caracterizado por possuir uma estrutura indesejável no horizonte B. O mesmo autor, afirma que, os solos tipicamente Solonetz Solodizados nem sempre apresentam alto teor em sódio, podendo ter em vez disto, um elevado teor de magnésio. Os níveis de sódio, cálcio e magnésio trocável encontrados chegam a 8,4, 41,5 e 46,6%, respectivamente. Afirma que os teores de sódio e magnésio são particularmente responsáveis pela baixa agregação e permeabilidade do horizonte B. O elevado grau de expansão das argilas é o fator da baixa permeabilidade dos horizontes subsuperficiais. Neste solo, o autor encontra um elevado teor de argila e silte, tendo em média 42,8 e 32,6%, respectivamente.

KLAGES e SOUTHARD (1968), estudando a intemperização dos solos solódicos (Paleargid), citam que na difração de raios X, a montmorilonita está quase ausente no horizonte A e apresenta-se altamente estratificada com a mica e um componente de 14 Å que eles não conseguiram identificar.

KLAGES (1968), McNEAL (1964); SCHMEHL e JACKSON (1956); ratificam que argilo minerais com alto grau de estratificação, têm sido denotados em solos de clima semi-áridos, sobre extensas áreas dos Estados Unidos e Canadá.

SMITH e BUOL (1968), estudando a gênese dos horizontes argílicos em regiões áridas e semi-áridas em Illinois, concluíram que a formação da argila "in situ" não era a única responsável pela formação desses horizontes, mas provavelmente ambas argilas formadas "in situ" e enriquecidas pela iluviação de argilas finas ($< 0,2 \mu$) advindas dos horizontes superficiais.

KLAGES (1969), classifica um Solonetz Solodizado em Montana, como Natrargid e descreve como argilo minerais dominantes nestes solos, a mica e a montmorilonita. Os minerais dioctaedral e trioctaedral estão presentes em ambos horizontes A e C, com predominância do dioctaedral. A montmorilonita apresenta um pico difratométrico pouco cristalizado no horizonte A, e bem característico no horizonte B; denotando uma acumulação deste argilo mineral, neste horizonte subsuperficial.

MELO (1972), classifica os solos da área em estudo como solos com horizonte B solonético, mal drenados, com descontinuidade litológica e sequência de horizontes A, B e C. O horizonte superficial A, é arenoso e por vezes adentra-se no horizonte B, a qual possui uma estrutura colunar. A penetração do horizonte A no horizonte B, acontece na época de estiagem quando há contração do horizonte B, formando fendas e conseqüente adentramento do horizonte A.

O mesmo autor relata que, o horizonte B é praticamente impermeável no início das primeiras chuvas, pois absorve água, intumescce e provoca conseqüentemente o encharcamento do solo. O horizonte C geralmente é o gnaisse intemperizado e notifica-se a presença de cristais de feldspatos resistentes ao intemperismo.

LIMA e MOREIRA (1973), estudando a Unidade Cardeiro, classificam referido solo como um Arenic Haplargids e evidenciam uma descontinuidade litológica entre os horizontes A e B. Denotam também, um transporte vertical de areias do horizonte A_2 entre as estruturas colunares do Horizonte B_{2t} . Este horizonte é tipicamente iluvial, embora sua textura seja franco argilo arenosa com cascalho.

JACOMINE et alii (1973), descrevem os Solonetz Solodizados do Estado do Ceará, como sendo solos rasos a moderadamente profundos, bem diferenciados, possuindo sequência de horizontes A, B_t e C, com

profundidade do A + B_t entre 20 e 100 cm. São imperfeitamente ou mal drenados, com permeabilidade lenta no subsolo, muito susceptíveis a erosão e com reação moderadamente ácida a praticamente neutra no horizonte A e praticamente neutro a alcalino nos horizontes B_t e C. Apresentam também, altos valores para a soma de bases trocáveis (S), saturação de bases (V%) e saturação com sódio trocável ($100 \text{ Na}^+/\text{T}$), principalmente no horizonte C. A textura é normalmente arenosa no horizonte A e média ou argilosa no B_t. As análises mineralógicas da fração areia, revelam ser o quartzo o mineral dominante (75% a 95%). Os feldspatos semi-intemperizados variam de 4% a 17%. A medida que se aprofunda o perfil, a percentagem de quartzo decresce e a de feldspato aumenta. Foram observados traços de hornblenda e biotita intemperizada, e na fração cascalho do horizonte II B₂₁, foi encontrado apenas dois cristais de rutilo.

MONIZ et alii (1976), estudando o Solonetz Solodizado do pantanal de Porto-Murtinho-MT, verificaram que o teor de montmorilonita aumenta com a profundidade do perfil (17% a 33%). Justificam que essa elevação é devida a eluviação de argila do horizonte A, que ao se acumular no horizonte B, forma um horizonte adensado dificultando a drenagem do perfil e possibilitando a retenção de cátions bivalentes, favorecendo desta maneira a formação de montmorilonita.

4 - CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

4.1 - Localização da área

A área em estudo compreende os municípios de Quixadá, Quixeramobim e Jaguaretama, situando-se na porção central do Estado do Ceará, conforme ilustra a Figura 1. Segundo a Fundação IBGE (1959), as sedes municipais apresentam as seguintes coordenadas geográficas:

Quixadá: $4^{\circ} 58'$ de Latitude Sul e $39^{\circ} 01'09''$ de Longitude Oeste. Gr.

Quixeramobim: $5^{\circ} 11'57''$ de Latitude Sul e $39^{\circ} 18'27''$ de Longitude Oeste. Gr.

Jaguaretama: $5^{\circ} 36'52''$ de Latitude Sul e $38^{\circ} 46'17''$ de Longitude Oeste. Gr.

Na microrregião homogênea nº 13 localizam-se os municípios de Quixadá e Quixeramobim; e na microrregião nº 15 situa-se o município de Jaguaretama (IBGE, 1968).

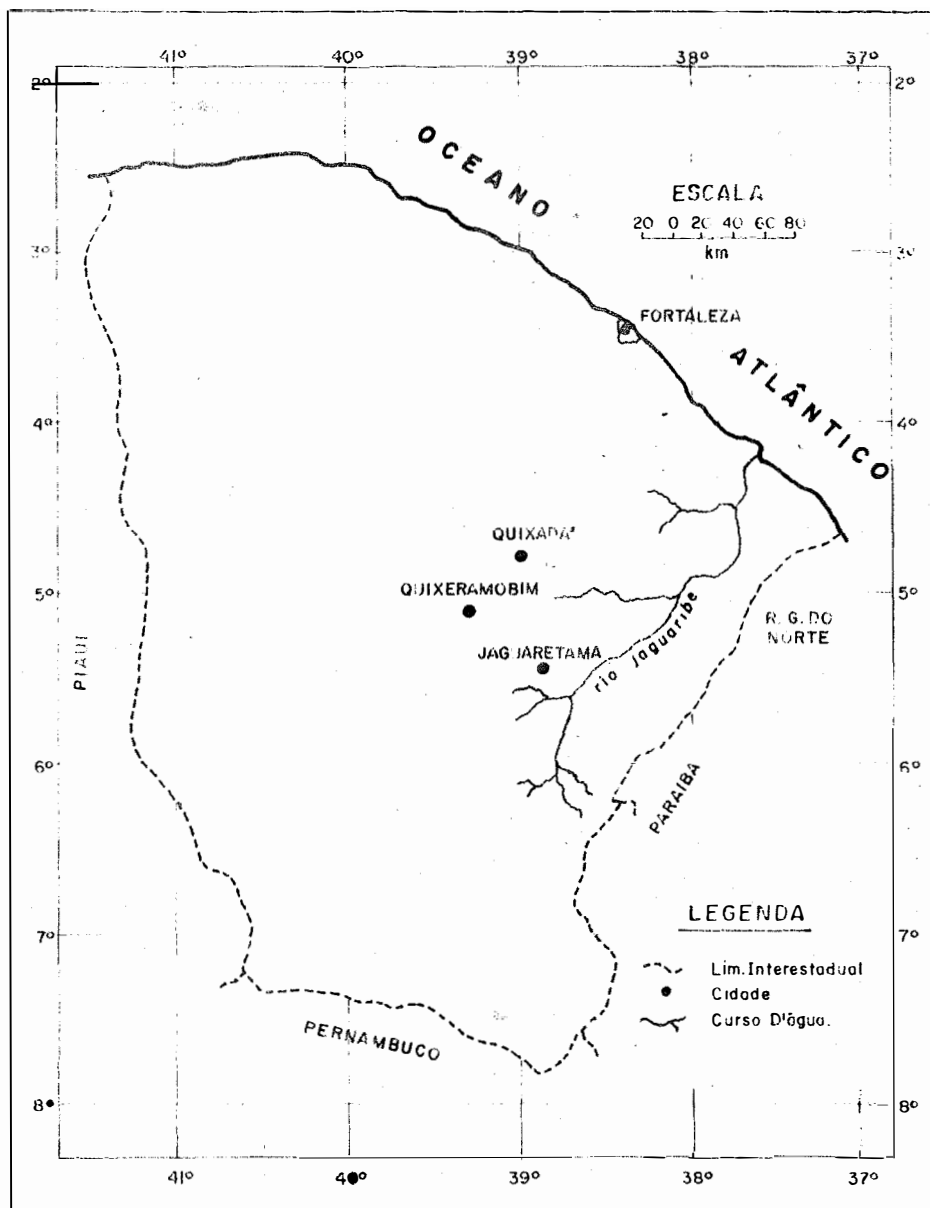


FIG. 1 - LOCALIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS EM RELAÇÃO AO ESTADO DO CEARÁ

4.2 - Geologia regional

De acordo com DANTAS et alii (1974), a área de Quixadá e Quixeramobim pertence ao período Pré-Cambriano A e ao Grupo Ceará. Litologicamente o Grupo Ceará acha-se constituído de filitos, sericitaxistos, xistos e com as micas: biotitaxisto granatíferos e biotita gnaisses, incluindo quartzitos e leptinitos. Os mesmos autores, relatam que, a região de Jaguaratama pertence ao Pré-Cambriano Indiviso e ao Grupo complexos Gnaiss-Migmatítico e Migmatítico-Granítico, constituindo desta forma uma formação de granitos, sienitos, gabros e dioritos.

A continuidade dos terrenos pré-cambrianos só chega a ser interrompida nos setores correspondentes aos depósitos aluviais, referidos como pertencentes ao Holoceno (Figura 2).

4.3 - Geomorfologia

Na área de estudos ocorrem duas unidades morfológicas distintas, as quais, serão descritas e indicadas como Superfície de Aplainamento Sertaneja e os Níveis Elevados mais evidentes encontrados na região.

A Superfície de Aplainamento Sertaneja segundo BARBOSA e PINTO (1973), forma a depressão semi-árida que circunda a Serra da Ibiapaba, chegando até a faixa litorânea. Possui uma topografia levemente ondulada, com afloramentos pré-devonianos e fortes influências estruturais; principalmente falhamentos de direção SW-NE. Nota-se que alguns relevos residuais apresentam rebordos adaptados a linha de falhas. A faixa sublitorânea da depressão corresponde a uma superfície regular modelada no Grupo Barreiras, de largura variável, pequena altitude e suave declividade em direção ao oceano. Encontra-se entalhada apenas pelos rios que desemboram diretamente no mar.

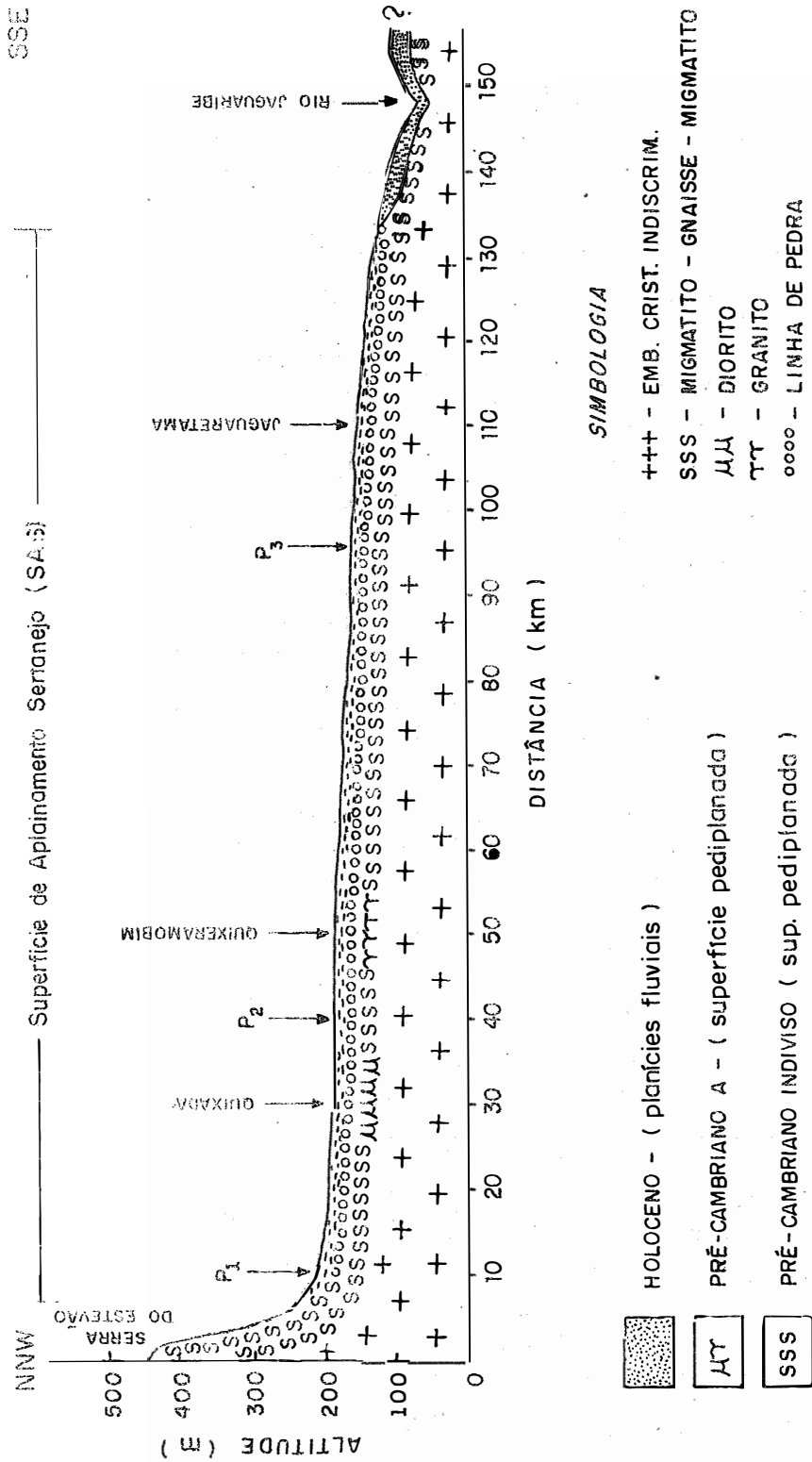


Fig.2 - Perfil geológico com a localização dos perfis de solos nos Municípios de Quixadá, Quixeramobim e Jaguaratama - Ceará.

Referidos autores, descrevem que esta faixa faz a transição entre formações litorâneas e o interior semi-árido. Esta depressão constitui uma superfície costeira soerguida, sobre a qual ocorreu uma superimposição da rede hidrográfica através de cursos d'água correspondentes, normais à linha de costa. A maré, alcançando a alturas consideráveis, inunda áreas que seguem os cursos dos rios.

SOUZA (1975), estudando esta superfície, descreve que a mesma desenvolveu-se desde a base dos maciços residuais cristalinos, por meio de glaciões dissecados. Essa dissecação é mais evidenciada a partir do Maciço de Baturité, onde o entalhamento é maior, proporcionado pela drenagem da região. O mesmo autor denota que, esta superfície possui cotas altimétricas inferiores a 200 metros e decresce à medida que atinge a superfície dos tabuleiros. Frequentemente são notados afloramentos do cristalino, face à ablação dos sedimentos do Grupo Barreiras, que somente próximo à costa não tem sua continuidade interrompida, exceto pelos setores das várzeas atuais, as quais o Rio Choró tem maior seção transversal.

Como principal Nível Elevado destaca-se a Serra do Estevão, onde o Rio Choró tem suas nascentes. Sua altitude é ligeiramente superior a 400 metros e as feições topográficas não chegam a ser marcadas por grandes irregularidades. Em Quixadá encontra-se inselbergue de diorito, bastante recortado, sendo as vezes com aspecto ruiforme.

De acordo com informações pessoais do Prof. Marcos de Souza, a evolução geomorfológica está intimamente associada a problemas estruturais, climáticos e paleoclimático. Do ponto de vista estrutural, os fraturamentos, os falhamentos e os dobramentos, só chegam a ser mais perceptíveis nos relevos elevados. A morfogênese é de natureza predominantemente química, o que vem explicar, um maior entalhamento da drenagem, bem como a espessura do manto de alteração das rochas. A morfologia apresenta-se ligeiramente dissecada, com formas mais pronunciadas à medida que as condições climáticas apresentam maior umidade. Este fato é observável especialmente na Serra do Estevão.

A Superfície de Aplainamento Sertajena desenvolveu-se 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 e o aplainamento é conservado pela semi-aridez atual.

É provável que, antes da elaboração da superfície, vigoraram condições mais secas ou mais úmidas, o que é justificado pelas discontinuidades litológicas observáveis em inúmeros perfis.

O material superficial da Superfície de Aplainamento Sertajena é constituído por sedimentos de profundidade variável, normalmente arenosa na superfície e franco argilo arenoso nos horizontes mais inferiores.

O horizonte B₁ apresenta uma cor bruno avermelhado a brunho acinzentado. A estrutura é colunar, fortemente desenvolvida, com evidências de translocação de argila. Este horizonte de subsuperfície, normalmente apresenta características de um horizonte nátrico (SOIL SURVEY STAFF, 1975) ou horizonte B solonético (MELO, 1972).

São imperfeitamente drenados ou mal drenados, com permeabilidade lenta a muito lenta no subsolo.

Em todos os perfis estudados foi constatada a presença de linha de pedras de espessura em torno de 20 a 15 cm, caracterizado por seixos de quartzos e quartzitos arredondados.

Conforme SOUZA (1975), a Superfície de Aplainamento Sertajena foi formada a partir do Terciário Superior e com término no Pleistoceno Inferior. Esta superfície foi desenvolvida sob condições rigorosas de semi-aridez, tendo como depósitos correlativos os sedimentos do Grupo Barreiras.

4.4 - Rede de drenagem

A impermeabilidade das rochas, referidas no item correspondente à geologia regional, justifica a densidade relativamente grande de cursos d'água, os quais apresentam um padrão dendrítico retangular. No primeiro caso, são mínimas as influências estruturais, tornando-se as mesmas de maior significado à medida que os rios tendem a se adaptar às linhas estruturais.

Do ponto de vista de regimes fluviais, acham-se os mesmos condicionados intrinsecamente pelo clima regional. Dessa maneira, pelas próprias condições de semi-aridez vigorantes, os rios assumem um caráter temporário, com escoamento restrito à época das chuvas. O escoamento assume velocidade proporcional ao carácter torrencial da pluviosidade da área e ao gradiente do perfil longitudinal, que tende para uma diminuição à medida que os rios escoam suas águas dos maciços em direção à Superfície de Aplainamento Sertaneja.

4.5 - Subdomínios ecológicos

Considerando-se o jogo complexo de interações entre os diversos fatores naturais - rocha, relevo, clima, drenagem, solos e revestimento vegetal - observa-se que o relevo tem importância exponencial para comprovar a existência de áreas dotadas de uma certa homogeneidade.

Assim é que, a área dos Níveis Elevados e dos Maciços, as condições são marcadas pelas seguintes características: rochas precambrianas; morfologia dissecada com ondulações fortes; clima sub-úmido com precipitações mais regulares; solos mais profundos; drenagem mais densa e com escoamento mais prolongado durante o ano; vegetação de caatinga com porte arbóreo.

No Sertão propriamente dito e que abrange a Superfície de Aplainamento Sertaneja, destacam-se como características básicas as seguintes: rochas pré-cambrianas e depósitos aluviais nos setores que bordejam as calhas fluviais; relevos planos com ocorrências esporádicas residuais do tipo inselbergue, clima semi-árido com precipitações torrenciais na estação chuvosa que corresponde ao período de outono-primavera; as temperaturas são elevadas durante todo o decorrer do ano e as amplitudes térmicas têm maior significado diurnamente; drenagem menos densa do que nos Maciços e maior capacidade de deposição aluvial; solos de espessura pouco significativa; vegetação de caatinga de porte arbustivo e muito raramente de porte arbóreo.

4.6 - Clima

JACOMINE et alii (1973), citam que a posição do Estado com relação ao hemisfério sul, a orientação do litoral, a baixa latitude e a posição das serras, são os principais fatores que definem as condições climáticas existentes no Estado do Ceará. Esses fatores estão intimamente correlacionados ao domínio e deslocamento das massas de ar. Segundo os mesmos autores, o clima da região em estudo enquadra-se no tipo B Sw'h' na classificação de Köppen e 4aTh na classificação de Gaussen.

BSw'h' (clima quente e semi-árido. A estação chuvosa se atrasa para outono. Temperatura superior a 18°C no mês mais frio).

4aTh (tropical quente de seca acentuada. Seca de inverno. Índice xerotérmico entre 150 e 200. Número de meses secos entre 7 e 8). Predomina em todo o Sertão, sendo o resultado da ação da Massa Equatorial Atlântico que é uma estável massa. A curta estação chuvosa é consequência das penetrações da Massa Equatorial Continental e das descidas da Frente Intertropical.

Segundo informações obtidas na Estação Agrometeorológica do Centro de Ciências Agrárias, verifica-se que é marcante a irregularidade das precipitações pluviométricas ocorridas em Quixadá e Quixerambim. Os meses mais chuvosos são fevereiro, março, abril e maio, onde a precipitação média atinge mais de 100 mm mensais (Figura 3). A maior precipitação média ocorre em março, porém não atingindo a 200 mm. Nos meses de agosto, setembro, outubro e novembro, os valores médios de precipitações não chegam a 25 mm mensais. Na região, a precipitação média anual (1953/1962) chega a 803,8 mm, a temperatura média anual atinge a 28,4°C, e a evaporação média anual é de 1.947,6 mm.

Em Jaguaratama, observa-se também a mesma irregularidade pluviométrica. Nesta região encontram-se valores extremos de 182,5 mm e 1,2 mm, nos meses de março e outubro, respectivamente (Figura 4). Os meses de maiores precipitações são os de fevereiro, março e abril, com médias acima de 100 mm mensais. Nos meses de julho a novembro, as precipitações médias não atingem a 25 mm mensais. A precipitação média anual (1953/1962) atinge a 685,6 mm, neste município.

4.7 - Vegetação

A área, que é objeto de estudo pode ajustar-se no levantamento realizado por JACOMINE et alii (1973), como caatinga hiperxerófila. Esta formação vegetal ocupa a maior parte do Estado, apresentando um elevado grau de xerofitismo; predominância de arbustos menos denso, com indivíduos de porte baixo, espinhentos e cujas as folhas caem totalmente na época seca. Encontra-se (caatinga hiperxerófila) espalhada em toda área dos aplainados sertanejos e em pequenas serras e serrotes. Entre as espécies encontradas tem-se: *Mimosa* sp. (unha-de-gato) - Leguminosae; *Aspidosperma pyriforme* Mart. (pereiro) - Apocynaceae; *Jatropha* sp. (pinhão) *Cnidoscolus phyllacanthus* Hoffm. - Euphorbiaceae; *Cereus squamosus* Guerke (facheiro), *Melocactus* spp. (co-roa-de-frade) - Cactaceae; *Bromelia laciniosa* Mart. (macambira). - Bromeliaceae e *Pilocereus gounellei* Weber (xique-xique).

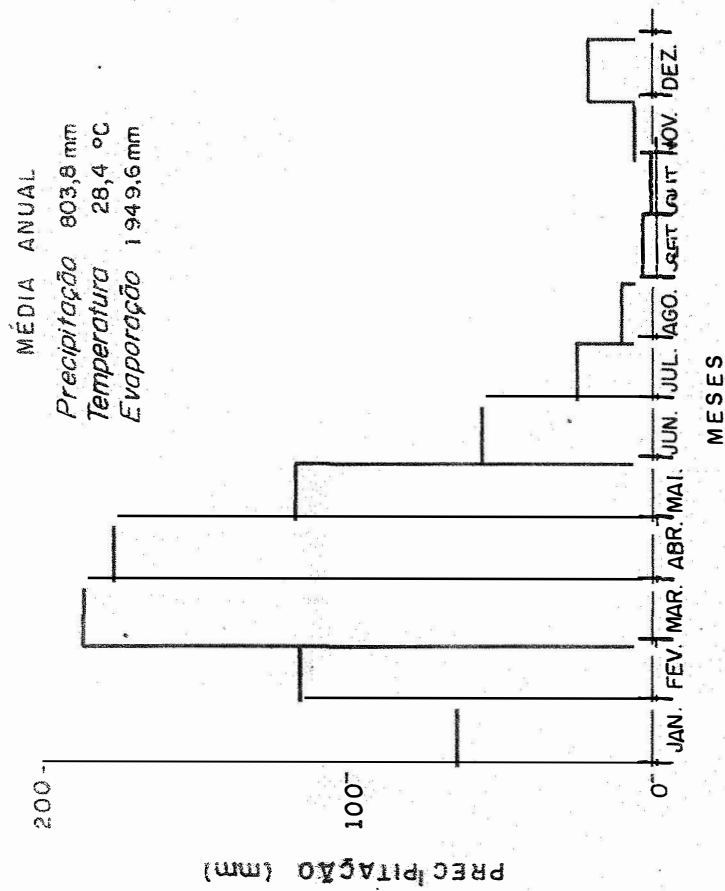


Fig. 3 - Precipitação média anual (1953 - 1962) nos municípios de Quixeramobim - Ceará.

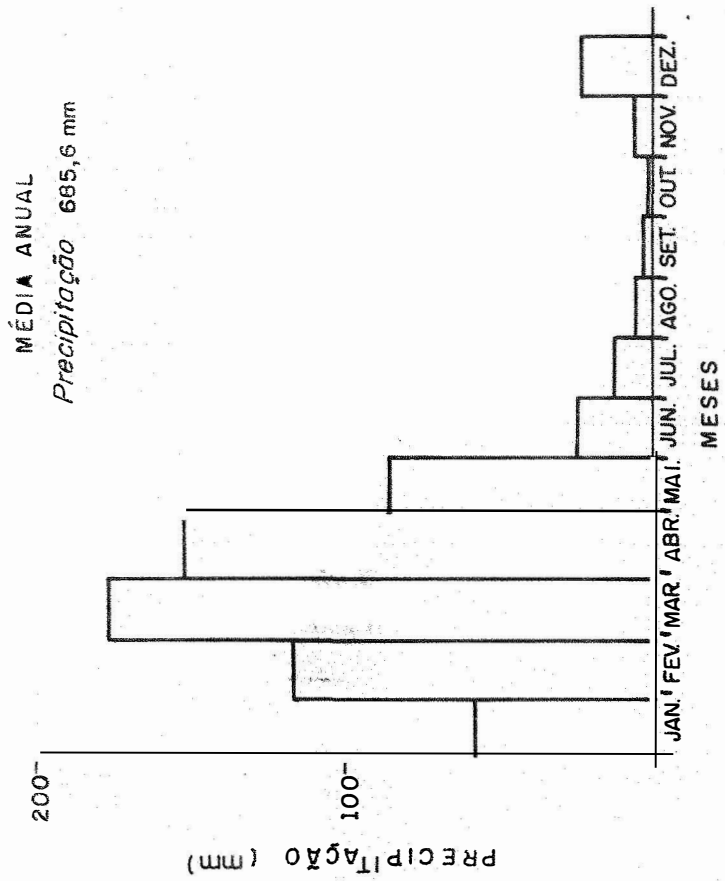


Fig. 4 - Precipitação média anual (1953 - 1962) no município de Jaguaratama - Ceará.

FONTE: ESTAÇÃO AGROMETEOROLÓGICO DO CENTRO DE CIÊNCIAS AGRARIAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

5 - MATERIAL E MÉTODOS

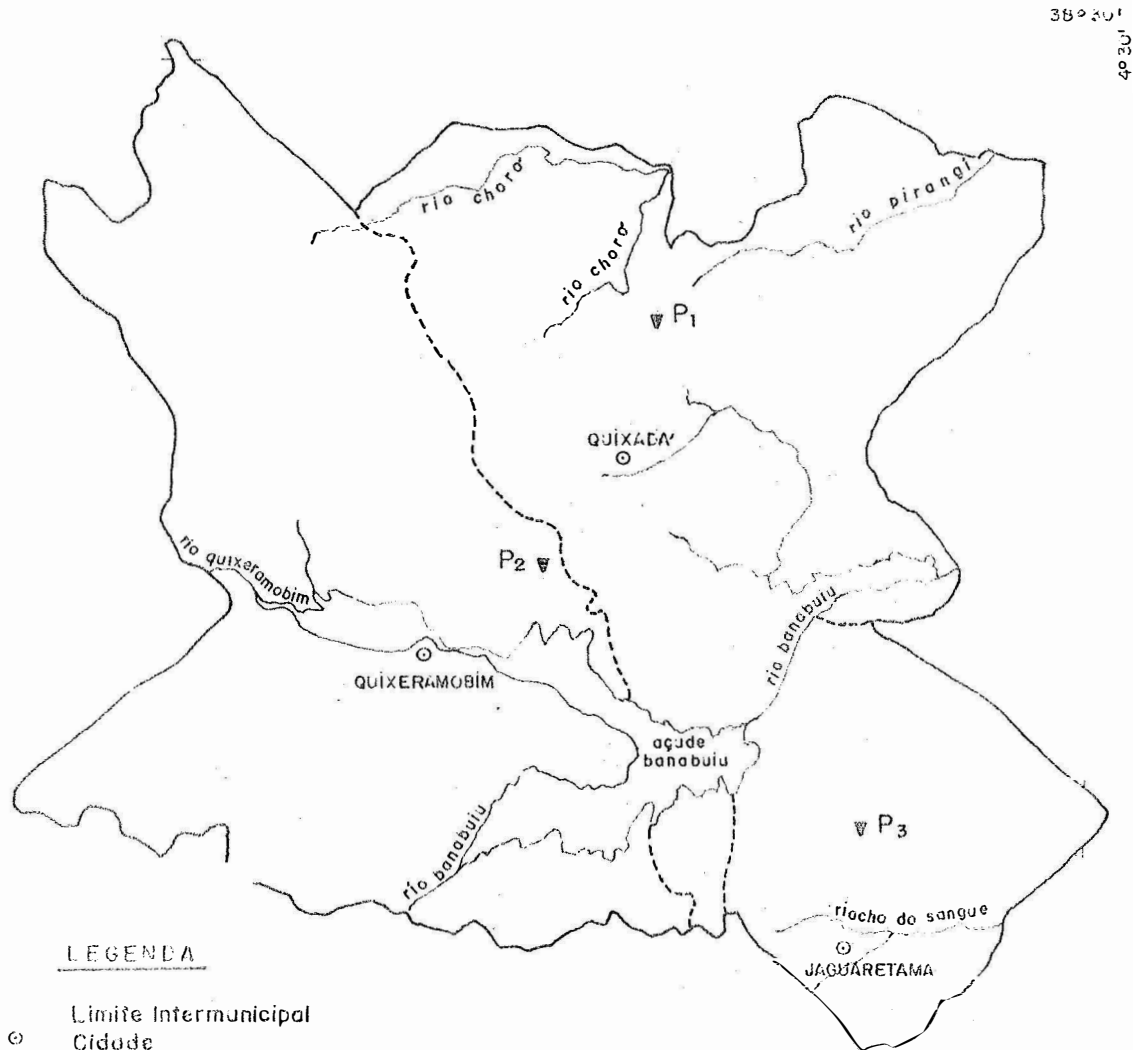
5.1 - Material

5.1.1 - Solos

Com auxílio do Mapa Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará (1972), foram selecionadas as manchas de Solonetz Solodizado para o presente trabalho, localizadas nos municípios de Quixadá, Quixeramobim e Jaguaratama. Os perfis foram designados como perfis 1, 2 e 3 (Figura 5).

Os solos foram descritos em barrancos recentes (Perfis 1, 2 e 3), utilizando-se principalmente as recomendações morfológicas contidas no Manual de Método de Trabalho de Campo (1967).

De cada horizonte foram retiradas amostras (aproximadamente 2 kg), acondicionadas em sacos, etiquetadas e enviadas aos laboratórios para análises. As descrições morfológicas estão contidas no apêndice deste trabalho.



LEGENDA

- ⊙ Limite Intermunicipal
- ⊙ Cidade
- ~ Curso D'água
- ▽ Local de Coleta de Perfis

ESCALA

1: 600.000

Fig. 5 - LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS ONDE FORAM COLETADOS OS PERFIS 1, 2 e 3

5.2 - Métodos

5.2.1 - Preparação de amostras

As amostras de solos foram levadas ao laboratório, secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de 2 mm de abertura de malha (T.F.S.A.). Amostras orientadas selecionadas foram secas e preparadas para impregnações.

5.2.2 - Análises físicas

5.2.2.1 - Análise granulométrica e umidade a 1/3 e 15 atmosferas.

Para a análise granulométrica utilizou-se o método da pipeta (KILMER e ALEXANDER, 1949), tendo como dispersante uma solução de hexametáfosfato de sódio a 5% (Calgon). Após a dispersão, as frações silte e argila foram separadas da fração areia, por via úmida, através do tamis de malha nº 270. A fração areia retida no tamis 270 foi secada e fracionada por via seca por tamisação e dividida em cinco classes:

- areia muito grossa (2-1mm); areia grossa (1-0,5mm);
- areia média (0,5-0,25mm); areia fina (0,25-0,10mm) e
- areia muito fina (0,10-0,05mm).

A fração argila foi separada da fração silte, através de sedimentação.

A fração silte foi obtida por diferença entre o valor total e a soma dos teores das frações areia e argila.

Para a água retida a 1/3 e 15 atm., usou-se a câmara de pressão e a placa porosa respectivamente, segundo RICHARDS (1947).

5.2.2.2 - Argila natural, índice de floculação e densidade de partículas.

A argila natural ou dispersa em água foi determinada pelo método da pipeta, utilizando-se a água como dispersante. Com os resultados da argila total (dispersa com "calgon") e da argila natural, calculou-se o índice de floculação, (VETTORI, 1969).

A densidade de partículas, fêz-se pelo método descrito por OLIVEIRA (1960), usando-se 20 g de terra fina seca em estufa, álcool metílico e picnômetro com volume de 50 ml.

5.2.3 - Análises químicas

O pH em água foi determinado na suspensão solo-água na relação 1:2,5 e tempo de contato de uma hora (VETTORI, 1969). O pH em KCl 1N foi realizado pelo método anteriormente citado, sendo a proporção solo/líquido 1:1.

Os cátions trocáveis Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ e K^+ foram determinados tratando-se as amostras com NH_4OAc a pH 7,0, segundo método descrito por JACKSON (1970). Na determinação do H^+ e Al^{+++} trocável, usou-se o método preconizado por VETTORI (1969), o qual utiliza uma solução extratora de acetato de cálcio 1N a pH 7,0 e titula-se com uma solução de NaOH 0,02N.

A soma de cátions trocáveis (designados por S), determinou-se pelo somatório dos teores de Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{++} e K^+ .

A capacidade de troca de cátions designado por (T), foi obtida pelo cálculo da expressão: $T = S + \text{H}^+ + \text{Al}^{+++}$. A saturação de bases designada por (V%), foi calculada a partir da soma de bases e da capacidade de troca de cátions pela fórmula: $V\% = \frac{S}{T} \cdot 100$.

A saturação com sódio trocável foi calculada pela fórmula:

$$\%Na = \frac{100 Na}{T} .$$

A determinação de carbonato de cálcio foi realizada segundo a metodologia descrita por RICHARDS (1954), titulando-se o excesso de ácido clorídrico no extrato com hidróxido de sódio 0,5N na presença de 2 gotas de fenolftaleína a 1%.

O fósforo trocável foi extraído com uma solução de 0,05N em KCl e 0,025N em H_2SO_4 e determinando-se com o auxílio do fotocolorímetro. O carbono orgânico determinou-se pelo método proposto por Tiurim que consiste na oxidação da matéria orgânica pelo íon dicromato de potássio 0,4N e titulação do excesso com sulfato ferroso amoniacal 0,1N (VETTORI, 1969).

A condutividade elétrica obteve-se no extrato de saturação, utilizando-se uma ponte salina com escala de leitura direta em mmhos/cm a 25°C, (RICHARDS, 1954).

5.2.4 - Análises mineralógicas

5.2.4.1 - Preparo de amostras

Fez-se uma dispersão dos solos de acordo com as recomendações de JACKSON (1969), as quais incluem a remoção dos sais solúveis, dos cátions divalentes trocáveis, dos agentes cimentantes, da matéria orgânica e dos óxidos de ferro livres.

- Remoção dos sais solúveis e cátions divalente trocáveis.

Consistem no tratamento da amostra com solução tampão (pH = 5,0) de acetato de sódio 1N sob aquecimento em "banho-maria" por 30 minutos. Depois deste tratamento, deixou-se decantar e removeu-se o sobrenadante. Repetiu-se esta operação por três vezes.

- Oxidação da matéria orgânica e eliminação de óxido de manganês livre.

Esta operação foi realizada tratando-se a amostra com peróxido de hidrogênio 30% numa temperatura de 65-70°C. Posteriormente, a amostra foi lavada com uma solução de cloreto de sódio a 2,5%.

- Remoção dos óxidos de ferro livres.

A eliminação dos óxidos de ferro livres foi feita com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio, segundo a metodologia preconizada por MEHRA e JACKSON (1969). Em seguida, a amostra foi lavada com uma solução de cloreto de sódio a 2,5% por três vezes.

5.2.4.2 - Separação dos minerais leves e pesados na fração areia.

Após os tratamentos anteriormente descritos, foi adicionada à amostra uma solução de carbonato de sódio 2%, agitou-se e com auxílio de uma peneira nº 270 separou-se a fração areia, do silte e da argila. A fração areia foi fracionada com auxílio de tamises, em cinco classes já mencionadas.

Após a separação, verificou-se que a moda foi a fração areia fina, seguida da fração areia muito fina as quais foram escolhidas para a separação dos minerais leves e pesados.

Para a separação dos minerais leves e pesados destas frações usou-se o tetrabromoetano (densidade 2,965) e foram lavadas com acetona para remover o tetrabromoetano que adere às superfícies dos grãos. Os pesos das frações leves e pesadas foram anotados.

Fez-se as montagens das lâminas dos minerais leves e pesados, segundo às técnicas adotadas por MARCONI (1969); e identificadas as características das espécies minerais segundo as descrições de MILNER (1962).

5.2.4.3 - Separação e preparo das frações silte e argila.

Após a separação da fração areia da fração silte mais argila, as frações silte mais argila foram recebidas numa proveta de 1.000 ml, sendo em seguida completado o volume da proveta com água destilada.

A fração argila foi separada da silte por velocidade diferencial de sedimentação em água, de acordo com a lei de Stokes, (BAVER, 1972).

Aproximadamente 25 mg da fração argila foi colocada em um tubo de centrífuga de 15 ml e procedida a saturação com uma solução de cloreto de potássio 1N. Agitou-se, centrifugou-se e eliminou-se o sobrenadante. Repetiu-se esta operação por cinco vezes, sendo em seguida eliminado o excesso de cloreto através de lavagens com metanol 50%, metanol 95% e acetona 95%. A ausência de cloreto é comprovada mediante testes com nitrato de prata 0,1N.

Uma alíquota de argila ± 50 mg foi depositada em um tubo de centrífuga de 15ml e realizada a saturação com uma solução de cloreto de magnésio 1N. Agitou-se, centrifugou-se e eliminou-se o sobrenadante. Repetiu-se este tratamento por três vezes, sendo em seguida eliminado o excesso de cloreto com lavagens de metanol 50%, metanol 95% e acetona 95%.

A argila saturada com potássio foi dispersa em volume de 2 ml de água destilada. Em seguida, foi colocada em uma lâmina de vidro de microscopia e deixada para secar ao ar (25°C).

A argila saturada com magnésio, foi dispersa com um volume de 4 ml de água destilada, sendo 2 ml distribuída em lâmina de microscopia e deixada para secar ao ar (25°C). Os 2 ml que restaram, adicionou-se 1 gota de glicerol e transferiu-se para uma lâmina de microscopia, a qual secou ao ar (25°C).

As lâminas saturadas com potássio foram colocadas diretamente no aparelho de raio X, tendo as seguintes condições de análises: velocidade do goniômetro: $2^{\circ}/\text{min.}$; velocidade do papel: 10 mm/min ; tubo de cobre (35 KV, 15. m A, fonte de irradiação de cobre) e filtro de níquel. Seguidamente, essas lâminas foram aquecidas à 350°C e 550°C , recebendo a mesma irradiação e o intervalo de 3 a $30^{\circ} 2\theta$.

As lâminas saturadas com magnésio e glicoladas, foram também irradiadas no mesmo intervalo que as de potássio.

Para confecção da lâmina de silte, tomou-se aproximadamente 25 mg de silte, umedeceu-se com água destilada e com auxílio de uma espátula espalhou-se o silte na superfície da lâmina de microscopia. Em seguida, secou-se em estufa à 110°C por 30 minutos e levou-se ao aparelho de raio X, a qual irradiou-se num intervalo de 3 a $60^{\circ} 2\theta$.

5.2.4.4 - Identificação dos argilo minerais na fração argila.

Para interpretação dos difratogramas, usou-se como critério os espaçamentos basais de primeira ordem apresentados pelos argilo minerais, quando submetidos a diferentes tratamentos acima descritos.

5.2.4.5 - Análise quantitativa dos minerais de argila.

Na fração argila ($< 2\mu$) analisou-se vermiculita, montmorilonita, caulinita, segundo o método de ALEXIADES e JACKSON (1966). O material amorfo foi determinado de acordo com HASHIMOTO e JACKSON (1960). O alumínio obteve-se colorimetricamente com alumínio, e o silício pelo molibdato de amônio, segundo o método desenvolvido por JACKSON (1970).

A análise quantitativa da mica foi fundamentada na determinação do potássio, segundo a metodologia descrita por JACKSON (1970).

5.2.5 - Análises micromorfológicas

Amostras dos sub horizontes II B₂₁t, B₁t, B₂t e B₁t, foram coletadas sem destruição estrutural, secadas e impregnadas com uma mistura de Polylyte T208 e monômetro de estireno (60:40), e catalizador Refor-Mek (200 gotas para 1.000 ml da mistura).

As lâminas foram preparadas até uma espessura de aproximadamente 30μ, de acordo com a técnica descrito por MILLER (1965). A interpretação das lâminas foram feitas de acordo com BREWER (1964).

A fração cascalho (diâmetro > 2mm) foi separada das demais frações do solo por peneiramento e impregnadas também com Polylyte T208, monômetro de estireno e catalizador Refor-Mek.

Após o endurecimento da mistura sobre as amostras, foram preparadas as secções delgadas até uma espessura de 30μ (MILLER, 1965).

6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 - Características morfológicas

As descrições morfológicas dos perfis estudados estão apresentadas no apêndice deste trabalho.

São solos pouco profundos, tendo um horizonte A subdividido em A_1 e A_2 , com espessura variável entre 17 a 8 cm, respectivamente. A coloração é bruno amarelado claro, a branco, matiz 10 YR a 2 Y, com valores de 8 a 3, e cromas de 1 a 4 unidades. A textura é sempre areia franca 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 plástico e ligeiramente pegajoso.

Logo após o horizonte A, denota-se quase sempre uma linha de pedras, constituída por seixos, calhaus e cascalhos de natureza quartzosa. Esta linha de pedras tem 15 a 20 cm de espessura, a qual, identifica-se como uma descontinuidade litológica, tendo sido confirmado por MELO (1972).

O horizonte B, acha-se logo após a descontinuidade litológica ou muitas vezes fazendo parte desta descontinuidade. Este horizonte encontra-se subdividido em horizontes B_{1t} , B_{2t} e B_{21t} . A espessura varia entre 5 a 10 cm, tendo uma coloração bruno amarelado escuro a cinzento rosado. Possui os matizes 2,5 Y, 2,5 YR e 10 YR, com valores entre 7 a 4, e croma entre 4 e 1 unidades. A textura é franco argilo arenosa e percebe-se em campo a presença de areia grossa que penetra nas fendas deste horizonte (B), advindo do horizonte A_2 . Estas observações foram também notadas por MELO (1972). A cerosidade é moderada e comum, devido ao horizonte eluvial A_2 . A estrutura do B é forte, grande e colunar, sendo uma das principais características morfológicas destes solos, juntamente com a drenagem imperfeita evidenciada pelos mosqueados comuns e abundantes. A consistência é duro a extremamente duro quando seco, e plástico e pegajoso quando molhado, trazendo desta maneira problemas para o uso de implementos agrícolas. O trabalho de HORN et alii (1964), descreve também como característica importante, as estruturas colunares e prismáticas encontradas nestes solos. Estes solos têm como material de origem, os sedimentos re-trabalhados a partir do Terciário Superior.

As características de cor dos horizontes superficiais, permitem o diagnóstico de um epípedon ócrico e horizonte de subsuperfície com estrutura normalmente colunar e de grau forte, aliado a presença de cerosidade. Fato este, que pode sugerir a presença de um horizonte nátrico. A textura mais argilosa nos horizontes B, se deve a maior concentração de argila nestes horizontes, concentração esta não atribuída essencialmente a eluviação.

A presença de linha de pedras nos perfis estudados, parece ser constante na região trabalhada, conseqüentemente este fato vem sugerir que o horizonte nátrico tem sofrido a ação de outros climas anteriores e que este gradiente textural se deve também a pedogênese anterior a época atual.

6.2 - Características físicas

As determinações físicas estão contidas nas Tabelas 1 e 2. São solos arenosos, contendo mais de 80% de areia total nos horizontes superficiais. Há uma predominância de areia fina sobre as demais areias determinadas, atingindo a 38,5% (horizonte A_1 , perfil 2) e 37% no horizonte A_1 , do perfil 3. Nos horizontes superficiais, quase sempre as maiores concentrações são de areia fina, provavelmente que estas frações tenham sido carregadas de níveis mais elevados de regiões circunvizinhas, quando foram formados os sedimentos retrabalhados. No horizonte A_2 (perfil 1), ocorre a maior percentagem de areia grossa (21,1%), justificando-se ser um horizonte eluvial.

Analisando-se as subfrações areias, pode-se constatar que a distribuição dos tamanhos de suas partículas não é praticamente constante com a profundidade do perfil do solo.

A análise granulométrica da areia total (Tabela 1), apresenta uma variação assimétrica, sendo indicio de provável descontinuidade litológica. Esta afirmativa é confirmada pela linha de pedras encontrada nos perfis 1 e 3, respectivamente. O trabalho de FOSS e RUST (1968), ratifica que as variações marcantes dos teores das subfrações areias podem indicar descontinuidade litológica. A relação areia fina: areia muito fina pode indicar descontinuidades litológicas, muitas vezes não evidenciadas por outros métodos (DEMATTE et alii, 1977). No caso dos solos aqui estudados esta relação tem mostrado descontinuidades principalmente no perfil 2 apesar de não ter sido constatado a presença de linha de pedras até a profundidade estudada. Resultados semelhantes são obtidos pela relação areia total: silte (Tabela 2) que evidenciam também as descontinuidades litológicas para os perfis 1 e 2 (que possuem linha de pedras) e principalmente para o perfil 2 que apresentou uma variação de 0,95 para o horizonte B_{1t} para 3,71 para o horizonte B_{2t} (perfil onde não foi constatado linha de pedras até a profundidade estudada). As concentrações de areia total sendo elevadas, os teores de silte e argila diminuem bastante. As quantidades em

Tabela 1 - Percentual da fração areia e relação areia fina/areia muito fina dos Perfis 1, 2 e 3.

Horizonte	Profundi- dade (cm)	Fração areia* (%)						Af/Amf**
		Amg	Ag	Am	Af	Amf	AT	
<u>Perfil 1</u>								
A ₁	0-8	11,3	16,9	11,2	25,2	19,7	84,3	0,91
A ₂	8-25	6,7	21,1	14,8	27,5	15,9	86,0	0,71
II B _{21t}	40-65 ⁺	4,4	10,1	8,6	23,0	17,7	63,8	0,35
<u>Perfil 2</u>								
A ₁	0-10	2,8	7,2	10,0	38,5	26,2	84,7	0,98
B _{1t}	10-20	3,3	7,4	4,9	12,9	17,0	45,5	0,58
B _{2t}	20-65 ⁺	1,7	7,3	6,5	18,7	17,9	52,1	1,10
<u>Perfil 3</u>								
A ₁	0-37	10,7	13,4	11,2	37,0	20,5	92,8	0,97
II B _{1t}	37-48 ⁺	3,4	8,0	8,5	29,0	23,2	72,1	0,78

(*) Amg = areia muito grossa; Ag = areia grossa; Am = areia média; Af = areia fina; Amf = areia muito fina; AT = areia total.

(**) isenta de argila.

Tabela 2 - Características granulométricas, densidade de partículas, unidade a 1/3 e 15 atm., e, classe textural dos Perfis 1, 2 e 3.

Horizonte	Profundidade (cm)	Granulometria* (%)				I.F. **	A.T./Silte	Unidade (%)		Densidade de Partícula g (cm ³)
		A.T.	Silte	Argila	An			1/3 atm	15 atm	
<u>Perfil 1</u>										
A ₁	0-8	84,3	9,9	5,8	4,0	31	0,44	4,1	2,2	2,52
A ₂	8-25	86,0	6,4	7,6	6,0	21	0,20	6,4	1,5	2,52
II B ₂ lt	40-65	63,8	13,0	23,2	15,3	34	1,23	13,0	7,8	2,54
<u>Perfil 2</u>										
A ₁	0-10	84,7	14,0	1,3	1,1	15	0,92	8,5	3,9	2,46
B ₁ t	10-20	45,5	23,6	30,9	14,2	54	0,95	13,1	6,7	2,53
B ₂ t	20-65	52,1	14,4	33,5	12,3	60	3,71	19,7	10,7	2,57
<u>Perfil 3</u>										
A ₁	0-37	92,8	6,3	0,9	0,7	22	0,86	2,8	1,7	2,52
II B ₁ t	37-48	72,1	14,6	13,3	10,8	19	0,10	13,6	8,7	2,56

(*) AT = areia total; An = argila natural.

(**) IF = índice de floculação.

silte variam entre 23,6 a 6,3%, e as de argila entre 33,5 a 0,9% (Tabela 2); justamente onde ocorrem as maiores e menores percentuais de areia total de 92,8% e 45,5%, respectivamente. Os teores de argila aumentam com a profundidade do perfil, sendo de modo evidente, conforme tabela 2. Em todos os perfis analisados, nota-se uma diferença textural entre os horizontes A e B, sendo mais marcante no perfil 2, onde o horizonte A_1 possui 1,3% de argila e o B_{2t} , 33,5% de argila. O silte aumenta com a profundidade do solo, com excessão do horizonte B_{1t} do perfil 2, que chega ao máximo de 23,6%. A grande variação textural entre os horizontes A e B destes perfis pode ser também atribuída a eluviação da argila favorecida pela ação dispersante do sódio que nestes solos possui elevado teor (Tabela 3).

A argila natural e conseqüentemente o índice de floculação são relativamente baixos nos horizontes superficiais, denotando-se desta maneira o pequeno grau de estabilidade dos agregados nestes solos. Segundo KLAGES (1966) essa baixa agregação é devido aos elevados teores de sódio e magnésio trocáveis existentes nestes solos. Pode-se afirmar que a disponibilidade de água útil nos perfis cresce com a profundidade, isto devido ao maior percentual de argila encontrada nos horizontes inferiores.

6.3 - Características químicas

Estes solos apresentam elevados percentuais em cálcio e magnésio, variando entre 5,34 a 0,43 e.mg/100g de solo e 6,49 a 0,17 e.mg/100g de solo, respectivamente (Tabela 3). O potássio é relativamente baixo (0,13 a 0,09 e.mg/100g de solo), porém a concentração em sódio chega ao máximo de 35,75% (IIB_{21t} , perfil 1). Este teor em sódio está de acordo com os encontrados por HORN et alii (1964), quanto à sua concentração para os Solonetz de Arkansas.

A soma de cátions trocáveis e a capacidade de troca de cátions eleva-se com a profundidade do solo, isto devido aos teores maiores de cálcio, magnésio e sódio, bem como os maiores percentuais de argila nos horizontes mais profundos. A saturação de bases, quase sempre é superior a 50%, chegando a 100% no B_{21t} do perfil 2. O alumínio

Tabela 3 - Complexo sortivo dos Perfis 1, 2 e 3.

Horizonte, Profundi- dade (cm)	e. mg/100g de solo										V	%
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S*	H ⁺	Al ⁺⁺⁺	T				
A ₁	1,02	0,17	0,13	0,11	1,43	1,36	0,07	3,40	42	3,23		
A ₂	0,43	0,55	0,09	0,19	1,26	1,34	0,09	2,69	47	7,06		
II B _{21t}	1,47	3,04	0,08	3,25	7,84	1,25	0,00	9,09	86	35,75		
<u>Perfil 1</u>												
A ₁	5,34	3,04	0,32	0,21	8,91	2,63	0,06	11,60	77	1,81		
B _{1t}	3,66	3,59	0,13	2,83	10,21	1,56	0,23	12,00	85	23,58		
B _{2t}	5,17	6,49	0,14	5,56	17,36	0,00	0,00	17,36	100	32,02		
<u>Perfil 2</u>												
A ₁	0,72	0,42	0,12	0,07	1,33	1,01	0,06	2,40	55	2,91		
II B _{1t}	2,86	3,52	0,13	2,62	9,13	1,64	0,33	11,10	82	23,60		
<u>Perfil 3</u>												

(*) S = Soma de cátions trocáveis.

nio trocável quase não existe, sendo que nos horizontes IIB_{21t} e B_{2t} dos perfis 1 e 2 atinge a zero (Tabela 3). A capacidade de troca catiônica atribuída a argila é elevado, denotando a presença de minerais de grade 2:1 de grande atividade. Os elevados teores de bases trocáveis dentro dos solos se deve, em primeiro lugar, a riqueza do material de origem em minerais primários que possuem tais íons. Em segundo lugar, as condições de semi-aridez do meio ambiente não permitindo a eliminação destas bases do sistema. E, finalmente as condições de drenagem moderada a pobre, impedindo desta maneira as perdas em profundidade destas bases.

A saturação com sódio nestes perfis é superior a 15% no horizonte argílico, vindo desta forma a designação especial de horizonte nátrico (SOIL SURVEY STAFF, 1975) ou horizonte B solonético (JACOMINE et alii, 1973).

Os valores de ΔpH são sempre negativos e de amplitude normalmente superior a uma unidade, demonstrando com isso que o complexo coloidal é constituído por argilas de grande atividade.

São solos fracamente ácidos nos horizontes superficiais, tendo um pH variando entre 6,2 a 6,0, e aumenta com a profundidade do perfil (Tabela 4). Nos horizontes subsuperficiais o pH atinge o máximo de 7,8, sendo deste modo classificado como neutro a alcalino fraco, segundo a classificação preconizada por CATANI e JACINTHO (1974). CAMARGO e BENNEMA (1966), descrevem também esses solos como ligeiramente ácidos na superfície e alcalinos a neutros nos horizontes mais profundos.

O carbono orgânico e conseqüentemente a matéria orgânica (Tabela 4) é muito baixa, chegando ao máximo de 1,27% e 2,26% respectivamente no horizonte A₁ (perfil 2). Tais valores se deve a pequena contribuição da vegetação local como fonte de matéria orgânica. O fósforo trocável é também pouco elevado, tendo um máximo de 1mg/100g de solo.

Tabela 4 - pH, carbono orgânico, fósforo trocável, condutividade elétrica e equivalente em CaO₃ dos Perfis 1, 2 e 3.

Horizonte	Profundi- dade (cm)	pH		ΔpH	%		mg / 100g P trocável	C.E. a 25°C mmhos . cm ⁻¹	Equivalente CaO ₃ (%)
		H ₂ O	KCl		C	M.O.			
<u>Perfil 1</u>									
A ₁	0-8	6,0	5,8	0,8	0,38	0,67	0,26	0,90	0,85
A ₂	8-25	6,3	4,7	1,6	0,12	0,21	0,07	0,50	1,12
II B _{21t}	40-65 ⁺	6,5	5,0	1,5	0,13	0,23	0,09	8,15	2,98
<u>Perfil 2</u>									
A ₁	0-10	6,2	5,2	1,0	1,27	2,26	1,09	1,10	0,80
B _{1t}	10-20	5,7	4,1	1,6	0,15	0,26	0,07	1,60	2,12
B _{2t}	20-65 ⁺	7,8	6,9	0,9	0,06	0,10	0,72	7,00	2,87
<u>Perfil 3</u>									
A ₁	0-37	6,0	5,0	1,0	0,35	0,62	0,13	0,50	0,50
II B _{1t}	37-48 ⁺	5,5	4,0	1,5	0,04	0,07	0,07	2,20	1,97

A condutividade elétrica (Tabela 4) eleva-se com a profundidade do solo, chegando a $8,15 \text{ mmhos.cm}^{-1}$ a 25°C (IIB_{21t}, perfil 2); justificando-se deste modo os elevados percentuais em sódio trocável encontrados nestes horizontes.

O equivalente em carbonato de cálcio é bastante elevado nos horizontes inferiores, tendo um máximo de quase 3% no horizonte IIB_{21t} do perfil 1, sendo desta maneira o responsável pelas elevadas concentrações de cálcio nos horizontes. Entretanto tais valores não são suficientes para a caracterização de um horizonte cálcico.

6.4 - Características mineralógicas

6.4.1 - Fração areia fina e areia muito fina

Nas tabelas 5 e 6 estão os dados referentes as determinações de zirconita, hornblenda e rutilo, assim como suas relações nos perfis.

A distribuição destes minerais ao longo do perfil é desordenada, o que vem confirmar uma natureza heterogênea do material de origem. A relação zirconita: hornblenda e a percentagem de minerais pesados, demonstra a presença de descontinuidades litológicas em todos os perfis estudados.

Na fração areia fina, o teor de zirconita é bem elevado nos horizontes superiores (59% a 46%), com excessão do perfil 2; vindo posteriormente decrescer (37%-10,0%) bruscamente nos horizontes logo abaixo, para em seguida elevar-se percentualmente nos horizontes seguintes. O conteúdo de hornblenda é bastante elevado, variando entre 92% a 38% na fração areia fina e apresenta uma distribuição não uniforme dentro do perfil. Essas concentrações de hornblenda, discordam com as encontradas por JACOMINE et alii (1973). A ocorrência do mineral rutilo nestes solos não chega a atingir 3% (Tabela 5).

Tabela 5 - Frequência, relação de minerais pesados, índices e percentuais de minerais pesados, leves e magnéticos na fração areia fina dos Perfis 1, 2 e 3.

Horizonte	Profundidade (cm)	Minerais						Total	Zircronita/ Homblenda	Minerais		
		Zircronita		Rutilo		Homblenda				pesados	leves	magnéticos
		Nº	%	Nº	%	Nº	%					
<u>Perfil 1</u>												
A ₁	0-8	17	46	0	-	20	54,05	37	0,85	1,01	98,08	0,91
A ₂	8-25	9	10	0	-	80	89,88	89	0,11	0,30	99,63	0,07
II B _{21t}	40-65 ⁺	8	25	0	-	24	75,00	32	0,33	0,39	99,37	0,24
<u>Perfil 2</u>												
A ₁	0-10	5	8	0	-	57	91,93	62	0,08	4,11	92,11	3,78
B _{1t}	10-20	4	10	1	2,5	36	90,00	40	0,11	2,32	95,38	2,30
B _{2t}	20-65 ⁺	6	21	0	-	23	79,31	29	0,26	3,02	94,03	2,95
<u>Perfil 3</u>												
A ₁	0-37	63	59	3	2,8	41	38,31	107	1,53	0,50	99,02	0,48
II B _{1t}	37-48 ⁺	7	37	0	-	12	63,15	19	0,58	0,51	99,00	0,49

Na fração areia muito fina, determinou-se os percentuais de zirconita, rutilo e hornblenda (Tabela 6). Os teores de zirconita e hornblenda apresentam uma distribuição não uniforme nos perfis estudados.

A relação zirconita/hornblenda nos perfis 1 e 2, apresenta uma grande variação, muito irregular, justificando-se desta forma a descontinuidade litológica nestes perfis. Segundo RUHE (1956), as descontinuidades litológicas geralmente estão associadas com a ocorrência de linha de pedras, como é notificado (Perfis 1 e 3) nas descrições morfológicas no apêndice deste trabalho. Apesar de não ser observado em campo uma linha de pedras no perfil 2, observa-se que a análise mecânica das areias, bem como os resultados dos minerais pesados através da relação zirconita/hornblenda, evidenciam uma descontinuidade litológica. Isto vem confirmar, segundo LOBO (1971), que nem sempre certas descontinuidades litológicas estão associadas com a presença de linha de pedras. Entretanto a heterogeneidade de um material de origem não precisa necessariamente estar associado com a linha de pedras. É o que acontece com o perfil 2 que não mostrou evidência da presença de linha de pedras até a profundidade estudada, mas evidenciou a descontinuidade na posição do B_{1t} onde a relação zirconita: hornblenda passou de 0,11 para 0,27.

Nesses solos, de modo geral, verifica-se uma predominância de hornblenda, seguida de zirconita e uma pequena percentagem de rutilo.

A identificação petrográfica da fração leve das areias fina e muito fina é apresentada na Tabela 7. A predominância do mineral quartzo é nitidamente marcante nestas frações do solo, variando de 96,1% a 53,1%, sendo aproximadamente as mesmas concentrações citadas por JACOMINE et alii (1973).

Tabela 6 - Frequência, relação de minerais pesados, índices e percentuais de minerais pesados, leves e magnéticos na fração areia muito fina dos Perfis 1, 2 e 3.

Horizonte	Profundidade (cm)	Minerais						Total	Minerais			
		Zirconita		Rutilo		Hornblenda			Zirconita/ Hornblenda	pesados	leves	magnéticos
		Nº	%	Nº	%	Nº	%					
		<u>Perfil 1</u>										
A ₁	0-8	54	29	1	0,53	131	70	186	0,41	1,39	97,95	0,86
A ₂	8-25	90	86	1	0,95	14	13	105	6,42	0,43	99,23	0,34
II B _{21t}	40-65 ⁺	84	56	2	1,32	65	43	151	1,29	0,31	99,50	0,19
		<u>Perfil 2</u>										
A ₁	0-10	41	10	2	0,51	349	89	392	0,11	2,55	97,04	0,41
B _{1t}	10-20	69	14	2	0,41	410	9	481	0,16	0,82	98,63	0,55
B _{2t}	20-65 ⁺	60	22	1	0,36	216	78	277	0,27	0,86	98,57	0,57
		<u>Perfil 3</u>										
A ₁	0-37	114	69	1	0,60	50	30	165	2,28	0,11	99,24	0,65
II B _{1t}	37-48 ⁺	48	17	1	0,34	237	83	286	0,20	0,74	98,81	0,45

Na fração areia fina, os percentuais de feldspatos potássicos e sódicos, variam entre 7,3% a 1,9%; e na areia muito fina entre 37,1% a 14,3% (Tabela 7). Como pode-se notar, estes solos apresentam um elevado potencial mineral por decompor-se. Isto vem justificar as baixas concentrações de potássio encontrada nestes solos, pois não houve condições propícias para decomposição desses feldspatos e posterior liberação do elemento potássio.

Os plagioclásios na fração areia fina apresentam uma variação entre 5,5% a 0,6%, e na areia muito fina entre 8,2% a 1,5%.

Pelos resultados expostos evidenciam-se claramente que os feldspatos potássicos são mais resistentes à meteorização que os plagioclásios sódicos.

A quantidade elevada de plagioclásios sódicos, encontrada nos horizontes mais inferiores (8,2% no horizonte IIB_{21t}, do perfil 2), vem justificar plenamente os altos percentuais de sódio nestes horizontes. Desta maneira, pode-se confirmar a afirmativa de WILDING et alii (1973) quando citam como principal fonte de sódio trocável, o intemperismo in situ dos feldspatos ricos em sódio (albita).

As percentagens de mica são bastantes elevadas, variando entre 20,3% a 0,3% na fração areia muito fina. Na fração areia fina o teor em mica varia entre 7,3% a 1,1%. A presença desta grande quantidade de minerais leves de fácil intemperismo se deve aos mesmos fatos explicados anteriormente. Entretanto, se considerarmos que a Superfície de Aplainamento Sertaneja se formou durante certos ciclos desde o Terciário Superior até ao Pleistoceno Inferior (BARBOSA e PINTO, 1973), isto significa que a parte do solo abaixo da linha de pedras sofreu a influencia de paleoclimas. Portanto, os minerais presentes na fração areia dos horizontes B destes solos são facilmente intemperizáveis, principalmente a hornblenda. Conclui-se, portanto, que o clima anterior ao atual deve ter sido mais seco.

Tabela 7 - Identificação petrográfica da fração leve, das areias fina (0,25-0,10mm) e muito fina (0,10-0,05mm) dos Perfis 1, 2 e 3.

Horizonte	Profundi- dade (cm)	Fração (mm)	Nº total granulos	Plagioclásios		Mica	Quartzo
				Feldspatos, K ⁺ , Na ⁺	Plagioclásios, Ca ⁺⁺ e Na ⁺		
				%		%	
<u>Perfil 1</u>							
A ₁	0-8	0,25-0,10 0,10-0,05	132 261	6,0 19,5	3,0 3,1	2,3 11,5	88,6 65,9
A ₂	8-25	0,25-0,10 0,10-0,05	90 259	2,2 29,3	2,2 1,5	1,1 15,8	94,4 53,3
II B _{21t}	40-65 ⁺	0,25-0,10 0,10-0,05	154 354	1,9 18,4	0,6 8,2	1,3 20,3	96,1 53,1
<u>Perfil 2</u>							
A ₁	0-10	0,25-0,10 0,10-0,05	80 472	2,5 15,8	2,5 1,7	2,5 2,3	93,8 80,0
B _{1t}	10-20	0,25-0,10 0,10-0,05	63 484	6,3 14,3	1,6 2,0	1,6 1,7	90,4 82,0
B _{2t}	20-65 ⁺	0,25-0,10 0,10-0,05	144 306	3,4 21,2	2,1 1,9	2,8 3,6	91,6 73,2
<u>Perfil 3</u>							
A ₁	0-37	0,25-0,10 0,10-0,05	154 296	6,5 37,1	5,2 3,3	1,9 0,3	86,3 59,1
II B	37-48	0,25-0,10 0,10-0,05	109 492	7,3 23,4	5,5 2,4	7,3 1,4	79,8 72,8

6.4.2 - Mineralogia das frações silte e argila

As análises difratométricas da fração silte dos solos estudados mostrou grande uniformidade em relação a distribuição de minerais. Tais análises foram feitas em amostras planas, não orientadas, com varredura entre 2 e $60^\circ 2\theta$. As Figuras 6, 7 e 8 representam amostras de diferentes horizontes de perfis analisados.

Pode-se notar, pela comparação destas figuras, a semelhança da mineralogia apresentada por tais solos. Os plagioclásios foram identificados pelo conjunto de espaçamentos de $6,44$, $5,9$, $3,75$, $3,64$, $3,12$ a $3,28\text{Å}$ (para o k-feldspato, espaçamento de grande intensidade), $3,12$ a $3,23\text{Å}$ (para os plagioclásios, espaçamento de grande intensidade), $3,17$, $3,01$, $2,95$ e $2,80\text{Å}$ (Figuras 6, 7 e 8). O quartzo foi identificado principalmente pelos espaçamentos a $4,26$ (de grande intensidade), $3,34$ (de maior intensidade), $2,45$, $2,28$, $2,23$, $2,21$, $1,98$, $1,81$ e $1,67\text{Å}$. Além destes minerais considerados predominantes na fração silte, outros ocorrem em menor quantidade e entre eles a montmorilonita com espaçamento de segunda ordem a $8,85\text{Å}$ (Figura 7); a calcita com espaçamentos a $3,03$, $2,28$ e $1,87\text{Å}$. Nesta mesma figura, ocorre um pico muito largo na região dos 10Å evidenciando a presença de um grupo de minerais. Ao pico bem visível a $10,5\text{Å}$ da Figura 7, foi atribuído ao mineral atapulgita e no caso da Figura 8, foi devido a presença de dois minerais, um a 10Å como sendo a mica e outro a $10,5\text{Å}$ como sendo a atapulgita.

Comparando-se a mineralogia da fração areia com a da fração silte, pede-se notar a ausência da hornblenda nesta última fração, mostrando com isso que este mineral foi intemperizado. O produto de seu intemperismo, principalmente as bases de Mg permanece em grande parte no solo, concentrando-se nos horizontes mais inferiores (Tabela 3).

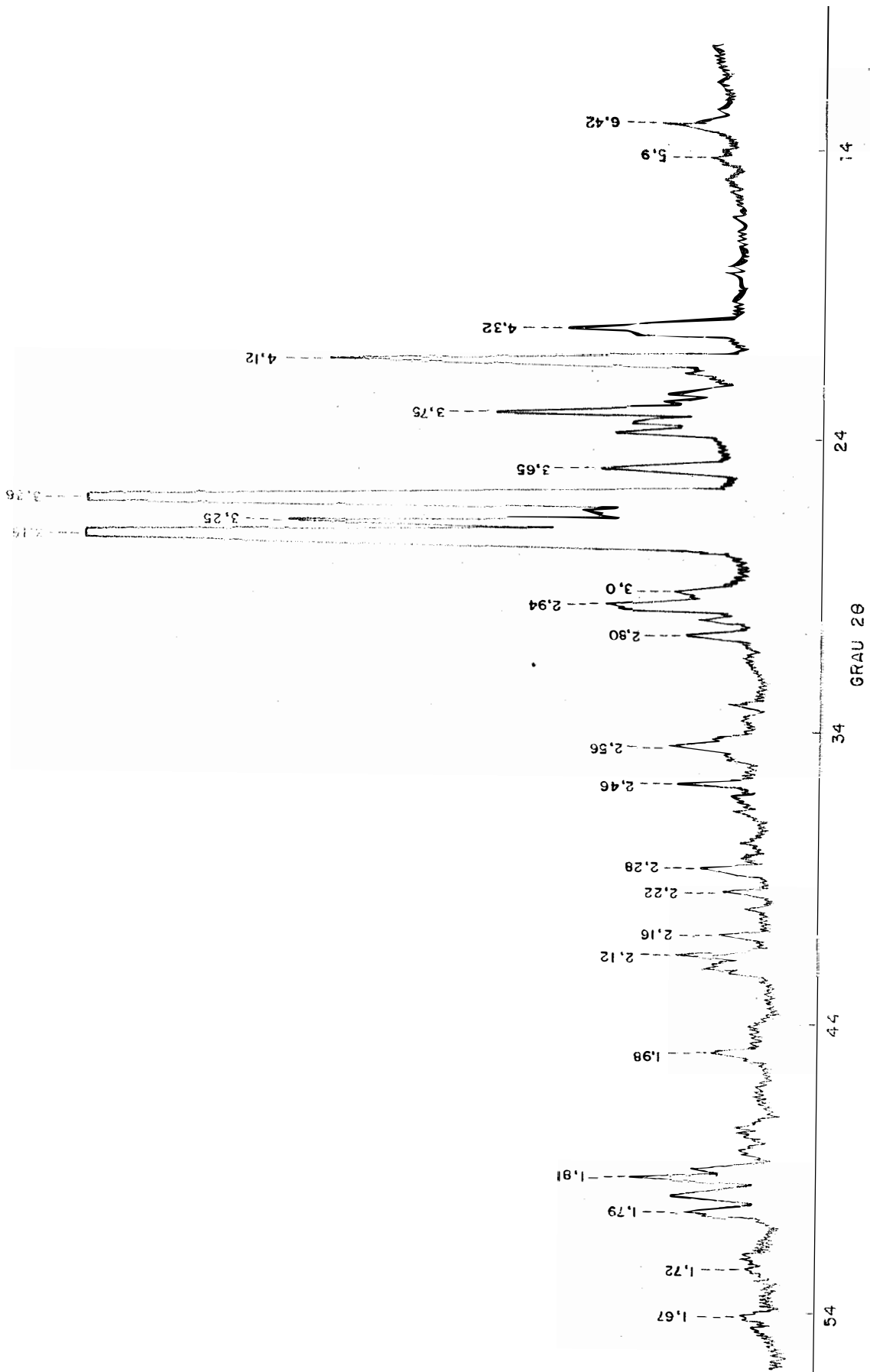


Fig. 6 - DIFRATOGRAMA DA FRAÇÃO SILTE (0,02-0,002mm) DO HORIZONTE IIB₂₁† DO PERFIL 1

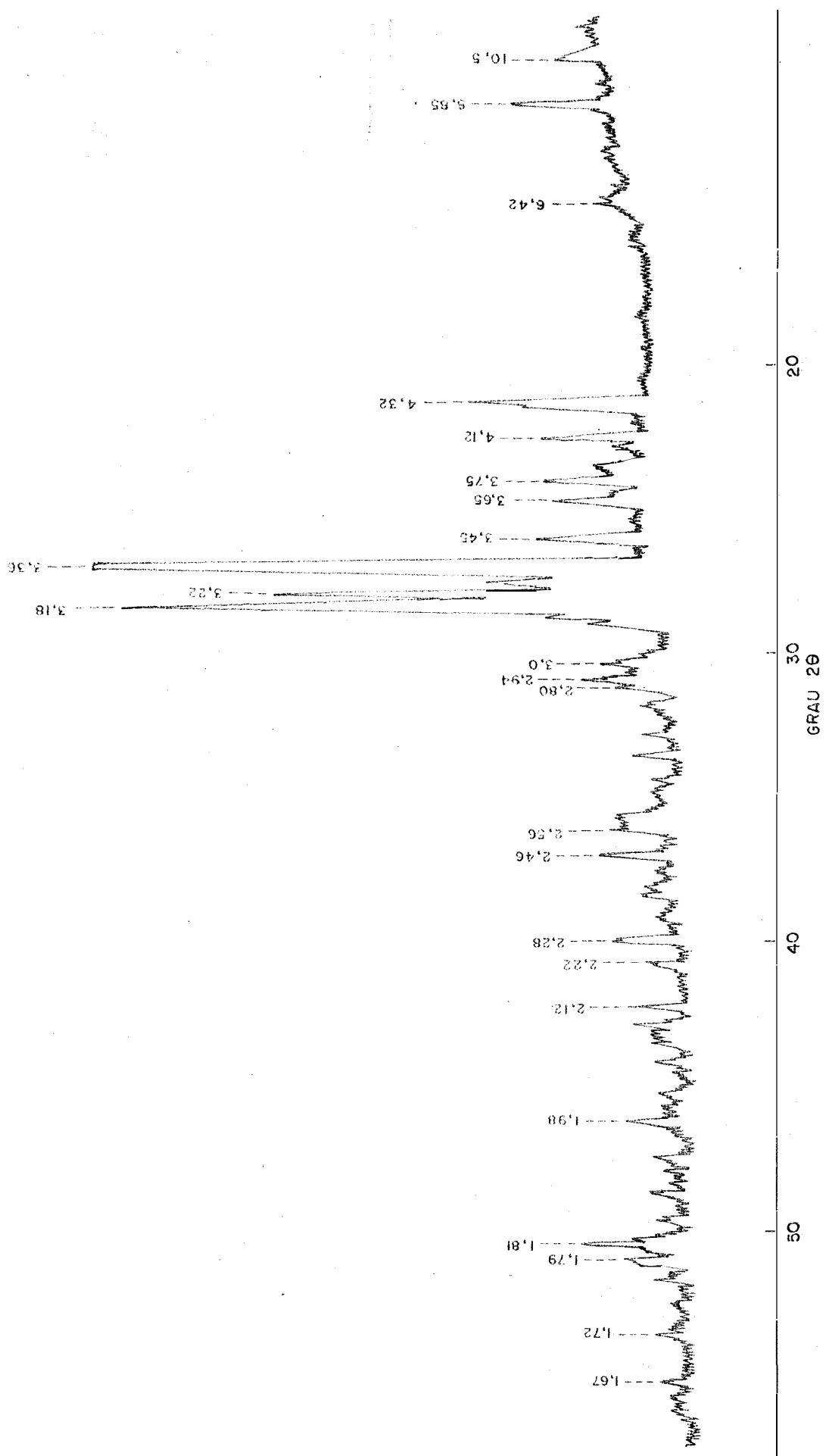


Fig. 7 - DIFRATOGRAMA DA FRAÇÃO SILTE (0,02-0,002mm) DO HORIZONTE A₁ DO PERFIL 2.

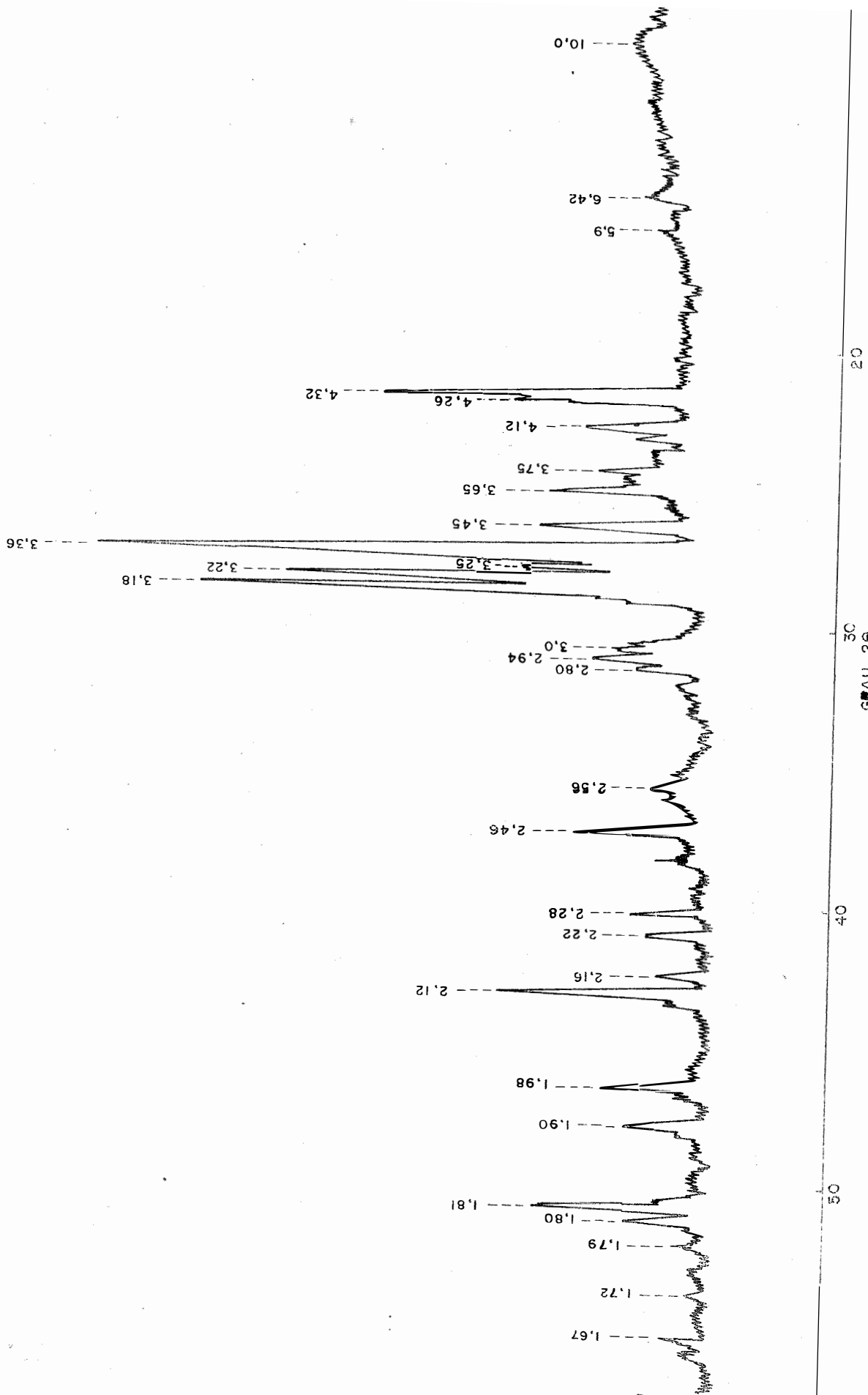


Fig. 8 - DIFRATOGRAMA DA FRAÇÃO SILTE (0,02-0,002mm) DO HORIZONTE B_{1t} DO PERFIL 3
GRAU 2θ

Os plagioclásios, tanto os feldspatos k e os plagioclásios calco-sódicos, ocorrem em ambas as frações, demonstrando com isso 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, bem estável nestas condições de intemperismo. O quartzo está presente em ambas as frações em quantidades dominantes.

A presença da montmorilonita pode ser atribuído como um mineral neoformado, resultante do intemperismo principalmente dos plagioclásios e as micas podem ser consideradas como sendo herdadas do material de origem.

As figuras 9 a 16 ilustram os diversos difratogramas da fração argila obtidos através de amostras planas orientadas com varredura entre 2 a $30^\circ 2\theta$, e com tratamentos de glicolação e aquecimentos.

De uma maneira geral os difratogramas indicam uma semelhança mineralógica entre os minerais que compõem a fração argila. Os plagioclásios estão presentes também nesta fração, sendo reconhecidas pelos espaçamentos a $3,75$, $3,22$ e $3,18 \text{ \AA}$ (Figuras 12, 13 e 14). Nas demais figuras (15 e 16) eles foram identificados somente pelos espaçamentos de maior intensidade os de $3,18$ e $3,22 \text{ \AA}$. A montmorilonita ou melhor o mineral interestratificado $10 + 14 \text{ \AA}$, é um mineral presente nestes solos, sendo reconhecido pelo espaçamento a $12,6 \text{ \AA}$ com tratamento de aquecimento a 25°C saturado com K^+ . Este espaçamento ($12,6 \text{ \AA}$) se expande para a região dos 17 \AA com o tratamento glicolado (Figuras 10, 11, 13 e 16).

A caulinita também é um mineral presente nestes solos e reconhecida pelos espaçamentos a $7,05$ e $3,54 \text{ \AA}$ nas argilas saturadas com K^+ e Mg^{++} e aquecidas a 25°C e 350°C . Tais espaçamentos são eliminados a 550°C (Figuras 10, 13, 14, 15 e 16). O quartzo é um mineral

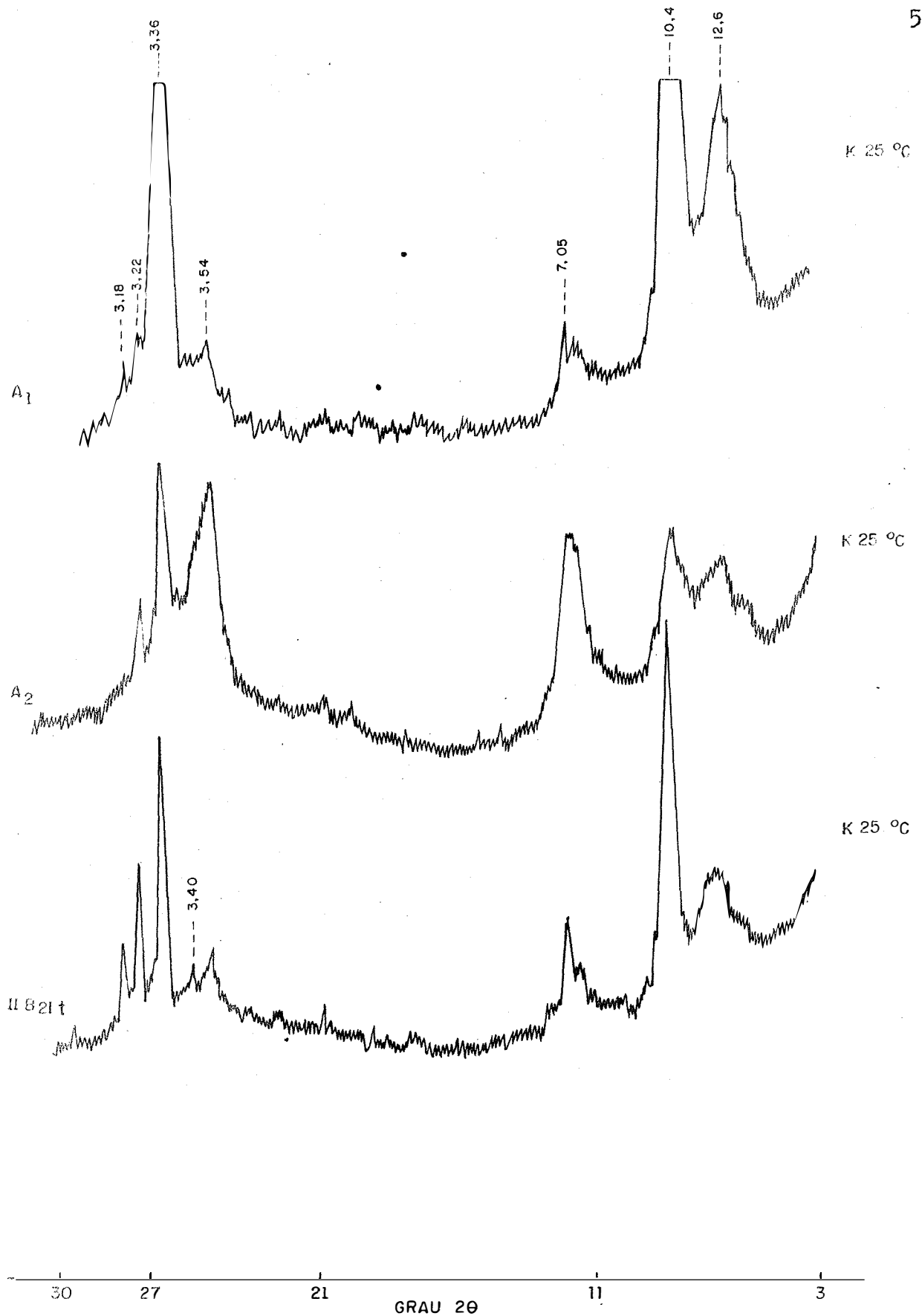


Fig. 9 - DIFRATOGRAMAS DA FRAÇÃO ARGILA (<2 μ) DOS HORIZONTES A_1 , A_2 E $II B_{21t}$ DO PERFIL 1

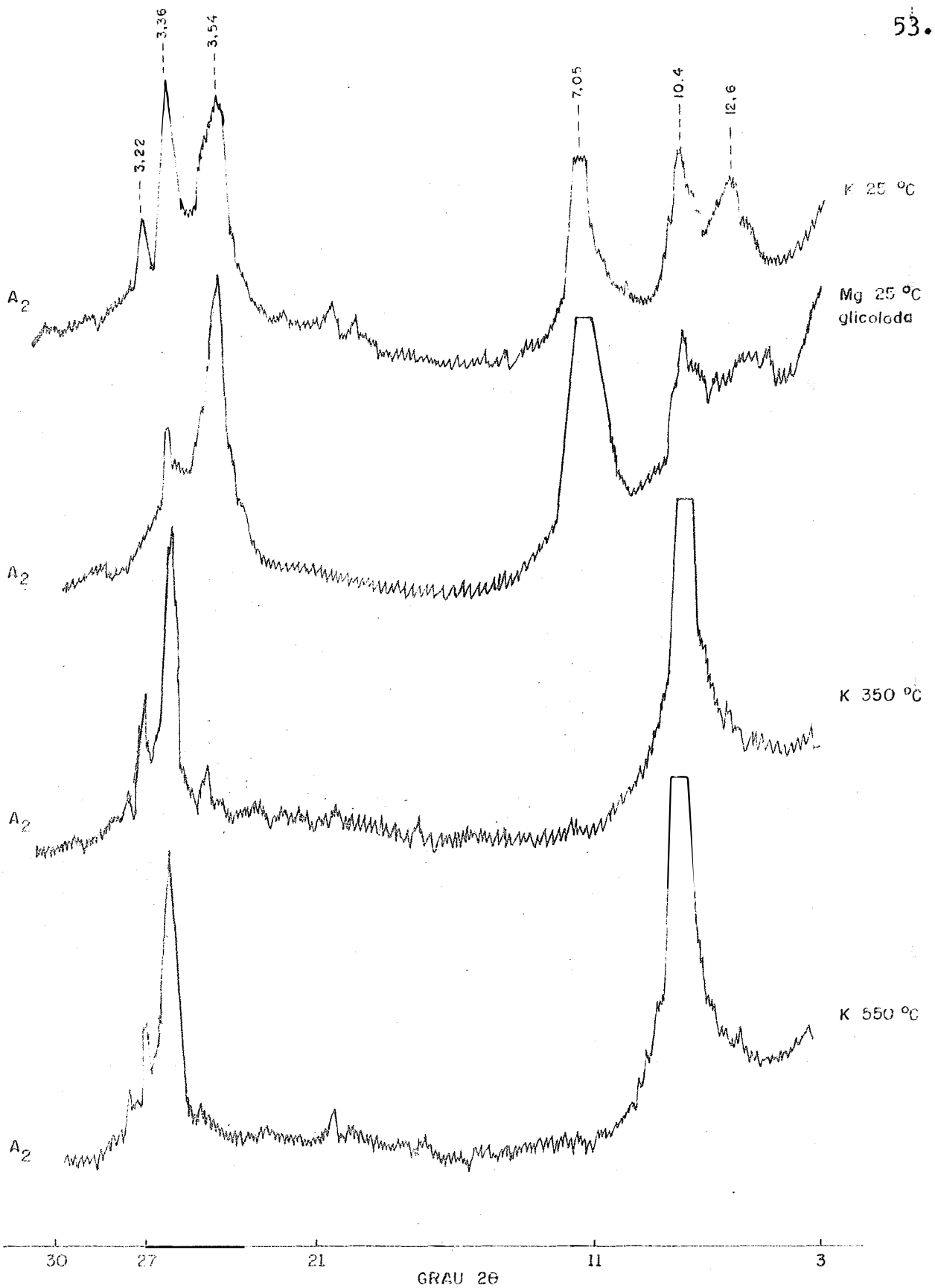


Fig.10- DIFRATOGRAMAS DA FRAÇÃO ARGILA ($\leq 2\mu$) DO HORIZONTE A₂ DO PERFIL 1.

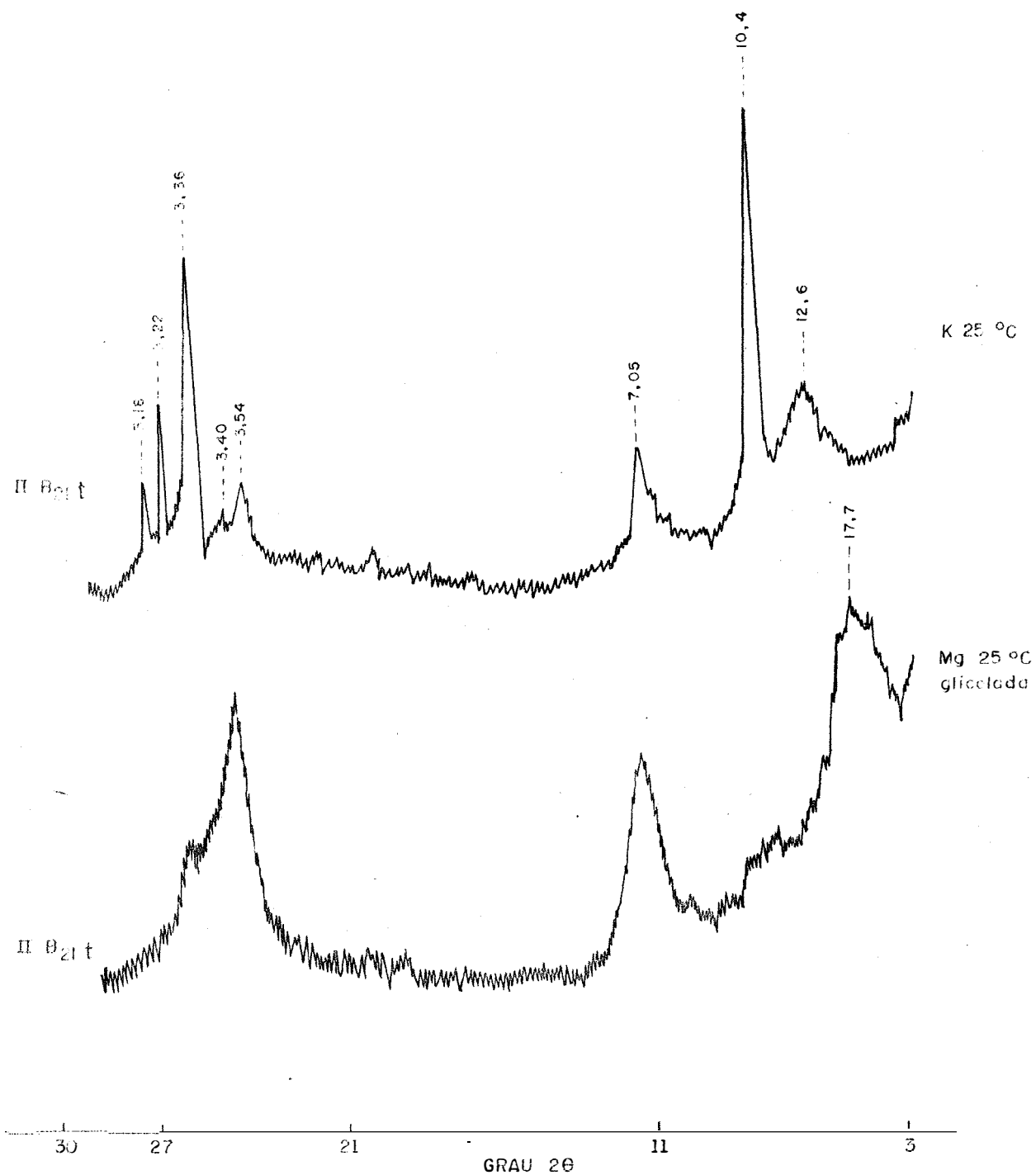


Fig. 11 - DIFRATOGRAMAS DA FRAÇÃO ARGILA ($< 2\mu$) DO HORIZONTE IIB₂₁t DO PERFIL 1

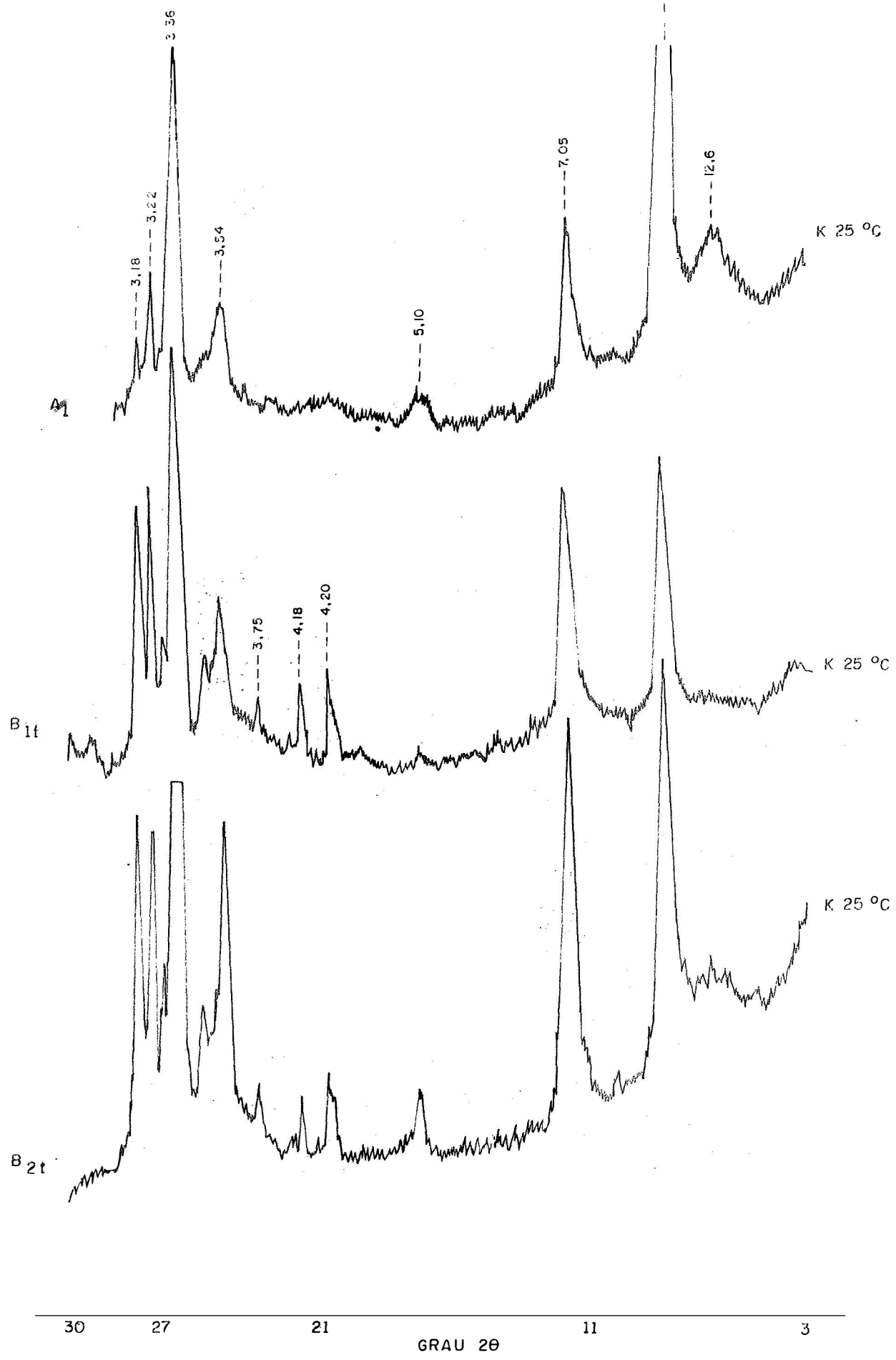


Fig. 12- DIFRATÓGRAMAS DA FRAÇÃO ARGILA (<2μ) DOS HORIZONTES A₁ , B_{1t} E B_{2t} DO PERFIL 2.

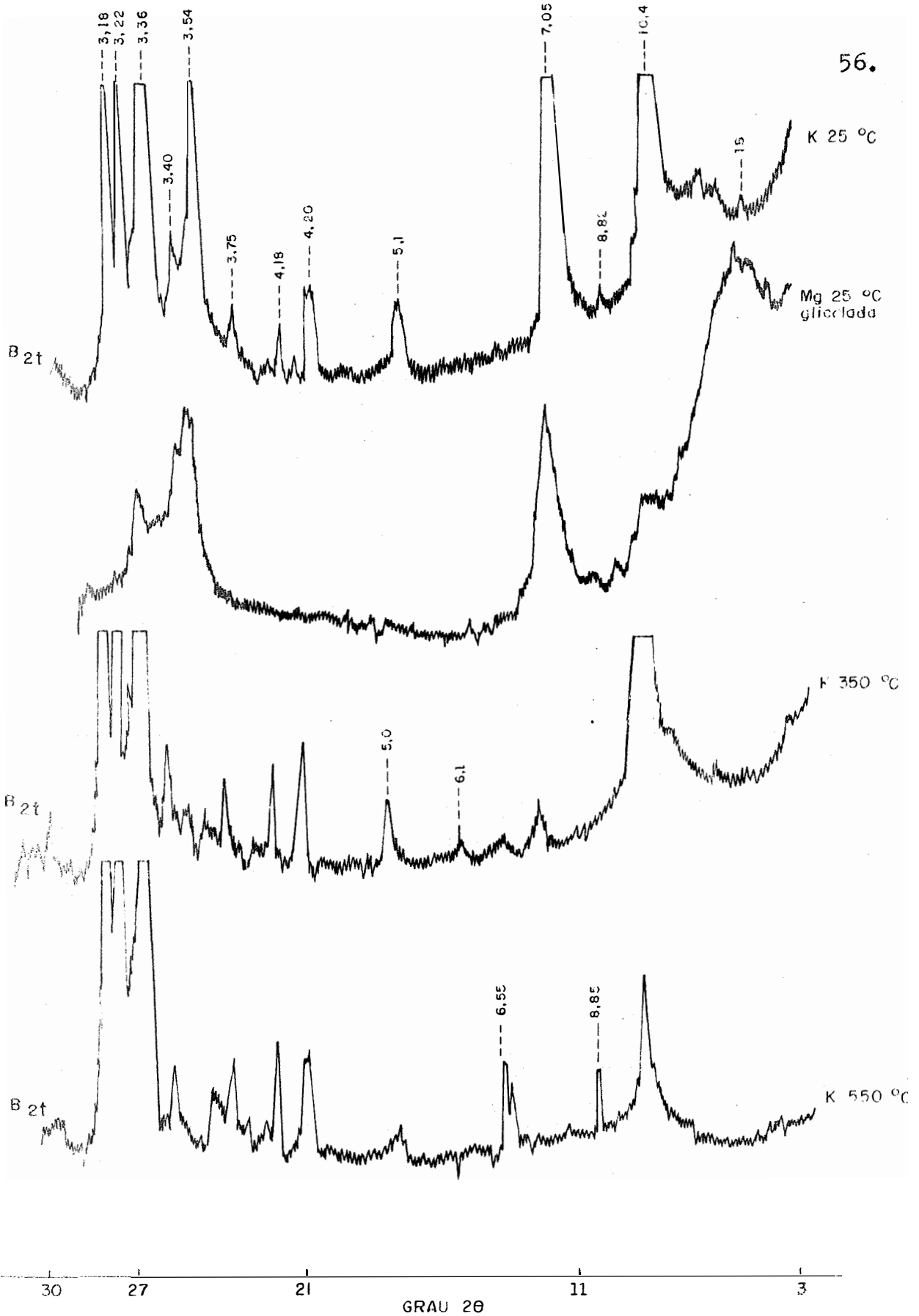


Fig.13 - DIFRATOGRAMAS DA FRAÇÃO ARGILA (<math><2\mu</math>) DO HORIZONTE B_{2t} DO PERFIL 2.

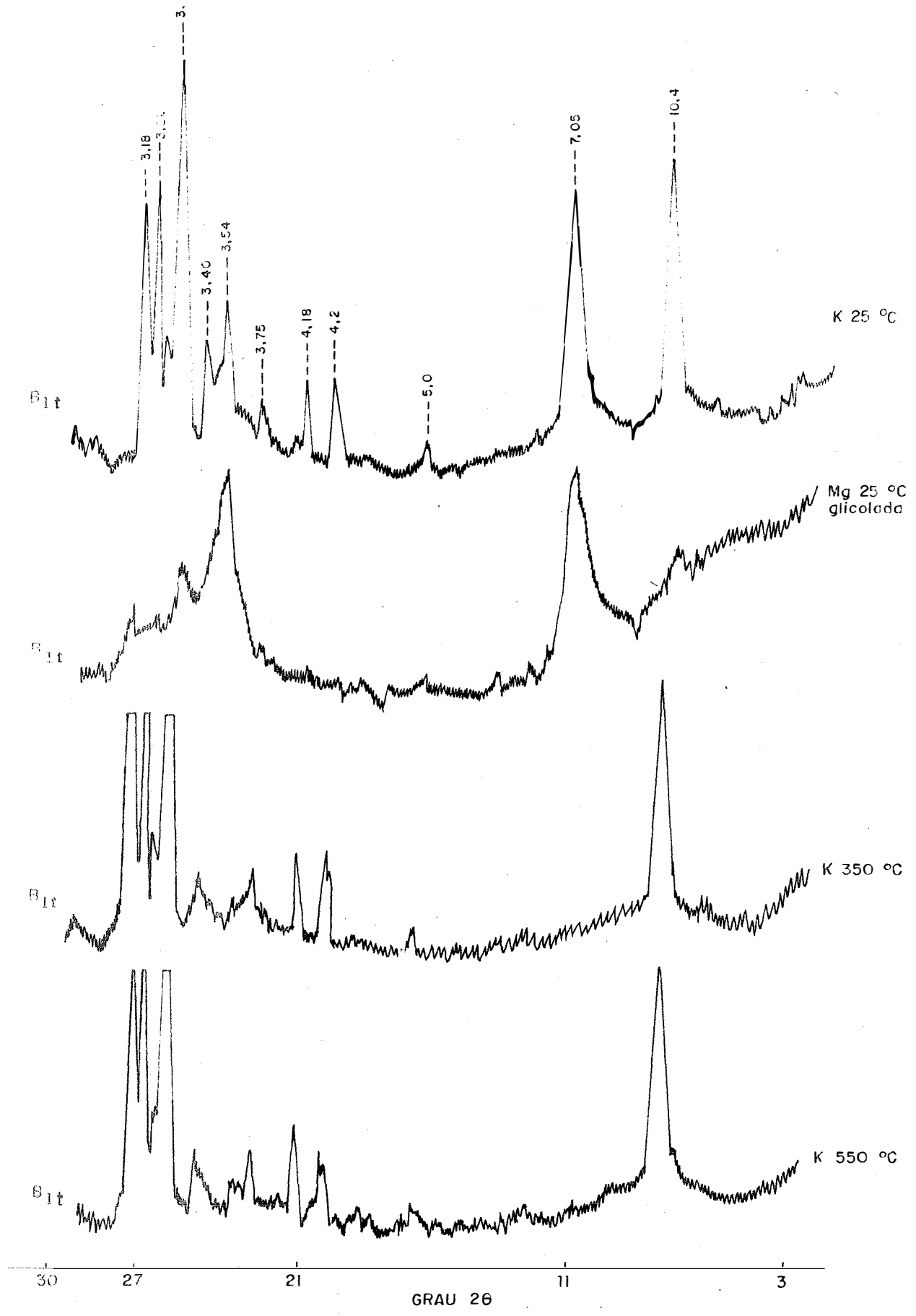


Fig.14-DIFRATOGRAMAS DA FRAÇÃO ARGILA (<math>< 2\mu</math>) DO HORIZONTE B_{1t} DO PERFIL 2.

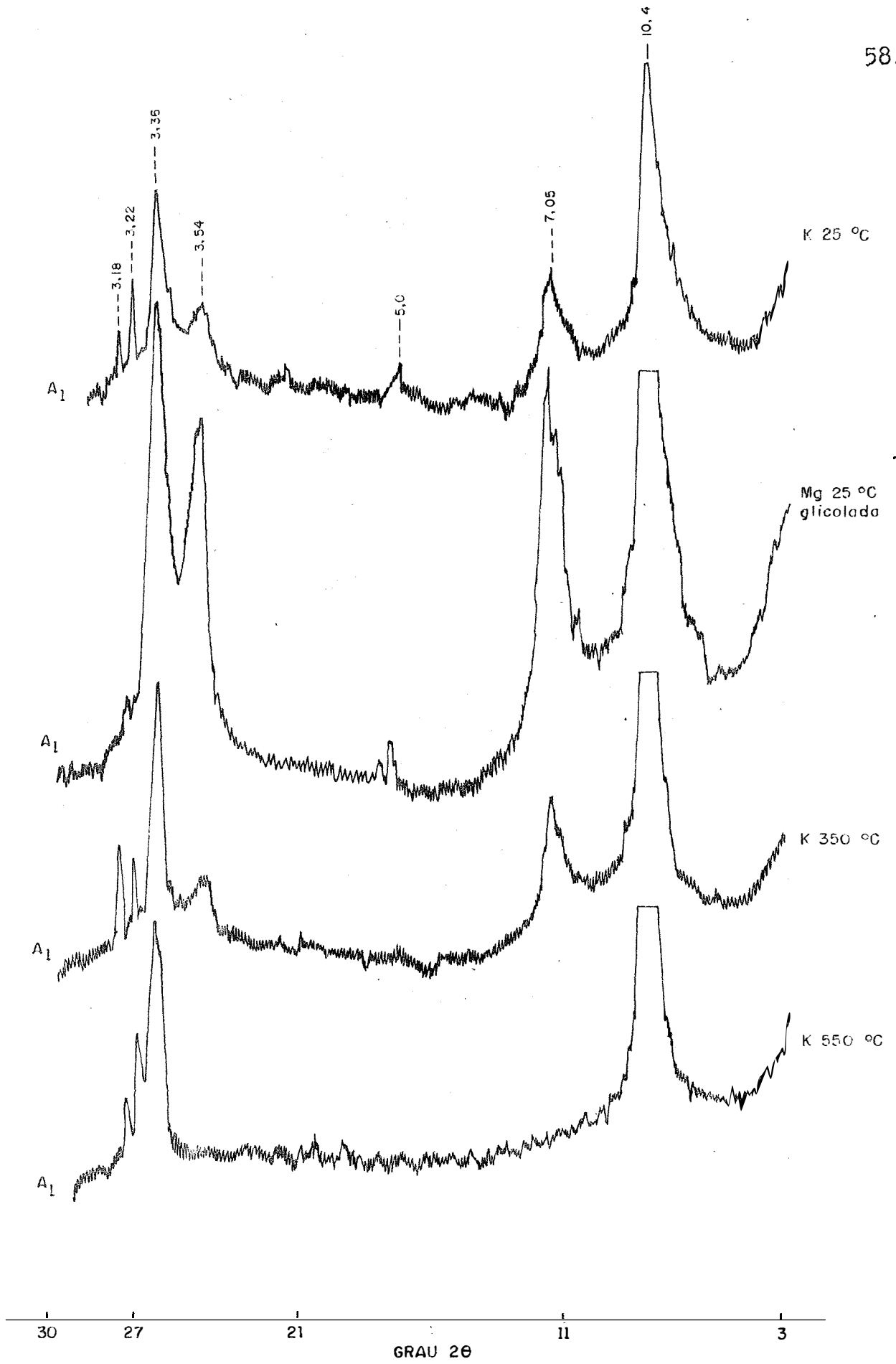


Fig.15 - DIFRATOGRAMAS DA FRAÇÃO ARGILA ($< 2 \mu$) DO HORIZONTE A₁ DO PERFIL 3

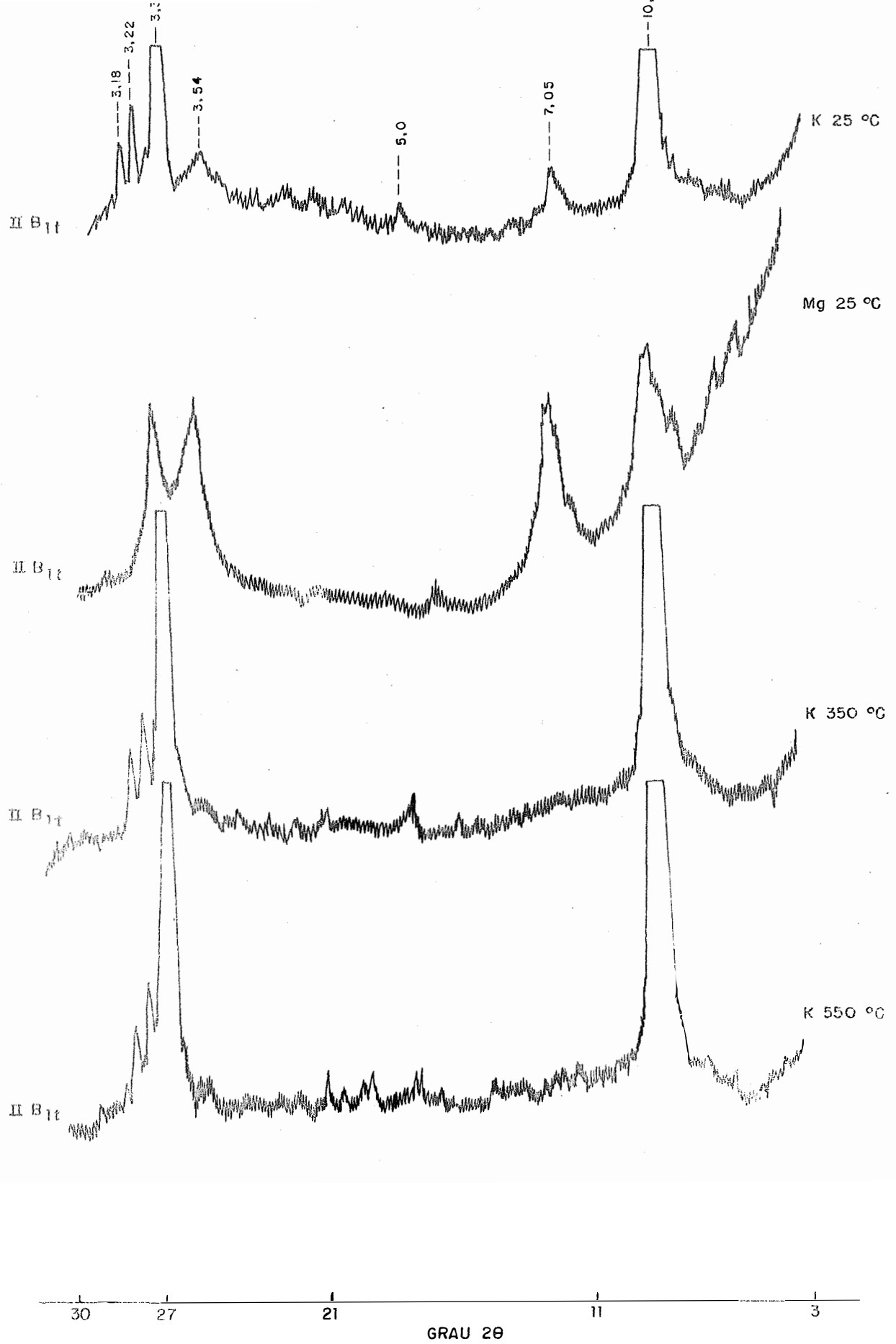


Fig. 16 - DIFRATOGRAMAS DA FRAÇÃO ARGILA (<2 μ) DO HORIZONTE IIB_{1t} DO PERFIL 3

herdado das frações mais grosseiras, mas que também se apresenta nas frações mais finas e identificado pelos espaçamentos a $4,20 \text{ \AA}$ (de menor intensidade) e o de $3,3 \text{ \AA}$ de grande intensidade.

A mica foi reconhecida pelo espaçamento a $10,4$, 5 e $3,3 \text{ \AA}$ inalterável com os diversos tratamentos (Figuras 9 a 16). Inicialmente pensou-se na possibilidade deste mineral ser a atapulgita, entretanto as difratogramas não apresentaram os picos a $5,4$, $4,5$ e $3,2 \text{ \AA}$ necessários para a sua identificação (BROWN, 1961), assim como a não ocorrência em grande quantidade de partículas alongadas em forma de ripas conforme revelou a micrografia eletrônica. Pensou-se também na possibilidade de ser haloisita com elevado teor de água, mas foi eliminada esta possibilidade pois com os tratamentos de aquecimentos a haloisita seria destruído, e o espaçamento a $10,4 \text{ \AA}$ seria eliminado, fato este não verdadeiro como demonstram as figuras já citadas.

A Tabela 8 resume a análise quantitativa da fração argila feita por via química.

Através destes dados pode-se observar a predominância de minerais da grade 2:1 sobre a caulinita.

6.5 - Micromorfologia

Os exames micromorfológicos demonstraram que os horizontes superficiais são constituídos de uma estrutura granular, com ausência de plasma o que foi atribuído ao caráter arenoso de tais horizontes. Os vazios são do tipo vazios 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 mais inferiores já possuem um plasma mais evoluído do tipo sêpico e dentre eles os masêpicos tendendo para os mosêpicos. Tal fato foi atribuído a natureza mineralógica da fração

Tabela 8 -- Análise mineralógica (%) da fração argila (< 2 μ), nos Perfis 1, 2 e 3.

Horizonte	Profundidade (cm)	Caulinita	Material Amorfo	Mica	Vermiculita	Montmorilonita
<u>Perfil 1</u>						
A ₁	0-8	12	15	25	22	26
A ₂	8-25	27	20	19	17	17
II B ₂ lt	40-65 ⁺	32	17	19	20	12
<u>Perfil 2</u>						
A ₁	0-10	20	20	34	11	15
B ₁ lt	10-20	6	20	24	35	15
B ₂ t	20-65 ⁺	29	20	28	16	7
<u>Perfil 3</u>						
A ₁	0-37	39	20	19	17	5
II B ₁ t	37-48 ⁺	33	17	28	17	5

argila ser constituída por minerais de grade 2:1. Os vazios são do tipo orto ou meta planos em quantidade apreciável, apresentando-se canais normalmente possuindo cutans iluvial com orientação forte e continua. Como feições pedalógicas, além dos cutans iluviais, notou-se a presença de papulas em quantidades apreciáveis, sendo este fato atribuído ao intemperismo local de minerais tais como as micas e os plagioclásios.

6.6 - Considerações a respeito da gênese do Solonetz-Solodizado

Através dos dados analíticos e de geomorfologia pode-se observar que os Solonetz-Solodizados da região de estudo não sofrem uma micropedogênese.

Pelo que foi exposto, o material de partida para a origem destes solos é heterogeneo, formado por rochas ricas em minerais ferro-magnesianos, micas e plagioclásios de caráter ácido (caso de granitos) e básico (caso de gabro).

Durante o Terciário Superior houve início a formação da Superfície de Aplainamento Sertaneja (SAS), indo até o final do Pleistoceno Inferior. No decorrer deste tempo ou parte deste tempo, desenvolvem-se o Solonetz-Solodizado.

A presença de linha de pedras, em toda a região de estudo, localizada próximo a superfície do solo indica que o material abaixo desta linha de pedras é mais antigo e sofreu influência de condições paleoclimáticas. O material neste caso é representado pelo horizonte B. Os dados analíticos, principalmente os granulométricos e químicos também evidenciam a heterogeneidade do material originário. Em épocas anteriores a atual, portanto, este solo iniciou a sua formação. A riqueza de minerais facilmente intemperizáveis no horizonte B, tanto na fração areia (caso da hornblenda e de certos plagioclásios) como na fração silte e mesmo na fração argila (caso dos plagioclásios) indica

que o clima anterior ao atual deve ter sido mais árido, pois caso contrário tais minerais não existiriam atualmente, resultados estes que viriam elucidar as dúvidas quanto ao clima passado (SOUZA, 1975). Como as condições eram portanto áridas, onde o processo de intemperismo era representado principalmente pela hidrólise, o produto do intemperismo, principalmente as bases, a sílica e a alumina permaneciam no sistema, propiciando a formação de minerais de grade 2:1. (KITTRICK, 1969). A presença de íons como o cálcio e sódio aliado com concentrações tais de ácido silícico e alumina propicia a formação da montmorilonite ou seja o processo de bissialitização verdadeira (MELFI e PEDRO, 1977). A presença destes minerais expansivos aliados a saturações com o sódio facilita a lessivagem (BUOL et alii, 1973). As argilas, principalmente as montmorilonitas carregadas com sódio se intumescem quando úmidas favorecendo a redução na porosidade, causando com isto uma condição de baixa permeabilidade neste horizonte.

Um novo ciclo ocorreu na região de estudo, depositando com isso a linha de pedras e, posteriormente novo material retrabalhado acima desta linha de pedras. A natureza deste novo material semelhante ao do horizonte B, por ser a fonte a mesma. Sobre este conjunto de material, novo processo pedológico se desenvolve em um ambiente climaticamente mais agressivo, porém não suficientemente forte para a ação de uma hidrólise total, o que levaria o solo a uma alitização (PEDRO, 1964b). A hidrólise é ainda parcial e a dessilicificação do meio é incompleta. A eliminação dos cátions básicos é ainda parcial devido as condições climáticas e também será drenagem impedida. Atualmente a drenagem imperfeita, tem um papel fundamental na redução deste intemperismo. Neste caso haverá condições para formação de caulinita e montmorilonita.

A presença de mica na fração areia fina, a sua quase ausência na fração silte e a sua grande ocorrência na fração argila, nos leva a concluir que a mica da fração argila não é um mineral herdado, pois caso contrário ele deveria ocorrer também na fração silte. Conclui-se portanto que a mica (ilita) pode ter sido formada pelo menos em parte através da transformação da mica primária da fração areia. Além desta fonte, a mica pode também ter sido formada através do produto de alteração dos feldspatos que inclusive ocorrem em quantidades pequenas na fração argila e em considerável quantidade na fração silte.

A presença de caulinita nestes solos já reflete uma ação climática mais agressiva do que as reinantes anteriormente. Este mineral pode ter sido originado através da dessilicalização da montmorilonita (JACKSON, 1965b). Esta maior agressividade climática pode ser vista também através dos difratogramas das Figuras 9 e 12, onde nota-se que os picos dos plagioclásios decrescem de intensidades indo do horizonte superficial ao horizonte B₂t.

De acordo com tais resultados, pode-se sugerir a seguinte sequência de intemperização:



A liberação das bases dos minerais primários, principalmente do cálcio, magnésio e sódio através do intemperismo e a sua não remoção total do sistema devido as condições climáticas reinantes e a sua drenagem impedida, favorece uma saturação do complexo coloidal chegando até a 100%, como é o caso do Perfil 2. Devido a tais condições, a migração da argila é por um lado favorecida 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 cutans iluviais. Por outro lado o teor de sódio no

complexo é elevadíssimo, acima de 15% no horizonte B, conseqüentemente este horizonte recebe a designação especial de horizonte nátrico (SOIL SURVEY STAFF, 1975) ou horizonte B solonético (JACOMINE et alii 1973).

Apesar deste solo ter condições para a estabilização de grande quantidade de matéria orgânica, devido principalmente a presença de íons de cálcio e magnésio, o epipedon que se forma é o ócrico ou horizonte A moderado. Este fato se deve a pequena contribuição da vegetação atual no teor de matéria orgânica.

6.7 - Classificação de solos

Todos os horizontes diagnósticos superficiais correspondem aos requisitos exigidos para um epipedon ócrico. Nos horizontes diagnósticos subsuperficiais, verifica-se a presença de um horizonte nátrico. O horizonte A_2 (Perfil 2), apresenta características que o classifica como um horizonte alábico. Uma vez tendo a classificação dos epipedons e dos horizontes diagnósticos subsuperficiais, além dos resultados analíticos referentes à saturação de bases e parâmetros climáticos (Figuras 3 e 4), os três perfis foram enquadrados na ordem Alfisol.

As condições de clima, associadas com as características hídricas dos três perfis, coloca-os na sub-ordem Ustalf. A presença de um horizonte nátrico bem caracterizado, em todos os perfis, enquadra-os ao nível de grande grupo como NatrustalFs. Ambos os perfis estudados, tipificam bem as características modais do grande grupo, razão por que foram ao nível de subgrupo classificados como Typic NatrustalFs.

Ao nível de família, considerou-se como secção de controle, em ambos os casos, o próprio horizonte nátrico.

Considerando-se que a temperatura média anual do solo na região, a 50 cm de profundidade, é maior do que 22°C e que a temperatura média do solo de verão difere da de inverno por menos de 5°C, tais solos são enquadrados como possuidores de um regime térmico do tipo isohipertérmico. Conseqüentemente, ao nível de família tais solos seriam classificados como Typic Natrustalf, franco argilo arenoso, isohipertérmico.

7 - CONCLUSÕES

A interpretação e discussão dos resultados obtidos, permitem as seguintes conclusões:

- (a) Os solos estudados na região do Sertão Central e do Médio Jaguaribe, no Estado do Ceará, são pouco intemperizados, caracterizando-se pela predominância de feldspatos potássicos e plagioclásios calco-sódicos, assim como, argilo minerais montmorilonita e mica.
- (b) São solos de natureza poligenética, sendo o ambiente anterior mais seco do que o atual.
- (c) Apresentam um elevado potencial químico, representado pela elevada saturação de bases e capacidade de troca de cátions. As concentrações em sódio são elevadas, chegando o máximo de 35,7% nos horizontes mais inferiores. O elevado teor de feldspatos potássicos, plagioclásios calco-sódicos e micas, confere a estes solos em grande potencial mineral possível de decomposição.

(d) Pelas características morfológicas, físicas, químicas, mineralógicas e climáticas, os solos classificam-se como Typic Natrustalf, franco argilo arenoso, isohiper-térmico. Correspondem na Legenda da Divisão de Pesquisa Pedológica-MA, como um Solonetz Solodizado A, fraco textura arenosa/média, fase caatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado.

(e) Evidencia-se a seguinte sequência de intemperismo:
FELDSPATO → ILITA → MONTMORILONITA → CAULINITA

8 - SUMMARY

Three soil profiles of Solodized Solonetz in the Central part of the State of Ceará, Brazil, were studied with respect to morphological, micromorphological, chemical, physical and mineralogical properties. Columnar structure, poor internal drainage and lithologic discontinuity are typical features of the soil profiles. They are shallow and slightly weathered, with a fine sandy A horizon over a B horizon of sandy clay loam texture. Analytical data indicate the dominance of the 2:1 type clay minerals, high levels of exchangeable Ca^{++} , Mg^{++} and Na^+ and base saturation percentages commonly over 50%. They are slightly acid in the surface horizons and neutral to alkaly in the deeper horizons. The petrographic indentifications of the light portion of the fine and very fine sand fractions reveal a high concentration of Ca - Na plagioclases and micas. The assimetric variation of the zirconite and hornblend minerals as well as the irregular distribution of the soil particle sizes and a marked presence of a stone line characterized the lithologic discontinuity. Analytical data collected in this

study led to the conclusion that these soils were developed under two different climatic environments - wet and dry - subjected to high temperatures.

The following transformation could be occurred:

FELDSPAR → ILLITE → MONTMORILLONITE → KAOLINITE.

The soils were classified at family level, according to SOIL SURVEY STAFF (1975), as follow:

Typic Natrustalfs, sandy clay loam, isohipertermic.

9 - LITERATURA CITADA

- ALEXIADES, C. A. e JACKSON, M. L. 1966. Quantitativa Clay Mineralogical Analysis of Soil and Sediments. In Conf. Clays and Clay Minerals, 14. New York. Proceedings. p. 35-52.
- BARBOSA, G. V. e M. N. PINTO, 1973. Geomorfologia da Folha. SA.23 São Luiz e parte da Folha SA.24 Fortaleza. In: Projeto Radam - Levantamento de Recursos Naturais. MME/DNPM. Vol. III. Rio de Janeiro. Graphos Industrial Ltda.
- BAVER, L. D.; W. H. GARDNER e W. R. GARNER, 1972. Soil Physics. Fourth ed. New York. John Wiley & Sons Inc. 498 p.
- BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1959. Enciclopédia dos Municípios Brasileiros. Rio de Janeiro. 565 p.
- BRASIL, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1968. Subsídios à Regionalização. Rio de Janeiro. 288 p.
- BREWER, R. 1964. Fabric and Mineral Analysis of Soils. John Wiley and Sons. 470 p.
- BROWN, G. 1961. The X - Ray Identification and Crystal Structures of Clay Minerals. Mineralogical Society London. 544 p.

- BUCKMAN, H. O. e N. C. BRADY, 1968. Natureza e Propriedades dos Solos. 2.^a ed. Rio de Janeiro, Livraria Freitas Bastos S/A. 594 p.
- BUEHRER, T. F. et alii., 1958. The Mineral Composition of the Colloidal Fraction of Source South Western Soils in Relation to Field Behavior. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 13 : 157-165.
- BUOL, S. W. et alii. 1973. Soil Genesis and Classification. The Iowa State University Press, Ames. 360 p.
- CAMARGO, M. N. e J. BENNEMA, 1966. Delineamento Esquemático dos Solos do Brasil. Pesq. Agropec. Bras. Rio de Janeiro, 1 : 47-54.
- CATANI, R. A. e A. O. JACINTHO, 1974. Avaliação da Fertilidade do Solo. Métodos de Análise. Piracicaba-SP. Livroceres Ltda. 61 p.
- DANTAS, J. R. A. et alii, 1974. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo. Folha Jaguaribe (SB-24) Folha Fortaleza (SA-24). MME/DNPM. Brasília. Graphos 95 p.
- DEMATTE, J. L. I. e HOLOWAYCHUCK, N. 1977. Solos da Região de São Paulo, Estado de São Paulo I - Propriedades Granulométricas e Químicas R. Bras. Ci. Solo. 1 : 92-98.
- FEHRENBACHER, J. B. et alii., 1963. Characteristics of Solonetzic Soil in Illinois. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. Madison, 27 : 421-431.
- HARRIS, S. A., 1958. The Gilgaed and Badstructured Soils of Central Iraq. J. Soil. Sci. Oxford. 9 : 169-185.
- HASHIMOTO, I. e M. L. JACKSON, 1960. Rapid dissolution of Allophane and Kaolinite - halloysite after deshydration. Clays and Clay Minerals. Proc. 7th Conf. p. 102-113.
- HORN, M. E. et alii., 1964. Classification and Genesis of Some Solonetz (Sodic) Soils in Eastern Arkansas. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 28 : 688-692.

- JACOMINE, P. K. T., (Coord.), 1973. Levantamento Exploratório - Reconhecimento dos Solos do Estado do Ceará. Recife, DPP/AG Convênio MA/DNPEA/SUDENE/DRN, MA/CONTAP/USAID/BRASIL. 301 p. (Boletim Técnico Nº 2, Série Pedológica, Nº 16).
- JACKSON, M. L. 1965b. Clay Transformation in Soil Genesis During the Quaternary. Soil Sci. 99 : 15-22.
- JACKSON, M. L., 1969. Soil Chemical Analysis Advanced Course. Second ed. Madison, Un. of Wisconsin. 895 p.
- JACKSON, M. L., 1970. Analisis Químico de Suelos. Ediciones Omega. Barcelona. 2^a ed.
- JANZEN, W. K. e H. C. MOSS., 1956. Exchangeable Cation in Solodized-Solonetz and Solonetz - like Soils of Saskatchewan. J. Soil. Sci. Oxford. 7 : 203-212.
- KILMER, V. J. e L. T. ALEXANDER, 1949. Method of Making Mechanical Analyses of Soils. Soil Sci. New Brunswick - N.J., 68(1) : 15-26.
- KITTRICK, J. A., 1969. Soil Minerals in the $Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O$ System and a theory of their Formation. Clays Clay Miner. 17 : 157-167.
- KLAGES, M. G., 1966. Effect of Clay Typic and Exchangeable Cations on Aggregation and Permeability of Solonetz Soils. Soil. Sci. New Brunswick - N.J., 102 : 46-52.
- KLAGES, M. G. e A. R. SOUTHARD, 1968. Weathering of Montmorillonite During Formation of a Solodic Soil and Associated Soils. Soil. Sci. New Brunswick - N.J., 106 : 363-368.
- KLAGES, M. G., 1969. Weathering of Montmorillonite During Formation of a Solodic Soil - II. Nature of the Mixed Layer Products Soil. Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 33 : 543-546.

- KUBIENA, W. L. 1952. Claves Sistematicas de Suelos. Madri. p. 155-156.
- LIMA, F. A. M., e E. G. S. MOREIRA, 1973. Levantamento Detalhado de Solos da Fazenda Experimental Vale do Curu-Ce. (Parte Alta) 2.^a Aproximação. Ceará-Brasil. 63 p. mimeografado.
- LOBO, A. E. M., 1971. Descontinuidade Litológica de Alguns Solos da Região de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ/USP, 68 p. Dissertação.
- MARCONI, A. 1969. Contribuição ao Estudo da Mineralogia de Solos do Município de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ/USP, 101 p. (Tese de Doutorado).
- MARQUES, J. O. de A., (Coord.), 1971. Manual Brasileiro para Levantamento da Capacidade de Uso da Terra. 1971. Escritório Técnico de Agricultura. Brasil/Estados Unidos. p. 175-190.
- MARTIN, J. P. e S. J. RICHARDS, 1959. Influence of Exchangeable Hydrogen and Calcium and Sodium, Potassium, and Amonium at Different Hydrogen Levels on Certain Physical Properties of Soils. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 23 : 335-338.
- McNEAL, B. L., e T. SANSOTERRA. 1964. Mineralogical Examination of Arid-land Soils. Soil. Sci. New Brunswick - N. J., 97 : 367-375.
- MELFI, J. A. e PEDRO, G. 1977. Estudo Geoquímico dos Solos e Formação Superficiais do Brasil. Rev. Bras. de Geociências. 7 : 271-286.
- MELO, J. O., (Coord.), 1972. Estudo e Atividades de Solo no Governo Virgílio Távora. Fortaleza, Superintendência do Desenvolvimento Econômico e Cultural (SUDEC). Serviço de Pedologia. 319 p.
- MELO, J. O., 1972. Os Solos do Estado do Ceará. São Paulo, USP. Instituto de Geografia. Caderno de Ciência da Terra, Nº 26, 33 p.

- MEHRA, O. P. e JACKSON, M. L., 1969. Removal of Free Iron Oxides from Soil or Clay by Sodium Dithionite-Citrate - Bicarbonate Method. In: JACKSON, M. L., Soil Chemical Analysis. Advanced Course. Second ed. Madison, Un. of Wisconsin. 895 p.
- MILLER, F. 1965. Physical, Chemical, and Mineralogical Properties Related to the Micromorphology of the Canfield Silt-Loam a Fragin dalf. Unpublished (Ph.D. Thesis the Ohio State University).
- MILNER, H. B., 1962. Sedimentary Petrography. Georgy Allen & Unwn LTD. London, England. 4 ed. Vol. II. 715 p.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA/DIVISÃO DE PESQUISA PEDOLÓGICA. 1972. Mapa Exploratório - Reconhecimento de Solos. Estado do Ceará. Escala 1:600.000.
- MOHR, E. C. J. e F. A. VAN BAREN, 1959. Tropical Soils. Interscience Publishers, Inc. New York.
- MONIZ, A. C. et alii., 1976. Investigação das Relações Genéticas do Solonetz Solodizado e Planosol do Pantanal de Porto Murinho - MT. In: Anais do XV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 475-480.
- PEDRO, G., 1964b. Principes Géochimiques de la pédogenèse; Inciden ces Minéralogiques. Trans. 8 Cong. Int. Soil Sc. Bucarest III, 1087-1094.
- RICHARDS, L. A., 1947. Pressure Membrane Apparatus. Constrution and Agric. Eng. 28 : 454-460.
- RICHARDS, L. A. ed., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soil. Washington, D. C. 245 p.
- RUHE, R. V., 1956. Geomorphic Surfaces and the Nature of Soils. Soil. Sci. New Brunswick - N. J., 82 : 441-455.

- SCHMEHL, W. R., e M. L. JACKSON. 1956. Interstratification of Layer Silicates in Two Soils Clays. Clays and Clay Minerals 4 : 423-428.
- SMITH, B. R. e S. W. BUOL., 1968. Genesis and Relative Weathering Intensity in Three Semiarid Soils. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 32 : 261-265.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. 1967. Manual de Método de Trabalho de Campo. 2.^a Aproximação. Rio de Janeiro, Divisão de Pesquisa Pedológica. MA. 33 p.
- SOIL SURVEY STAFF, 1975. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. USDA., U. S. Govt. Print. Ofc. Washington, D. C. 754 p.
- SOUZA; M. J. N. 1975. Geomorfologia do Vale do Choró, Ce. Instituto de Geografia. Universidade de São Paulo. Série Teses e Monografias Nº 17. São Paulo. 212 p.
- THORP, J. e G. D. SMITH. 1949. Higher Categories of Soil Classification: Order, Suborder, and Great Soil Groups. Soil. Sci. New Brunswick - N. J. 67 : 117-126.
- THOMPSON, L. M. 1965. El Suelo y su Fertilidad. 3.^a ed. Barcelona, Editorial Reverte S.A. 407 p.
- VETTORI, L., 1969. Métodos de Análises de Solo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Boletim Técnico Nº 7. 24 p.
- WILDING, L. P. et alii., 1963. Source and Distribution of Sodium in Solonchic Soils in Illinois. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 27 : 432-438.

10 - APÊNDICE

Características morfológicas dos perfis estudados na área de estudo.

Características Morfológicas

- Perfil: Nº 1
- Localização: Fazenda Junco, Município de Quixadá-Ceará.
- Situação e Declive: Barranco situado a 800 metros da casa sede da Fazenda, na margem esquerda da estrada que leva ao açude, com 0-2% de declive.
- Altitude: 180 m.
- Litologia e Formação Geológica: Rochas do Pré-Cambriano (A).
- Material Originário: Sedimentos retrabalhados.
- Relevo Local - Suave ondulado.
Regional - Plano e suave ondulado.
- Erosão: Em sulcos repetidos ocasionalmente.
- Drenagem: Imperfeitamente drenado.
- Vegetação Local - Mofumbo, capim panasco e pereiro.
Regional - Caatinga hiperxerófila.
- A₁ - 0 - 8 cm; bruno amarelado claro (10YR 6/4), bruno (10YR 5/3) areia franca; maciça que se desfaz em fraca pequena e grãos simples, muitos poros pequenos; macio, muito friável, não plástico e ligeiramente pegajoso; transição ondulada e clara.
- A₂ - 8 - 25 cm; cinzento claro (2,5Y 7/2), branco (5Y 8/1); areia franca com cascalho; maciça que se desfaz em fraca pequena subangular e grãos simples; muitos poros e pequenos; ligeiramente duro, friável, não plástico e não pegajoso; transição ondulada e abrupta.

Seixos 25 - 40 cm; calhaus, cascalhos compostos de seixos rolados de quartzo e quartzito arredondados e subarredondados.

II B_{21t} 40 - 65⁺ cm; bruno amarelado escuro (10YR 4/4), bruno amarelado (10YR 5/4); franco argilo arenoso com cascalho; forte, grande colunar, que se desfaz em moderada e média prismática; muitos poros e pequenos; cerosidade moderada e comum; extremamente dura, extremamente firme, muito plástico e pegajoso.

- Perfil: Nº 2
- Localização: Quixeramobim-Ceará
- Situação e Declive: Barranco a 50 m do Km 118, à margem esquerda da estrada Quixadá-Quixeramobim, com 0-2% de declive.
- Altitude: 187 m.
- Litologia e Formação Geológicas: Rochas do Pré-Cambriano (A).
- Material Originário: Sedimentos retrabalhados.
- Relevo Local - Plano
Regional - Plano e suave ondulado.
- Erosão: Em sulco repetidos ocasionalmente.
- Drenagem: Imperfeitamente drenado.
- Vegetação Local: Marmeleiro, sabiá, mofumbo e pereiro.
- Uso atual: Caatinga hiperxerófila.
- A₁ - 0 - 10 cm; bruno acinzentado muito escuro (10YR 3/2), cinzen-
to brunado claro (10YR 6/2); areia franca; maciça
que se desfaz em fraca pequena subangular e grãos
simples; muitos poros e pequenos; muito duro, mu-
to firme, não plástico e ligeiramente pegajoso;
transição ondulada e clara.

B_{1t} - 10 - 20 cm; bruno acinzentado escuro (10YR 4/2) cinzento escuro (10YR 4/1); mosqueado abundante, médio e grande, distinto, cinzento claro (10YR 7/1, úmido); franco argilo arenosa, com cascalhos; forte, média, prismática; poros comuns, muito pequenos; cerosidade moderada e comum; muito duro, muito firme, muito compacto, plástico e ligeiramente pegajoso.

B_{2t} - 20 - 65⁺ cm; cinzento rosado (5YR 7/2), bruno avermelhado claro (5YR 6/3) mosqueado comum, grande e distinto, cinzento escuro (10YR 4/1, úmido); franco argilo arenosa com cascalho; forte, média, prismática; muitos poros e pequenos; cerosidade fraco e pouco; muito duro, muito firme, muito compacto, plástico e ligeiramente pegajoso.

RAIZES: Abundantes, finas e grossas, fasciculadas e pivotantes no horizonte A₁.

Abundantes, finas e fasciculadas.

Abundantes e fasciculadas.

- Perfil: Nº 3
- Localização: Jaguaratama-Ceará
- Situação e Declive: Barranco a 200 metros da margem esquerda da estrada da Jaguaratama/Banabuiu; e a 15,0 Km do centro de Jaguaratama; com 0-3% de declive.
- Altitude: 150 m
- Litologia e Formação Geológica: Rochas do Pré-Cambriano Indiviso.
- Material Originário: Sedimentos retrabalhados.
- Relevo Local - Plano
Regional - Suave ondulado
- Erosão: Em sulcos repetidos ocasionalmente.
- Drenagem: Imperfeitamente drenado.
- Vegetação Local - Mameleiro, capim panasco.
Regional - Caatinga arbustiva densa.
- Uso atual: Caatinga hiperxerófila
- A₁ - 0 - 37 cm; bruno amarelado (5YR 5/6), bruno amarelado (10YR 6/4), areia; maciça, coerente que se desfaz em grãos simples; muitos poros, pequenos e médios; macio, muito friável, não plástico, não pegajoso; transição plana e clara.

II B_{1t} - 37 - 48⁺ cm; bruno acinzentado (2,5YR 5/2), cinzento claro (2,5Y 7/2), mosqueado abundante, médio e grande, distinto, bruno forte (7,5YR 5/6, úmido); areia franca com cascalho; moderada, média, colunar; muitos poros, pequenos e médios; cerosidade moderada, comum; duro, firme, muito compacto, muito plástico e ligeiramente pegajoso.

RAÍZES: Abundantes, grossas e finas, pivotantes e fasciculadas.

Raras, médias, pivotantes.

OBSERVAÇÕES: Presença de seixos rolados, calhaus e cascalhos de natureza quartzosa, arredondadas e subaredondados no horizonte II B_{1t}.

RAÍZES: Muitas raízes, finas e pivotantes.